



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie
mécanique

Option : Construction Mécanique

Thème

Etude et conception d'un outil d'emboutissage d'une table de travail cuisinière ENIEM

Proposé par :

Mr : M. CHALAL

Encadré par

Mr : K. HACHOUR

Réalisé par :

M^{elle} : ARBOUCHE LIZA

M^{elle} : MOULOUDI FARIDA

Promotion : 2020/2021

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier Dieu tout puissant, de nous avoir aidé et donné le courage pour arriver au terme de ce travail. Toute notre gratitude va pour nos familles qui nous ont soutenus avec tous les moyens pour assurer notre réussite.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promoteur, *Mr : K. HACHOUR* pour avoir bien voulu nous encadrer et pour ses précieux conseils et orientations. Nous le remercions d'avoir Pu partager son expérience et sa passion notamment dans le domaine de la conception mécanique.

Nous tenons à remercier *Mr : M. CHALAL* et ainsi que toute l'équipes des ingénieurs de l'unité cuisson que nous remercions beaucoup pour leurs aides et orientation tout au long de notre travail à l'entreprise ainsi que tous personnelles de l'E.N.I.E.M pour l'importance qu'ils accordent aux stagiaires.

Nous remerciment vont également à tous les membres de jury qui nous ferons l'honneur d'examiner notre travail.

Enfin, nos remerciements à toutes les personnes, qui ont collaborés d'une manière directe ou indirecte a 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*

*Mon très cher père et ma
chère mère que j'aime
beaucoup qui sont toujours
à mes côtés et à qui je dois
mon existence*

A mes aimables sœurs

*Lamia Siham, Nedjma,
Nasrine*

Mon très chère frère, Mohammed

*A Toute ma famille, et à
tous mes amis*

Farida

Dédicaces

*Je dédie ce modeste
travail à*

*Mon très cher père et ma
chère mère que j'aime
beaucoup qui sont toujours
à mes coté et à qui je dois
mon existence*

*Mon très cher grand-père et
ma grand mère qui mont
toujours soutenue, que dieu
le garde, et les protège*

*Mes très chères frères Yacine,
Mohammed et Farid qui m'ont toujours
soutenue*

*A Toute ma famille, et la
personne qui est
successivement loin de
moi , et a tout mes
ami(e)s*

Liza

SOMMAIRE

Présentation de l'entrepris

I.1.Présentation de l'entrepris

I.2.Objectif social et champ d'activité

I.3. Développement et organisation de l'entreprise

I.3.1. Développement

I.3.2. Organisation La structure organisationnelle

I.3.3.Direction générale

I.3.4. Unité froid

I.3.5.Unité cuisson

I.3.6. Unité climatisation

I.3.7. Unité commerciale

I.3.8. Unité de prestation technique (UPT)

I.3.9. Unité sanitaire

I.3.10.Filiale Filamp

I.3.11. Organisation Générale de l'entreprise

I.4.Politique de l'entreprise

I.4.1.Politique qualité

I.4.2.Engagement de la direction

I.4.3.Ses objectifs

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Découpage des tôles

I.1Introduction..... 2

I.2.Définition 2

I.3.Principe 2

I.4.Quelque type de découpage	3
I.4.1.Poinçonnage	3
I.4.2.Découpage	3
I.4.3.Crevage.....	3
I.4.4.Encochage	4
I.4.5.Grignotage.....	4
I.4.6.Arasage ou repassage	5
I.4.7.Détourage	5
I.5.Analyse du processus	5
I.6.Effort de découpage	8
I.7.Effort d'extraction.....	9
I.8. Effort d'éjection	9
I.9.Jeu de découpage	10
I.10.Angles des lames.....	10
I.11.Effets de coupe.....	10
I.12.Vitesse de découpage	11
I.13.Conclusion	11

Chapitre II : Le pliage des tôles

II.1.Introduction	12
II.2.Définition.....	12
II.3.Principe du pliage	12
II.4.Les outils.....	13
II.5.Préparation avant le pliage.....	13
II.6.Force de pliage.....	14
II.7.Les différents modes de pliage	14
II.7.1.Le pliage en vé	14
II.7.2.le pliage en l'air	15
II.7.3.Le pliage en frappe.....	15

II.7.4.Pliage par cambrage en U (emboutissage).....	15
II.7.5.Le pliage en L	15
II.8.Rayon et Angle du poinçon à utiliser en pliage.....	16
II.8.1.Rayon de poinçon	16
II.9.Angle de poinçon.....	17
II.10.Effort de pliage	18
II.11.Paramètres influents sur l'opération de pliage.....	18
II.12.Le rayon de la matrice de pliage.....	19
II.13.Le jeu de pliage.....	19
II.14.Le retour élastique	19
II.15.Conclusion	20

Chapitre III : Emboutissage

III.1. Introduction générale.....	21
III.2.Définition	21
III.3.Les types d'emboutissage.....	21
III.3.1.L'emboutissage à chaud	21
❖ Avantage.....	21
❖ Inconvénients	22
III.3.1.1.Les matériaux utilisés en emboutissage à chaud	22
III.3.2.L'emboutissage à froid	22
❖ Avantage.....	22
❖ Inconvénients	23
III.4.Déférents types d'outils d'emboutissage.....	23
III.4.1.Emboutissage avec outils simple effet.....	23
III.4.2.Emboutissage avec outils double effet	23
III.5.Principe de l'emboutissage.....	24
III.6.Mise au point des opérations d'emboutissage.....	25
III.7.L'état de surface	26
III.8. Evaluation des efforts.....	26

III.8.1.Effort d'emboutissage cylindrique	27
III.8.2.Efforts de serrage cylindrique.....	27
III.8.3.Efforts d'emboutissage rectangulaire	28
III.8.4.Efforts de serrage rectangulaire	28
III.9.Diamètre du flan.....	29
III.10.Rayon de la matrice	29
III.11.Rayon du poinçon.....	30
III.12.Détermination de l'énergie d'emboutissage	30
III.13.Effet du frottement	31
III.114.Jeu entre le poinçon et la matrice	32
III.15.La vitesse d'emboutissage.....	32
III.16.Emboutissage cylindrique profond.....	33
III.16.1.Principe de l'emboutissage cylindrique.....	33
III.17.Avantages et inconvénients de l'emboutissage	33
III.17.1.Les avantages de l'emboutissage	34
III.17.2.Les inconvénients de l'emboutissage.....	34
III.18.Conclusion.....	35

