

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri - Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de génie mécanique



OPTION : FABRICATION MECANIQUE ET
PRODUCTIQUE

Mémoire de fin d'études

Thème

Etude Et Conception D'un Outil
D'emboutissage Pour La Table De
Travail D'une Cuisinière ENIEM

Proposé par : Mr M.CHALAL

Réalisé par:-Mr B.AITSLIMANE

Encadré par : Mr F.ASMA

-M^{elle} L.BELHADJ

Membre du jury :

Président : Mr A.ZAIDI

Examineur : Mr M.BELDI

Promotion 2018

Remerciements

Au terme de ce travail,

Nous tenons en premier lieu à remercier le Bon Dieu pour le courage et la patience qui nous a donné afin de mener ce projet à terme.

Ce travail que nous avons fait sous le suivi de Mr. CHALALE.M que nous remercions beaucoup pour son aide et son orientation tout au long de notre travail à l'entreprise ainsi que tous le personnel de l'E.N.I.E.M pour l'importance qu'il accorde aux stagiaires.

Nous remercions notre promoteur Mr. ASMA.F qui nous a aidé et soutenu tout le long de notre travail.

Nos remerciements vont également à tous les membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail.

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

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

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

Ma très chère mère que j'aime beaucoup

Mon très cher père que j'aime beaucoup

Zui sont toujours à mes côté

Mes très chers frères Farid. Essaid. Kamel. Azzedine

Mes très chères soeurs Nacéra. Amel. Sonia. Annais

Mes neveux Anis, Nassim, Youwa, Ahcen, Hocine

Mes nieces inasse, aya.

Zui m'ont toujours soutenue

A mon homme Mokrane qui ma toujours soutenu

A Toute ma famille

A Tout mes ami(e)s. (Hayet, Lynda, Kenza) el bayrate .

Lynda, Djidji, Dalila, Dyhia Farodja et sa fille Lina, Belkacem

Chabane, Mokhtar, Noredine, Brahim

L9LA

Dédicaces

*Je dédis ce modeste travail à
A la mémoire de ma chère mère
Et que dieu l'accueil dans son vaste paradis
A mon chère père
Qui ma toujours soutenue
Mes très chers frères et Mes très chères sœurs
Ma chère famille
A Tout mes ami(e)s, Dalila, Malika, Lila
Belkacem . Chabane, Mokhtar, Noredine, Youcef, Massi.
Djidjita. Hocine*

BRAHIM

Sommaire

Introduction générale.....	1
I. Chapitre I : Historique et structure de l'entreprise	2
I.1 Introduction :	3
I.2 Objet social et champ d'activité.....	4
I.3 Développement et organisation de l'entreprise.....	4
I.3.1 Développement.....	4
I.3.2 Organisation	4
I.3.3 Direction générale	4
I.3.4 Unité froid	5
I.3.5 Unité cuisson	5
I.3.6 Unité climatiseur	5
I.3.7 Unité commerciale (UC)	5
I.3.8 Unité de prestation technique (UPT) :.....	5
I.3.9 Unité sanitaire.....	6
I.3.10 Filiale Filamp	6
I.3.11 Organisation Générale de l'entreprise :	6
I.4 Politique de l'entreprise.....	7
I.4.1 Politique qualité.....	7
I.4.2 Engagement de la direction	7
I.4.3 Ses objectifs.....	7
I.4.4 Politique environnementale	7
Chapitre II : Découpage	8
II.1 Introduction	9
II.2 Définition.....	9
II.3 Principe.....	9
II.4 Quelques Types de découpage	10
II.4.1 Poinçonnage	10
II.4.2 Crevage.....	10
II.4.3 Encochage	11
II.4.4 Arasage et repassage.....	11
II.4.5 Détourage	11
II.5 Analyse du processus	12
II.6 Effort de découpage.....	14
II.7 Effort d'extraction	15
II.8 Effort d'éjection	15
II.9 Jeux de découpage.....	15

II.10	Angles des lames	16
II.11	. Effets de coupe	16
II.12	Vitesse de découpage	17
II.13	Conclusion.....	17
Chapitre III : Le pliage		18
III.1	Introduction	19
III.2	Définition.....	19
III.3	Principe du pliage.....	19
III.4	Les différents modes de pliage	20
III.4.1	Le pliage en Vé.....	20
III.4.2	Le pliage en U	21
III.4.3	Le pliage en L.....	21
III.5	Rayon et Angle du poinçon à utiliser en pliage.....	22
III.5.1	Rayon de poinçon.....	22
III.5.2	Angle de poinçon.....	23
III.6	Effort de pliage.....	24
III.7	Paramètres influents sur l'opération de pliage	25
III.7.1	Le rayon de la matrice de pliage.....	25
III.7.2	Le jeu de pliage	25
III.8	Le retour élastique	26
III.9	Conclusion.....	26
Chapitre IV: Emboutissage		27
IV.1	Introduction	28
IV.2	Définition.....	28
IV.2.1	Emboutissage à froid :	28
IV.2.2	Emboutissage à chaud	28
IV.2.3	Déférents types d'outils d'emboutissage :	29
IV.3	Principe d'emboutissage.....	30
IV.4	Evaluation des efforts.....	32
IV.4.1	Efforts d'emboutissage cylindrique:.....	32
IV.4.2	Efforts de serrage cylindrique	32
IV.4.3	Efforts d'emboutissage rectangulaire	33
IV.4.4	Efforts de serrage rectangulaire.....	33
IV.5	Diamètre du flan.....	34
IV.6	Rayon de la matrice	35
IV.7	Rayon du poinçon.....	35
IV.8	Jeu entre le poinçon et la matrice	36
IV.8.1	L'état de surface	36

IV.8.2	Formule pour calculer ce jeu	36
IV.9	Emboutissage cylindrique profond.....	37
IV.10	Choix des matériaux	38
IV.11	Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage : [16]	38
IV.11.1	Les avantages de l'emboutissage :	38
IV.11.2	Les inconvénients de l'emboutissage :	38
IV.12	Conclusion.....	39
V.	Chapitre V : Étude et conception de l'outil	40
V.1	Introduction	41
V.2	Cahier des charges :	41
V.3	Caractéristiques de la tôle en acier inoxydable satinée (X2CrNi 18-9) :	41
V.3.1	Les normes de la tôle :	41
V.3.2	Caractéristiques chimiques :	41
V.3.3	Caractéristiques mécaniques :	41
V.3.4	Aspect de la surface :	41
V.4	Dimension nominales selon la norme EN 10131 :	42
V.5	Emplacement de la pièce :	42
V.6	Processus de fabrication :	42
V.7	Calculs des efforts d'emboutissage:	43
V.7.1	Effort d'emboutissage cylindrique :	43
V.7.2	calculs des efforts d'emboutissage rectangulaires :	45
V.7.3	Les efforts totaux d'emboutissage :	47
V.8	Le jeu entre le poinçon et la matrice :	47
V.9	Le rayon sur la matrice :	48
V.10	La résistance des empreintes a la compression :	48
V.10.1	calcul de serrage du flan :	50
V.11	Description de l'outil :	52
V.12	La mise en plan :	53
V.13	Conclusion :	54
VI.	Conclusion générale	55
	Conclusion générale	56

Liste des figures

FIGURE II-1 : PRINCIPE DU DECOUPAGE.....	9
FIGURE II-2 : POINÇONNAGE.....	10
FIGURE II-3 : CREVAGE.....	10
FIGURE II-4 : ENCOCHAGE.....	11
FIGURE II-5 : ARASAGE ET REPASSAGE.....	11
FIGURE II-6 : DETOURAGE.....	12
FIGURE II-7 : EFFORT ET CONTRAINTE SUR POINÇON LORS DES PHASES DU DECOUPAGE.....	12
FIGURE II-8 : PHASE DE DEFORMATION ELASTIQUE.....	13
FIGURE II-9 : EFFORT DE CISAILLEMENT.....	13
FIGURE II-10 : DECOUPE.....	13
FIGURE II-11 : JEU DE DECOUPAGE.....	16
FIGURE II-12 : L'ANGLE TRANCHANT DES LAMES.....	16
FIGURE II-13 : LES EFFETS DE COUPE.....	17
FIGURE III-1 : PRINCIPE DE PLIAGE.....	19
FIGURE III-2 : PLIAGE EN VE.....	20
FIGURE III-3 : PLIAGE EN L' AIR.....	20
FIGURE III-4 : PLIAGE EN FRAPPE.....	21
FIGURE III-5 : PLIAGE EN U.....	21
FIGURE III-6 : PLIAGE EN L.....	22
FIGURE III-7 : PHENOMENE DU RETOUR ELASTIQUE.....	22
FIGURE III-8 : PLIAGE EN VE SUR PRESSE PLIEUSE.....	23
FIGURE III-9 : ABAQUE DU COEFFICIENT DE RETOUR ELASTIQUE.....	24
FIGURE III-10 : JEU DE PLIAGE ET RAYON DE LA MATRICE.....	25
FIGURE III-12 : RETOUR ELASTIQUE.....	26
FIGURE IV-1 : PRINCIPE D'EMBOUTISSAGE A FROID.....	28
FIGURE IV-2 : PRINCIPE D'EMBOUTISSAGE A CHAUD.....	29
FIGURE IV-3 : OUTILS A SIMPLE EFFET.....	29
FIGURE IV-4 : OUTIL A DOUBLE EFFET.....	29
FIGURE IV-5 : ÉTAPE N°1 : LA PREPARATION DE L'EMBOUTISSAGE.....	30
FIGURE IV-6 : ÉTAPE N°2 : LE SERRAGE DU FLAN.....	30
FIGURE IV-7 : ÉTAPE N°3 : L'EMBOUTISSAGE PROPREMENT DIT.....	31
FIGURE IV-8 : ÉTAPE N°4 : L'ENLEVEMENT DU POINÇON PUIS DU SERRE-FLAN.....	31
FIGURE IV-9 : ÉTAPE N°5 : LE DETOURAGE DE LA PIECE EMBOUTIE.....	31
FIGURE IV-10 : SANS COLLERETTE RC.....	34
FIGURE IV-11 : AVEC COLLERETTE RC.....	34
FIGURE IV-12 : VARIATION DE L'ARRONDI SUR LA MATRICE.....	35
FIGURE IV-13 : LE RAYON SUR LE POINÇON.....	36
FIGURE IV-14 : EMBOUTISSAGE PROFOND A PLUSIEURS PASSES.....	37
FIGURE IV-15 : LES DEFAUTS EN EMBOUTISSAGE.....	39
FIGURE V-1 : EMBOUTISSAGE DE LA PIECE SUR LA CUISINIERE.....	42
FIGURE V-2 : MESURE DES DIAMETRES DES ZONES CYLINDRIQUES SUR LA MATRICE SUPERIEURE.....	43
FIGURE V-3 : MESURE DES DIAMETRES DES ZONES CYLINDRIQUES EMBOUTEES.....	44
FIGURE V-4 : SCHEMA QUI DEMONTRE A, B ET R.....	45
FIGURE V-5 : LA PREMIERE ZONE RECTANGULAIRE I.....	46
FIGURE V-6 : LA DEUXIEME ZONE RECTANGULAIRE II.....	47
FIGURE V-7 : MESURE DE LA SURFACE S_1	48
FIGURE V-8 : MESURE DE LA SURFACE S_2	49
FIGURE V-9 : MESURE DE LA SURFACE S DE SERRE FLAN.....	50

Liste des tableaux

TABLEAU II-1 : RESISTANCE AU CISAILLEMENT RC DE QUELQUES MATERIAUX	14
TABLEAU II-2 : VALEUR DU JEU SUIVANT LES DIFFERENTS MATERIAUX A DECOUPER	15
TABLEAU III-1 : COEFFICIENT DU RETOUR ELASTIQUE.....	24
TABLEAU IV-1 : LE COEFFICIENT K EN FONCTION DE D/D.....	32
TABLEAU IV-2 : LA PRESSION SPECIFIQUE SUR LE SERRE FLAN EN FONCTION DE SA MATIERE	32
TABLEAU V-1 : DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE LA TOLE INOXYDABLE	41
TABLEAU V-2 : DES CARACTERISTIQUES MECANQUES DE LA TOLE INOXYDABLE	41
TABLEAU V-3 : DIMENSION DE LA TOLE	42
TABLEAU V-4 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES PRESSES	51

Liste des notations

F_d	Effort de découpage N
P	Périmètre découpé mm
e	Epaisseur de la tôle mm
R_c	Résistance à la rupture au cisaillement de la tôle à découper
K_s	Résistance au cisaillement de la matière N
R_m	Rayon de la matrice mm
R_p	Rayon de poinçon mm
$F(R_m)$	Effort de poinçonnage N
R_m	Résistance mécanique maximale N
J	Jeu poinçon-matrice mm
S	Epaisseur de tôle mm
E	Module d'élasticité de la tôle Pa
R_e	Limite élasticité Pa
R_p	Rayon d'outil de pliage mm
R	Rayon de la pièce final mm
F_p	Effort de pliage N
L	Longueur de pli mm
R_c	Résistance de la tôle au cisaillement N
K	Coefficient en fonction du rapport d/D .
D	Diamètre de flan mm
d	Diamètre de poinçon mm
F_e	Effort d'emboutissage N
P	Pression spécifique Pa
F_{pr}	Effort de la presse N
F_{tot}	Effort total N
S	Section du poinçon mm
σ	Contrainte de compression Pa
F_{er}	Effort d'emboutissage rectangulaire N
F_{ec}	Effort d'emboutissage cylindrique N
R_r	Résistance de la tôle à la traction N

Introduction générale

La conception et la production des pièces en tôles représentent aujourd'hui l'intérêt d'un bon nombre de sociétés industrielles de ce secteur, vu leur diversité d'utilisation dans le domaine électronique, électrique, construction marine, automobile et aéronautique,...etc. Et généralement, tous les procédés d'obtention de pièces manufacturées par déformation des matériaux métalliques sont des procédés largement utilisés en fabrication mécanique, et qui progressent technologiquement sans cesse pour s'accaparer de nouveaux marchés.

Parmi les principaux procédés apparus récemment afin d'assurer la production en grande série, se trouve le formage. Ce procédé regroupe plusieurs techniques dont on peut citer (le poinçonnage, crevage, encochage, ajourage, détournage...

Les techniques les plus répandue dans l'industrie sont le pliage et l'emboutissage. Néanmoins chaque pièce à produire nécessite la mise au point d'un outillage approprié qui permet une production en série de qualité constante, et les intérêts économiques et technologiques de l'emboutissage sont indéniables : grandes cadences de production, qualité géométrique et mécanique des pièces et faible taux de chutes.

Malgré ces moyens modernes fascinant par leur facilité, ils ne déchargent pas le concepteur de toute réflexion, ils exigent bien des connaissances plus étendues pour être utilisées efficacement à travers de nombreuses taches.

Le bureau d'études de l'entreprise ENIEM nous a chargés de concevoir un outil qui va servir à fabriquer une pièce avec une géométrie bien déterminée basant sur l'opération d'emboutissage, l'étude de cet outil est de manière à satisfaire certaines exigences comme la résistance de cet outil à l'effort de l'opération, produire des pièces désirable, pour cela nous avons organisé notre travail comme suit :

Après une introduction générale et une présentation de l'entreprise nationale de l'industrie électroménagère ENIEM, le deuxième chapitre traite la procédure de découpage et ses divers paramètres, puis dans le second chapitre nous présentons le pliage et ses paramètres. La partie théorique a été développée dans le troisième chapitre qui est l'emboutissage qui représente la partie principale de l'étude et la conception de l'outil objet de notre travail, qui est la partie suivante et la dernière avant la mise en plan de toutes les pièces composant cet outil. Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I : Présentation d'entreprise

Chapitre I : Présentation d'entreprise

I.1 Introduction :

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

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

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

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

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



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

I.2 Objet social et champ d'activité

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

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

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

I.3 Développement et organisation de l'entreprise

I.3.1 Développement

Pour atteindre ses espérances en matière de développement :

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

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

I.3.2 Organisation

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

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

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

I.3.3 Direction générale

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

Chapitre I : Présentation d'entreprise

I.3.4 Unité froid

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

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

I.3.5 Unité cuisson

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

Ses activités sont :

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

I.3.6 Unité climatiseur

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

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

I.3.7 Unité commerciale (UC)

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

I.3.8 Unité de prestation technique (UPT) :

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

Chapitre I : Présentation d'entreprise

I.3.9 Unité sanitaire

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

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

I.3.10 Filiale Filamp

L'Unité Lampes de Mohammedia (ULM) a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes de réfrigérateurs, est devenue filiale à 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale est dénommée «FILAMP».

I.3.11 Organisation Générale de l'entreprise :

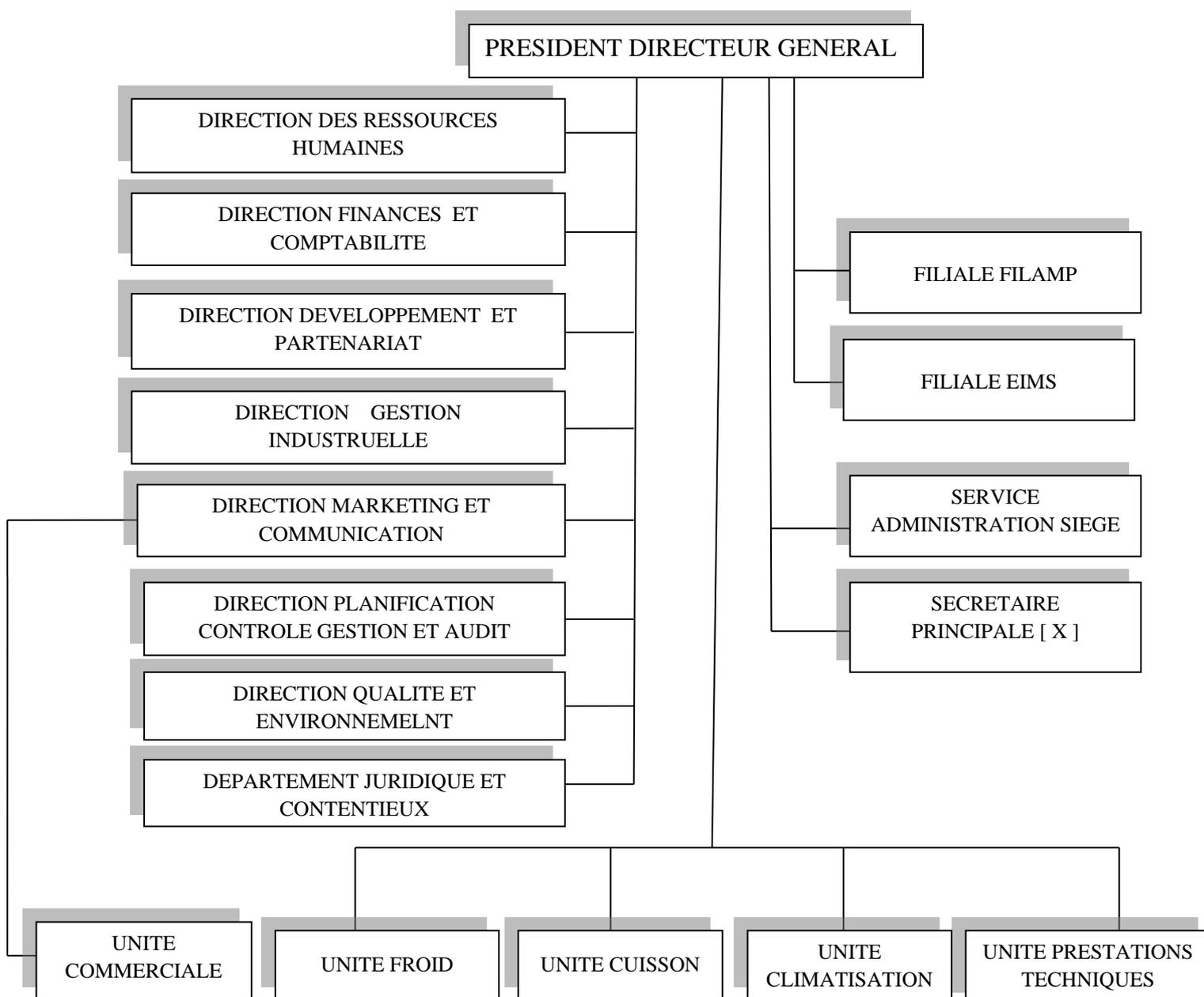


Figure I-2 Organigramme de l'entreprise

I.4 Politique de l'entreprise

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

I.4.1 Politique qualité

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

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

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

I.4.2 Engagement de la direction

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

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

I.4.3 Ses objectifs

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

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

I.4.4 Politique environnementale

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

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

Chapitre II : Découpage des tôles

II.1 Introduction

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

II.2 Définition

Le découpage est un procédé de fabrication des pièces qui consiste à cisailer sur un contour fermé une pièce de faible épaisseur [1]. Une différence est faite sur les termes :

- Découpage, afin d'obtenir un pourtour défini selon une forme et de cotes précises.
- Poinçonnage, afin d'ajouter une pièce (exemple : une perforation).

On peut distinguer trois types d'opération de découpage :

- Découpage simple : on utilise deux outils de découpage sur deux presses et la pièce est obtenue en deux opérations (exemple obtention d'une rondelle).
- Découpage consécutif : on utilise une presse et on fixe sur son coulisseau deux ou plusieurs poinçons. La pièce est obtenue après deux pas d'avance de la bande.
- Découpage simultané : la pièce est obtenue après une opération de découpage et poinçonnage simultanément.

II.3 Principe

Il consiste à détacher un contour donné d'un produit plat (une tôle). L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dont les parties travaillantes sont les poinçons et les matrices qui permettent de cisailer la tôle sur sa profondeur en donnant la forme de la pièce désirée [1].

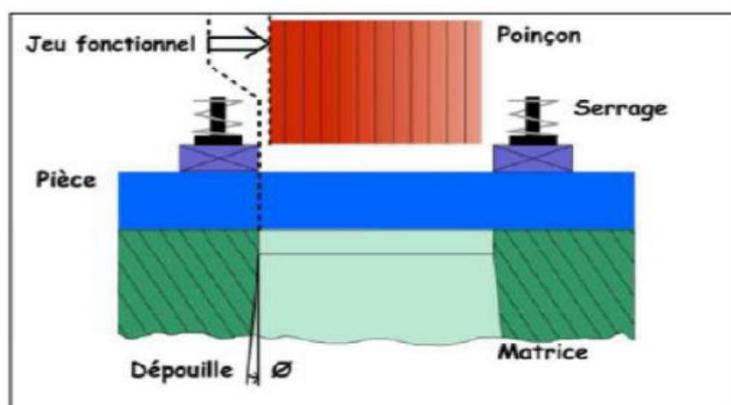


Figure II-1 : Principe du découpage

II.4 Quelques Types de découpage

II.4.1 Poinçonnage

C'est une opération semblable au découpage, mais l'on conserve la partie extérieure, le déchet étant la débouchure [2].

Le terme perforation désigne plus particulièrement des opérations de poinçonnage de petits diamètres (1 à 3 fois l'épaisseur de la tôle par exemple), sur un flan ou en pleine tôle.

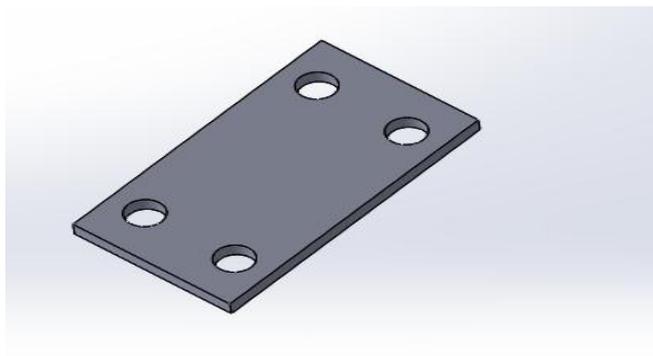


Figure II-2 : Poinçonnage.

II.4.2 Crevage

C'est un découpage incomplet, généralement fait sur des tôles épaisses, il consiste de ne pas détacher la chute complètement de la pièce [2].

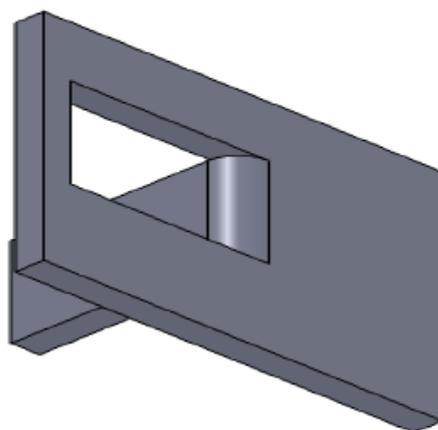


Figure II-3 : Crevage.

II.4.3 Encochage

C'est une opération qui s'effectue sur des pièces finies, consiste à découper des encoches débouchant de la pièce considérée [2].

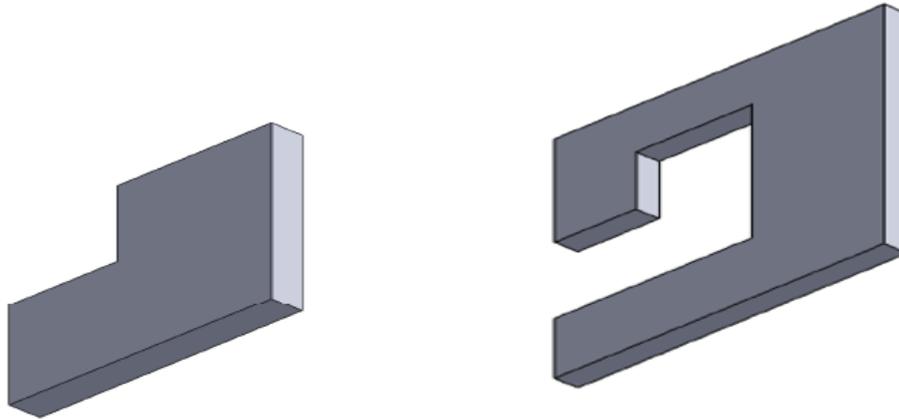


Figure II-4 : Encochage

II.4.4 Arasage et repassage

Découpage en reprise (précision et état de surface).



Figure II-5 : Arasage et repassage

II.4.5 Détourage

Le détourage est une opération de finition du contour d'une pièce déjà pliée au cours d'une déformation.

Il consiste à enlever par découpage un excédent de métal autour d'une pièce préalablement formée : le détourage est alors la dernière opération de formage. Suivant le type de pièce, on trouve plusieurs techniques [2] :

Chapitre II: Découpage des tôles

- les collerettes, après emboutissage, ne sont jamais régulières, il est possible de leur donner une forme régulière par détourage ;
- lorsqu'on ne désire pas de collerette, l'arête de l'outil découpe suivant un bord non perpendiculaire à la surface de la tôle.

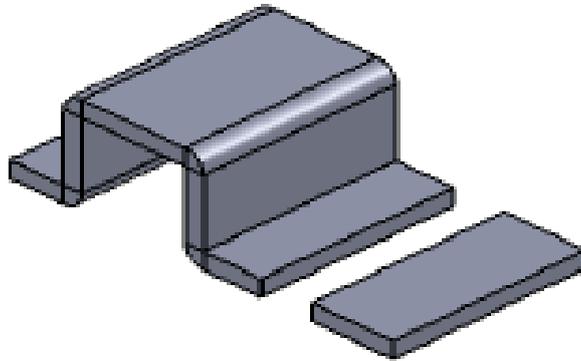


Figure II-6 : Détourage

II.5 Analyse du processus

Un outil de découpage est principalement constitué d'un poinçon et d'une matrice. La tôle à découper étant située entre les deux. Lors du découpage, on distingue 3 phases [3] :

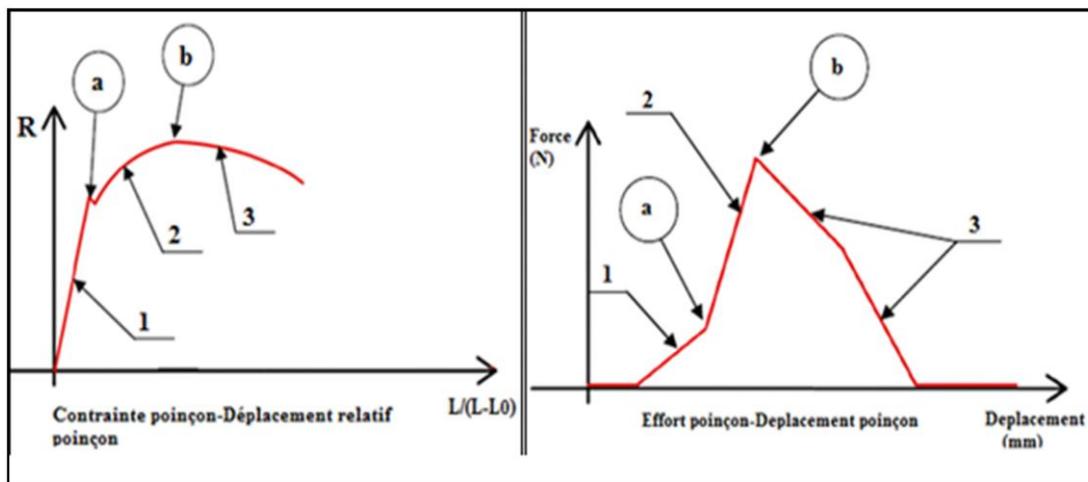


Figure II-7 : Effort et contrainte sur poinçon lors des phases du découpage

1. Au début, l'effort croît lentement jusqu'au point (a) le poinçon s'enfonce lentement sans détacher les particules de métal. C'est la phase de déformation élastique

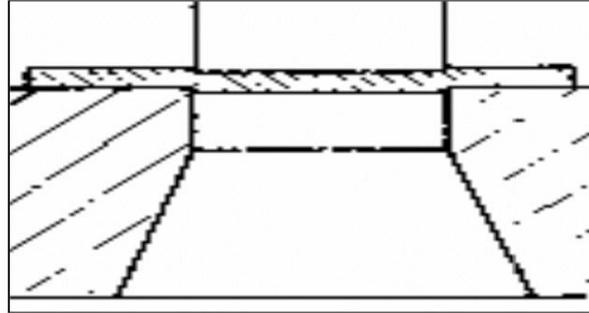


Figure II-8 : phase de déformation élastique.

2. Ensuite, l'effort prend sa valeur maximale (**b**) c'est l'effort de cisaillement (séparation et accélération des particules de métal).
Des fissures apparaissent au voisinage des arêtes du côté poinçon et du côté matrice.

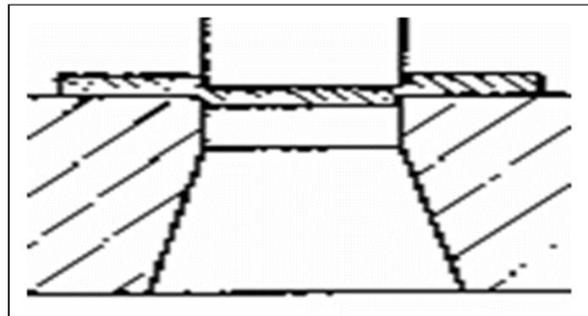


Figure II-9 : Effort de cisaillement

3. Enfin, l'effort tombe jusqu'à la valeur nécessaire pour vaincre le frottement entre les parties détachées de matière et pour l'éjection de la pièce découpée. Les fissures se rejoignent, la pièce est alors découpée

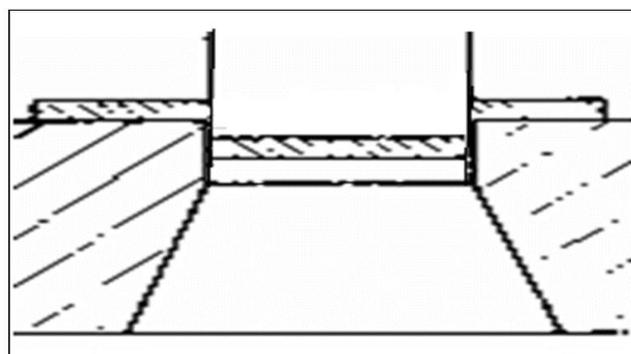


Figure II-10 : Découpe.

II.6 Effort de découpage

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donnée, il est égal au produit du périmètre **P** de la pièce par son épaisseur **e** et par la résistance **Rc** à la rupture au cisaillement du métal a découpé [1].

$$\mathbf{F_d = P \times e \times R_c} \quad (1)$$

Avec :

F_d : effort de découpage (daN)

P : le périmètre de la surface à découper en mm ;

e : épaisseur de la surface à découper en mm;

Rc : résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm²).

Le tableau suivant donne Rc pour les métaux les plus fréquemment découpés à la presse. On admet, lorsqu'on ne connaît pas Rc, qu'elle est 4/5 de la résistance à la rupture par traction, mais ce n'est qu'une approximation [1]

Matériaux	Rc (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier mi-dur	50
Tôle au silicium	50
Acier doux	40
Tôle d'emboutissage	35
Laiton recuit	30
Cuivre recuit	20
Aluminium	10

Tableau II-1 : Résistance au cisaillement Rc de quelques matériaux

Chapitre II: Découpage des tôles

II.7 Effort d'extraction

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7% de celui du découpage selon la bande entourant le poinçon soit :

- 7 % de l'effort de découpage en pleine tôle.
- 2 % si la chute de découpage est faible

II.8 Effort d'éjection

C'est l'effort nécessaire pour sortir la pièce découpée de la matrice. Cet effort est d'environ 1.3% de l'effort de découpage.

II.9 Jeux de découpage

Les fissures sont obliques pour qu'elles se rejoignent, et que la tranche de la pièce découpée soit propre, il est important de prévoir entre la matrice et le poinçon un jeu [4].

Pour le découpage le jeu est à prendre sur le poinçon varie selon la nature et l'épaisseur (e) du matériau à découper.

$$j = \frac{R_m - R_p}{e_0} \times 100 \quad (2)$$

Où

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

Matériaux	Jeu diamétral
Laiton et Cuivre : 1/20ème de l'épaisseur de la bade	$J=1/20*e$
Acier demi-dur : 1/16ème de l'épaisseur de la bande	$J=1/16*e$
Acier : 1/14ème de l'épaisseur de la bande	$J=1/14*e$
Alliage d'aluminium : 1/10ème de l'épaisseur de la bande	$J1/10*e$

Tableau II-2 : Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper [4]

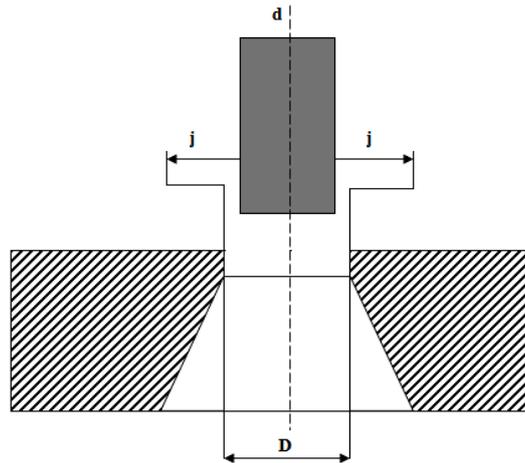


Figure II-11 : Jeu de découpage.

II.10 Angles des lames

L'angle tranchant :

C'est l'angle qui permet d'avoir une arrête tranchante, varie de 80° à 90° selon le type de la cisaille [2].

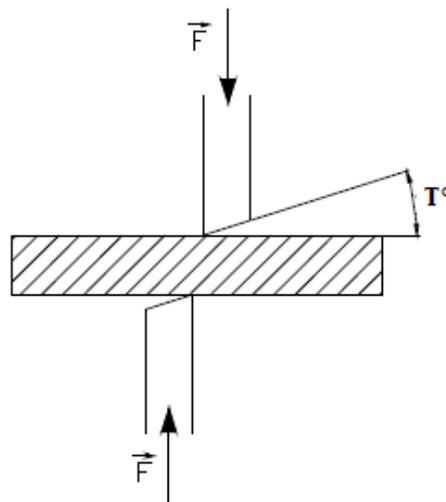


Figure II-12 : L'angle tranchant des lames

II.11. Effets de coupe

La force F_1 est obtenue par une butée qui tend à éliminer le couple qui soulève la pièce dans le sens opposé de cette dernière [4].

Quand la force F_2 , et le jeu sont inexistant, le cisailage tend à rejeter la pièce sur les côtés, c'est pourquoi une butée est aussi nécessaire pour palier à cet effort.

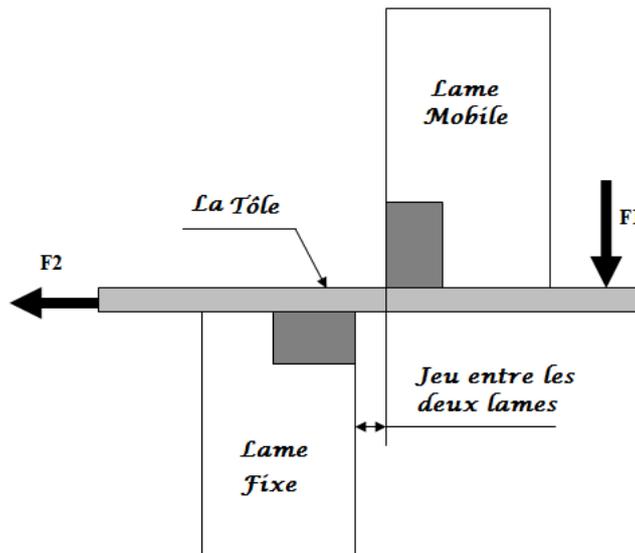


Figure II-13 : Les effets de coupe

II.12 Vitesse de découpage

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

Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais également des réglages de la course et de la distance de travail par rapport au point mort bas [5].

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle. Les vitesses typiques, dans le découpage traditionnel, varient entre 40 et 400 mm/s.

II.13 Conclusion

Ce chapitre présente une description non exhaustive des travaux bibliographiques liés au découpage mécanique et aux phénomènes caractérisant cette opération de mise en forme.

Il se dégage des études expérimentales que la caractérisation du processus de découpe se fait principalement par la courbe effort/déplacement identifiée lors d'un cycle de la presse de découpe, et par le profil dans l'épaisseur de la tôle découpée. Ces deux éléments sont liés à la nature du matériau découpé et aux différents paramètres liés au process.

La qualité de découpage des tôles peut être vérifiée en mesurant l'importance relative des zones bombée, cisailée, arrachée et la taille des bavures. La qualité est meilleure quand la zone cisailée est importante sur le bord découpé, parce qu'elle respecte la géométrie désirée sur les pièces découpées.

Chapitre III : Le pliage des tôles

III.1 Introduction

Le pliage dans l'industrie a pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tels que : la composition du matériau et ses différentes caractéristiques mécaniques

III.2 Définition

Le pliage est une opération de conformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane en changeant la direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle. Il existe plusieurs techniques pour plier une pièce [6] :

- Pliage en l'air dans une presse-plier
- Pliage en frappe, pliage sur plieuse à sommier ou universelle...

III.3 Principe du pliage

Le pliage est une déformation obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur 2 lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu [6].

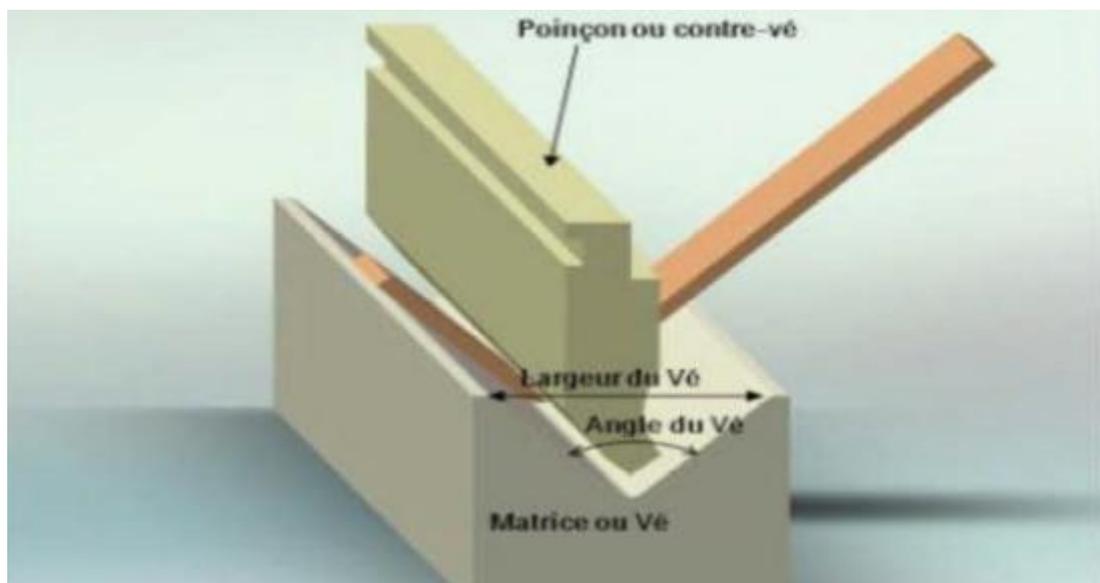


Figure III-1 : principe de pliage

III.4 Les différents modes de pliage

Suivant la géométrie des poinçons et les matrices, trois types de pliage sont distingués : en V, en U et en L [7].

III.4.1 Le pliage en V

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

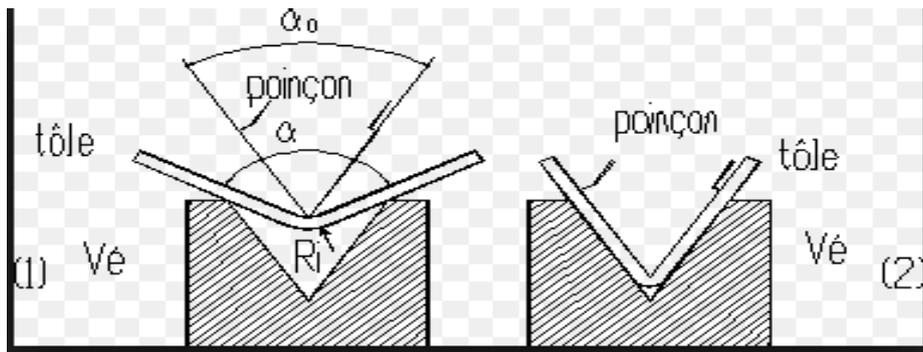


Figure III-2 : pliage en V

➤ Pliage en l'air

L'effort de pliage cesse quand la tôle arrive en fin de V. L'angle terminal est celui de la forme du vé + le retour élastique de la tôle ($\sim 3^\circ$).

Avec le pliage « en l'air », suivant la position du poinçon en fin de course, différents angles peuvent être obtenus avec le même outillage (Figure III-3).

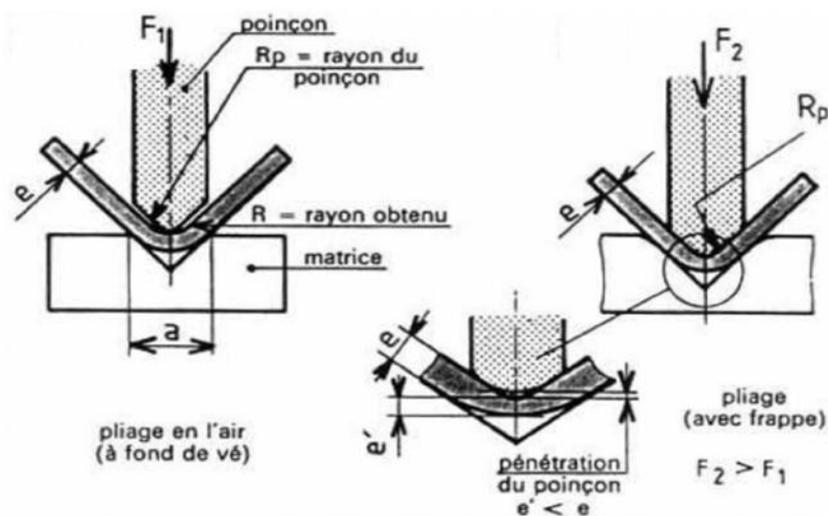


Figure III-3 : pliage en l'air.

➤ Pliage en frappe

Cette opération de pliage s'effectue en deux temps. Tout d'abord, un pliage « en l'air » est effectué jusqu'à l'angle désiré, ensuite, le poinçon descendu rapidement, va frapper et marquer la carre de la tôle jusqu'à réduire voire éliminer totalement le retour élastique, l'angle de pliage étant égal à celui du poinçon.

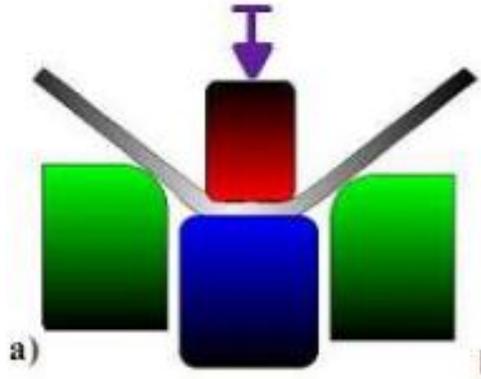


Figure III-4 : Pliage en frappe

III.4.2 Le pliage en U

Le pliage en U comprend un serre-flan mobile qui bloque la matière sous le poinçon et évite donc les glissements de la tôle lors de la mise en forme entre les deux blocs matrices.

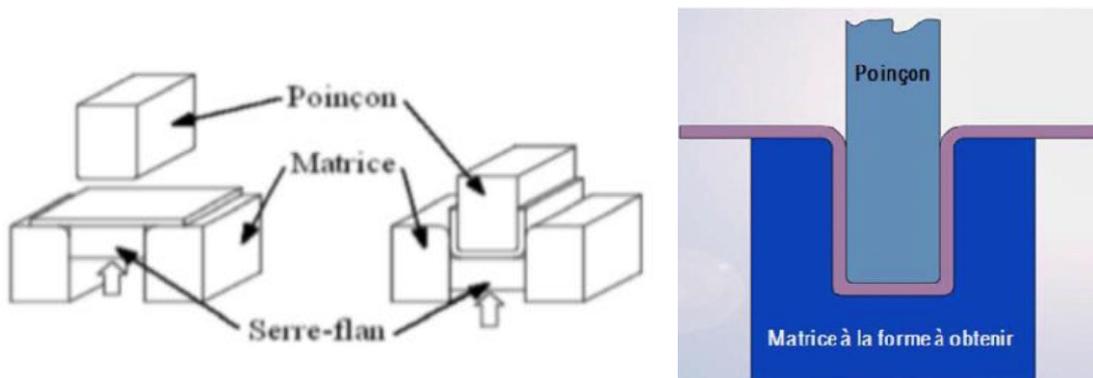


Figure III-5 : pliage en U.

III.4.3 Le pliage en L

Le pliage en L ou en tombé de bord consiste à plier un flan en porte-à-faux à 90° maintenu entre la matrice et le serre-flan.

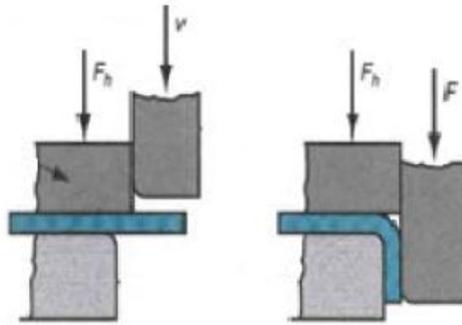


Figure III-6 : Pliage en L

III.5 Rayon et Angle du poinçon à utiliser en pliage

Pendant l'opération de pliage et sous l'action du poinçon, la tôle est pliée d'un angle α_1 , lorsque le poinçon se relève l'angle s'ouvre légèrement jusqu'à un angle α_2 différent de α_1 , ce phénomène, appelé retour élastique, est dû à un relâchement des contraintes élastiques [8]. On appelle angle de retour élastique $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$.

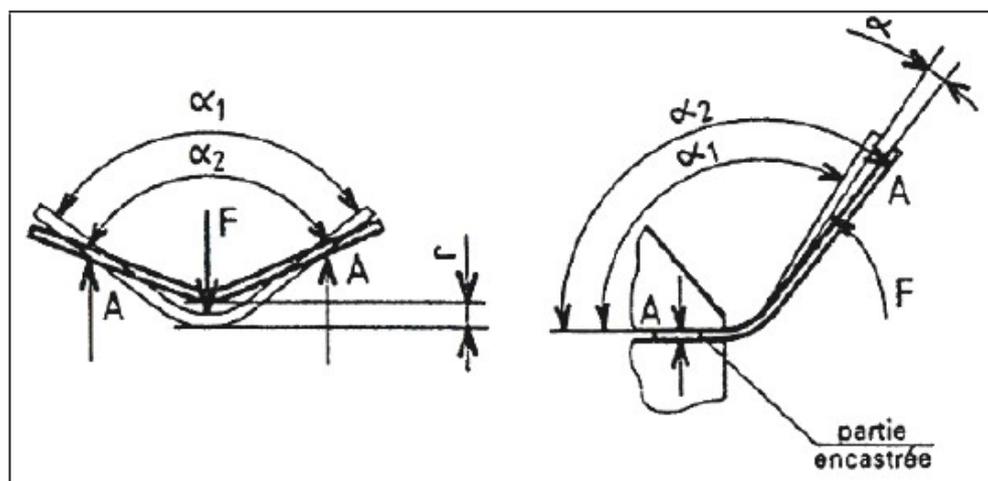


Figure III-7 : Phénomène du retour élastique

III.5.1 Rayon de poinçon

Pour obtenir des pièces à des cotes précises, il faut tenir compte du retour élastique au moment de la conception de l'outillage. D'où le rayon du poinçon à utiliser en pliage :

$$R_p = \frac{R}{e} \frac{1 + 3 \frac{R \cdot R_e}{E \cdot e}}{1}$$

Chapitre III: Pliage des tôles

- Remarque : Cette formule est valable que pour les grands rayons de pliage: ($\frac{R_{int}}{e} > 10$)

Avec :

- E module d'élasticité de la tôle (N/mm²)
- e épaisseur de la tôle (mm)
- R_e limite élastique (N/mm²)
- R rayon de la pièce final (mm)
- R_p Rayon de l'outil de pliage (mm)

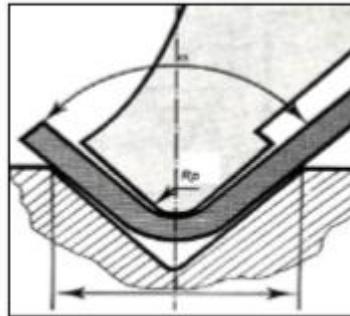


Figure III-8 : pliage en V sur presse plieuse

III.5.2 Angle de poinçon

La fibre neutre de la tôle garde une longueur constante au cours du pliage et au cours du retour élastique, on a $\alpha_0 \times R_{f0} = \alpha \times R_f$ donc : $\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{R_{f0}}{R_f} = K$ avec α_0 angle de l'outil de pliage, α angle à obtenir. La valeur de K dépend du rapport ($\frac{R_i}{e}$) et du matériau à plier voir abaque (Figure III-9).

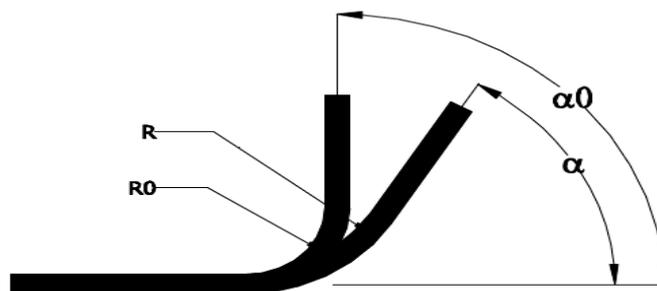


Figure III-9 Calcul de l'angle du poinçon

Pour déterminer les paramètres de l'outil de pliage :

$$\frac{R_i}{e} = ? \rightarrow K \text{ (voir abaque figure III-9)}$$

$$K = \frac{R_0 + \frac{e}{2}}{R + \frac{e}{2}} \rightarrow R_0 = K \times (R + \frac{e}{2})$$

$$K = \frac{\alpha}{\alpha_0} \rightarrow \alpha_0 = \frac{\alpha}{K}$$

Chapitre III: Pliage des tôles

- Remarque :

- Après formage, par élasticité résiduelle, le pli s'ouvre légèrement
 - En l'air : 2 à 3°
 - Avec frappe : 0,5 à 2°
- Position du pli : $\pm 0,1$ à $\pm 0,2$ mm pour $1 < e \leq 5$ mm

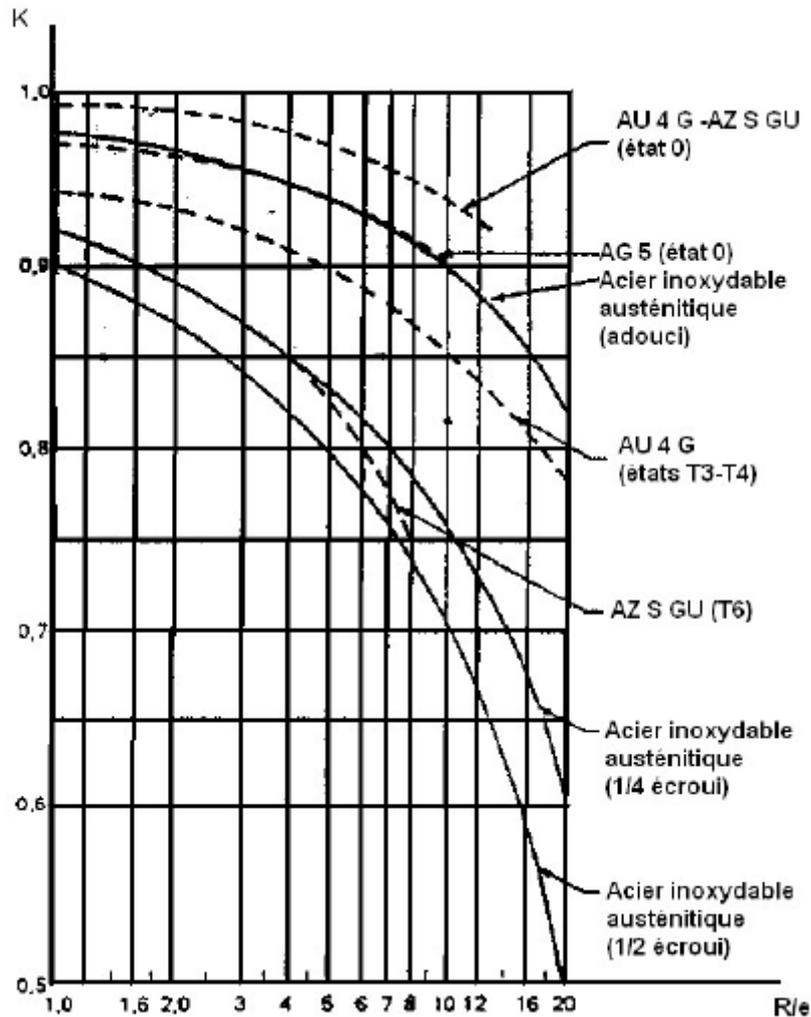


Figure III-10: Abaque du Coefficient de retour

élastique Tableau III-1 : Coefficient du Retour

Ri/e	Aluminium	Acier inoxydable	Laiton	Z2CN18-0
1	0.99	0.99	0.98	0.99
2	0.99	0.99	0.97	0.97
4	0.99	0.98	0.95	0.94
10	0.99	0.95	0.92	0.90

III.6 Effort de pliage

En pratique, on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailer la section de la tôle à cet endroit [9] :

$$F_p = (L \times e \times R_e) / 10 \quad (3)$$

Tels que :

F_p : effort de pliage (daN)

L : longueur de pli (mm)

e : épaisseur de la tôle (mm)

R_e : résistance de la tôle au cisaillement (daN/mm²)

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

III.7 Paramètres influents sur l'opération de pliage

On distingue deux paramètres principaux à définir pour obtenir une pièce finie [1].

III.7.1 Le rayon de la matrice de pliage

Afin d'éviter le découpage ou l'étirage de la pièce à plier, le rayon de la matrice doit être supérieur à deux fois l'épaisseur de la tôle.

$$r \geq 2.e$$

III.7.2 Le jeu de pliage

Lors de la conception de l'outil de pliage, il faut prévoir un jeu de pliage entre l'arrête verticale extérieure du poinçon et l'arrête intérieure de la matrice. Le jeu doit être égal à l'épaisseur de la tôle plus une tolérance maximale :

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

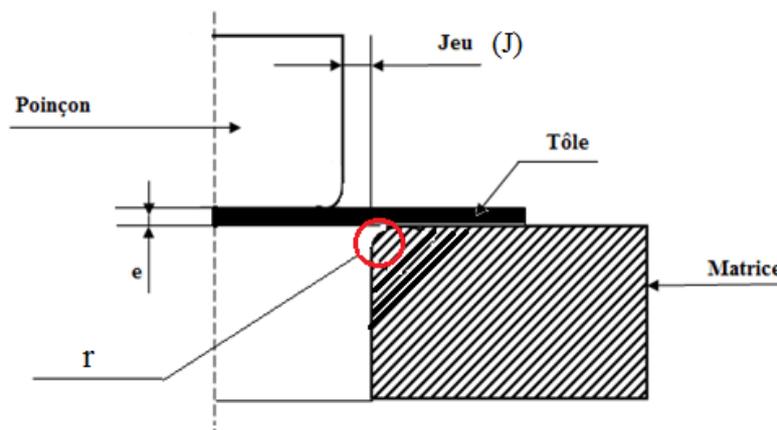


Figure III-11 : Jeu de pliage et rayon de la matrice.

III.8 Le retour élastique

Lors du pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du Vé), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon, l'angle final α_f obtenu diffère de celui imposé par l'outillage α_i de la valeur correspondant à ce retour élastique [1]. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi de l'épaisseur de la tôle à plier.

- **Remarque :** Le phénomène du retour élastique est quasi inexistant lors du pliage en frappe car on imprime avec force le poinçon dans la pièce, pour dépasser la limite d'élasticité.

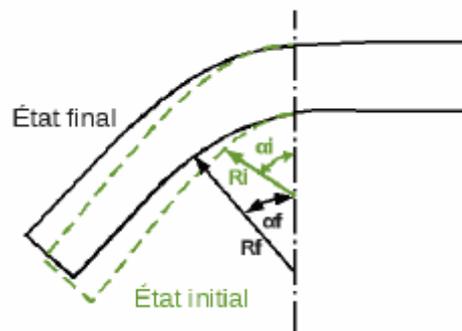


Figure III-12 : Retour élastique.

III.9 Conclusion

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

Chapitre IV: Emboutissage des tôles

IV.1 Introduction

Emboutir : « Travailler une plaque de métal au marteau et sur une enclume, de manière à la rendre concave d'un côté et convexe de l'autre » [10]. Par cette définition, nous sommes à même d'imaginer qu'il y a fort longtemps que l'on emboutit des tôles. Les temps modernes, nés de la société de consommation, ont mené aux développements de l'automobile et à l'équipement des foyers entre autres. Par là même, le marteau est devenu poinçon, l'enclume, matrice et, les pinces et étriers servant à maintenir la tôle, serre-flan [10].

IV.2 Définition

L'**emboutissage** est le principal **procédé** de mise en forme des tôles d'acier par déformation plastique, qui consiste à forcer une tôle souvent plane et mince appelée flan dans une matrice avec un poinçon pour lui donner la forme souhaitée. Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie automobile pour fabriquer les ouvrants des véhicules (portières, capot, coffre, toit ...) mais également dans les industries aéronautique, de l'électroménager, de l'emballage alimentaire, etc.

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

IV.2.1 Emboutissage à froid :

Il est réalisé sur des presses mécaniques. L'emboutissage à froid est réservé aux matériaux d'épaisseur inférieure à 6mm (aluminium, aciers inoxydables, laiton, aciers doux (0.2% C Max)), ce procédé impose, sauf rares exceptions, un outillage double effet. Les emboutis peu profonds ou ne nécessitant pas d'importants efforts de serrage, sont exécutés sur des presses double effet. Le serre-flan applique la tôle sur la matrice pendant toute la durée du travail du poinçon, l'opération terminée, la pièce est dégagée soit à l'aide de l'éjecteur, soit au travers de la matrice.

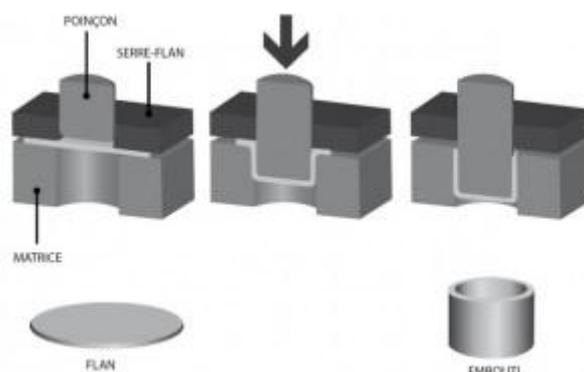


Figure IV-1 : principe d'emboutissage à froid.

IV.2.2 Emboutissage à chaud

Il est réalisé exclusivement sur presses hydrauliques. Il est réservé aux matériaux peu ductiles (magnésium, titane, zinc,...), aux emboutissages profonds, et aux tôles de forte épaisseur nécessitant de grands efforts (épaisseur supérieure à 7 mm pour l'acier). Les cadences

Chapitre IV: Emboutissage des tôles

de production sont inférieures et les aspects de surface sont moins bons, vis-à-vis de l'emboutissage à froid.

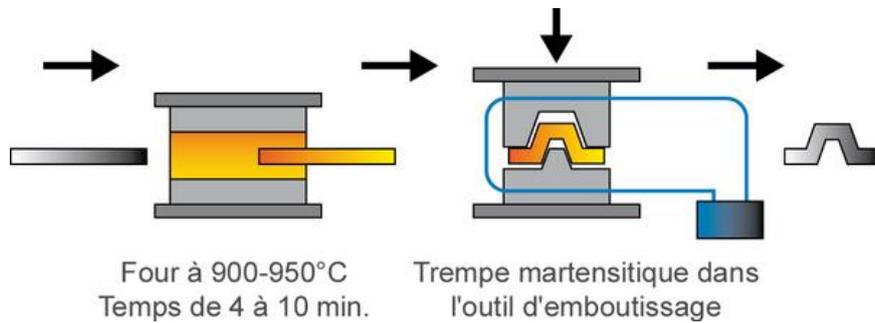


Figure IV-2 : principe d'emboutissage à chaud

IV.2.3 Différents types d'outils d'emboutissage :

Il existe deux **types** d'outils d'emboutissage : outils à simple effet et à double effet.

- **Outils simple effet** : configuration la plus simple, composée principalement d'une matrice et d'un poinçon.