Chapitre IV : Généralités sur les presses et leurs outils

IV.1.Introduction	36
IV.2.Définitions des presses.....	36
IV.3.Classification des presses.....	36
IV.3.1.Presses selon le mode de transmission d'énergie	36
IV.3.1.1.Les presses mécaniques	36
IV.3.1.2.Les presses hydrauliques.....	37
IV.3.1.3.Les presses à vis.....	37
IV.3.2.Selon le nombre des coulisseaux.....	38
IV.3.2.1Presse à simple effet	38
IV.3.2.2.Presses à double effets.....	38

IV.3.2.3.Presse à triple effets.....	39
IV.3.3.Selon la forme de bâti.....	39
IV.3.3.1.Presses à col de cygne.....	40
IV.3.3.2.Presses à arcade.....	40
IV.3.3.3.Presse à montant droit.....	41
IV.3.3.4.Presses à colonne	41
IV.3.3.5.Presse à table mobile et bigorne.....	42
IV.4.Caractéristiques d'une presse.....	42
IV.5.Exigence de choix d'une presse	42
IV.6.Sécurité sur les presses.....	43
IV.7.Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et mécanique.....	43
IV.8.Définition d'un outil de presse	44
IV.8.1.Définition.....	44
IV.8.2.Différents constituants d'un outil de presse	44
IV.8.2.1Poinçon	45
IV.8.2.2. Matrice	45
IV.9.Différents types d'outils de presse	45
IV.9.1.Outil de découpage.....	45
IV.9.1.1.Outil simple découvert.....	45
IV.9.1.2.Outil buté à découvert.....	46
IV.9.1.3. Outil à contre plaque.....	46
IV.9.2. Outil suisse (outil bloc).....	48
IV.9.3. Outil de détournage.....	48
IV.9.3.1. Outil de détournage normal	49
IV.9.3.2. Outil de détournage à Ras	49
IV.9.3.3. Outil de détournage-poinçonnage	49
IV.9.4. Les outils de reprise	50
IV.9.5. Outil de poinçonnage à serre-flan	50
IV.9.6. Outil combiné.....	51

IV.9.7. Outil à came	51
IV.9.8. Outil monté sur une presse à simple effet	52
IV.9.8.1. Outil direct	52
IV.9.8.2. Outil inverse	52
IV.10. Montage des outils sur les presses	53
IV.11. Choix de la presse à utilisé.....	53
IV.12. Conclusion	54

CHAPITRE V : ETUDE ET CONCEPTION DE L'OUTIL

V.1.Introduction	55
V.2.Cahier de charges	55
• Désignation de la tôle	55
• Dimensions	55
• Caractéristiques	55
a-Caractéristiques mécaniques du matériau	55
b-Composition chimique du matériau	56
• Aptitude à la surface	56
• Revêtement de surface revêtement de surface.....	56
• Livraison.....	56
V.3.Présentation de la pièce	56
V.4.Emplacement de la pièce	57
V.5. Conception de l'outil	57
V.5.1.Description de la conception assistée par ordinateur "CAO"	57
V.5.2.Description de l'outil	59
V.6 Désignation de matériau pièces de l'outil	62
V.7.Calcul des efforts d'emboutissage.....	63
• Le calcul des efforts d'emboutissage cylindrique	63
• Le calcul des efforts d'emboutissage rectangulaires.....	65
• Les efforts totaux d'emboutissage.....	67
V.8.Le jeu entre le poinçon et la matrice	68

V.9.Le rayon sur la matrice	68
V.10.La résistance des empreintes a la compression	69
• Poinçon.....	69
• Matrice	70
V.11.Le calcul de serrage du flan.....	71
V.12.Vitesse d'emboutissage	71
V.13.Le choix de la presse	72
Conclusion générale	73

Liste des figures

Figure I.1: Le principe de découpage d'une tôle de méta.....	3
Figure I.2: Poinçonnage	3
Figure I.3: Découpage.....	3
Figure I.4: Crevage	4
Figure I.5: Encochage	4
Figure I.6: Grignotage.....	4
Figure I.7 : Arasage ou repassage	5
Figure I.8: Détourage	5
Figure I.9: La première phase de découpage	6
Figure I.10: La deuxième phase de découpage	6
Figure I.11: La troisième phase de découpage.....	6
Figure I.12: La troisième phase de découpage.....	7
Figure I.13: Comportement du matériau au cours de l'opération de découpage [diagramme de Maillard].....	7
 Figure II.1: Le pliage	12
Figure II.2 : Le pliage vé	14
Figure II.3: Le pliage en U	15
Figure II.4 : Le pliage en L	16
Figure II.5 : Angla de poinçon.....	17
Figure II.6 : Rayon de la matrice	19
Figure II.7 : Le retour élastique	19
Figure III.1: Emboutissage à chaud.....	21
Figure III.2: L'emboutissage à froid.....	22

Figure III.3 : Emboutissage avec outil simple effet	23
Figure III.4: Emboutissage avec outils double effet.....	24
Figure III.5 : Phase 1 d’emboutissage	24
Figure III.6: Phase 2 d’emboutissage	24
Figure III.7 : Phase 3 d’emboutissage	25
Figure III.8: Phase 4 d’emboutissage	25
Figure III.9 : Effort d’emboutissage	27
Figure III-10: Diamètre du flan	29
Figure.III.11: Effort du frottement	31
Figure III-12: Emboutissage.....	34
Figure III-13: Avantage de l’emboutissage	34
Figure IV-1 : presse mécanique	37
Figure IV-2 : presses hydrauliques	37
Figure IV-3 : presse à vis	38
Figure IV-4 : presse à simple effet.....	38
Figure IV-5 : presse à double effets	39
Figure IV-6 : presse à triple effets	39
Figure IV-7 : presse à col de cygne	40
Figure IV-8 : presse à arcade	40
Figure IV-9 : Presse à montant droit.....	41
Figure IV-9 : Presses à colonne	41
Figure IV-10 : Presse à table mobile et bigorne	42
Figure IV.12 : Outil simple découvert	45
Figure IV.13 : Outil buté à découvert	46