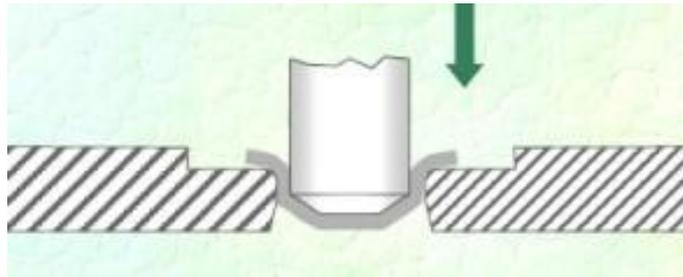


Figure IV-3 : outils à simple effet

- **Outils double effet** : comprend en plus de l'outil simple effet, un serre-flan. Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie.

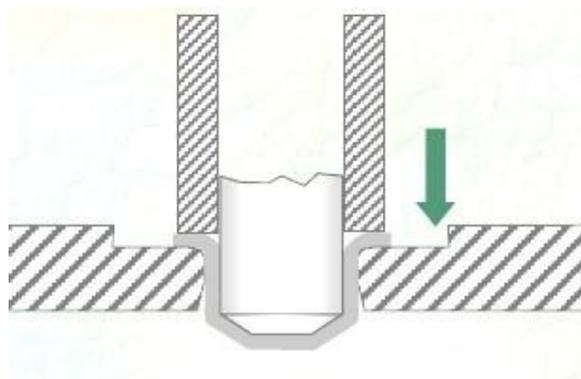


Figure IV-4 : outil à double effet

IV.3 Principe d'emboutissage

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

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

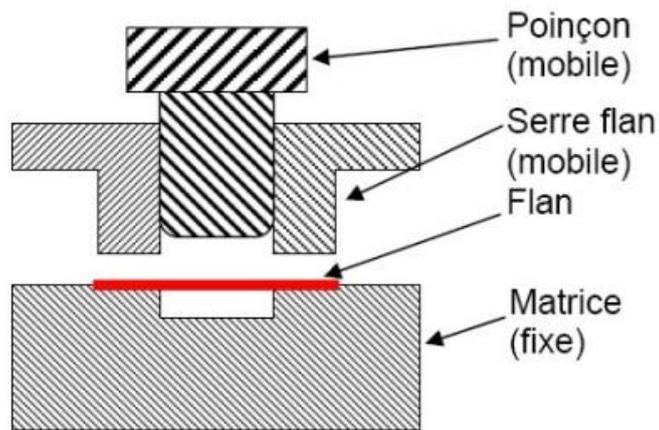


Figure IV-5 : Étape n°1 : La préparation de l'emboutissage

-étape 2 : Le serre-flan descend et vient appliquer une pression de serrage afin de maintenir le flan tout en lui permettant de se déformer plastiquement.

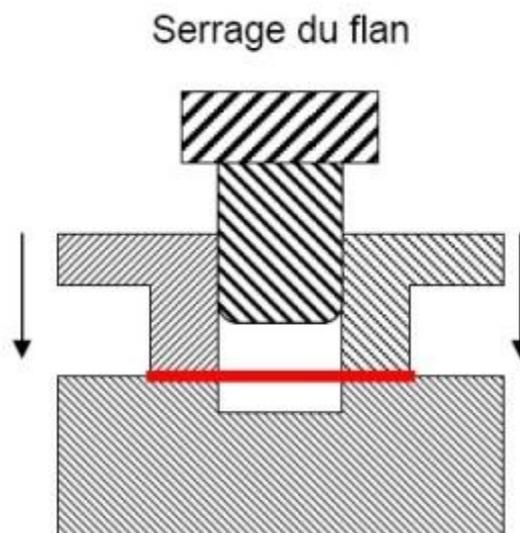


Figure IV-6 : Étape n°2 : Le serrage du flan

-étape 3 : Dans la troisième étape, le poinçon descend et déforme plastiquement la tôle.

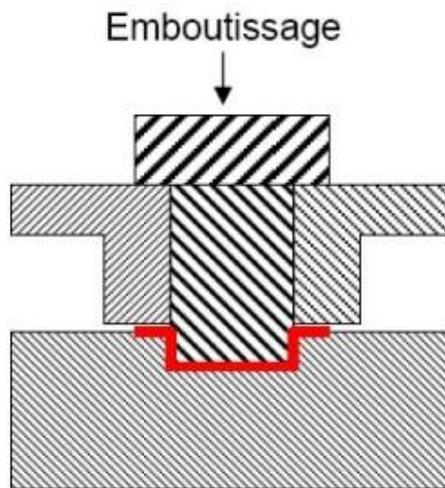


Figure VI-7 : Étape n°3 : L'emboutissage proprement dit

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

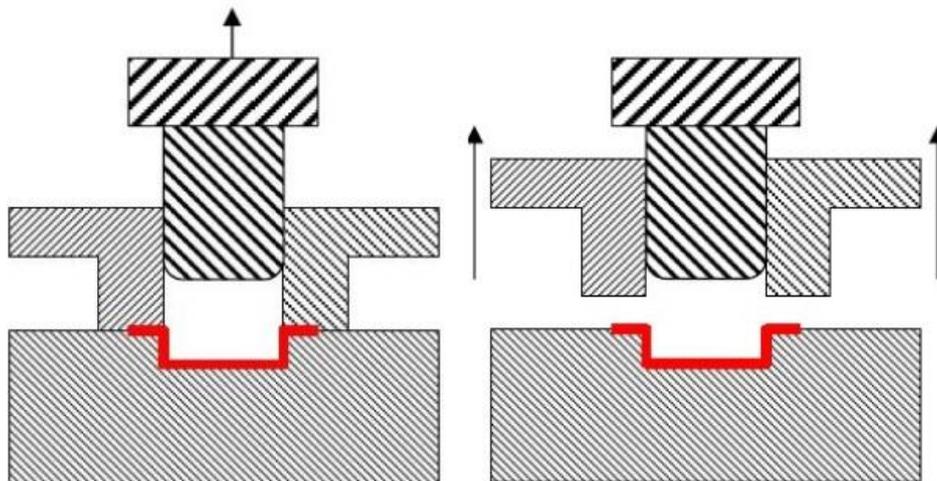


Figure IV-8 : Étape n°4 : L'enlèvement du poinçon puis du serre-flan

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



Figure IV-9 : Étape n°5 : Le détourage de la pièce emboutie

IV.4 Evaluation des efforts

L'effort nécessaire pour emboutir des pièces cylindriques dépend tout d'abord des diamètres de l'embouti et du flan primitif, de l'épaisseur et de la qualité de la tôle. Il dépend également de la pression de serre-flan, de la vitesse de l'emboutissage, de l'arrondi de la matrice, du jeu entre poinçon et matrice et de la lubrification. Il est difficile de tenir compte de tous ces facteurs dans la détermination de la pression du poinçon, c'est pourquoi il est commun d'employer les formules simplifiées [11].

IV.4.1 Efforts d'emboutissage cylindrique:

Dans le cas d'un emboutissage cylindrique, l'effort d'emboutissage se calcule comme suit :

$$F_e = d \times e \times \pi \times R_m \times K \quad (4)$$

Avec :

F_e : effort d'emboutissage (daN).

d : diamètre du poinçon (mm).

D : diamètre du flan (mm).

e : épaisseur de la tôle (mm).

R_m : résistance de la tôle à la traction (daN/mm²)

K : Coefficient en fonction du rapport **d/D** (voir tableau IV-1).

Tableau IV-1 : Le coefficient K en fonction de d/D

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

IV.4.2 Efforts de serrage cylindrique

L'effort sur le serre-flan se calcule comme suit :

$$F_s = P \times (D^2 - d^2) \times \pi / 4 \text{ (kgf)} \quad (5)$$

Avec:

P : La pression spécifique sur le serre flan (voir tableau IV-2).

Tableau IV-2 : la pression spécifique sur le serre-flan en fonction de sa matière

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

Chapitre IV: Emboutissage des tôles

IV.4.3 Efforts d'emboutissage rectangulaire

Dans le cas d'un emboutissage rectangulaire, l'effort d'emboutissage se calcule comme suit [8] :

$$F_{er} = e \cdot R_r \cdot (2K_a \cdot \pi \cdot r + K_b \cdot L) \quad (6)$$

Avec :

F_{er} : effort d'emboutissage rectangulaire en daN,

L = 2 (a + b).

R_r : résistance de la tôle à la traction

a, b : distance entre les centres des rayons des angles d'emboutissage en mm,

r : rayon en angle (mm),

e : épaisseur de la tôle (mm)

Sachant que :

- **K_a** = 0.5 pour les emboutis peu profond.
- **K_a** = 2 pour les emboutis dont $h = 5$ à $6r$.

Et : **h** = hauteur de l'embouti

- **K_b** = 0.2 pour un jeu important et pas de serrage de flan.
- **K_b** = 0.3 à 0.5 si écoulement facile et faible serrage flan.
- **K_b** = 1 si fortes pressions de serre-flan.

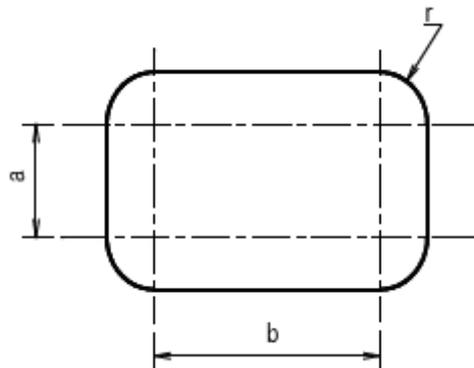


Figure IV-10 Distances a et b, dans le cas du rectangle

IV.4.4 Efforts de serrage rectangulaire

$$F_s = P \times S \quad (7)$$

F_s : effort de serrage.

P : pression spécifique sur le serre-flan.

S : surface de serre-flan.

IV.5 Diamètre du flan

Il est important de déterminer la taille du flan primitif pour d'une part économiser la matière et d'autre part faciliter l'emboutissage. D'après le théorème de **GULDIN** c'est la surface engendrée par une ligne plane tournant autour d'un axe situé dans son plan et ne le traversant pas, est égale au produit de la longueur développée de cette ligne par la circonférence décrite par son centre de gravité [12]. Sur le cas d'un d'emboutissage cylindrique à fond plat on distingue deux cas :

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

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

En négligeant le rayon de raccordement **r** de la paroi et du fond, si

$$r < \frac{d}{10}$$

Voir la figure IV-10 ci-dessous

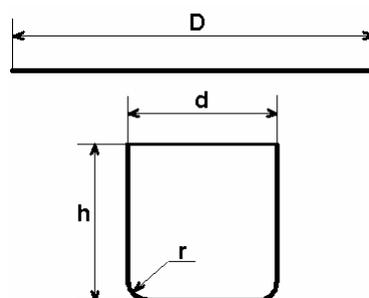


Figure IV-11 : sans collerette rc.

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

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0.57r + 0.57rc - 0.52(r^2 - rc^2))} \quad (8)$$

Le rayon de raccordement de la paroi et du fond **r** est négligeable si ;

$$r < \frac{d}{10}$$

Voir la figure IV-11 suivante

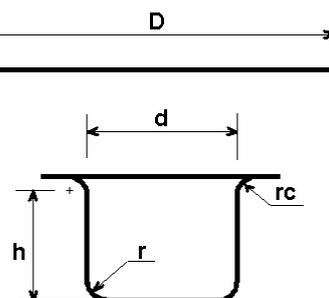


Figure IV-12 : avec collerette rc.

IV.6 Rayon de la matrice

Ce paramètre a une très grande importance autant pour la qualité de l'embouti que pour la répartition des forces. En effet, on comprend parfaitement que dans les deux cas extrêmes, l'emboutissage n'est pas fiable [8].

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

On peut voir ça sur la figure ci-dessous (figure IV-12) et les variations de l'arrondi sur la matrice

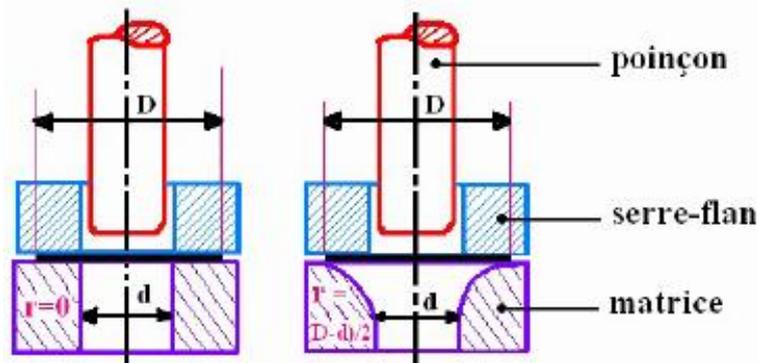


Figure IV-13 : Variation de l'arrondi sur la matrice.

Pour déterminer le rayon efficace, on utilise la relation de Kaczmarek, mais en fonction de la matière utilisée, et ça donne :

Concernant la première passe :

- pour l'acier : $r = 0.8 [e \cdot (D - d_1)]^{\frac{1}{2}}$
- pour l'aluminium : $r = 0.9 [e \cdot (D - d_1)]^{\frac{1}{2}}$

Pour les passes suivantes : $r_{n=\frac{d_{n-1}-d_n}{2}}$

Avec :

- r : rayon de la matrice
- D : diamètre du flan (mm)
- d_1 : diamètre de l'embouti (mm)
- e : épaisseur du flan (mm)

IV.7 Rayon du poinçon

La partie de la tôle qui se trouve en contact avec le rayon trop faible de poinçon subit une diminution d'épaisseur (1), après emboutissage, le défaut se retrouve sur la surface latérale de l'embouti (2) (figure IV-13). le rayon (R_p) est limité entre $5e$ et $10e$.

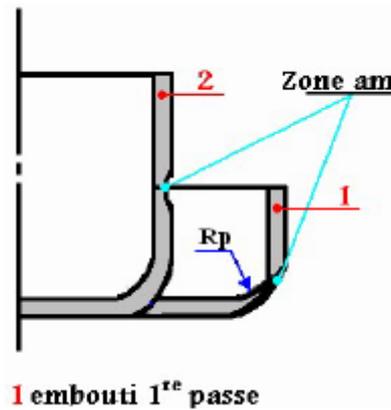


Figure IV-14 : le rayon sur le poinçon

IV.8 Jeu entre le poinçon et la matrice

IV.8.1 L'état de surface

Entre le poinçon et la matrice, on ménage, en plus de l'épaisseur de la tôle, un jeu. Ce jeu est utilisé pour réduire le frottement entre la matrice, le poinçon et le matériau embouti, et assurer la qualité des produits obtenus. S'il est trop petit, le matériau peut être déchiré, et l'épaisseur de la pièce devient plus mince. Par contre, si le jeu est élevé, la force de poinçon est réduite, mais l'épaisseur de la pièce varie beaucoup d'une position à l'autre et le mur de celle-ci peut ne pas être redressable, et l'aspect peau d'orange lié à la taille des grains est un des risques dont dépend l'état de surface de la pièce finale [13].

Lors du retrait, c'est le frottement important sous serre-flan et rayon de la matrice qui provoque un grippage, celui-ci s'accompagne d'un arrachement de particules sur la pièce dégradant l'état de surface.

IV.8.2 Formule pour calculer ce jeu

Il est courant d'utiliser des tables donnant le jeu en fonction de l'épaisseur du flan et de la matrice, elles sont basées sur les formules suivantes [14]:

- Pour l'acier $j = e + 0,07 * (10 * e)^{1/2}$

- Pour l'aluminium $j = e + 0,02 * (10 * e)^{1/2}$

- Pour métaux non ferreux $j = e + 0,04 * (10 * e)^{1/2}$

Avec :

J : le jeu entre la matrice et le poinçon

e : l'épaisseur du flan

IV.9 Emboutissage cylindrique profond

Les tôles peuvent être embouties à des profondeurs impressionnantes, si le matériau est correctement choisi, la conception de l'outillage saine et les processus de fabrication et le choix de la presse sont acceptables. Les pièces embouties peuvent être classées en deux groupes :

- Coquilles dessinées avec rebords
- Coquilles dessinées sans rebords

Lorsque des bords doivent être produits, la taille du flan doit être suffisante pour contenir leur largeur, laissant souvent un matériau supplémentaire pour le découpage. Le découpage du gobelet avec une bordure est inévitable, car le bord extérieur du flan peut être déformé par le processus d'emboutissage.

Le découpage des bords est effectué dans la dernière opération de la séquence, où la partie finie est également éjectée hors de la matrice. Parfois, une coupe pincée de la coque est préférée, en raison de sa vitesse et de sa simplicité d'utilisation.

Pour des pièces sans bords, la taille du flan doit être exacte, sans matière à découper ultérieurement. Dans ce cas tout le volume du flan est embouti. La pièce finie peut être éjectée de la matrice lors du retour du poinçon.

Par conséquent, les grandes profondeurs doivent être effectuées par étapes, chaque opération devant être effectuée dans les limites fixées pour le matériau. Et chaque passe d'emboutissage dessinée devrait étirer la coque un peu plus jusqu'à ce que la forme finale du gobelet soit produite.

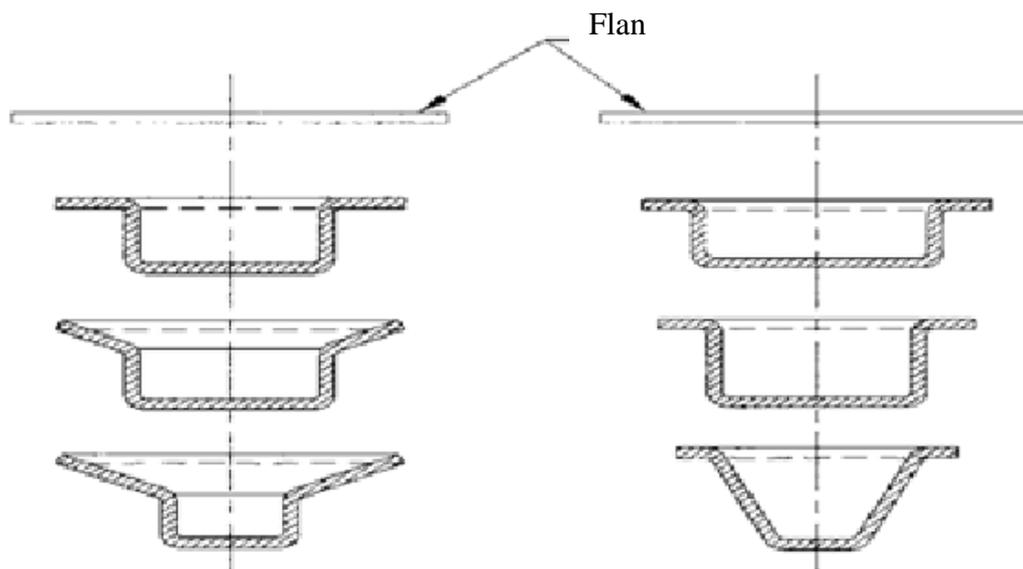


Figure IV-15 : Emboutissage profond à plusieurs passes.

IV.10 Choix des matériaux

Un matériau d'outil est choisi en fonction de ses conditions de service. C'est à dire ses Propriétés mécaniques. On distingue six propriétés déterminantes [15] :

- La ténacité
- La dureté
- La résistance à l'usure,
- La résistance à la fatigue mécanique,
- La résistance à la fatigue thermique,
- La stabilité structurale sous l'effet des contraintes thermiques et mécaniques. Et aussi en fonction de l'épaisseur de la tôle a formée.

IV.11 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage : [16]

IV.11.1 Les avantages de l'emboutissage :

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

IV.11.2 Les inconvénients de l'emboutissage :

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

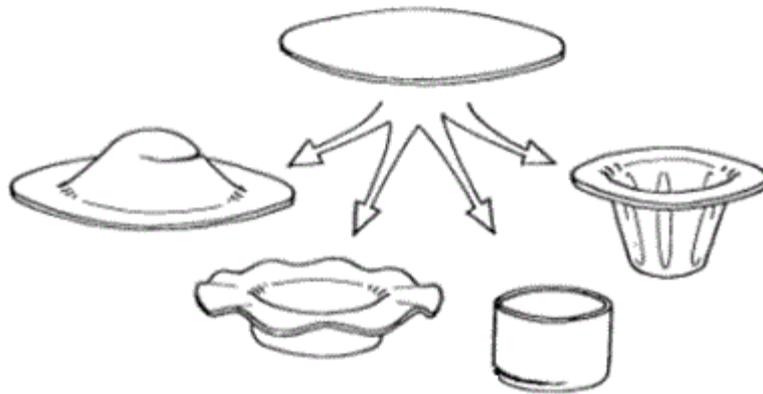


Figure IV-16 : Les défauts en emboutissage

IV.12 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter le procédé de mise en forme des matériaux en feuille, qu'est l'emboutissage. Se basant sur une étude bibliographique, nous avons recherché les paramètres de ce procédé qui ont de l'influence sur l'opération de la mise en forme, il est possible de voir que quel que soit le type d'embouti réalisé, les mêmes paramètres influents apparaissent dont le rayon du poinçon et la matrice, le jeu entre matrice et poinçon, la vitesse d'emboutissage et les caractéristiques des matériaux soit pour l'outil ou l'embouti.

Dans le chapitre études et conception d'outil nous introduisons ces paramètres que nous avons cités dans ce chapitre d'emboutissage.

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

IV.13 Introduction

Au cours de ce chapitre nous allons présenter notre sujet d'étude (la pièce et l'outil) en premier temps, ensuite nous passerons aux calculs des efforts d'emboutissage puis aux calculs de la résistance à la compression et au flambage des poinçons, matrices et serre-flan en tenant compte des différents paramètres d'emboutissage.

Ainsi nous allons définir les pièces formant notre outil et le choix de la presse qui convient à notre opération d'emboutissage.

La dernière étape dans ce chapitre c'est la mise en plan de toutes les pièces composantes de cet outil d'emboutissage.

IV.14 Cahier des charges

Dans notre travail la pièce à réaliser est une table de travail 6500 de la cuisinière dont les caractéristiques sont présentées au dessin de définition de la pièce (voir annexe). Le cahier des charges fourni par l'entreprise E.N.I.E.M est présenté ci-après.

IV.15 Caractéristiques de la tôle en acier inoxydable satinée (X2CrNi 18-9)

IV.15.1 Les normes de la tôle :

Tôle en acier inoxydable satinée (X2CrNi 18-9) selon la norme EN 10088-2-2014 1.4307

IV.15.2 Caractéristiques chimiques

Tableau V-1 : des caractéristiques chimiques de la tôle inoxydable

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

IV.15.3 Caractéristiques mécaniques

Tableau V-2 : des caractéristiques mécaniques de la tôle inoxydable

Limite d'élasticité R_p 0.2%	Resistance à la traction R_m	Allongement après rupture
N/mm ²	N/mm ²	A _{80%}
220	520-700	45

IV.15.4 Aspect de la surface :

La qualité de surface est : 2B/SAT

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

La surface de la tôle en INOX doit être protégée par un film vinylique (PS/PVC) sur une surface extérieure.

IV.16 Dimension nominales selon la norme EN 10131

Tableau V-3 : dimension de la tôle

Code	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
130 097A	0.6	600

IV.17 Emplacement de la pièce

La pièce se monte au-dessus de la cuisinière



Figure V-1 : Emplacement de la pièce sur la cuisinière

IV.18 Processus de fabrication

Le processus de fabrication de cette table de travail 6500 passe par 4 étapes :

- **1^{er} étape :** Elle consiste à découper des bandes à partir de tôle fournie au format commercial standard sous forme des bobines.
- **2^{ème} étape :** poser le flan sur la presse hydraulique T29 pour faire la phase d'emboutissage
- **3^{ème} étape :** pliage des rebours sur la presse semi hydraulique.
- **4^{ème} étape :** poinçonnage et détourage sur la presse excentrique

IV.19 Calculs des efforts d'emboutissage

Dans notre cas on deux types d'effort :

- Effort d'emboutissage cylindrique **F_c**
- Effort d'emboutissage rectangulaire **F_r**

Donc l'effort total **F_e** se calcul comme suite :

$$\mathbf{F_e = F_c + F_r}$$

IV.19.1 Effort d'emboutissage cylindrique

$$\mathbf{F_c = d \times e \times \pi \times R_m \times K} \quad (9)$$

Sur notre pièce nous avons quatre zones cylindriques donc :

$$\mathbf{F_c = f_{c1} + f_{c2} + f_{c3} + f_{c4}} \quad (10)$$

Avec : **f_{c3} = f_{c4}**

d : diamètre du chaque partie cylindrique sur l'empreinte supérieure **d₁, d₂, d₃, d₄**

Avec : **d₃ = d₄**

e : épaisseur de la tôle=0.6 mm

R_m : résistance de la tôle à la traction=610 (N/mm²)

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

Application numérique :

Calculs des diamètres d₁, d₂, d₃

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

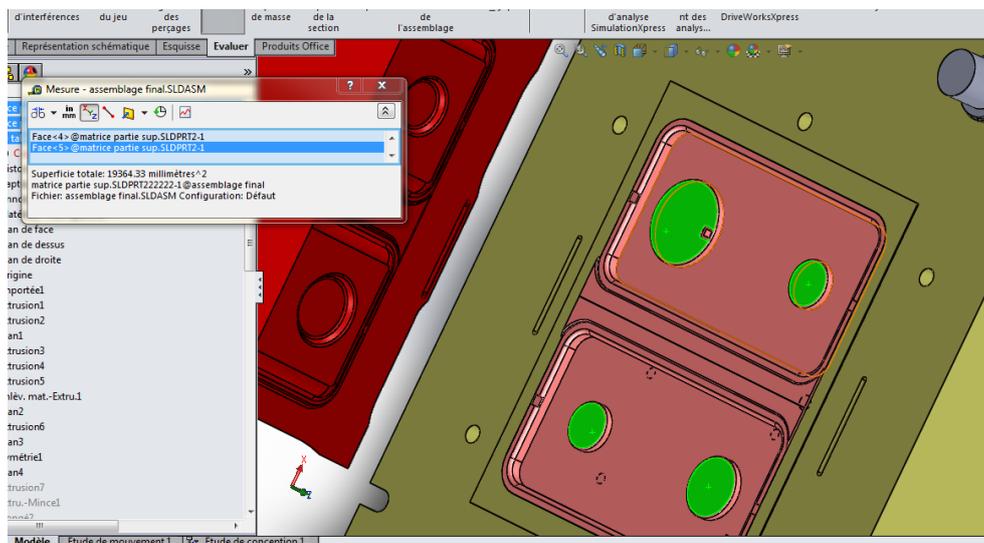


Figure V-2 : Mesure des diamètres des zones cylindriques sur la matrice supérieure.

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

Donc :

$$d1=115.24\text{mm}$$

$$d2=83.24\text{mm}$$

$$d3=d4=65.24\text{mm}$$

Calcul de K :

$$K= d / D$$

Application numérique :

$$\frac{d1}{D1} = \frac{d2}{D2} = \frac{d3}{D3} = \frac{d4}{D4}$$

Avec :

D1, D2, D3 et D4, se sont des diamètres des parties cylindriques embouties, qui sont mesurés avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction « mesurer ».

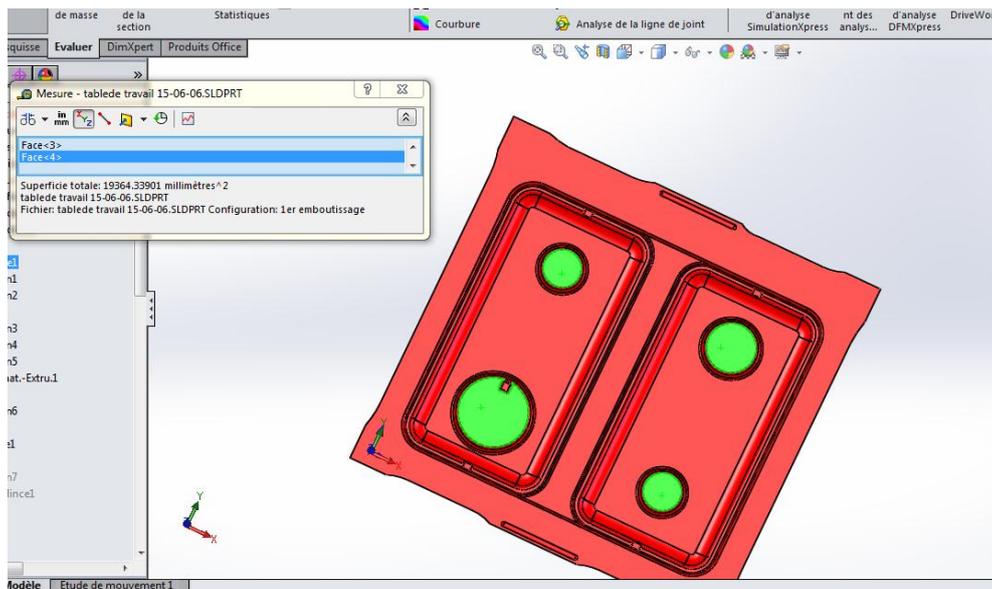


Figure V-3 : Mesure des diamètres des zones cylindriques emboutées.

$$D1=131.81\text{mm}$$

$$D2=99.81\text{mm}$$

$$D3=D4=81.81\text{mm}$$

Alors :

$$K=0.4$$

Calcul des efforts partiels f_{c1} , f_{c2} , f_{c3} et f_{c4} :

$$f_{c1} = d1 \times e \times \pi \times R_m \times K \quad (11)$$

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

$$f_{c1} = 115.24 \times 0.6 \times 3.14 \times 610 \times 0.4 = 52975.367 \text{ N}$$

$$f_{c2} = d_2 \times e \times \pi \times R_m \times K$$

$$f_{c2} = 83.24 \times 0.6 \times 3.14 \times 610 \times 0.4 = 38265.09504 \text{ N}$$

$$f_{c3} = f_{c4} = d_3 \times e \times \pi \times R_m \times K$$

$$f_{c3} = f_{c4} = 65.24 \times 0.6 \times 3.14 \times 610 \times 0.4 = 29990.56704 \text{ N}$$

L'effort total cylindrique :

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

$$F_c = 52975.367 + 38265.09504 + (2 \times 29990.56704)$$

$$F_c = 151221.59612 \text{ N}$$

IV.19.2 Calcul des efforts d'emboutissage rectangulaires

$$F_r = e \times R_r \times (2 K_a \times \pi \times r + K_b \times L) \quad (12)$$

Avec :

e : épaisseur de la tôle 0.6 mm.

R_r : résistance de la tôle à la traction=610 (N/mm²).

K_a = 0.5

r : rayon sur la pièce

K_b = 1

L= 2 (a + b)

a, b : distance entre les centres des rayons des angles de l'embouti rectangulaire (mm).

a : la largeur de la pièce

b : la longueur de la pièce

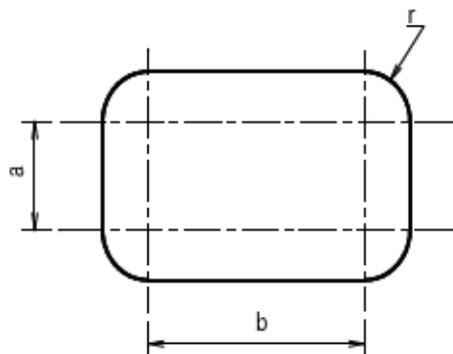


Figure V-4 : schéma qui démontre a, b et r

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

Dans cette partie de calcul des efforts rectangulaire, nous avons deux zones différentes à calculer.