Figure IV.14: Outil à engrenages	47
Figure IV.15 : Outil à presse bande.....	47
Figure IV.16 : outil suisse	48
Figure IV.17: Outil de détournage normal.....	49
Figure IV.18: Outil de détournage à Ras	49
Figure IV.19: Outil de détournage-poinçonnage	49
Figure IV.20 : Deux outils de reprise faits avec SolidWorks	50
Figure IV.21 : Outil de poinçonnage à serre-flan	50
Figure IV.22: Outil combiné.....	51
Figure IV.23 : Outil à came	51
Figure IV.24 : Outil direct	52
Figure IV.25 : Outil inverse	52
Figure V.1 : La forme de la pièce à réaliser et ses dimensions	56
Figure V.2 : Emplacement de la pièce	57
Figure V.3 : Assemblage complet d'outil d'emboutissage	58
Figure V.4: La barre d'outils de l'esquisse	58
Figure V.5: La barre d'outils des fonctions	58
Figure V.6: Semelle inferieure	59
Figure V.7: Semelle supérieure.....	59
Figure V.8 : Serre flan.....	60
Figure V.9: Colonnes de guidage.....	60
Figure v.10 : Goujons.....	61
Figure V.11: Bague	61
Figure V.12: Butées de fin de course	61
Figure V.13: Butées de positionnement	62

Figure V.14 : Mesure des diamètres des zones cylindriques sur la matrice supérieure.....	63
Figure V.15 : Mesure des diamètres des parties cylindriques embouties	64
Figure V.16 : Schéma qui démontre les longueurs a et b.....	66
Figure V.17: Les amuseurs de la première zone rectangulaire I Sur *solidworks*	66
Figure V.18: Les amuseurs de la deuxième zone rectangulaire II	67
Figure V.19: Les amuseurs des diamètres D et d ₁	68
Figure V.20 : Mesure de la surface S ₁	69
Figure V.21 : Mesure de la surface S ₂	70
Figure V.22 : Mesure de la surface S de serre flan qui est en contact avec le flan	71

Liste des tableaux

Tableau I.1: la valeur de la résistance au cisaillement pour les matériaux les plus utilisés	9
Tableau I.2: Valeur du jeu suivant les différents matériaux à découper	10
Tableau III.3: Les valeurs de coefficient K en fonction du rapport d/D	27
Tableau III.4-: Le coefficient dépend du rapport d'emboutissage.....	31
Tableau III.5 : Vitesse d'emboutissage pour différents matériaux	32
Tableau IV.1 : avantages et inconvénients des presses	43
Tableau V.1 : Dimension de la tôle	55
Tableau V.2 : Caractéristiques mécaniques	55
Tableau V.3: La composition chimique du matériau.....	56
Tableau V.4: caractéristiques de la presse hydraulique T29.....	72

Liste des symboles

F_d : Effort de découpage (daN)

P : Périmètre de la surface à découpé (mm)

e : Epaisseur de la surface à découpé (mm)

R_c : Résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm²)

R_m : Représente le rayon de la matrice (mm)

R_p : Est le rayon d_v poinçon

e_0 : L'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)

α_0 : angle de l'outil de pliage

F_p : effort de pliage (daN)

L : longueur de pli (mm)

e : épaisseur de la tôle (mm)

J : le jeu entre la matrice et le poinçon

F_e : Effort d'emboutissage (N)

F_c : Efforts d'emboutissage cylindrique (N)

F_r : Efforts d'emboutissage rectangulaires(N)

Présentation de l'entreprise

I.1.Présentation de l'entreprise



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

- Les équipements de climatisation.
- Les petits appareils ménagers.
- Aujourd'hui elle a une très importante gamme de production sont : Les réfrigérateurs petits et grands modèles (R.P.M et R.G.M).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.
- Cousinière à 4 et 5 feux.
- Climatiseurs.
- Ces produits sont destinés au grand public et la distribution se fait par des agents agréés dont la liste se trouve au niveau de l'unité commerciale (Département vente). Elle est située dans la zone industrielle AISSAT IDIR de Oued Aissi, à 7 Km chef lieu de la Wilaya Tizi-Ouzou, à proximité de la route nationale ce qui facilite son accès direction générale est située à la sortie sud-ouest, de la ville de Tizi Ouzou.

I.2.Objectif social et champ d'activité

ENIEM est leader de l'Electroménager en Algérie, elle possède des capacités de production et une expérience de plus, de 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.

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 climatisation

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.)

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 :

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.
- Le placement de son produit à l'échelle internationale

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

INTRODUCTION GENERALE

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 répandues 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 tâches.

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 désirables, 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

Découpage des tôles

I.1 Introduction

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

I.2. Définition [1]

Le découpage est un procédé de fabrication des pièces qui consiste à cisailer sur un contour fermé une pièce de faible épaisseur. 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 poinçonnages simultanément

I.3. Principe [1]

Il consiste à détacher un contour donné d'un produit plat (une tôle). L'opération s'effectue sur une presse qui porte un outil dans une partie associant poinçon et matrice est bridée sur la table fixe de la presse, tandis que l'autre partie est animée du mouvement alternatif du coulisseau, à chaque course un ou plusieurs découpages sont effectués.

La figure-1 décrit le principe du découpage d'une tôle de métal laminé à froid qui se présente sous forme de bande de largeur constante ou sous forme de bobine. La tôle repose sur la matrice, le découpage se produit lorsque l'ensemble du poinçon descend ; le revêtisseur (serre flan) s'appuie sur la tôle pendant que le poinçon vient cisailer la tôle comme des lames de cisaille. Le rôle du revêtisseur (serre flan) est d'éviter tout soulèvement de la tôle, le coulisseau et la tôle peut être déplacée pour une autre découpe.

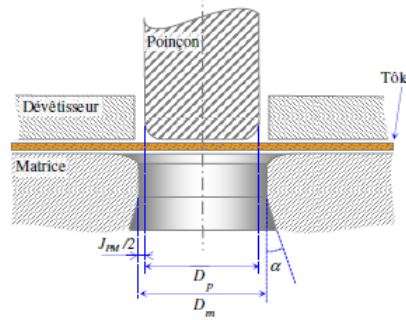


Figure I.1: Le principe de découpage d'une tôle de métal

I.4. Quelque type de découpage [2].

I.4.1. Poinçonnage : C'est une opération semblable au découpage mais on conserve la partie extérieure. Le déchet est la déboucheur.