Application numérique :

Calculs des efforts \mathbf{Fr}_1 pour la première zone :

$$L_1 = 2 (a + b)$$

$$a = 168.81829 \text{ mm}$$

$$b = 375 \text{ mm}$$

$$L_1 = 2 (168.81829 + 375) = 1087.63658 \text{ mm}$$

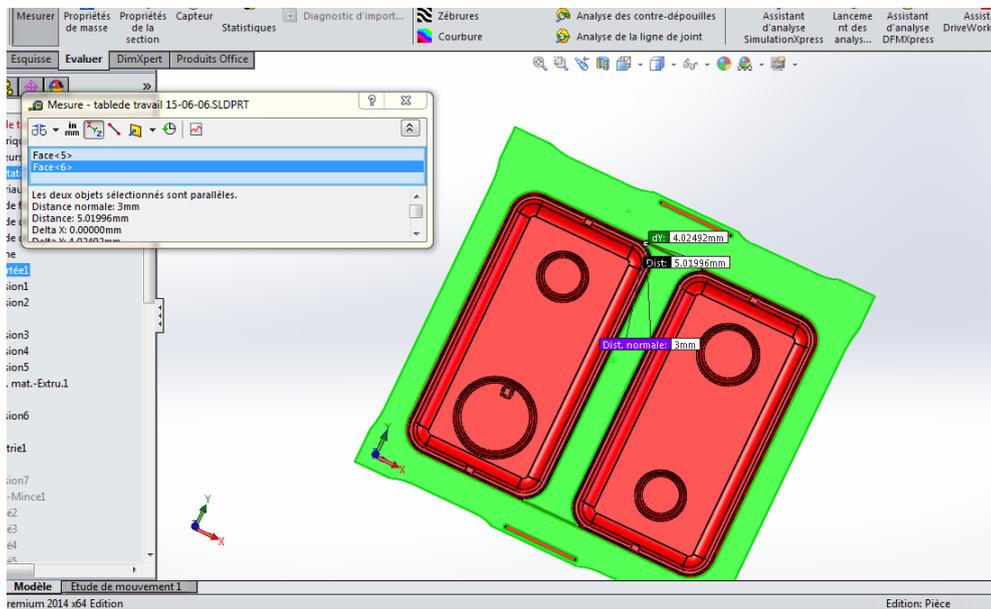


Figure V-5 : La première zone rectangulaire I

$$r = 40\text{mm}$$

$$\mathbf{Fr}_1 = 0.6 \times 610 \times [(2 \times 0.5 \times 3.14 \times 40) + (1 \times 1087.63658)]$$

$$\mathbf{Fr}_1 = 444044.5883$$

Calculs des \mathbf{Fr}_2 , effort pour la seconde zone :

$$L_2 = 2 (375 + 95.50792) = 941.01584 \text{ mm}$$

$$r = 40.86\text{mm}$$

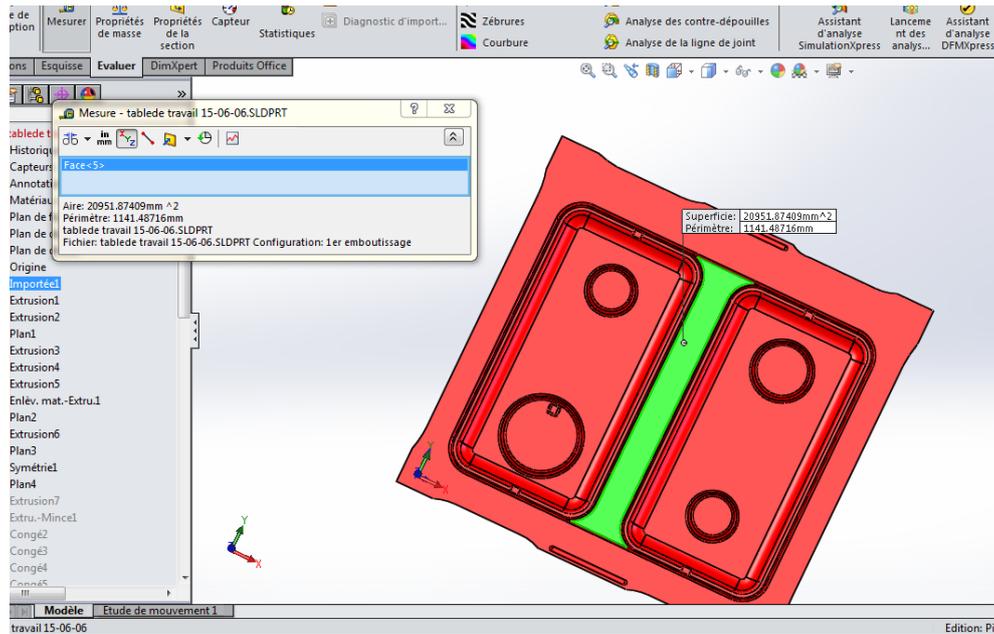


Figure V-6 : La deuxième zone rectangulaire II

$$Fr_2 = 0.6 \times 610 \times [(2 \times 0.5 \times 3.14 \times 40.86) + (1 \times 941.01584)]$$

$$Fr_2 = 391369.74384 \text{ N}$$

Les efforts totaux d'emboutissage rectangulaire Fr_t :

$$Fr_t = 2 Fr_1 + Fr_2$$

$$Fr_t = 2 (444044.5883) + 391369.74384$$

$$Fr_t = 1279458.92044 \text{ N}$$

IV.19.3 Les efforts totaux d'emboutissage :

$$Fe = Fc + Fr_t$$

$$Fe = 151221.59612 + 1279458.92044$$

$$Fe = 1430680.51656 \text{ N}$$

IV.20 Le jeu entre le poinçon et la matrice :

$$J = e + 0,07 \times (10 \times e)^{1/2} \quad (12)$$

Application numérique :

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

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

IV.21 Le rayon sur la matrice :

$$r = 0.8 [e. (D - d_1)]^{1/2} \quad '13)$$

Application numérique :

$$D=131.81\text{mm}$$

$$d_1=124.88\text{mm}$$

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

$$r = 0.8 [0.6 \times (131.81 - 124.88)]^{1/2}$$

$$r=1.6313\text{mm}$$

IV.22 La résistance des empreintes a la compression

Le matériau utilisé pour les poinçons et la matrice est le **XC48** et sa Limite d'élasticité **Re= 275 à 340 MPa**

La condition à la résistance $\sigma_{\text{com}} = Fe/S < Re$

Fe= l'effort total d'emboutissage.

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

❖ Poinçons :

S₁= la surface sur le poinçon qui est en contact avec la pièce.

σ_p : la compression sur le poinçon.

Mesure de la surface **S₁** pour le poinçon droit avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction « mesurer ».

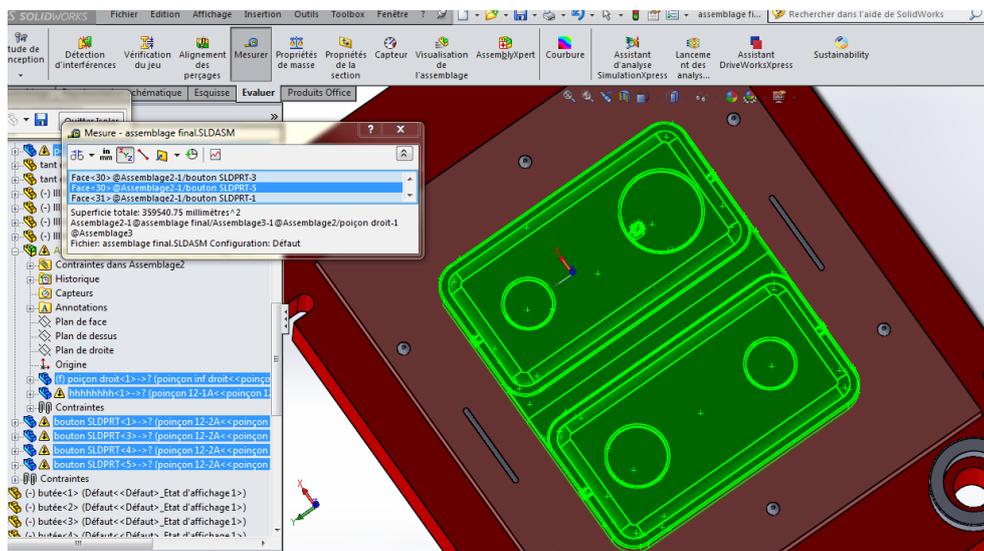


Figure V-7 : Mesure de la surface **S₁**

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

$$S_1 = 283235.9 \text{ mm}^2$$

$$F_e = 1430680.51656 \text{ N}$$

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

$$\sigma_p = \frac{1430680.51656}{283235.9}$$

$$\sigma_p = 5.051 \text{ MPa}$$

Donc :

$$\sigma_p < R_e$$

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

❖ Matrice

S_2 : la surface sur la matrice qui est en contact avec la pièce.

σ_m : la compression sur la matrice.

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

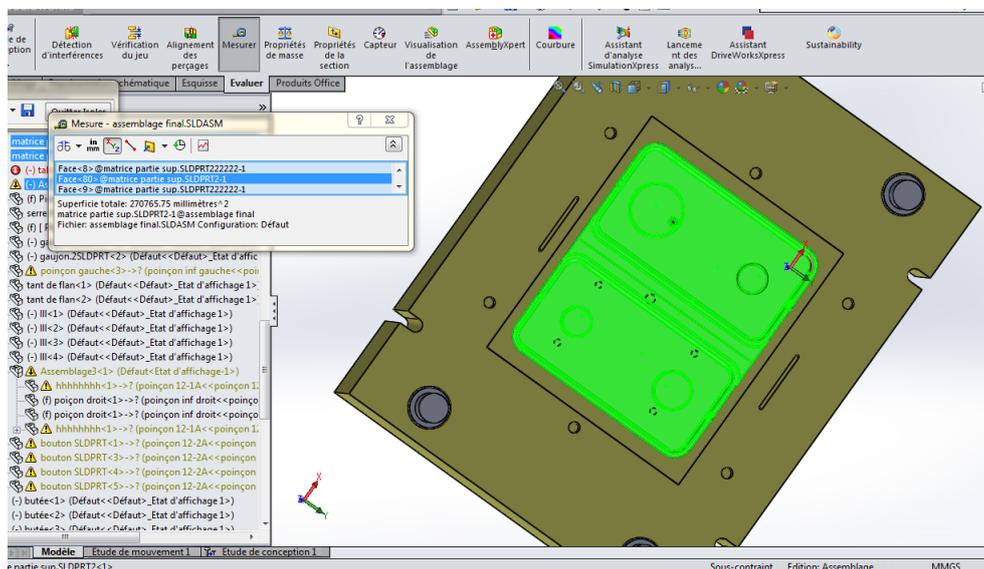


Figure V-8 : Mesure de la surface S_2

$$S_2 = 293077.37 \text{ mm}^2$$

$$F_e = 1430680.51656 \text{ N}$$

$$\sigma_m = \frac{F_e}{S_2}$$

$$\sigma_m = \frac{1430680.51656}{293077.37}$$

$$\sigma_m = 4.88 \text{ MPa}$$

Donc:

$$\sigma_m < R_e$$

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

IV.22.1 calcul de serrage du flan :

$$F_s = P \times S \quad (13)$$

P : La pression spécifique sur le serre flan.

$$P = 2 \text{ N/mm}^2$$

S : la surface de serre-flan

La surface **S** est mesurée avec le logiciel 'Solidworks' par la fonction « mesurer ».

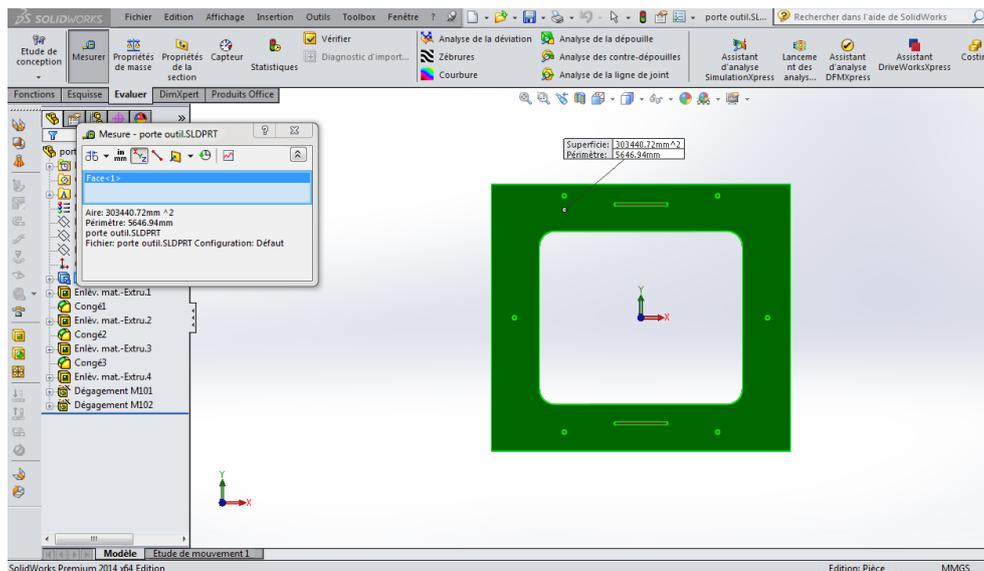


Figure V-9 : Mesure de la surface S de serre flan

$$S = 303440.72 \text{ mm}^2$$

Application numérique:

$$F_{sr} = 2 \times 303440.72$$

$$F_{sr} = 606881.44 \text{ N}$$

$$F_{sr} = 60.6881 \text{ tonnes-force}$$

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

- Remarque :

Le réglage de l'effort de serrage du flan va être synchronisé automatiquement avec l'effort nécessaire pour l'opération d'emboutissage après avoir réglé ce dernier sur la presse hydraulique T29.

IV.22.1.1 Choix de la presse à utiliser :

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

- La force produite provient de la presse à utiliser, elle doit produire un effort supérieur à la somme des efforts d'emboutissage. $F_e < F_{pr}$

Avec :

F_{pr} : Effort de la presse, (en daN)

$F_e = 143.068$ Tonnes - Force

$F_{pr} > 143.068$ Tonnes – Force

- Les dimensions d'outil (1100 x 860) sont inférieures aux dimensions :
 - Dimension de la table
 - Dimension de coulisseau
- La course du coulisseau doit être supérieure à la profondeur d'emboutissage (25mm)

Le tableau ci-dessous montre les différentes presses disponibles au niveau de l'atelier, donc la presse qui va répondre à nos exigences c'est la **T29 hydraulique** avec une capacité de 650 tonnes force.

TableauV-4 : Caractéristiques techniques des presses

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

IV.22.1.2 La vitesse d'emboutissage :

La vitesse d'emboutissage pour la tôle inoxydable est entre **133.33 mm/s et 166.66 mm/s**

IV.23 Description de l'outil

L'outil proposer dans cette étude est un moule à emboutissage, généralement fait pour des moyennes ou grandes séries, il doit être rentable et fiable, il est constitué des éléments suivants :

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

Semelle supérieure : 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 des matrices avec ajustement légèrement pressé, son épaisseur doit être suffisante pour assurer une bonne tenue des matrices.

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

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

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

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

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

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

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

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

Tand de plie : son rôle est du limiter le glissement de la tôle entre la matrice et le serre tôle, il est en **Z200**.

Chapitre V : Étude et conception de l'outil

Poinçons fil de masse : ils sont en **XC48**, ils sont fixés sur les grands poinçons.

Matrices fil de masse : elles sont en **XC48**, elles sont fixées sur les grandes matrices.

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

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

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

IV.24 La mise en plan

Dans cette partie du travail nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour faire ressortir les différentes caractéristiques dimensionnelles et géométriques des pièces constituant l'outil.

Planche 1 : outil complet.

Planche 2 : partie fixe

Planche 3 : partie mobile

Planche 4 : la semelle inférieure.

Planche 5 : la semelle supérieure

Planche 6: poinçon gauche

Planche 7 : poinçon droit

Planche 8 : matrice gauche

Planche 9 : matrice droite

Planche 10 : serre-flan

Planche 11 : colonne de guidage

Planche 12 : butée du fin de course

Planche 13 : bague

Planche 14 : butée de positionnement

Planche 15 : tand de plie

Planche 16 : poinçon fil de masse inférieur.

Planche 17 : matrice fil de masse inférieure

Planche 18 : poinçon fil de masse supérieur

Planche 19 : goujon

IV.25 Conclusion

Dans ce chapitre avons conçu un outil d'emboutissage pour emboutir la pièce « table de travail » en utilisant le logiciel « Solid Works ».

Puis calculé les différents efforts nécessaires pour cette opération d'emboutissage et ainsi au choix des matériaux pour cet outil, puis le calcul de la résistance à la compression des empreintes. Les résultats ont montré que le choix des matériaux est adéquat par conséquent l'outil et tous ses composants vont largement résister aux sollicitations de l'opération.

Nous avons finalisé ce chapitre par le choix de la presse qui convient à cet outil et qui va répondre aux exigences de cette opération.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent projet nous a permis d'acquérir et d'élargir de nouvelles connaissances dans le domaine de la mise en forme des tôles, de tester des notions déjà acquises, mais aussi de savoir réfléchir et réagir face à des problèmes pratiques.

Nous avons tenu, à travers ce projet, à chercher des solutions qui la plus vaste possible pour résoudre notre problème, cependant, nous avons été guidés par le souci du respect du cahier des charges ainsi que les contraintes technologiques du système à concevoir.

Cette étude nous a permis de réaliser la conception (dessins d'ensemble et les dessins de définition) du moule, cette dernière est faite d'un choix d'une solution parmi tant d'autres et d'une manière à faciliter la réalisation du produit et ainsi diminuer son prix de revient. On nous a aussi offert la chance de nous familiariser avec des outils informatiques avancés (logiciels techniques SolidWorks...) et d'apprendre plusieurs informations sur un matériau inoxydable et les procédés de mise en forme de ce dernier et d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques qui est d'un grand intérêt pour l'entreprise.

L'élaboration de ce travail nous a permis, d'une part, d'approfondir les connaissances et le savoir-faire acquis durant les années de notre formation à l'UMMTO, et d'autre part, de préparer notre intégration à la vie professionnelle et de nous nous situer sur le marché de l'industrie.

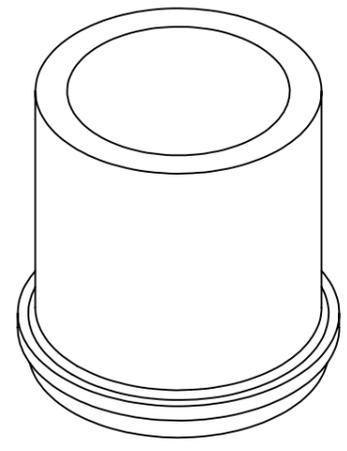
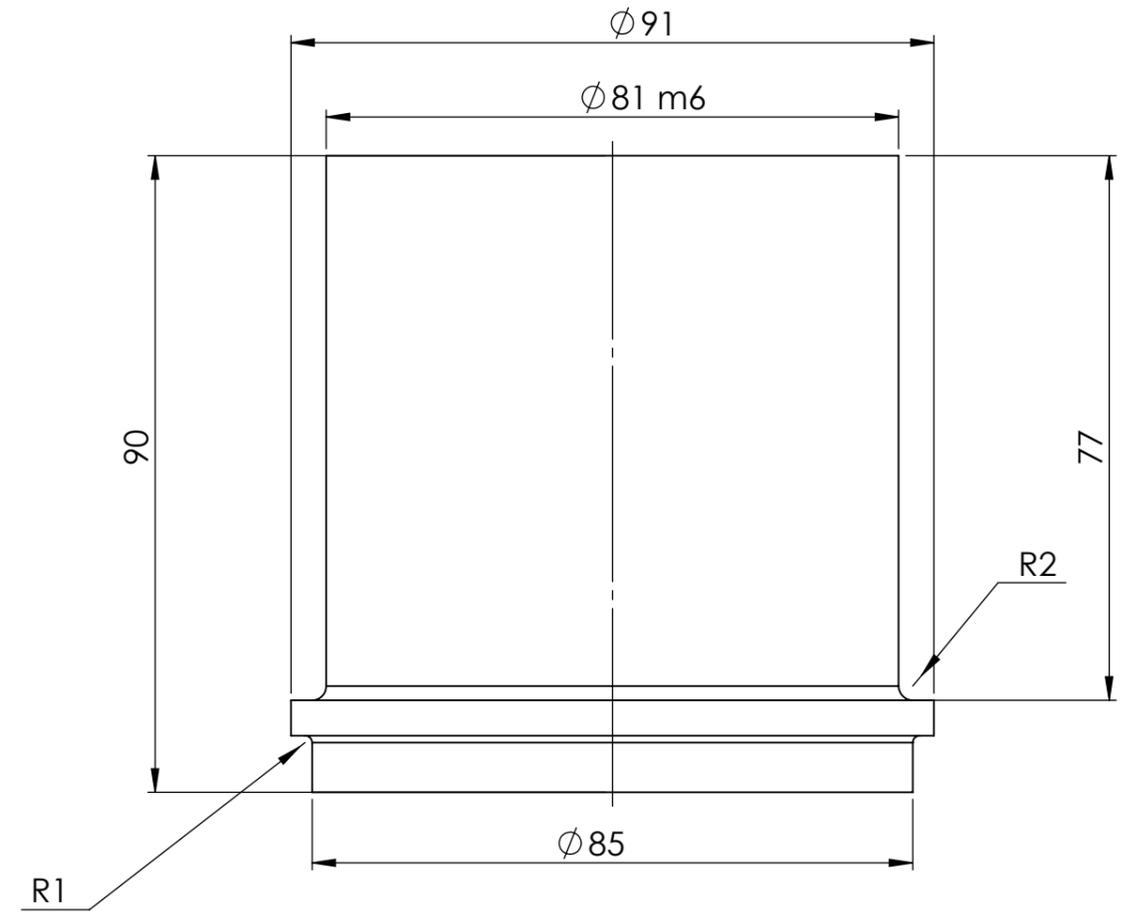
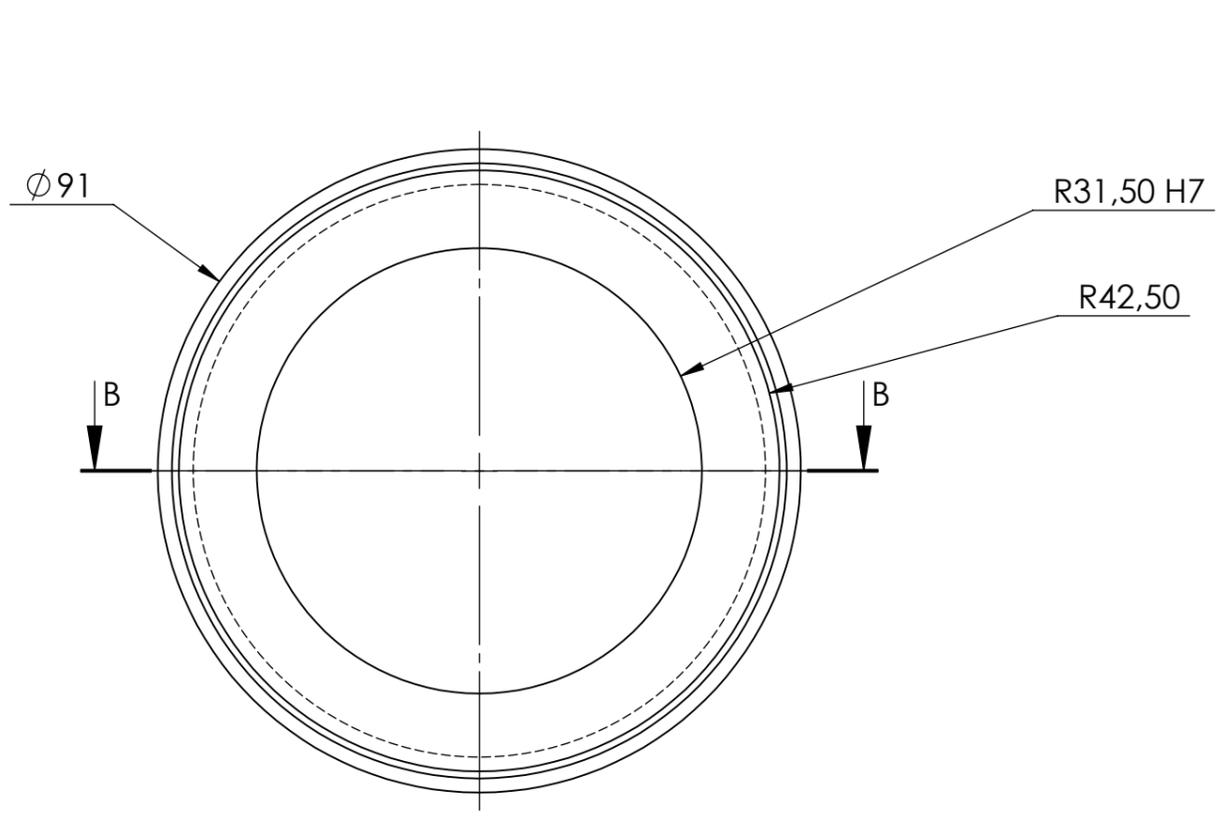
Au terme de ce travail, nous estimons que la réalisation du moule d'emboutissage pour la table de travail d'une cuisinière sera à la hauteur des objectifs fixés par ENIEM et d'un apport positif surtout du côté économique et contribuera à son évolution.

En conclusion, nous souhaitons que ce travail, malgré les contraintes temporelles et matérielles soit enrichit et approfondi à l'avenir.

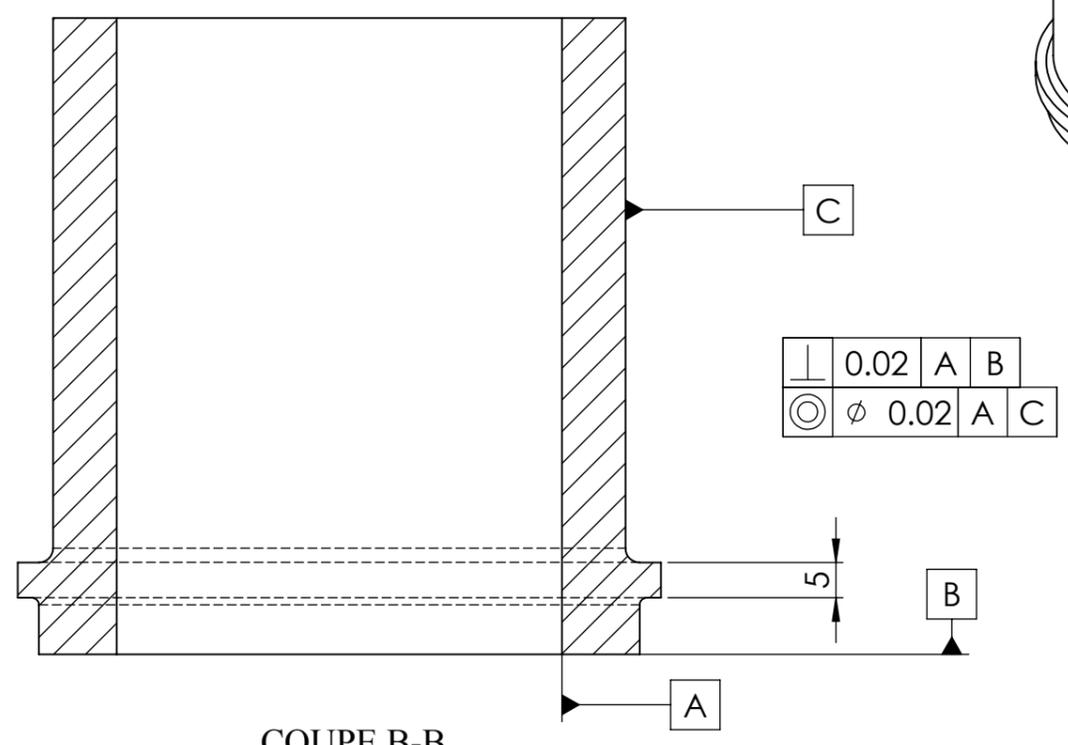
Bibliographie

- [1]. B.WASSILIEF, Emboutissage, Règle principales, Calcul. Edition Dunod, Paris.
- [2]. M.KHERROUB, M.HAMADI , Etude et conception d'un Outil à suivre pour la Fabrication d'un panneau latéral autonettoyant Dune cuisinière E.N.I.E.M. mémoire de master Professionnel en genie mécanique. Proposé par Mr B.TABECHE . 2013/2014
- [3]. Mr LINHER LEROME , Cours des microtechnique – découpage, De LYCEE JULES HAAG.
- [4]. R. QUATREME, Déformation plastique des tôles. édition DELGRAVE 1981
- [5]. Lyes AIT AMRANE, Ahmed DJERDI, étude et conception d'un outil de pliage pour la réalisation d'une pièce de réfrigérateur ENIEM. mémoire de Master Académique option Construction Mécanique. Proposé par E.N.I.E.M. Promotion 2016/2017
- [6]. Eric GILDEMYN. Caractérisation des procédés de fabrication, de pièce de sécurité automobile optimisation multi-objectifs de la mise en forme. Thèse Doctorat. Ecole national supérieur d'art et métiers Paris Tech 19 novembre 2008.
- [7]. Cours sur le pliage des tôles. Cœurs technologie Rocardier .12 janvier 2010.
- [8]. Mourad JERBI, procédés de mise en forme. Support de cours Génie Mécanique niveau 1 I.S.E.T.N. 2017/2018.
- [9]. Lyes RAMOUL, étude et conception d'un outil d'emboutissage pour plaque d'immatriculation automobile. mémoire de fin d'étude master professionnel en génie mécanique option fabrication mécanique et productique. Promotion 2016/2017.
- [10]. Abdesslem CHAMEKH, optimisation des procédés de mise en forme par réseaux de neurones artificiels, thèse de doctorat, école nationale d'ingénieurs de Monastir Tunisie, 16 février 2007.
- [11]. Mouloud KHERROUB, Mohammed HAMADI, étude et conception d'un outil à suivre pour la fabrication d'un panneau latéral autonettoyant d'une cuisinière E.N.I.E.M
- [12]. Samir M'EHMED. Institut supérieur des études technologiques de Nabeul.2004-2005
- [13]. Quoc Tran VIET, analyse par élément finis du formage d'un flasque métallique. Thèse de doctorat, Ecole de technologie supérieur, université du Québec, 1999.
- [14]. Hafida KAHOUL, modélisation du comportement à la déformation élastique des tôles de construction automobile : influence des singularités, mai 2010, université Mentouri Constantine.
- [15]. www.meteaux-detail.com
- [16]. Yann LE DOUX, Thèse de doctorat, université de Savoie Iméca .12 décembre 2005.