Figure I.2: Poinçonnage

I.4.2. Découpage : Obtention d'un flan par séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille. Le déchet est appelé squelette.



Figure I.3: Découpage

I.4.3. Crevage : C'est un découpage partiel incomplet ; il consiste de ne pas détacher la chute complètement de la pièce.

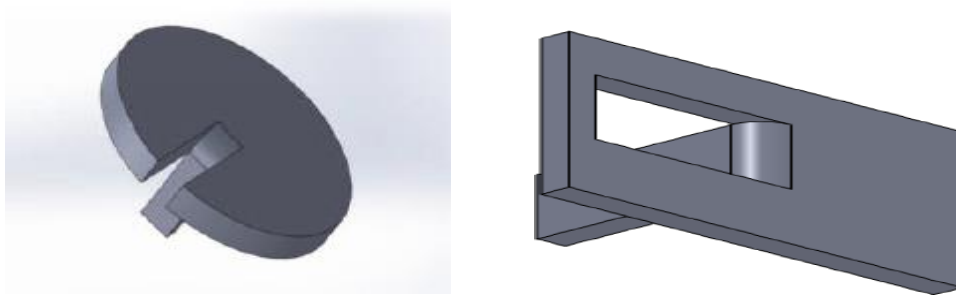


Figure I.4: Crevage

I.4.4.Encochage :C'est une opération qui s'effectue sur des pièces finies c'est un découpage débouchant sur un contour.

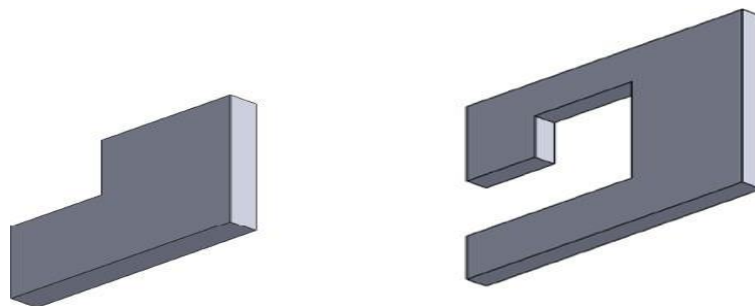


Figure I.5: Encochage

I.4.5.Grignotage :C'est la forme final est obtenu par de successifs poinçonnages (poinçonnage partiel).

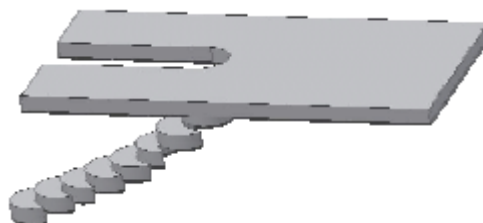


Figure I.6: Grignotage

I.4.6.Arasage ou repassage : La pièce subit deux découpages la cote final est plus précise (Précision et état du surface).



Figure I.7 : Arasage ou repassage

I.4.7.Détourage : C'est une finition d'un contour déjà ébauché (plié) modifié au cours d'une déformation ; il consiste à enlever par découpage un excédent de métal autour d'une pièce probablement formée. D'une autre définition le détourage c'est la dernière opération de formage suivant le type de pièce, on trouve plusieurs techniques [1] :

- ✓ 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.

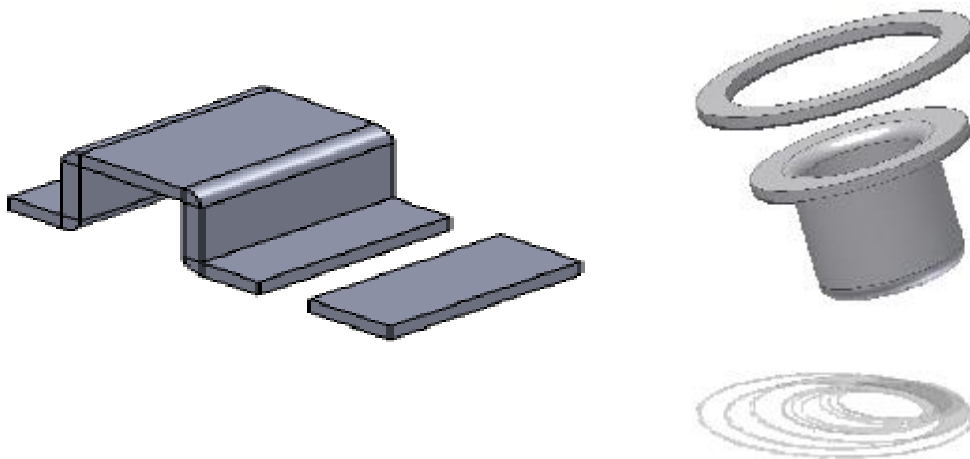


Figure I.8: Détourage

I.5.Analyse du processus [1]

Un outil de découpage est principalement constitué d'un poinçon et d'une matrice, la tôle à découper étant située entre les deux, le poinçon est guidé en translation généralement avec un mouvement du haut vers le bas, initialement le poinçon vient au contact du matériau et avec

l'accroissement de pénétration, il déforme la tôle jusqu'à engendrer des fissures, lors de cette opération on distingue 4 phases

Phase 1: Le poinçon et le serre-flan sont relevés, et la tôle posée sur la matrice.

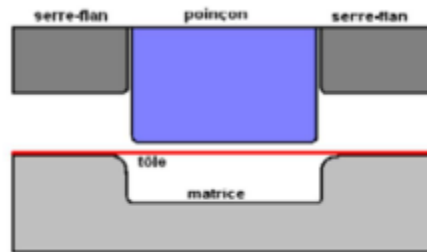


Figure I.9: La première phase de découpage

Phase 2 : Le serre-flan descend et vient serrer le pourtour de la tôle.

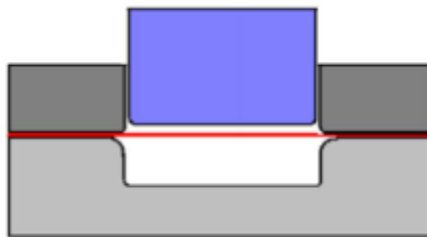


Figure I.10: La deuxième phase de découpage

Phase 3 : La tôle étant maintenue (avec glissement possible entre le serre) flan et la matrice, le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant contre le fond de la matrice.

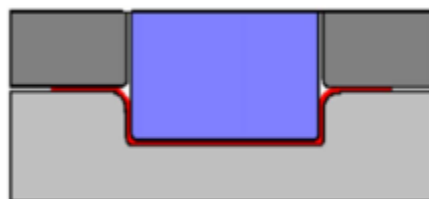


Figure I.11: La troisième phase de découpage

Phase 4 : Le serre-flan et le poinçon relèvent, et la pièce reste formée au fond de la matrice.

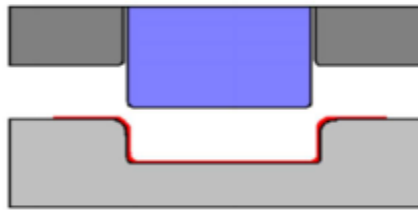


Figure I.12: La troisième phase de découpage

En analyse le diagramme de l'effort vertical exercé sur la tôle en fonction de sa pénétration dans la tôle, la description du comportement de la tôle au cours de cette l'opération est donné par Maillard.

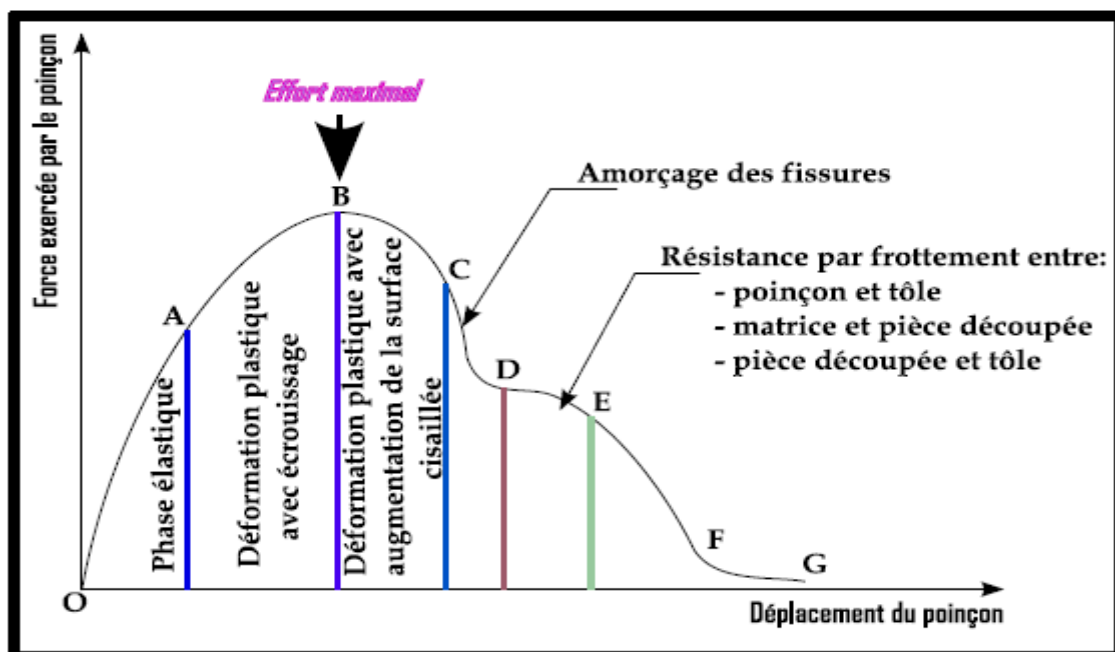


Figure I.13: Comportement du matériau au cours de l'opération de découpage [diagramme de Maillard]

OA : caractérise un comportement élastique, dans cette phase la tôle subit à un phénomène de flexion.

AB : L'Allure non linéaire de cette portion du diagramme indique une plastification de la tôle qui est accompagnée par un durcissement du matériau caractéristique d'un matériau ductile.

BC : Une partie de l'épaisseur de la tôle au voisinage de la matrice est cisailée. Autrement dit c'est un début de découpage par réduction de la section cisailée qui engendre l'affaiblissement de la résistance de la tôle.

CD : La chute brutale de l'effort à une profondeur pénétration pratiquement constante attribuée à un amorçage de fissura et à la propagation de celle-ci.

DE : Cette phase semble liée aux différents phénomènes qui interviennent après cisaillement de la tôle. Une résistance par frottement entre la pièce découpée et la tôle est présente dans cette phase.

I.6.Effort de découpage [2] :

C'est l'effort nécessaire au découpage d'une pièce donné (pièce a découpée), il est égale au produit du périmètre (**P**) de la pièce par son épaisseur (**e**) et par la résistance à la rupture (**R_c**) au cisaillement du métal à découper.

$$\mathbf{F_d = P \times e \times R_c}$$

F_d : Effort de découpage (daN)

P : Périmètre de la surface à découpé (mm)

e : Epaisseur de la surface à découpé (mm)

R_c : Résistance au cisaillement de la tôle à découper (daN/mm²)

Le tableau suivant indique la valeur de la résistance au cisaillement pour les matériaux les plus utilisés.

Tableau I.1: la valeur de la résistance au cisaillement pour les matériaux les plus utilisés.

<i>Matériaux</i>	<i>Rc (daN/mm²)</i>
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

I.7.Effort d'extraction [1]

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

- 7% de l'effort de découpage en pleine tôle.

D'où :

$$F_{\text{extraction}} = 7\% F_{\text{découpage}}$$

- 2% si la chute de découpage est faible.

D'où :

$$F_{\text{extraction}} = 2\% F_{\text{découpage}}$$

I.8.Effort d'éjection [1]

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.

I.9. Jeu de découpage [1]

D'une manière générale le jeu est défini comme étant l'espace qui sépare le poinçon et la matrice, Il se représente par l'écart entre les faces de découpe du poinçon et de la matrice il est communément admis que le jeu est un paramètre très important dans le procédé de découpage.

Son rôle est pour un bon fonctionnement de l'outil, il est nécessaire d'assurer un jeu fonctionnel entre la matrice et le poinçon, il réduit le risque de grippage ou de rupture de la matrice et aussi influence sur la qualité du produit fini ainsi que la durée de vie des outils.

$$j = \frac{R_m - R_p}{e_0}$$

R_m : Représente le rayon de la matrice

R_p : Est le rayon d_v poinçon

e₀ : L'épaisseur de la tôle

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

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

I.10. Angles des lames

L'angle tranchant : C'est l'angle qui permet d'avoir une arête tranchante, varie de 80° à 90° selon le type de la cisaille

I.11. Effets de coupe [3]

La force F₁ est obtenue par une butée qui tend à éliminer le couple qui soulève la pièce dans le sens opposé de cette dernière. Quand la force F₂, et le jeu sont inexistant, le

cisaillage tend à rejeter la pièce sur les côtés, c'est pourquoi une butée est aussi nécessaire pour palier à cet effort

I.12.Vitesse de découpage [1]

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. 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.