Annexe

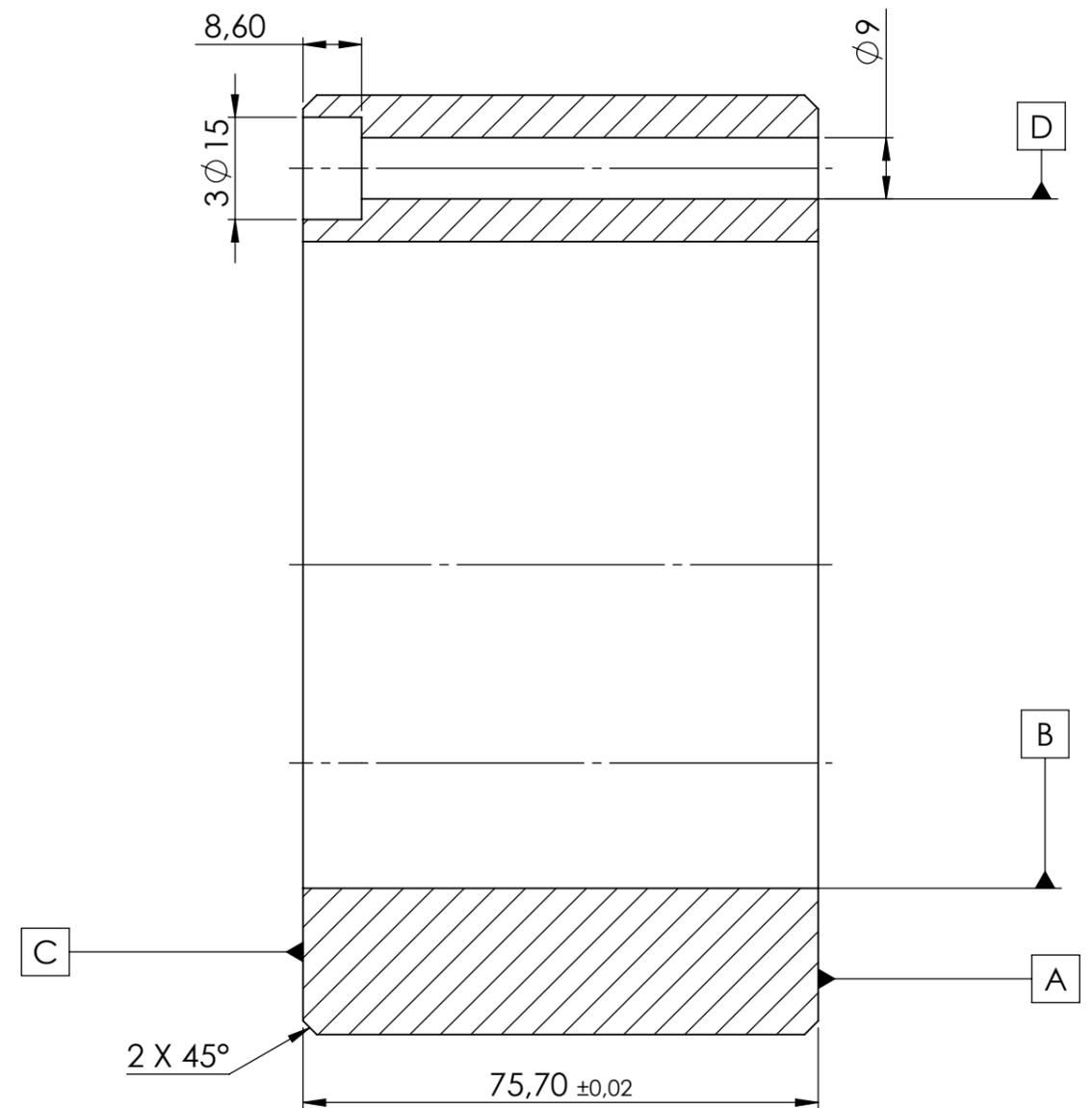
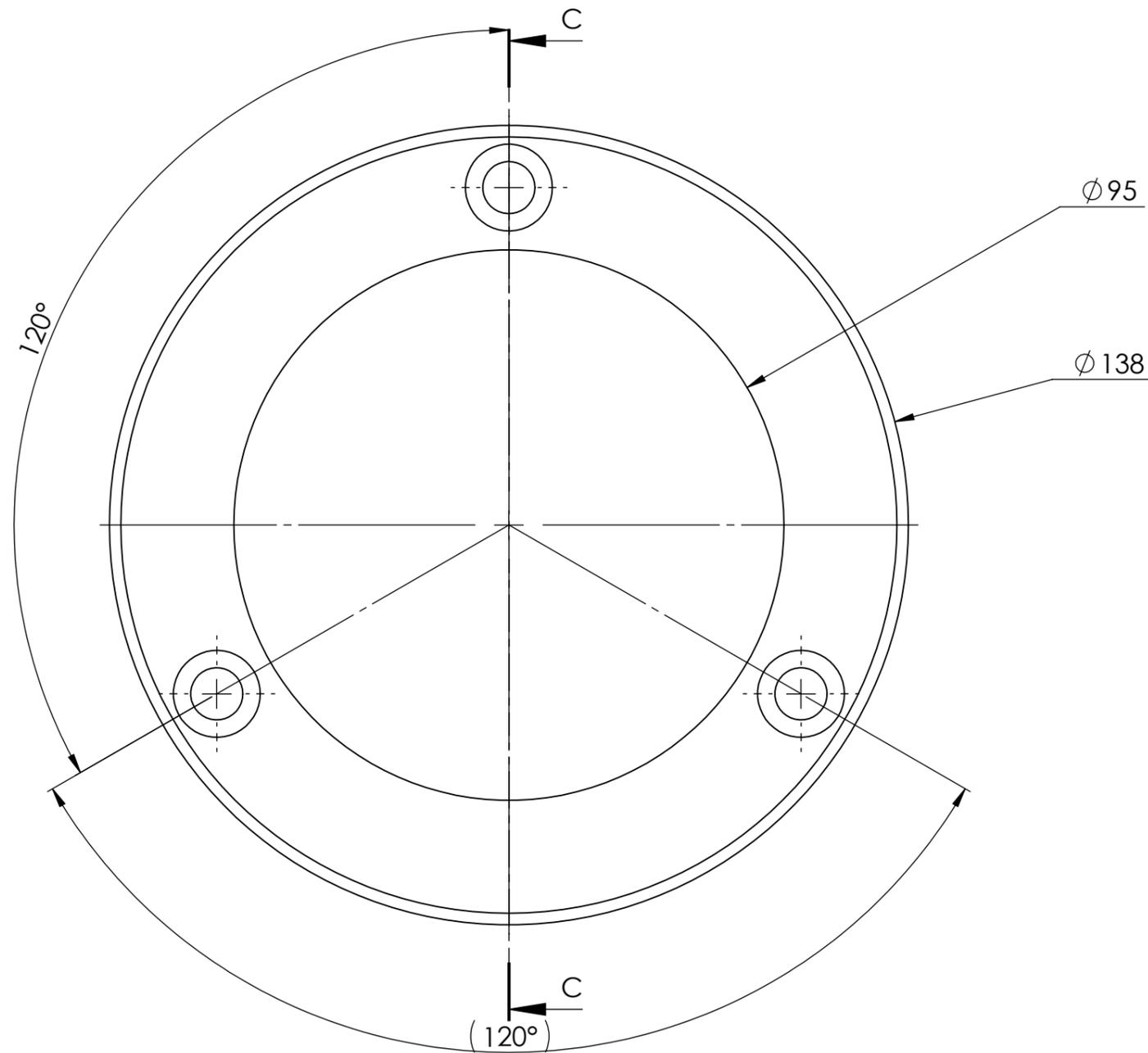


Echelle :1:2



COUPE B-B

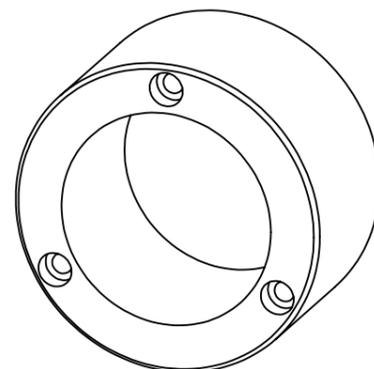
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
19	4	Bague de guidage	bronze	/
Echelle : 1:1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	étata de surface :	
Planche N°:13			3.2	
		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L	2017/2018	
A3		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



COUPE C-C
ECHELLE 1 : 1

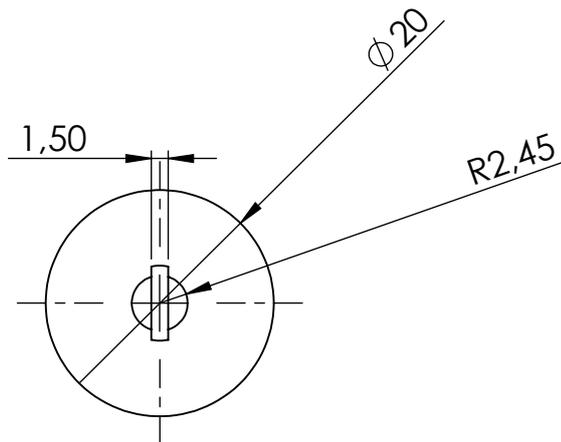
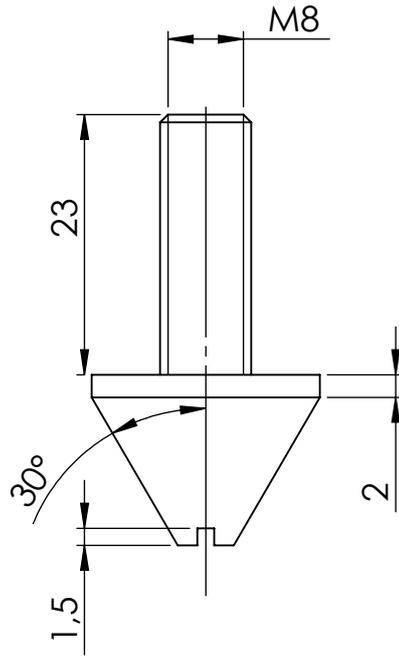
\perp	0.01	B	A
//	0.01	C	A
\perp	0.02	D	A

Tolérance ± 0.05 sauf indication



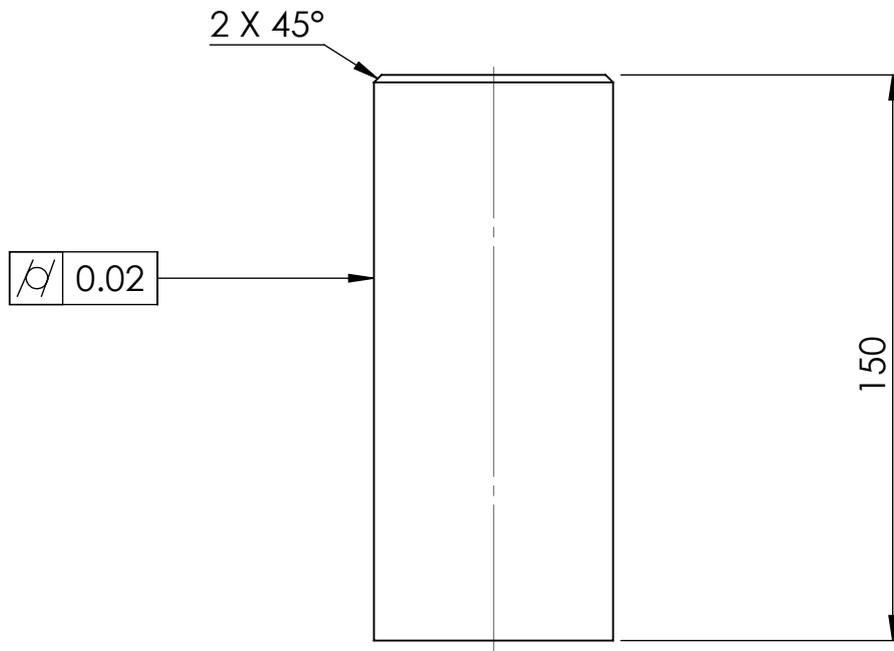
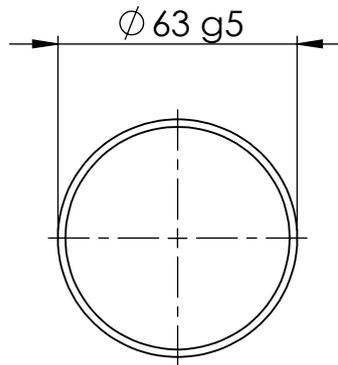
Echelle 1:3

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
7	4	Butée de fin de course	Z200 C12	/
Echelle 1:1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface:	
Planche N°:12			3.2	
		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L	2017/2018	
A3		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



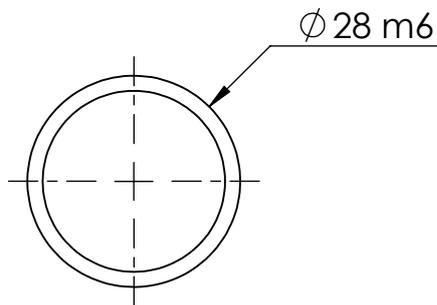
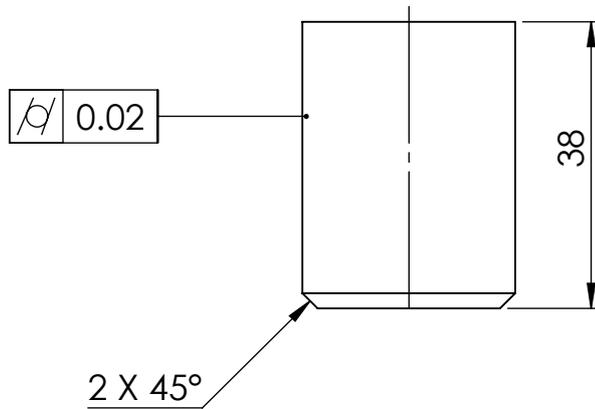
Tolérances ± 0.05

8	6	Butée de positionnement du flan	XC 48	Traitée
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 3 : 2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	etat de surface:	
Planche N°:14			3.2	
		Ait slimane.B et Belhadj.L	2017/2018	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	

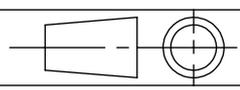


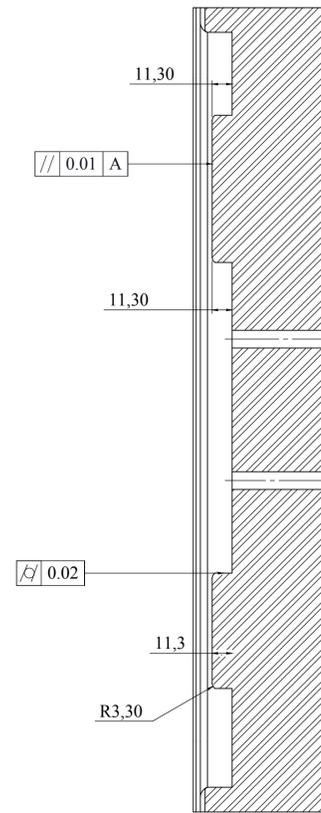
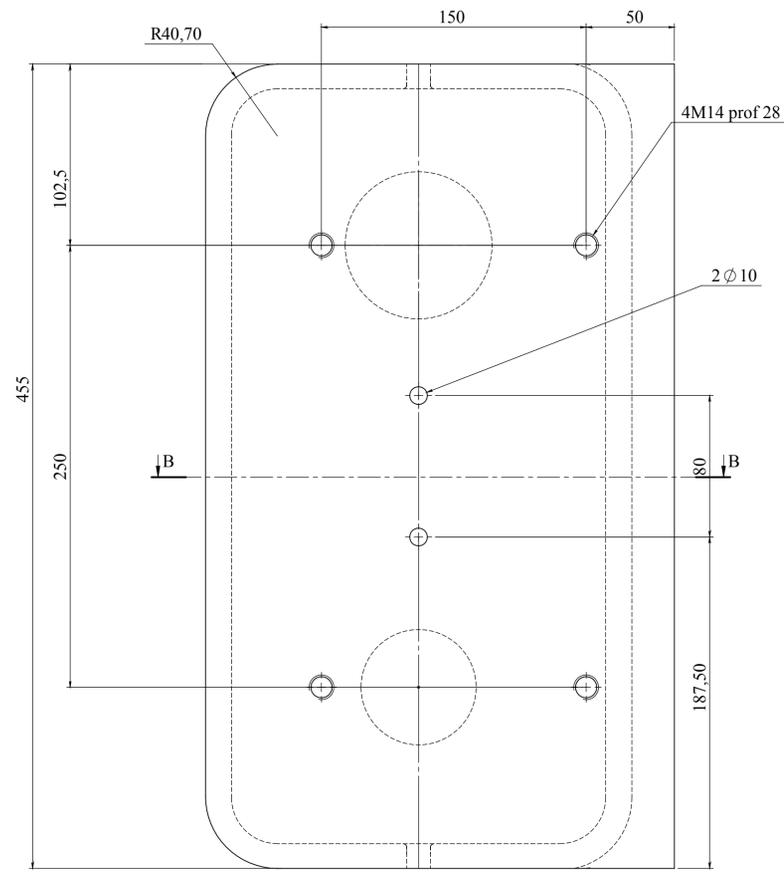
Tolérance : ± 0.05

18	4	Colonne de guidage	42 CD4	Traitée
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:2	OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE		Etat de surface:	
Planche N°:11			1.6	
	AIT SLIMANE .B - BELHADJ .L		2017/2018	
A4	FGC DGM UMMTO		MASTER II	

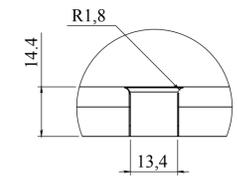
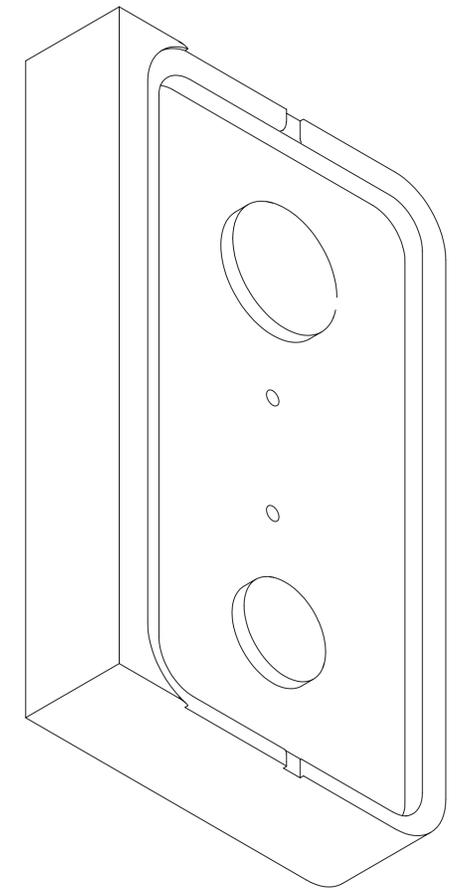
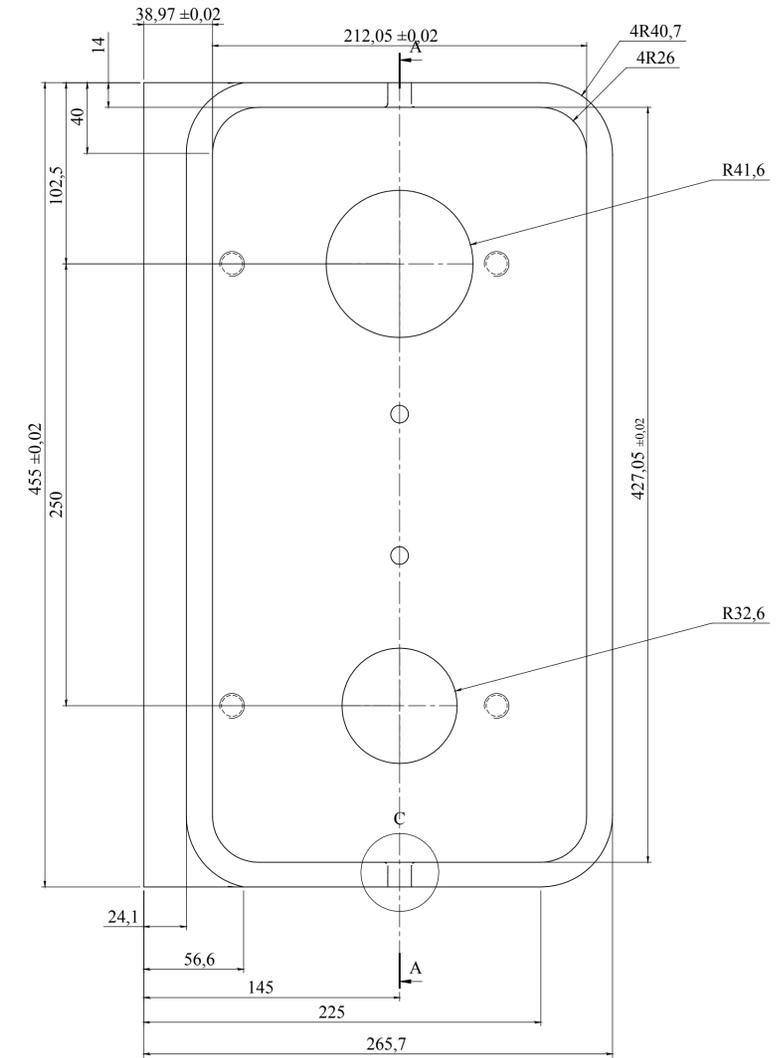


Tolérance ± 0.05

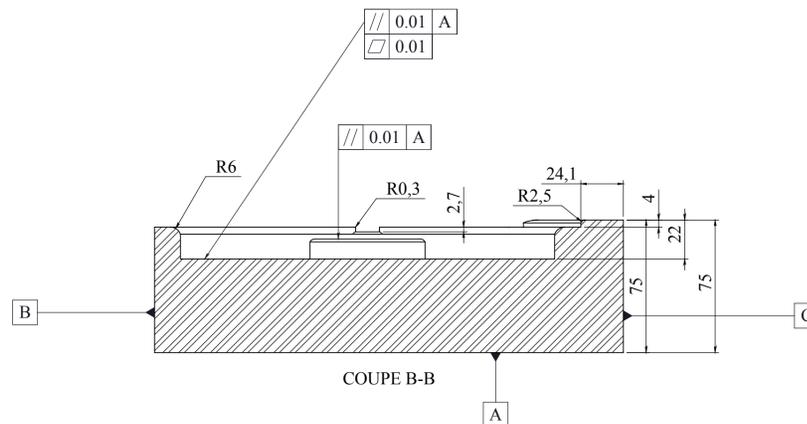
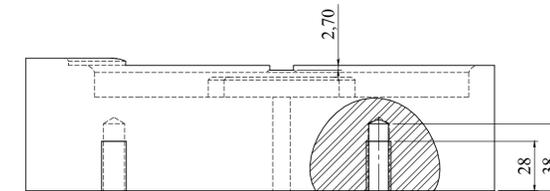
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
10	2	Goujons	Z200 C12	traité
Echelle 1:1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface:	
Planche N°:19			3.2 	
		AIT SLIMANE .B - BELHADJ .L	2017/2018	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



COUPE A-A



DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1

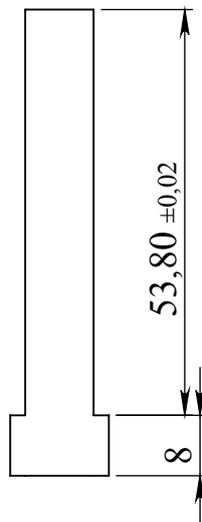
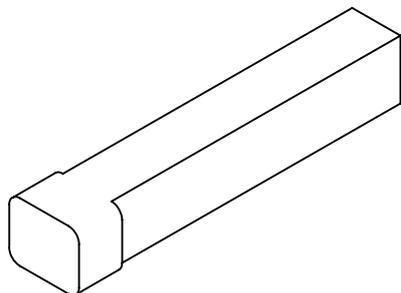
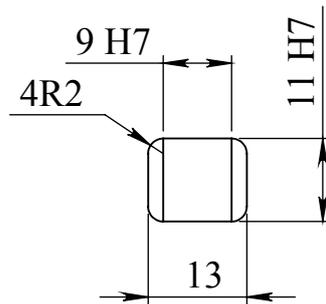


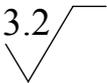
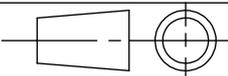
COUPE B-B

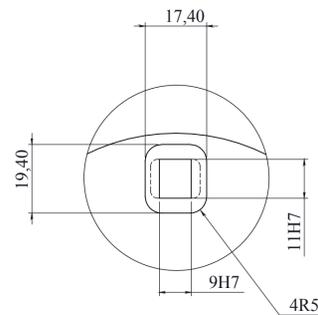
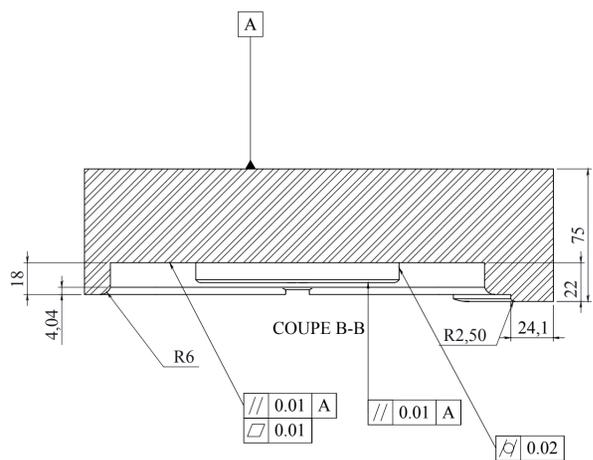
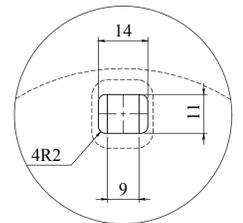
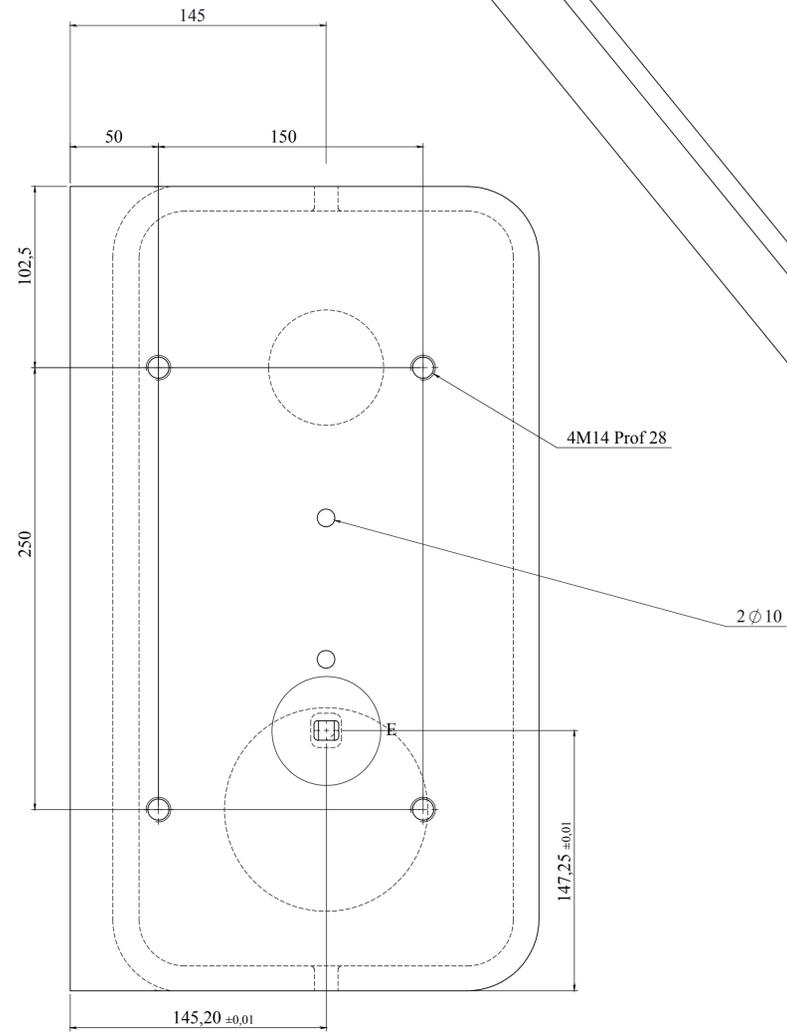
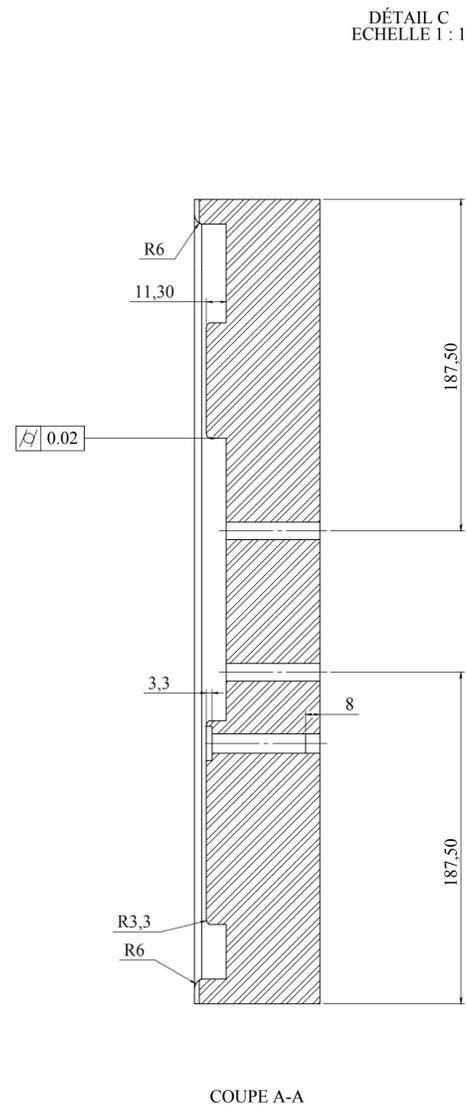
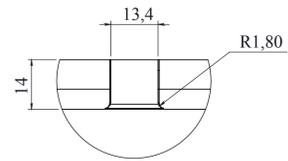
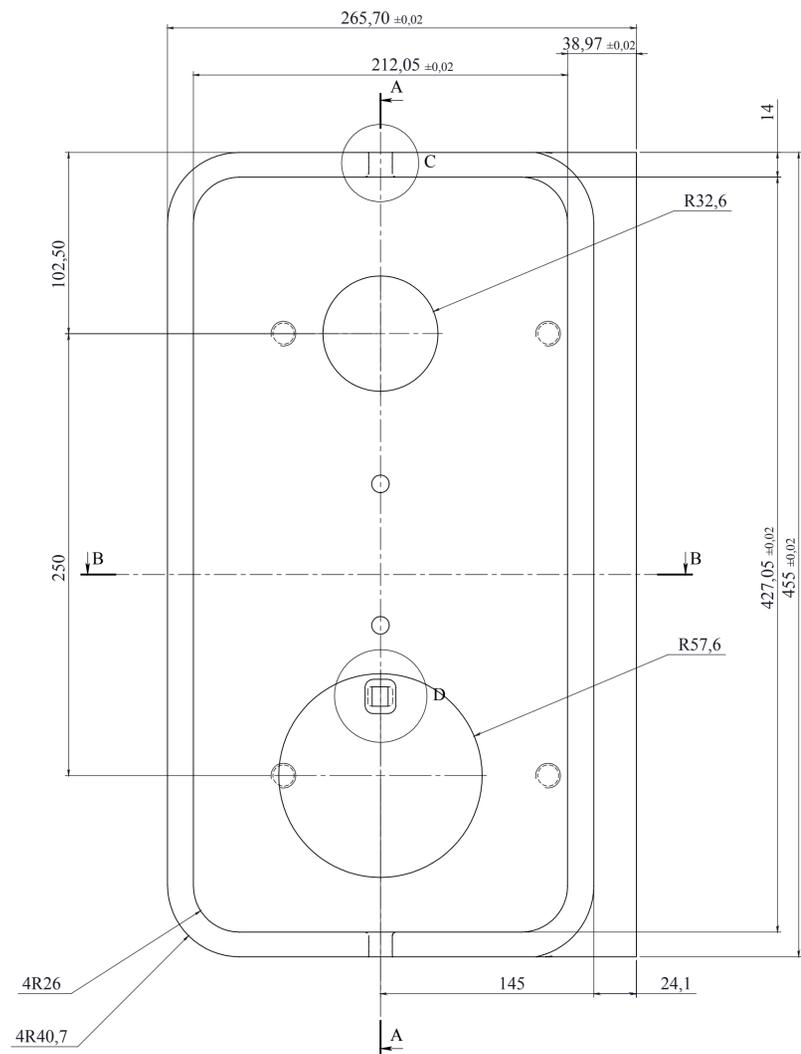
□	0,02	B	A
□	0,02	C	A