I.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 procès. 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 II

Le pliage des tôles

II.1.Introduction :

Le pliage dans l'industrie a pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, 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

II.2.Définition [4].

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

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

Il existe plusieurs méthodes de pliage : le pliage en V, le pliage par encastrement, le pliage par cambrage en U, le pliage en l'air et le pliage en frappe [4].

II.3.Principe du pliage [4].

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.

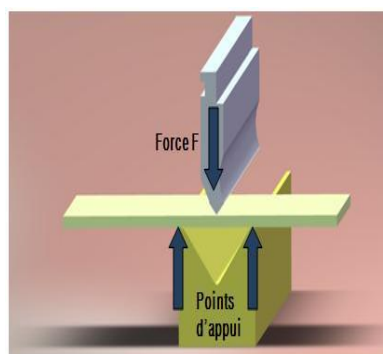


Figure II.1: Le pliage

II.4.Les outils [5]

Les outils sont choisis en fonction des éléments présents dans le cahier des charges relatif à la pièce pliée. En effet, les abaques constructeurs permettent d'établir les limites d'utilisation des outils, mais seul le rayon intérieur désiré par le client peut déterminer avec précision le type d'outil utilisé. Si le R_i n'est pas spécifié, on utilise une règle bien connue des chaudronniers :

Vé (mm) = 8 x ép (donne une moyenne mais n'est en aucun cas une vérité absolue à appliquer à tout-va).

La largeur du vé est proportionnelle au rayon intérieur de pliage désiré ;

L'angle du contre-vé varie selon le rayon désiré et l'angle de pliage ;

En pliage en l'air, on utilise un vé de **88 °** ;

Pour réaliser un pli à **90 °** afin de pallier l'élasticité qui a tendance à rouvrir le pli, ou bien on utilise un **U** qui permet d'aller au delà de **90 °** ;

En pliage en frappe, on utilise un vé de **90 °** puisque l'élasticité est quasiment nulle.

II.5.Préparation avant le pliage [5]

- La température de la tôle doit être au moins à **+20 °C**.
- Nous vous recommandons de rentrer les tôles stockées au froid dans l'atelier, au moins un jour avant le pliage.
- Vous pouvez, si besoin, chauffer la zone à plier à l'aide d'une flamme au gaz.
- Le préchauffage réduit la force de pliage nécessaire et améliore l'aptitude générale au formage. Il doit être maintenu entre **+100** et **+200 °C**.
- Identifiez le sens de laminage de la plaque.
- Les éventuels défauts de surface pouvant apparaître sur la face exposée aux tensions doivent être éliminés.
- Après une découpe thermique ou mécanique, meulez les défauts sur l'arête de la plaque, au moins sur la partie qui sera pliée.

II.6.FORCE DE PLIAGE [2]

En pratique, on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit [2].

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

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.

II.7.Les différents modes de pliage [6]

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

II.7.1.Le pliage en vé [6]

Le schéma de pliage pour ces deux méthodes est assimilé à un schéma de flexion comme celui ci-dessous. Les points d'appuis du schéma représentent les arêtes du vé, et une flèche symbolise une force. C'est le réglage de la descente du point donnera l'angle final du pliage Le pliage est effectué dans une matrice en forme de V.

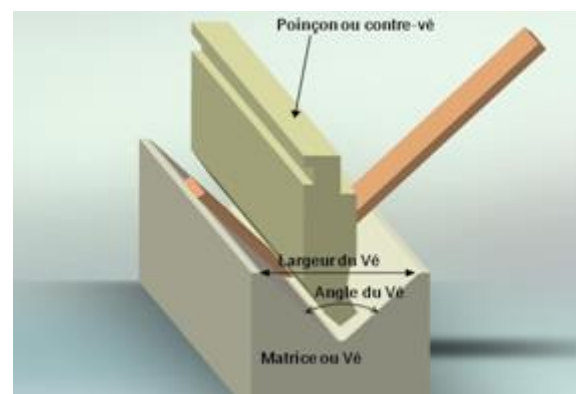


Figure II.2 : Le pliage en vé

II.7.2.le pliage en l'air [7]

Le contre-vé descend dans le vé jusqu'à ce que la tôle soit à l'angle désiré ;

En raison de la déformation élastique de la tôle, la tôle « revient en arrière » lorsque le contre-v se relève, il faut donc « pousser plus loin » afin d'anticiper le retour dû à l'élasticité du métal.

II.7.3.Le pliage en frappe [7]

Le pliage en frappe (ou fond de matrice) : Cette méthode s'applique uniquement sur des tôles d'une épaisseur de 2 mm maximum, et nécessite l'usage d'une presse plieuse. Avec ce procédé, l'angle de la matrice et du poinçon correspond à l'angle de pliage, puisque la tôle atteint le fond du vé. En effet, le poinçon effectue d'abord un pliage en l'air, puis avec un effort supplémentaire, il pousse la tôle au fond de la matrice pour que la tôle en prenne la forme exacte. Cette méthode demande à la machine une force de pliage jusqu' à 5 fois plus importante que pour le pliage en l'air qui est réservé aux tôles fines (moins de 3mm) et minimise le retour élastique du métal. L'effort du poinçon augmente en fin de pliage

II.7.4.Pliage par cambrage en U (emboutissage)

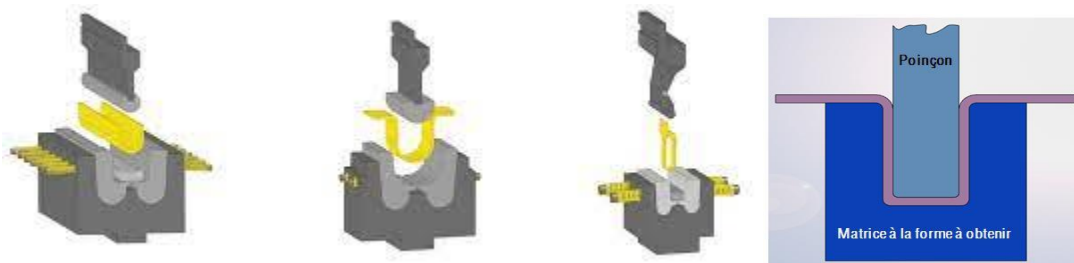


Figure II.3: Le pliage en U

Le principe est voisin de celui du pliage en vé. Seuls les outils (poinçons et matrices seront différents). Cela ressemble cependant à de l'emboutissage. On peut obtenir avec cette méthode une infinité de formes pliées, si les outils sont disponibles.

II.7.5.Le pliage en L [2]

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

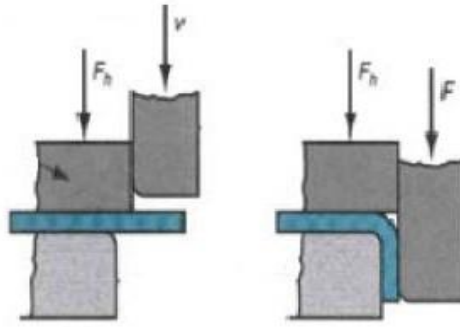


Figure II.4 : Le pliage en L

II.8.Rayon et Angle du poinçon à utiliser en pliage [3]

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. On appelle angle de retour élastique.

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1.$$

II.8.1.Rayon de poinçon [5]

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:

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

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)

- **Re** : limite élastique (N/mm²)
- **R** : rayon de la pièce final (mm)
- **Rp** : Rayon de l'outil de pliage (mm)

II.9. Angle de poinçon [8]

La fibre neutre de la tôle garde une longueur constante au cours du pliage et au cours du retour élastique, on a

$$a_0 \times R_{f0} = a \times R_f$$

Donc :

$$\frac{a}{a_0} = \frac{R_{f0}}{R_f} = K$$

Avec :

a₀ : angle de l'outil de pliage

α : angle à obtenir

K : c'est une valeur dépend du rapport $\frac{R_i}{e}$ et du matériau à plier voir abaque

Calcul de l'angle du poinçon Pour déterminer les paramètres de l'outil de pliage :

$$K = \frac{R_i}{e}$$

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

$$K = \frac{a}{a_0} \rightarrow a_0 = \frac{a}{K}$$

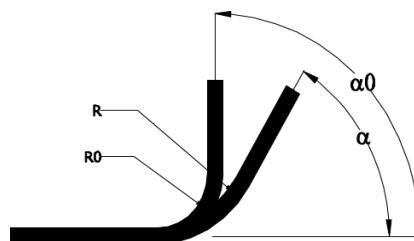


Figure II.5 : Angla de poinçon

▪ 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**

En pliage en l'air, on utilise un vé de 88° pour réaliser un pli à 90° afin de pallier l'élasticité qui a tendance à rouvrir le pli, ou bien on utilise un U qui permet d'aller au-delà de 90° ;

en pliage en frappe, on utilise un vé de 90° (pour un angle désiré de 90°) puisque l'élasticité est quasiment nulle. Cette technique est utilisée pour des pièces de grande série ou nécessitant une grande précision car l'outil doit être adapté à l'angle désiré.

II.10. Effort de pliage [9]

Pratique, on admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit [3].

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

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.

II.11. Paramètres influents sur l'opération de pliage [6][8].

On distingue deux paramètres principaux à définir pour obtenir une pièce finie

II.12. Le rayon de la matrice de pliage [9]

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. $r \geq 2.e$

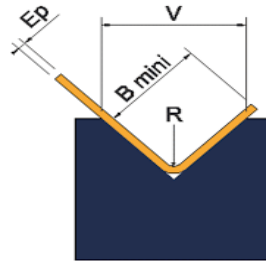


Figure II.6 : Rayon de la matrice

II.13. Le jeu de pliage [9][6]

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

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

II.14. Le retour élastique [8]

La tôle est dite élastique (de manière variable), ce qui signifie qu'elle va plus ou moins reprendre sa forme initiale après déformation.[8].

Lors du pliage en l'air, il faut tenir compte de ce retour élastique, en diminuant l'angle du poinçon. En effet, l'angle terminal est égal à l'angle du vé + le retour élastique. De plus, il faut faire attention au sens de laminage des tôles, puisque le retour élastique est plus grand si l'on plie perpendiculairement au sens de laminage.

²Pour une précision optimale, il est indispensable de connaître l'angle de retour élastique de la tôle que l'on s'apprête à former. Il est obtenu soit en faisant des essais, soit en utilisant un abaque, soit par calcul

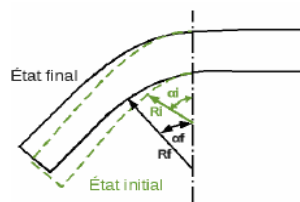


Figure II.7 : Le retour élastique

II.15.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 III

Emboutissage des tôles

III.1. Introduction générale

Emboutir : « Travailler une plaque de métal au marteau et sur une enclume, de manière à la rendre conforme 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

III.2.Définition [10]

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique d'une surface de métal entraînée par un poinçon dans une matrice. Très utilisé dans l'industrie, l'emboutissage permet d'obtenir à partir d'un flan des pièces de surfaces complexe. Le procédé de l'emboutissage peut être réalisé avec ou sans le serre flan Pour maintenir le flan contre la matrice pendant que le poinçon le coule des tôles embouties, est en distingue deux types d'emboutissage.

III.3.Les types d'emboutissage [11]

III.3.1.L'emboutissage à chaud

Qui forme les pièces par chauffage. Le flan et la matrice sont chauffés puis on donne à la pièce sa forme définitive. La fréquence d'usinage est moins élevée du fait de l'opération de chauffage qui nécessite plus d'attente entre chaque opération.