Tolérance ± 0,05
sauf indications

16	1	Matrice superieure gauche	XC 48	traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface: 3.2	
Planche N°:8				
A1		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L	2017/2018	
		FGC DGM UMMTO	MASTER II	

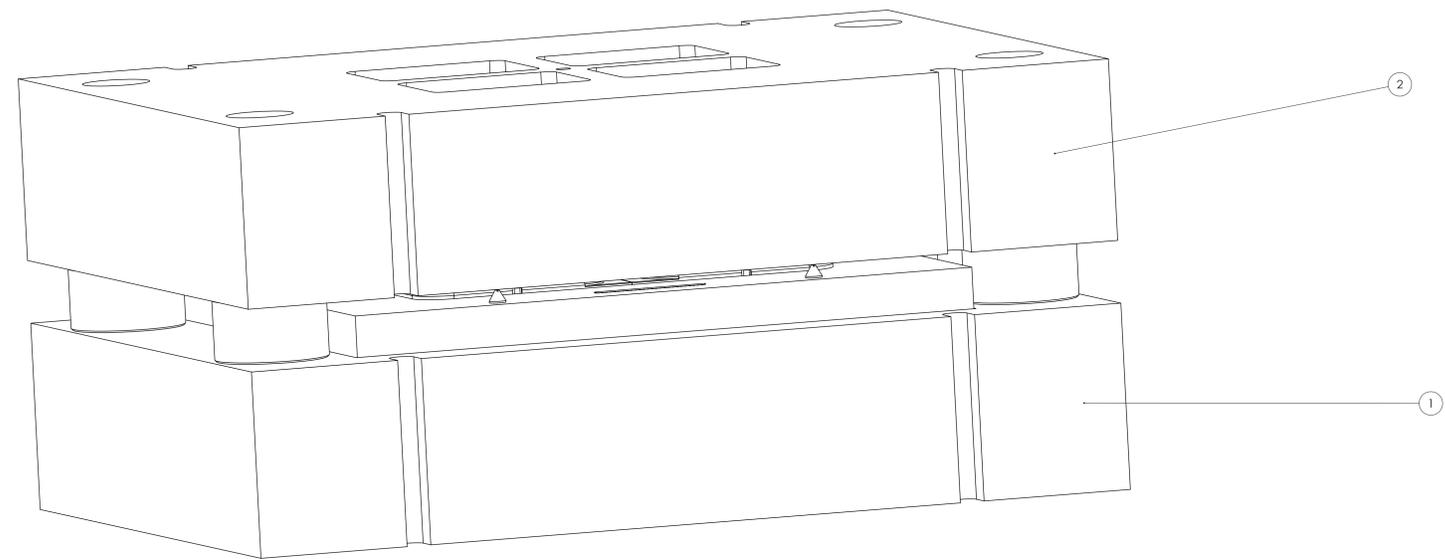
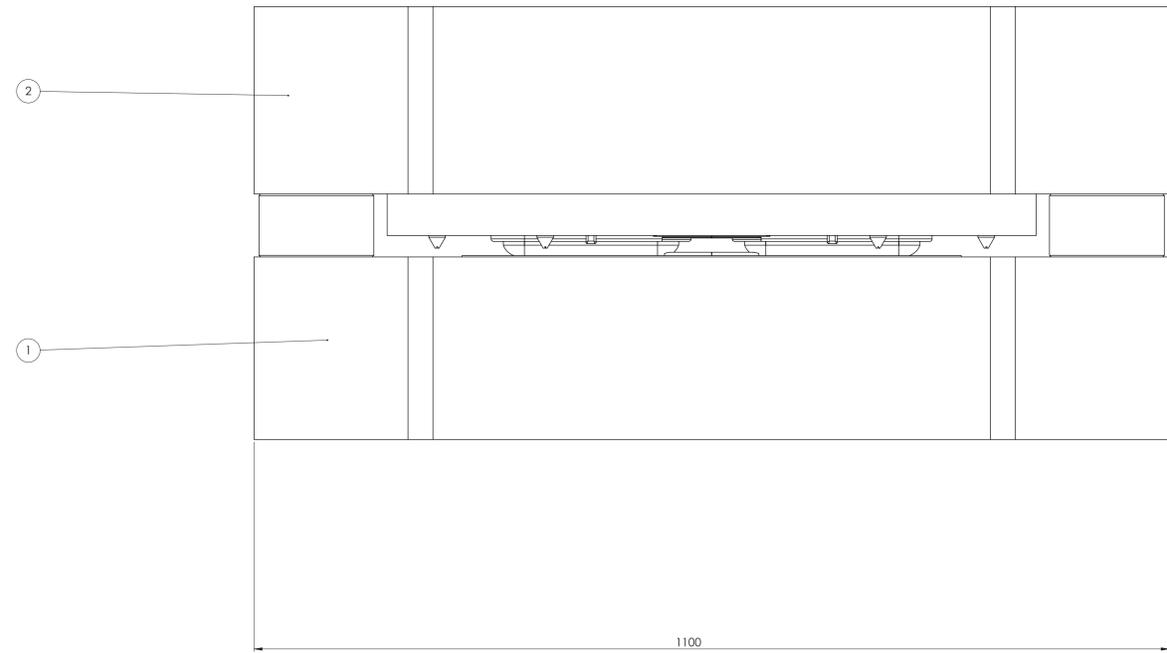
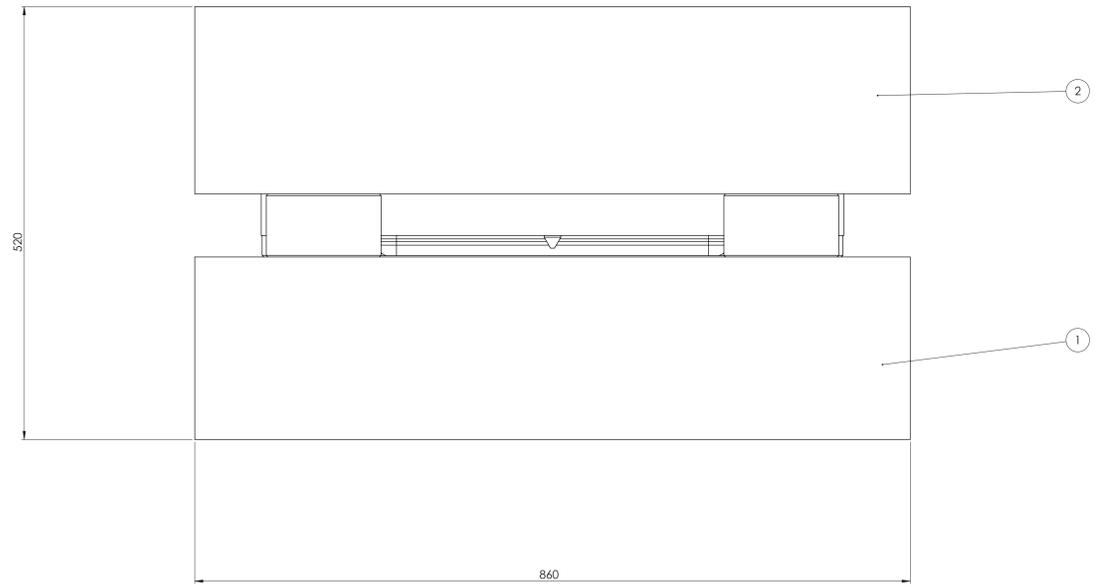


20	1	poinçons superieur fil de masse	XC 48	traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:1	OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE			état de surface:
PlancheN°:18				3.2 
	AIT SLIMANE.B -BELHADJ.L			2017/2018
A4	FGC DGM UMMTO			MASTER II

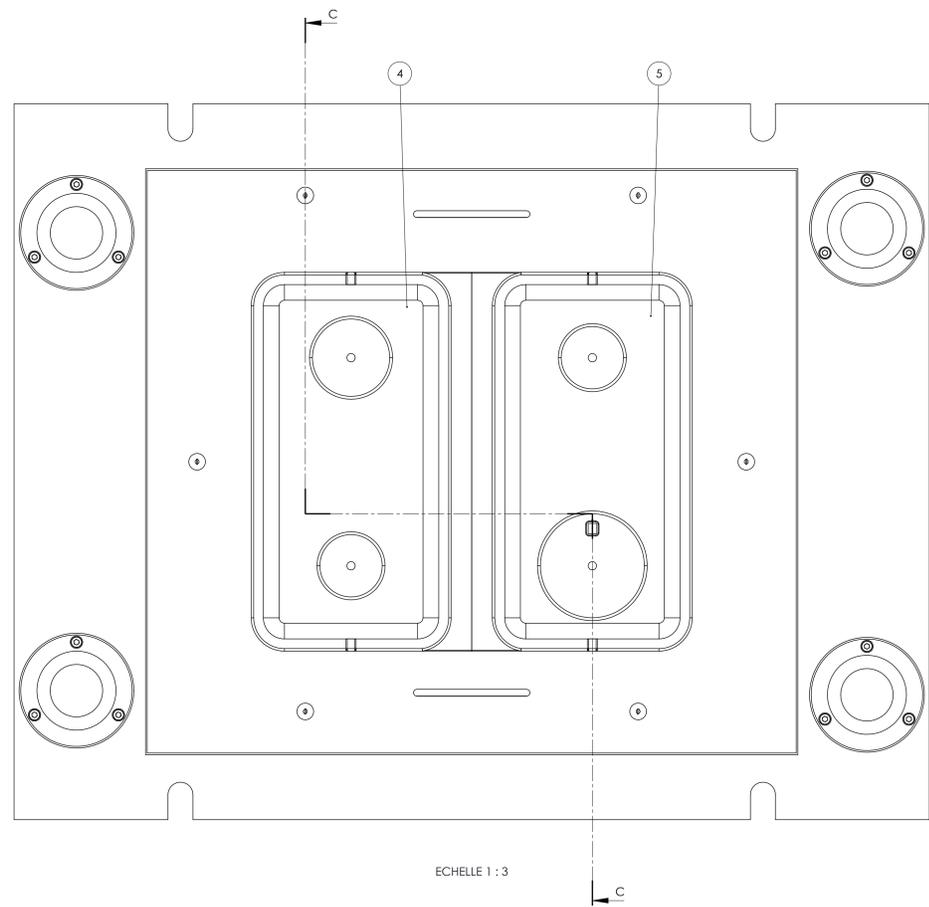


Tolérance ±0.05 sauf indications

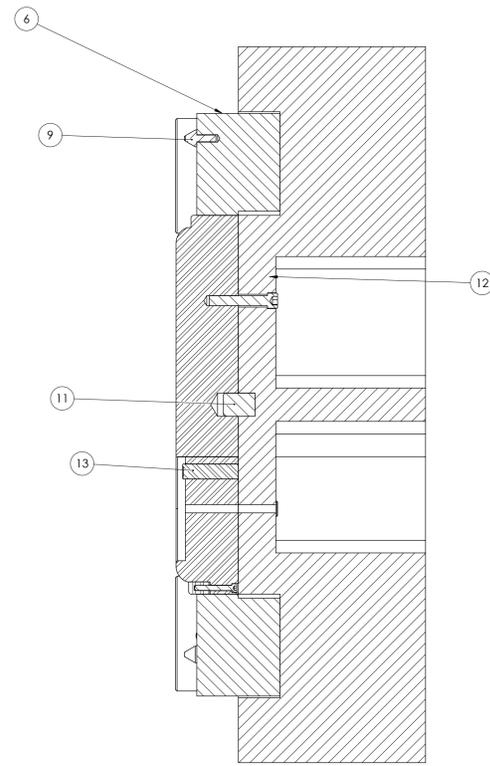
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
17	1	Matrice superieure droite	XC 48	Traitée
Echelle 1:2		OUTIL D'EMBOUSSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface	
Planche N°:9			3,2	
A1		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L	2017/2018	
		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



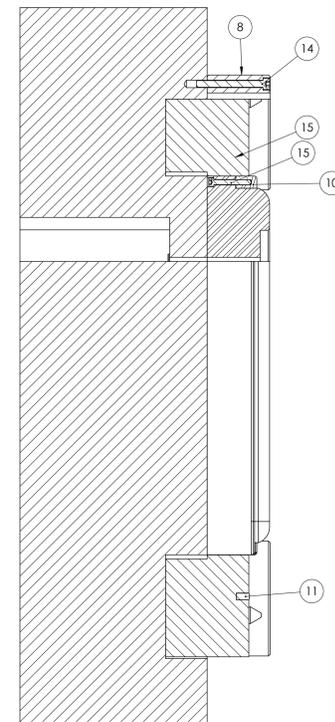
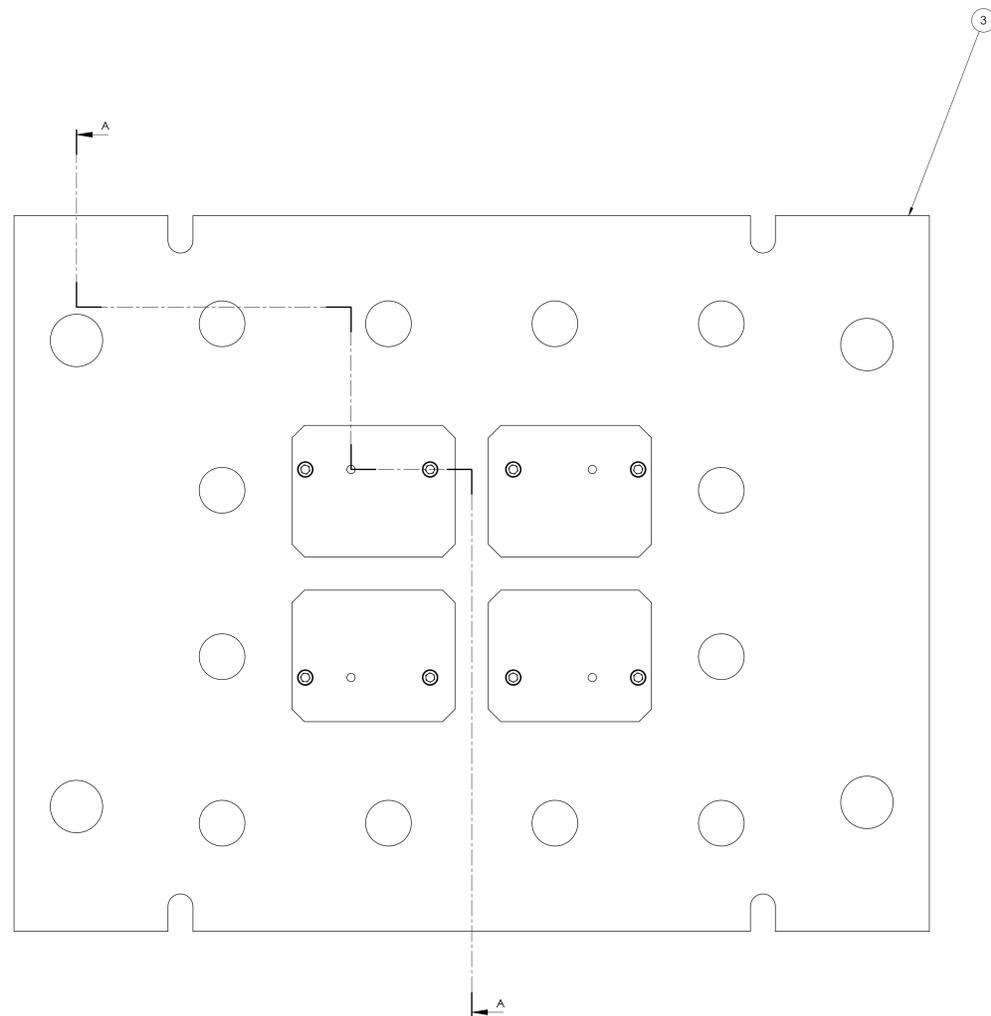
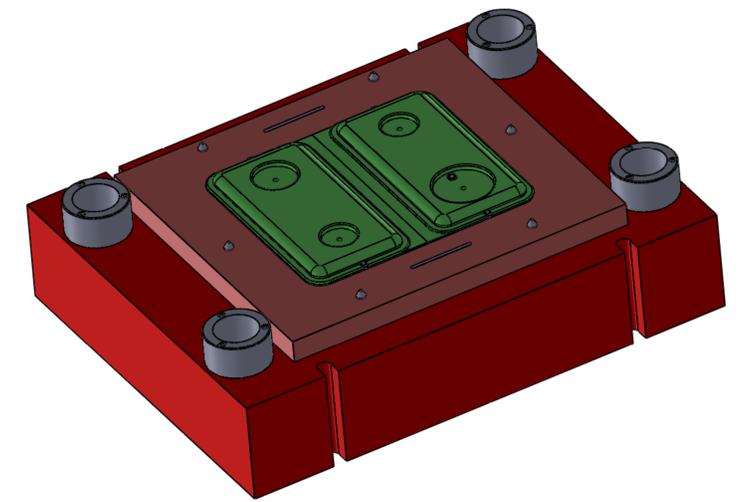
2	1	Partie mobile	/	/
1	1	Partie fixe	/	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:3		OUIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface:	
Planche:1			/	
A0		AIT SLIMANE.B -BELHADJ.L	2017/2018	
		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



ECHELLE 1 : 3

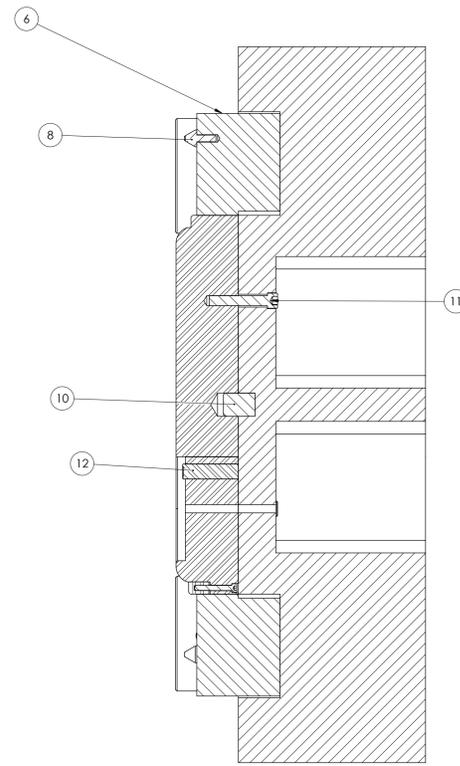
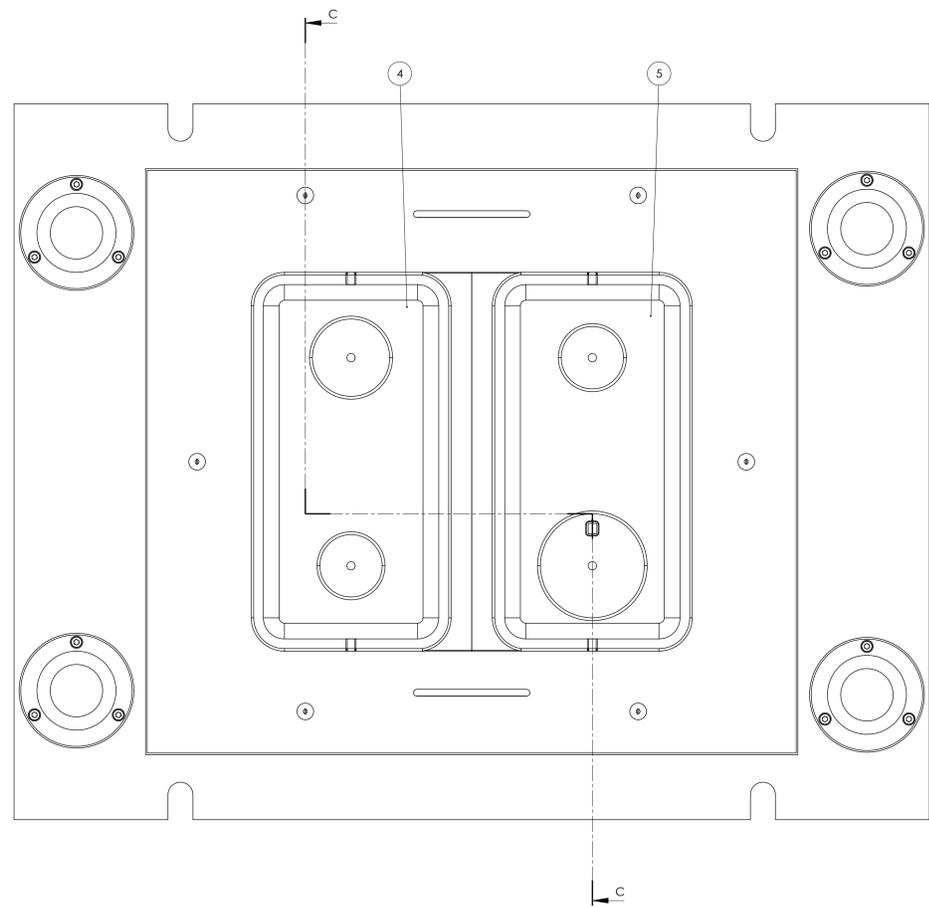


COUPE C-C
ECHELLE 1 : 3

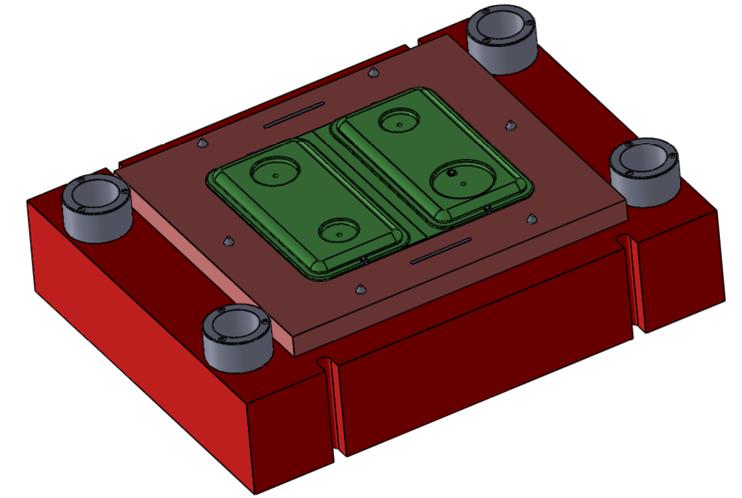


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

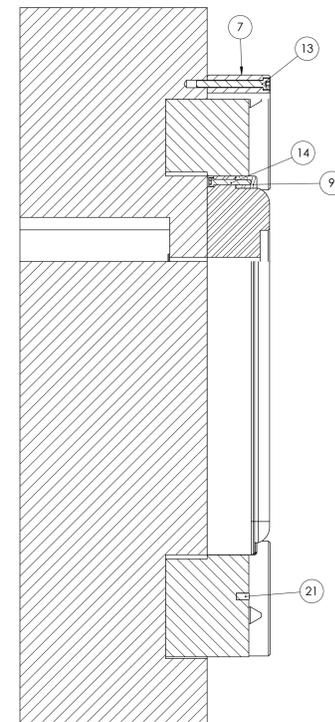
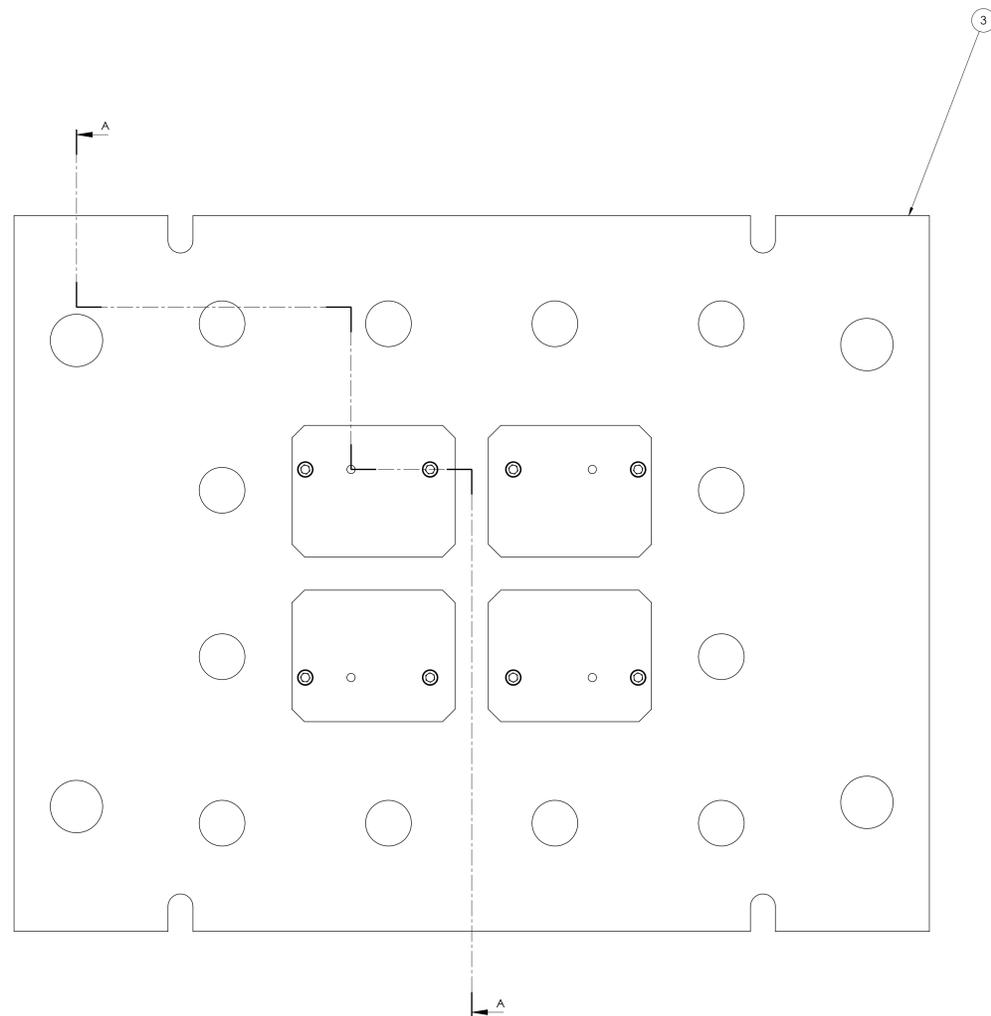
15	4	vis CHC M6		
14	12	vis CHC M8		
13	1	matrice inferieure fil de masse	XC 48	
12	16	vis CHC M12		
11	2	goujon		
10	4	poinçon inferieur	XC 48	Traité
9	6	butée de positionnement		
8	4	butée de fin de course		
6	1	serre flan	XC 48	Traité
5	1	poinçon	XC 48	Traité
4	1	poinçon	XC 48	Traité
3	1	semelle inferieure	fonte	
REF	NBR	DESIGNATION	MATERIE	OBSERVATION
ECHELLE 1 : 3				
Planche N°:2				
A0		FGC DGM UMMTO		MASTER II



COUPE C-C
ECHELLE 1:3

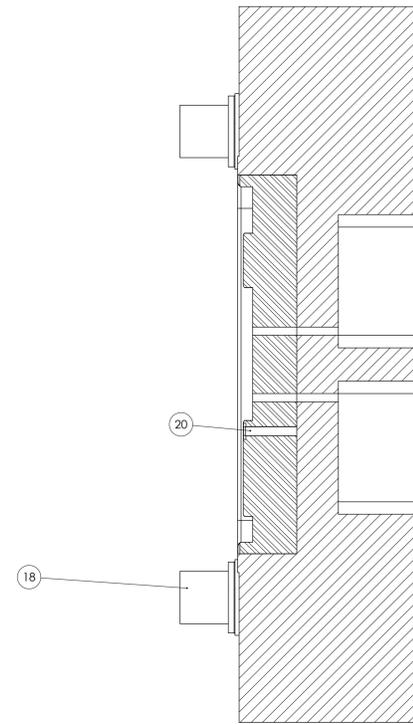
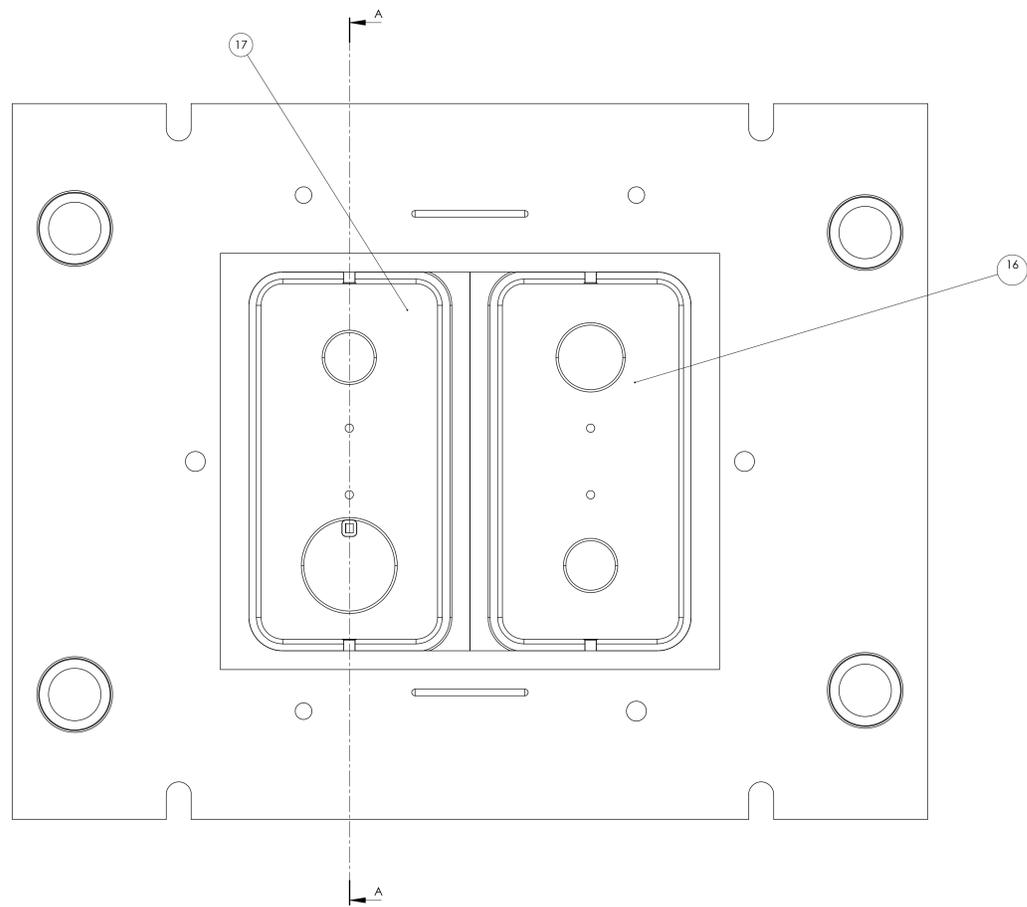


ECHELLE 1:5

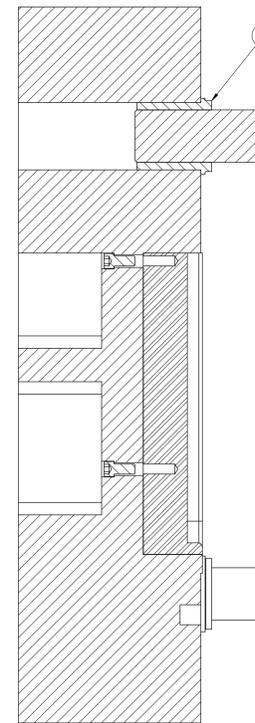
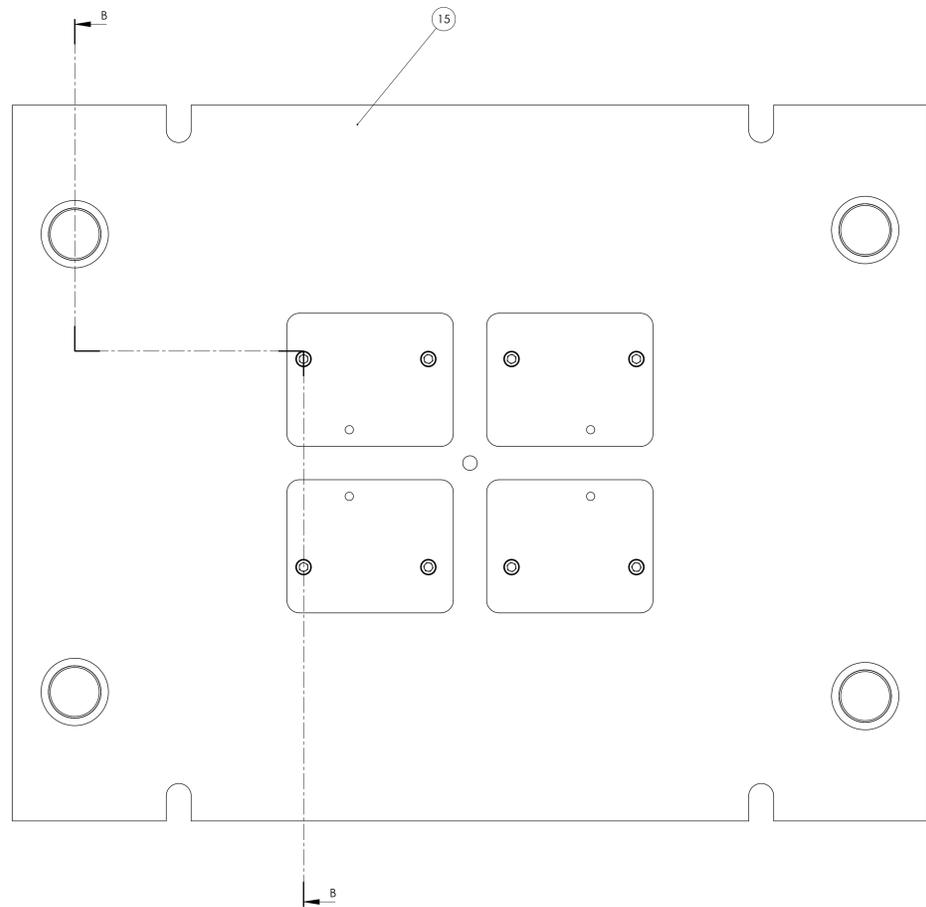


COUPE A-A
ECHELLE 1:3

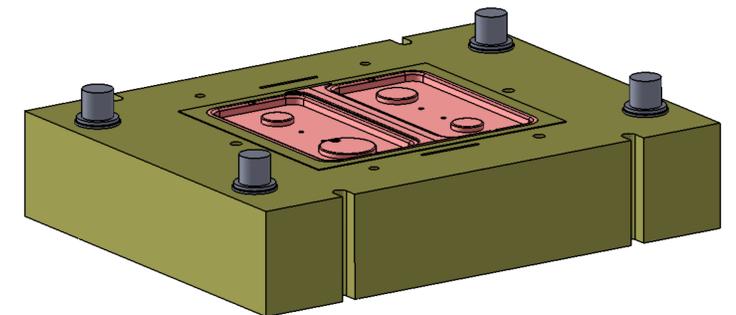
21	2	tand de plie	Z200 C12	
14	4	vis CHC M6x45		
13	12	vis CHC M8x93		
12	1	matrice inferieure fil de masse	XC 48	Traité
11	16	vis CHC M12x70		
10	2	goujon	Z200 C12	
9	4	poignon inferieur fil de masse	XC 48	Traité
8	6	butée de positionnement	XC 48	
7	4	butée de fin de course	Z200 C12	
6	1	serre flan	XC 48	Traité
5	1	poignon droit	XC 48	Traité
4	1	poignon gauche	XC 48	Traité
3	1	semelle inferieure	fonte	
REF	NBR	DESIGNATION	MATERIE	OBSERVATION
ECHELLE 1:3		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE		état de surface :
Planche N°:2		AIT SLIMANE.B-BELHADJ.L		2017/2018
A0		FGC DGM UMMTO		MASTER II



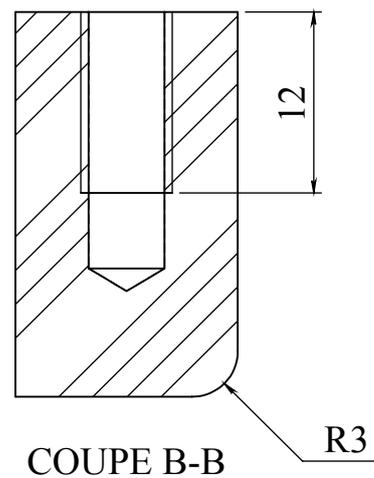
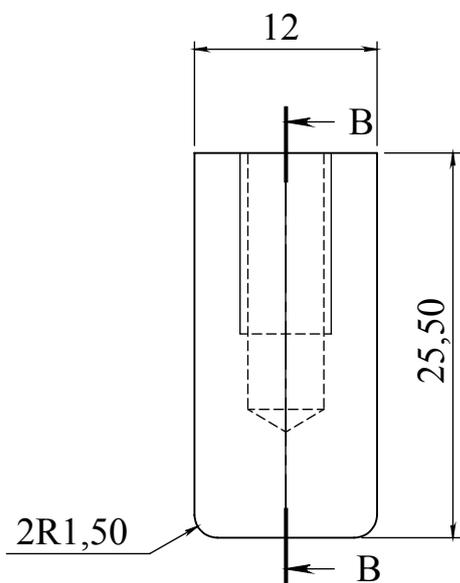
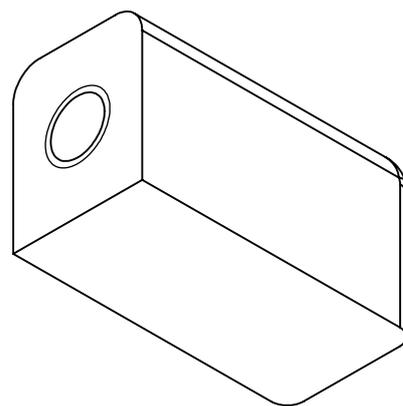
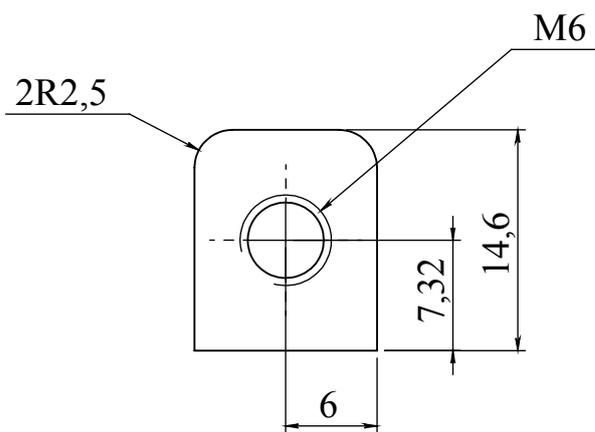
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3



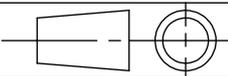
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3

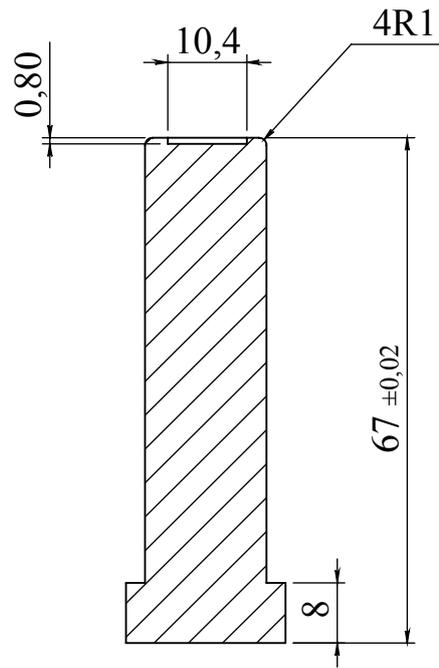


20	1	poinçon supérieur fil de masse	XC 48	traité
19	4	bague	bronze	
18	4	colonne de guidage	42 CD4	
17	1	matrice supérieure droite	XC 48	traîée
16	1	matrice supérieure gauche	XC 48	traîée
15	1	semelle inférieure	Fonte	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1 : 3		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE		état de surface:
Planche N° :3		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L		/
A0		FGC DGM UMMTO		2017/2018
				MASTER II

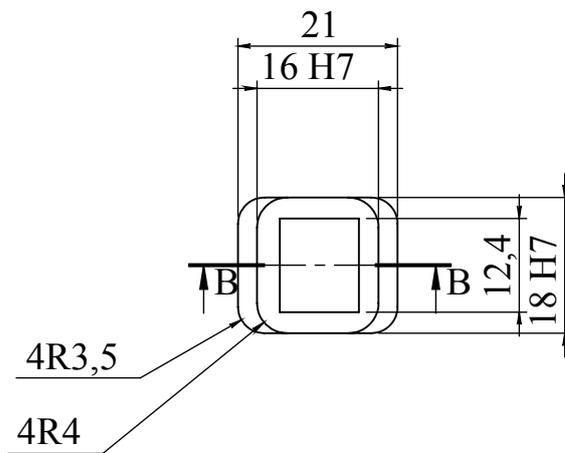


Tolérance ± 0.02

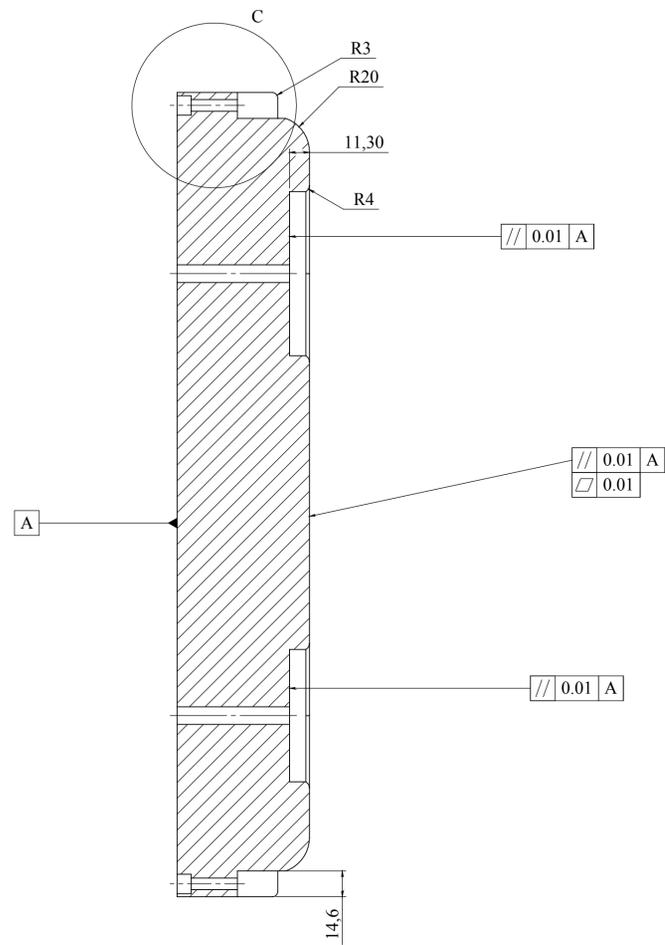
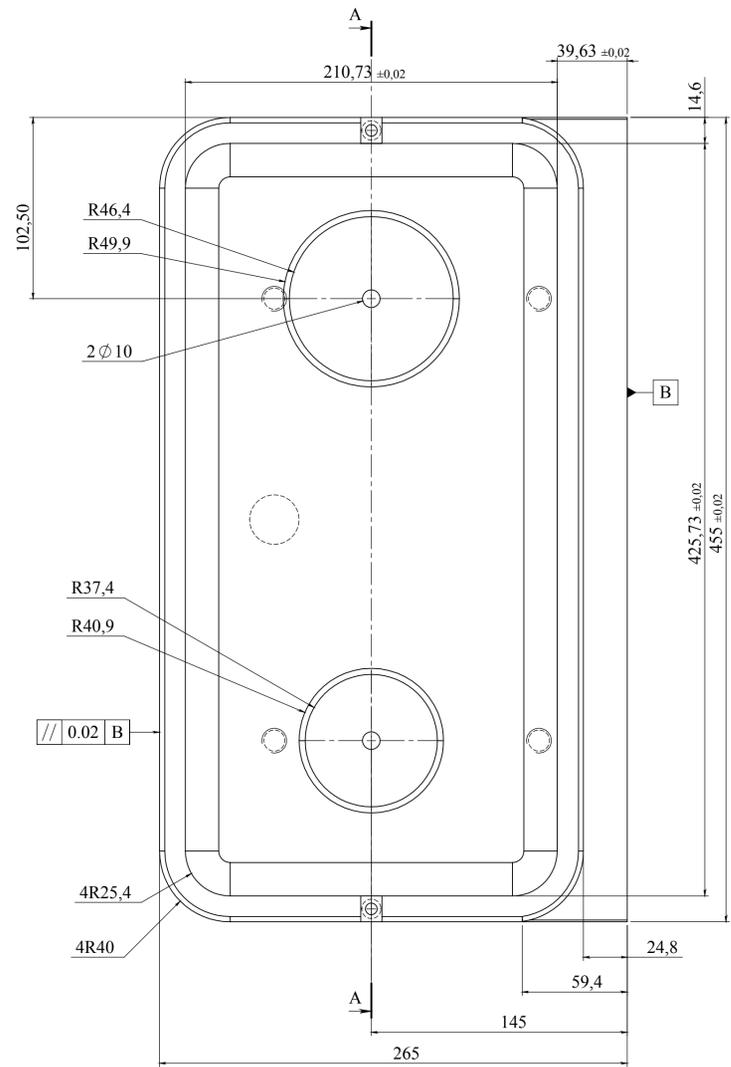
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
9	4	Poinçon inferieur fil de masse	XC 48	traité
ECHELLE 2:1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface: 3.2 	
Planche N°:16				
		AIT SLIMANE.B et BELHADJ.L	2017/2018	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



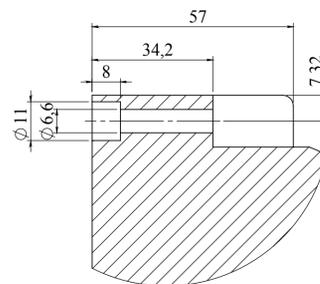
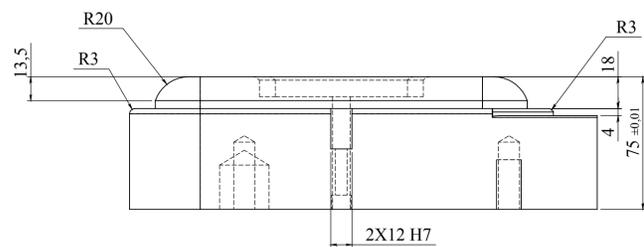
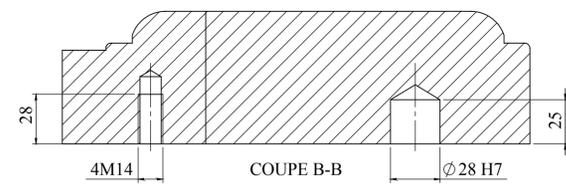
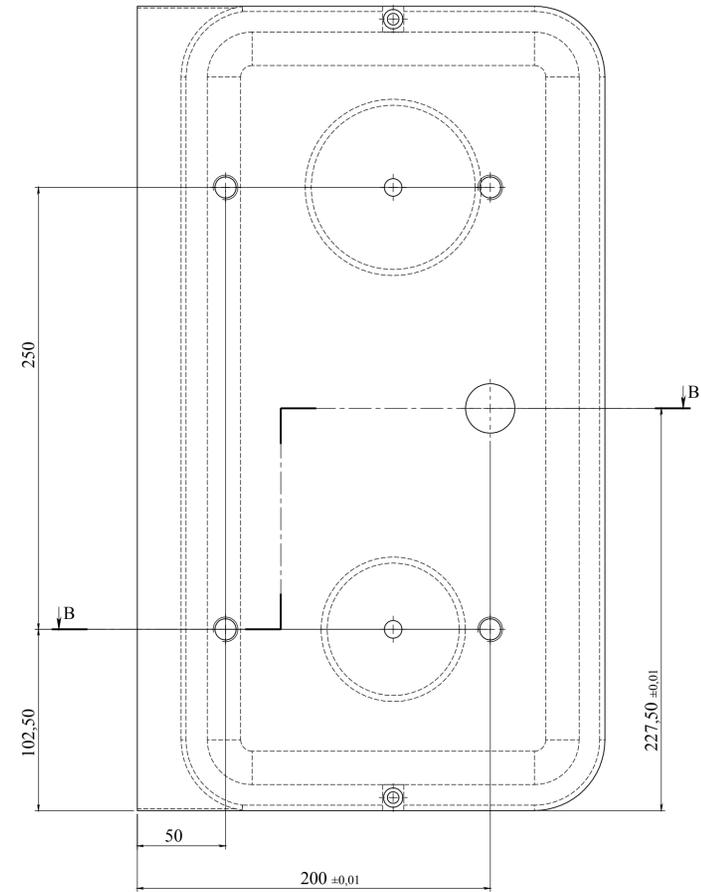
COUPE B-B



12	1	matrice inferieure fil de masse	XC 48	traitee
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:1		OUTIL D'EMBOUITISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE		etat de surface: 3.2
Planche N°:17				
		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L		2017/2018
A4		FGC DGM UMMTO		MASTER II



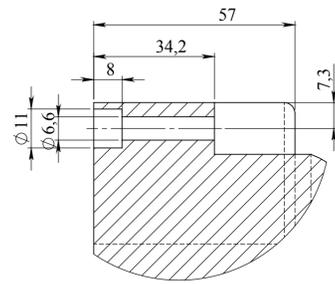
COUPE A-A



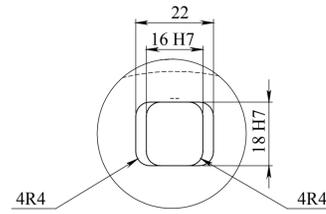
DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1

Tolérance ± 0.05 sauf indications

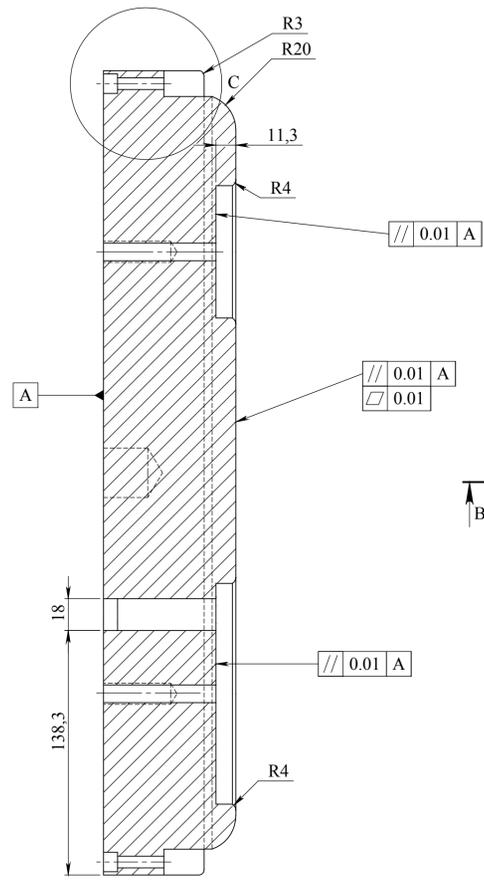
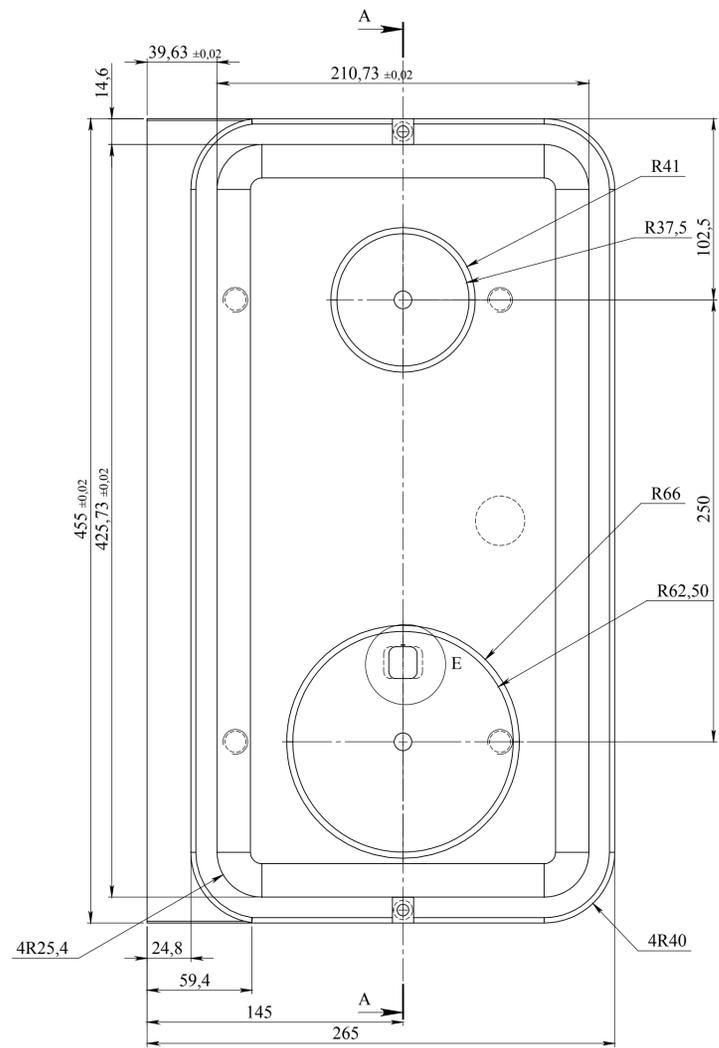
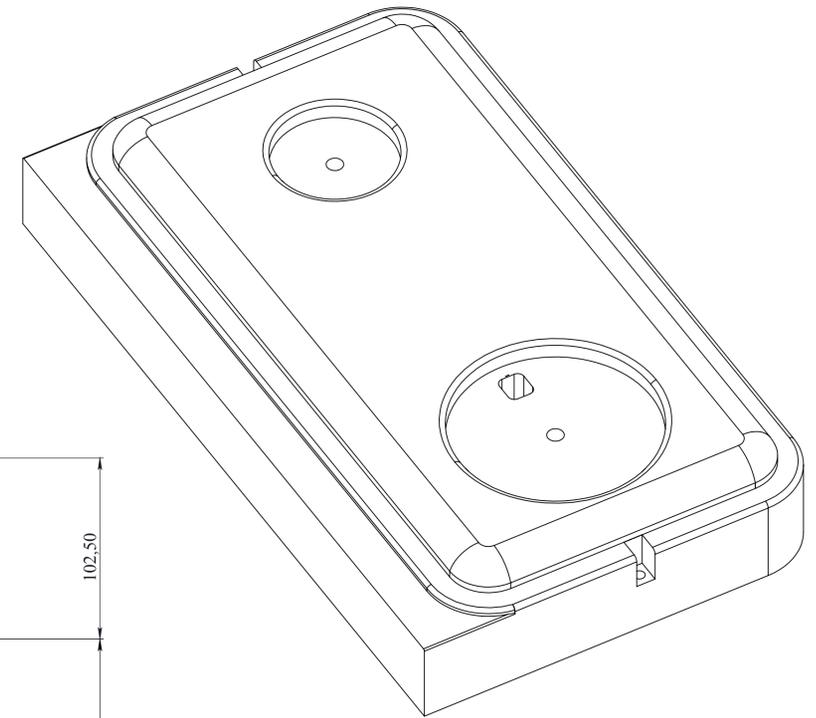
4	1	Poinçon inférieur gauche	XC 48	traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAILLE 02 AUXILIERE CUISINIERE	état de surface :	
Planche N°:6			3.2	
AIT SLIMANE .B - BELHADJ .L		2017/2018		
FGC DGM UMMTO		MASTER II		



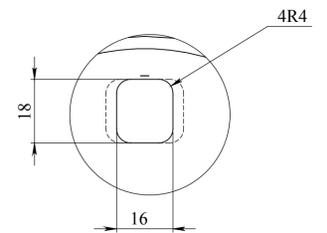
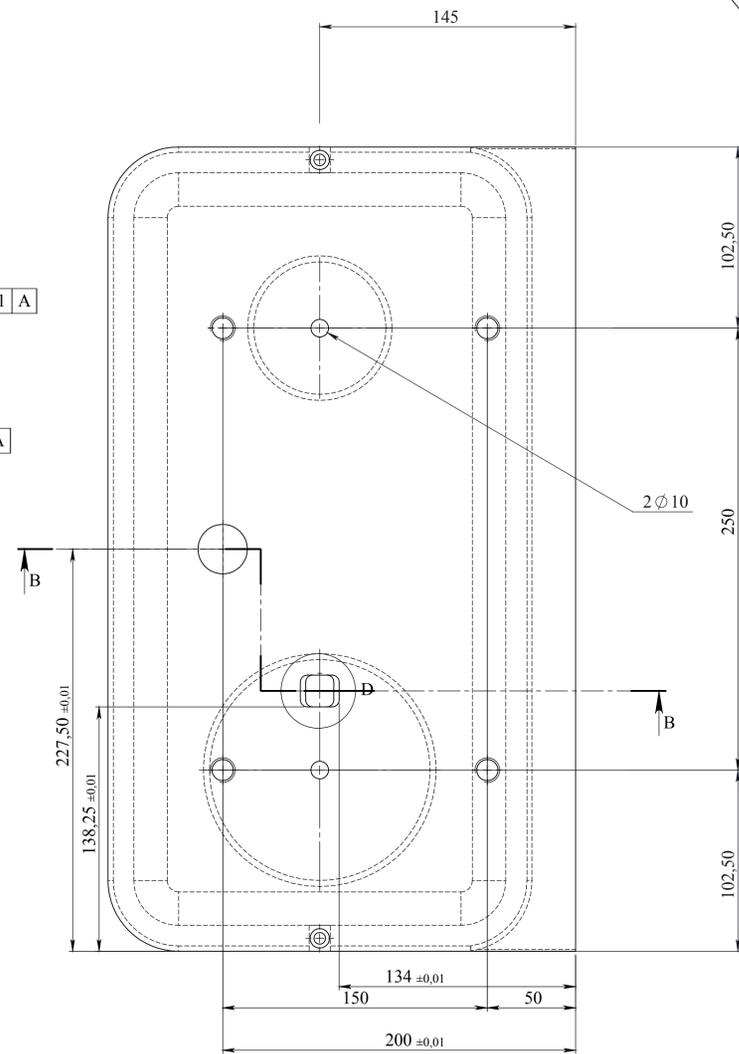
DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1



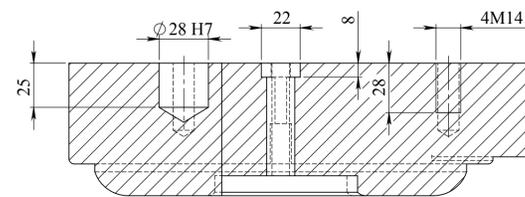
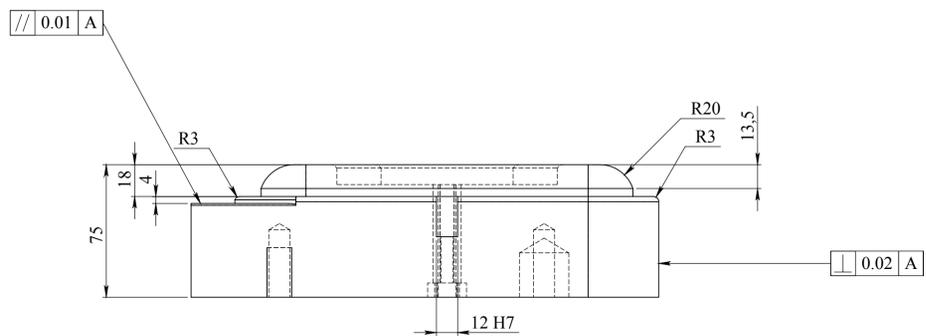
DÉTAIL D
ECHELLE 1 : 1



COUPE A-A



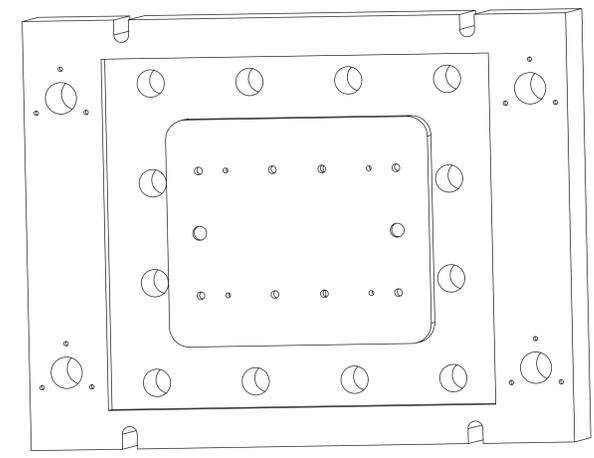
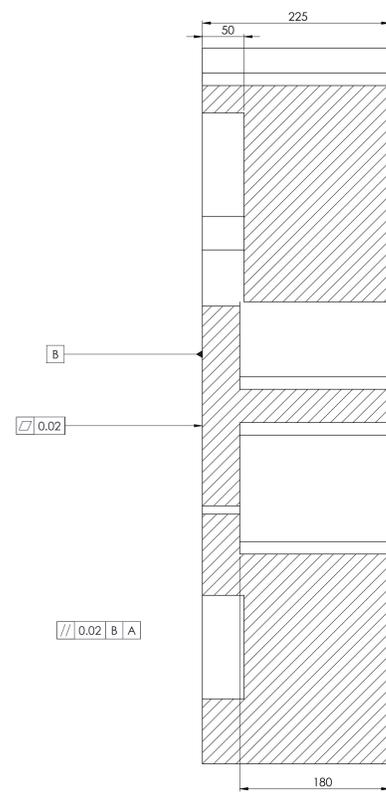
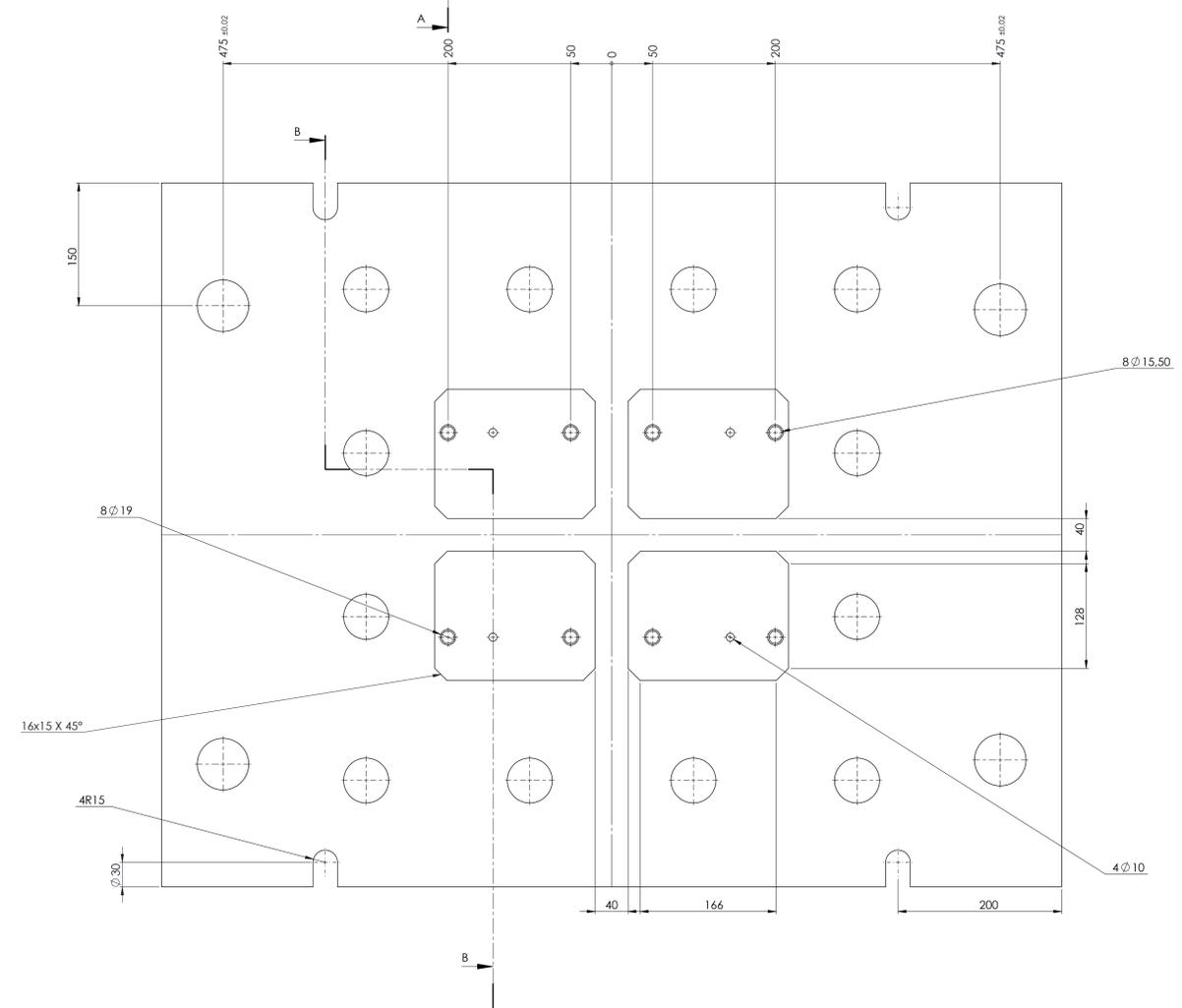
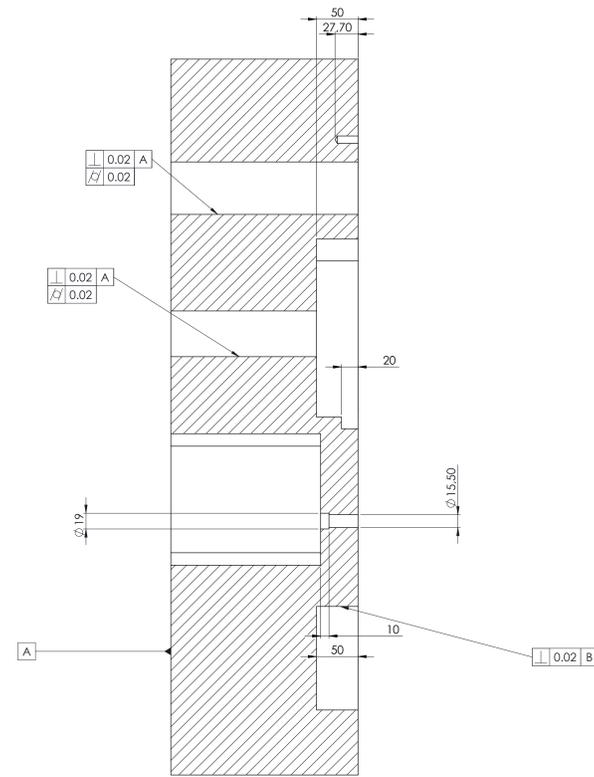
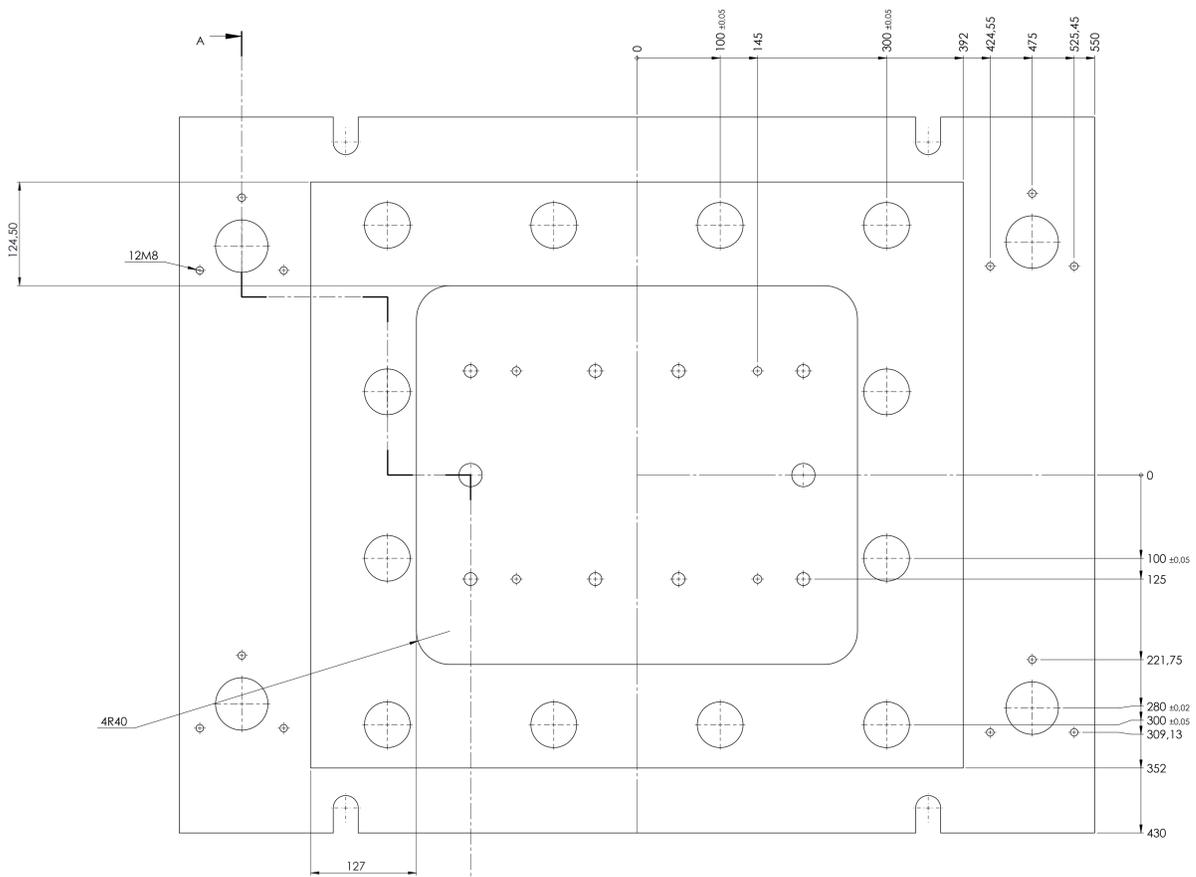
DÉTAIL E
ECHELLE 1 : 1



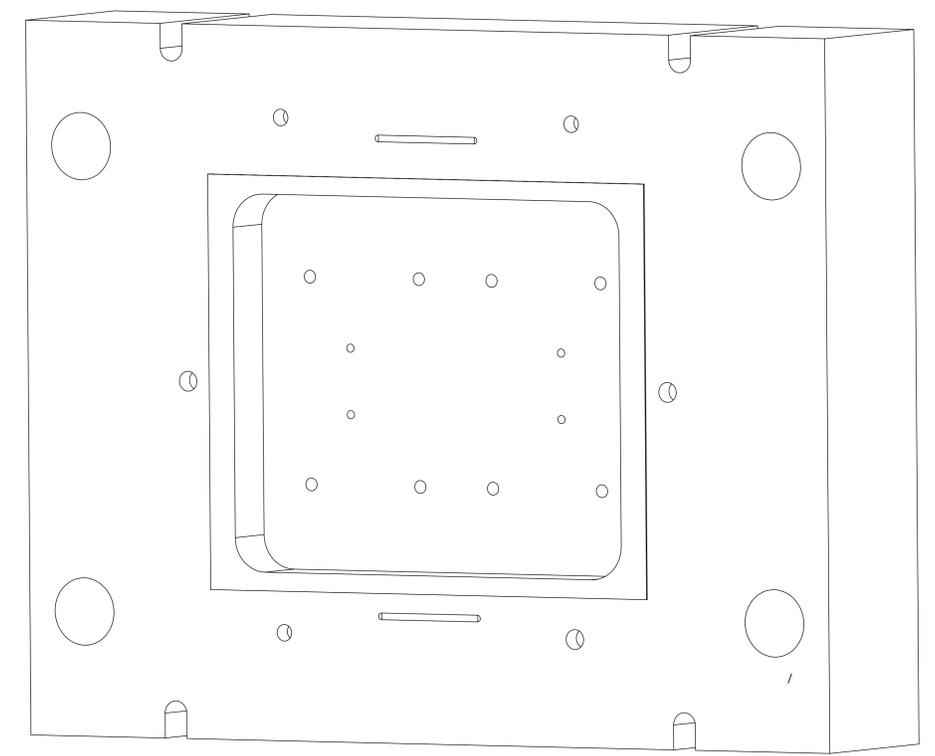
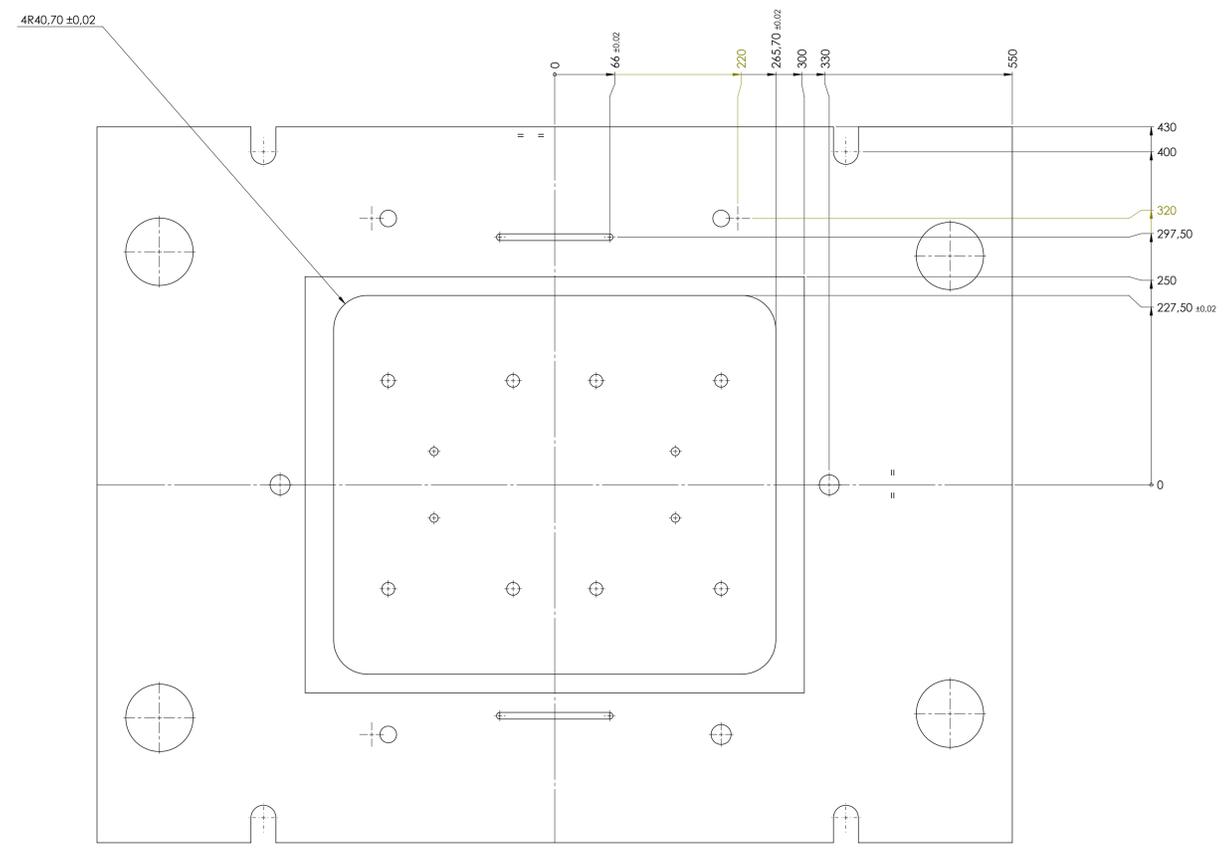
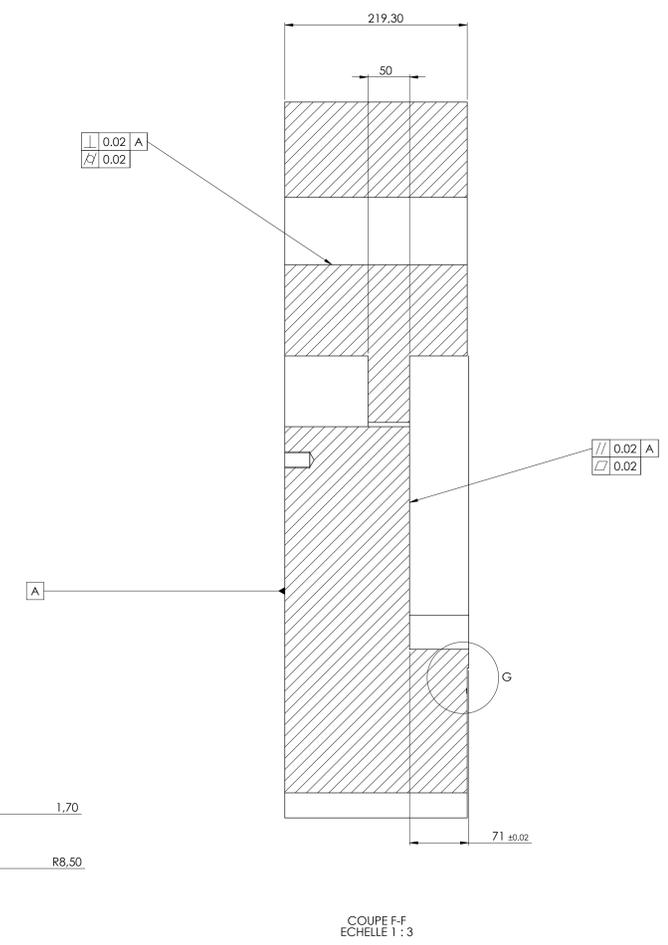
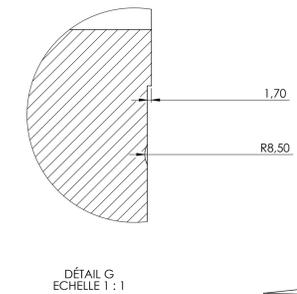
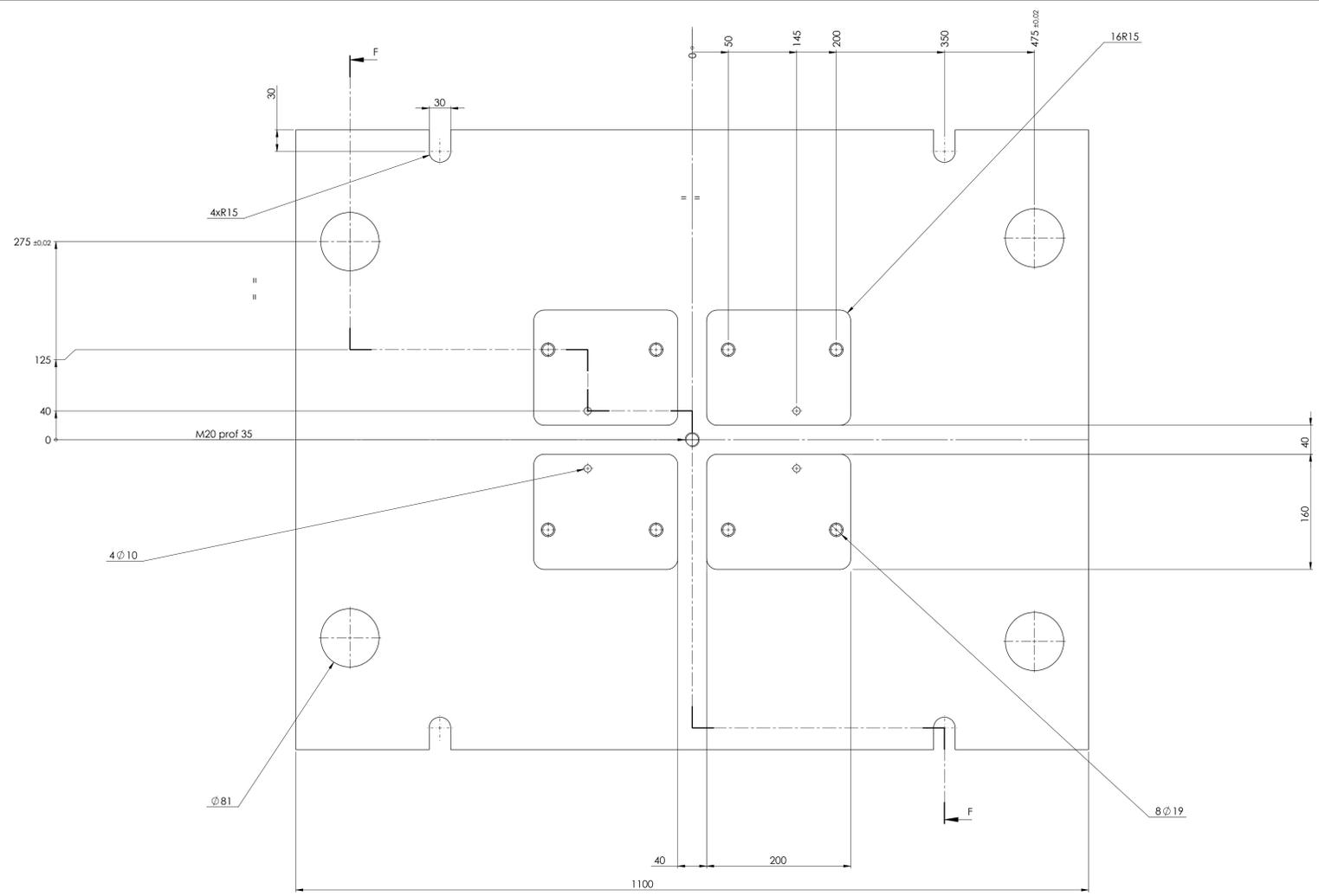
COUPE B-B

Tolérance ±0.05 sauf indications

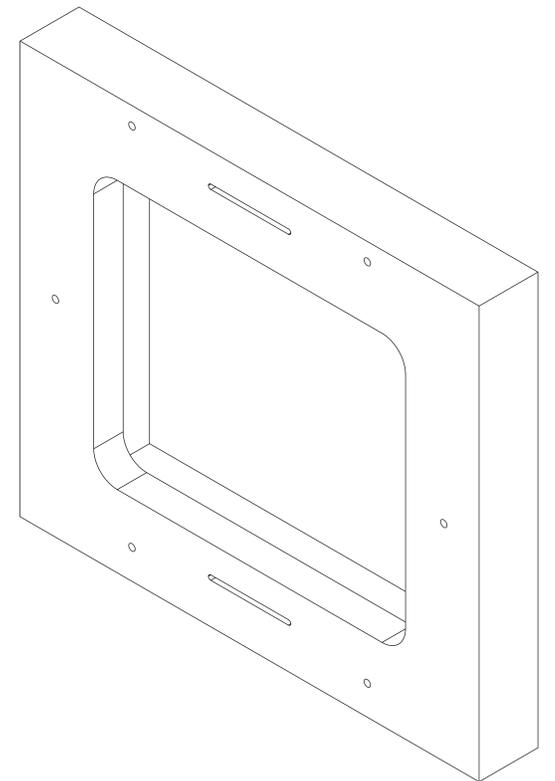
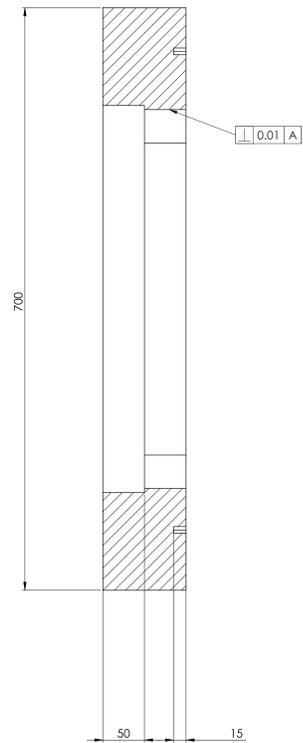
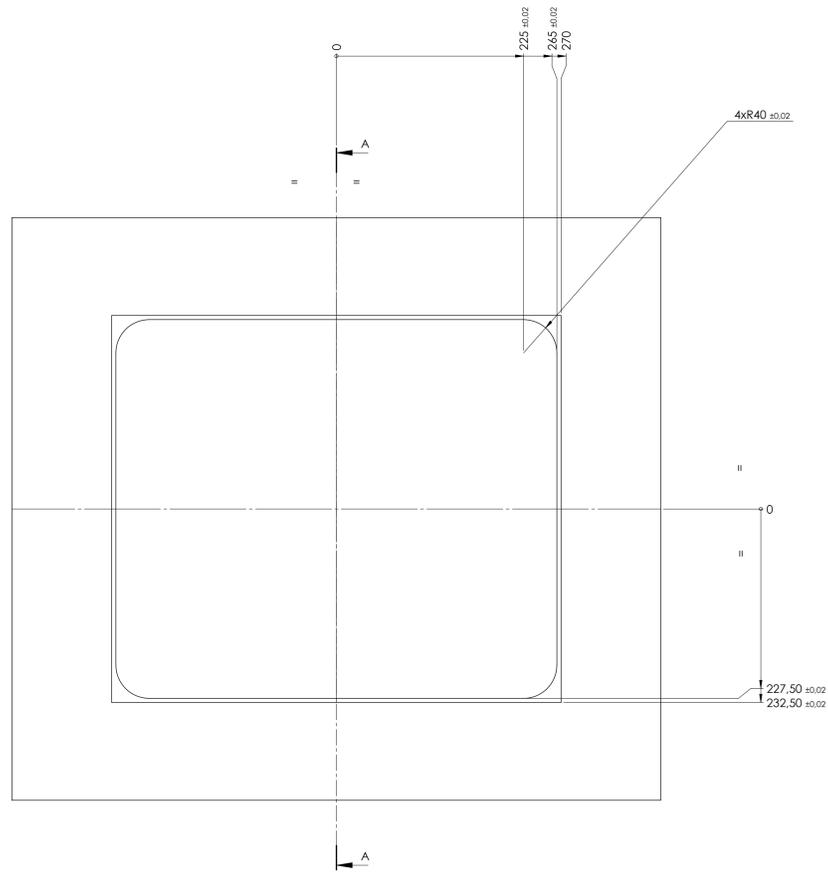
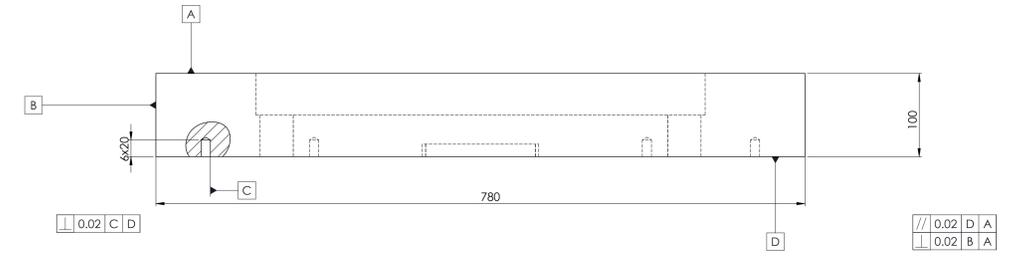
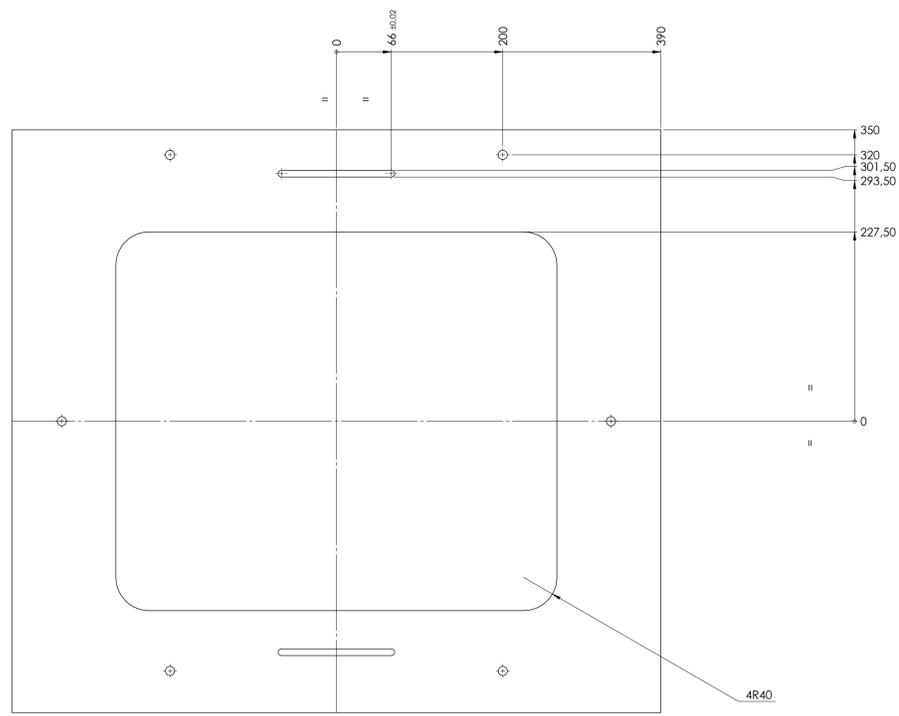
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
5	1	Poinçon inférieur droit	XC 48	traité
Echelle 1:2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIÈRE	état de surface: 3.2	
Planche N°:7				
AIT SLIMANE .B - BELHADJ .L		2017/2018		
FGC DGM UMMTO		MASTER II		



REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
3	1	Semelle inférieure	Fonte	/
Echelle 1:3		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIÈRE		état de surface :
Planche N°:4				6,3
		AIT SLIMANE.B - BELHADJ .L		2017/2018
A0		FGC DGM UMMTO		MASTER II

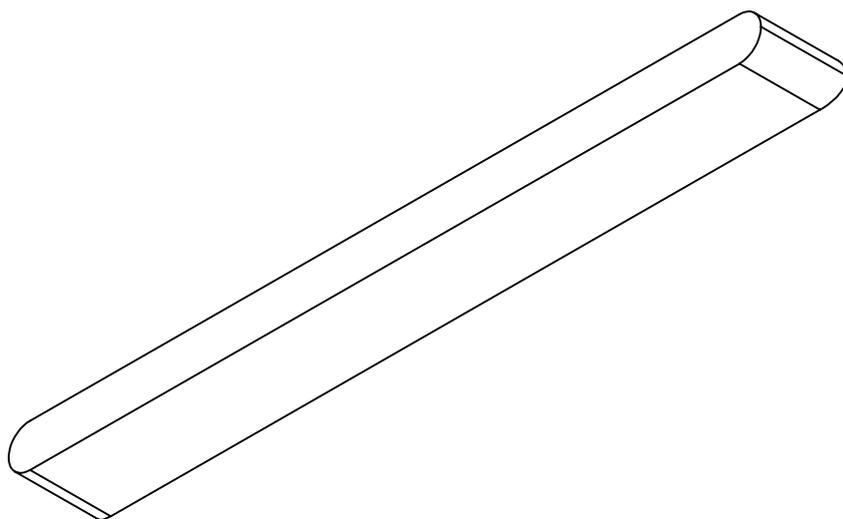
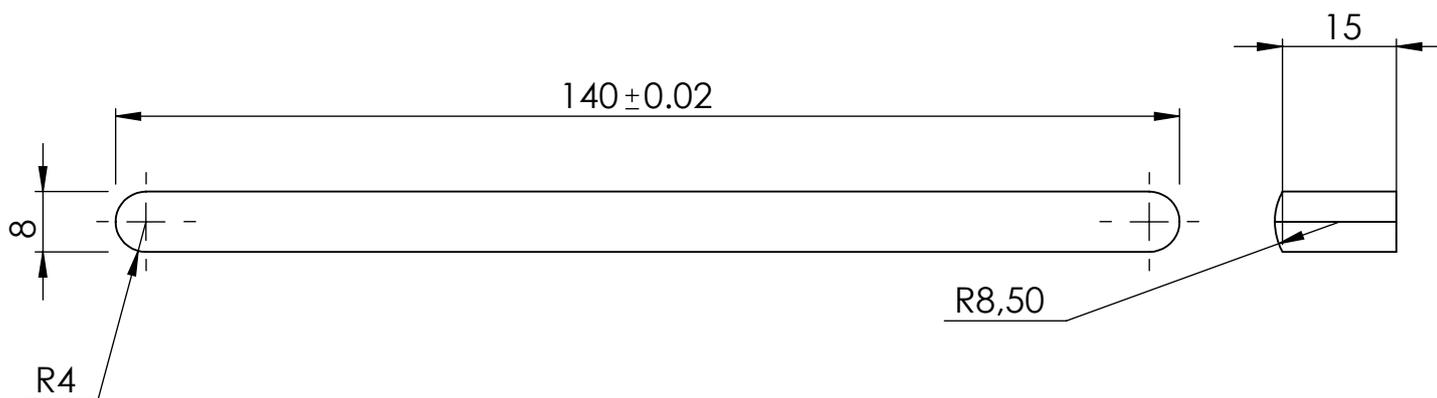


REF	NBR	DESIGNATION	MATERIE	OBSERVATION
15	1	semelle supérieure	Fonte	
Echelle 1:3		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE		état de surface: 6.3
Planche N°:5		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L		2017/2018
A0		FGC DGM UMMTO		MASTER II

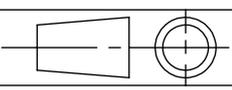


Tolérance ±0.05
sauf indications

6	1	serre flan	XC 48	traité
REF	NBR	DESIGNATION	MATERIE	OBSERVATION
Echelle 1:3		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface	
Planche N°:10			3.2	
A0		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L	2017/2018	
FGC DGM UMMTO			MASTER II	



Tolérance ± 0.05

21	2	Tand de plie	Z200 C12	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1 : 1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL 02 AUXILIAIRE CUISINIERE	état de surface:	
Planche N°:15			3.2 	
		AIT SLIMANE.B - BELHADJ.L	2017/2018	
A4		FGC DGM UMMTO	MASTER II	