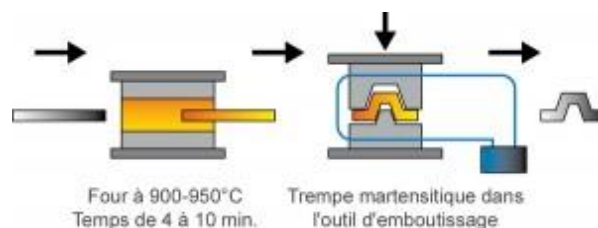


Figure III.1: Emboutissage à chaud

❖ Avantage

- Déformation plus facile des matériaux peu ductiles (acier et aluminium)
- Emboutissage de pièces épaisses et profondes par chauffage du flan et de la matrice
- peu d'écrouissage ou de contraintes résiduelles

❖ Inconvénients

- Cadences de production moins élevées du fait de l'inertie de chauffage
- Pièces finies de moins bonnes qualités (état de surface et dimensionnement)
- Nécessite la mise en place d'un protocole de sécurité plus important

III.3.1.1. Les matériaux utilisés en emboutissage à chaud

Les matériaux utilisés en emboutissage à chaud sont :

- Titane,
- magnésium, et
- Zinc.

III.3.2. L'emboutissage à froid [12]

L'emboutissage à froid est une technologie de conformation de tôle à froid qui comprend plusieurs opérations de transformation d'acier et d'autres alliages dans différents types de presses, où sont installés les divers emporte-pièces.

Cette technologie permet de fabriquer une large variété de pièces, venant de toutes les principales technologies constructives celle qui apporte le plus de quantité de pièces



Figure III.2: L'emboutissage à froid

Avantage

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

❖ Inconvénients

- Faible épaisseur des tôles (risque de rupture)
 - Écrouissage du matériau (risque de durcissement structurel et baisse de la ductilité)
 - Contraintes résiduelles (risque de rupture par fatigue)
- Les matériaux concernés par ce type d'emboutissage sont :
- Acier doux et inoxydable
 - Aluminium
 - Cuivre
 - Laiton

III.4. Différents types d'outils d'emboutissage [5]

III.4.1. Emboutissage avec outils simple effet

Cette configuration est la plus simple. Elle est composée d'une matrice et d'un poinçon (Équipé d'un coussin élastique situé sous la table de la presse). Pour cette technique, les emboutis réalisés sont peu profonds et ne nécessitent pas d'important effort de serrage (voir schéma ci-dessous).

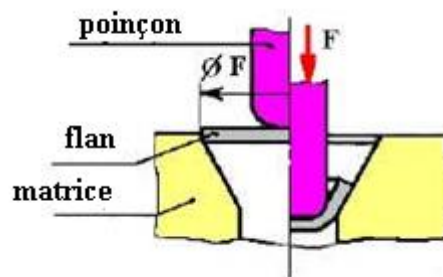


Figure III.3 : Emboutissage avec outil simple effet

III.4.2. Emboutissage avec outils double effet [5]

Par rapport à l'emboutissage simple effet, l'emboutissage double effet comprend en plus un serre-flan. Cette technique de formage est la plus répandue dans l'industrie. Ici les emboutis sont très profonds et les efforts d'emboutissage sont importants. Un serrage très efficace est nécessaire pour ce type d'emboutissage (voir schéma ci-dessous).

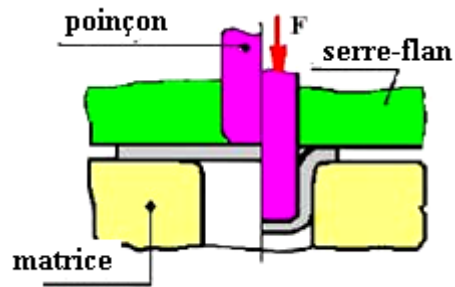


Figure III.4: Emboutissage avec outils double effet

III.5.Principe de l'emboutissage [9]

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

Phase 1 : Poinçon et serre flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice

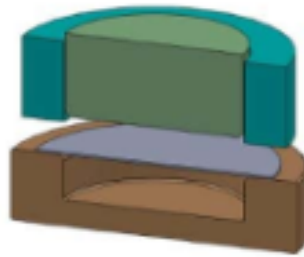


Figure III.5 : Phase 1 d'emboutissage

Phase 2 : Le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de fluer

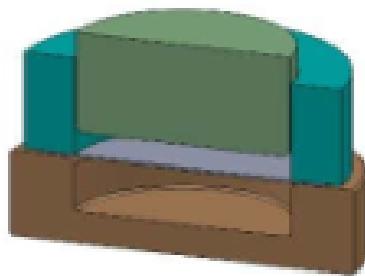


Figure III.6: Phase 2 d'emboutissage

Phase 3 : Le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique, en l'appliquant contre le fond de la matrice. La tôle étant maintenue avec glissement possible entre le serre flan et la matrice, le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant, contre le fond de la matrice

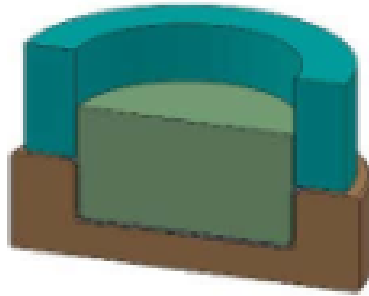


Figure III.7 : Phase 3 d'emboutissage

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

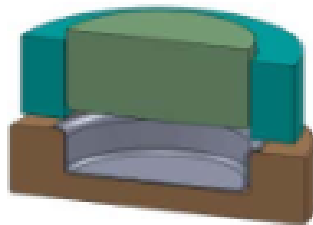


Figure III.8: Phase 4d'emboutissage

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

III.6.Mise au point des opérations d'emboutissage [12]

La mise au point consiste à déterminer les conditions de formage pour lesquelles la partie utile de la pièce ne comporte aucun défaut marqué en volume :

Rupture, amincissement local excessif, plis, cloques et d'une manière générale, non-respect des tolérances dimensionnelles, ni en surface :

Rayure, grip pures, perte de revêtement pour les tôles revêtues, etc. Les moyens d'action possibles à mettre en œuvre, concernant le choix :

- De la géométrie et la position du flan,
- De la force de serrage exercée par le serre-flan, et de la position et de la géométrie des joncs,
- De la géométrie de l'outil (correction du retour élastique de la pièce,
- Du lubrifiant (nature, quantité),
- Du matériau de la tôle (le plus souvent en vertu d'un critère expérimental de formabilité),
- De la nature de l'outil, etc.

III.7.L'état de surface [13]

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. 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.

III.8.Evaluation des efforts [5]

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, et lorsque l'emboutissage est fait avec serre-flan, l'effort sur serre-flan est ajouté à l'effet d'emboutissage.

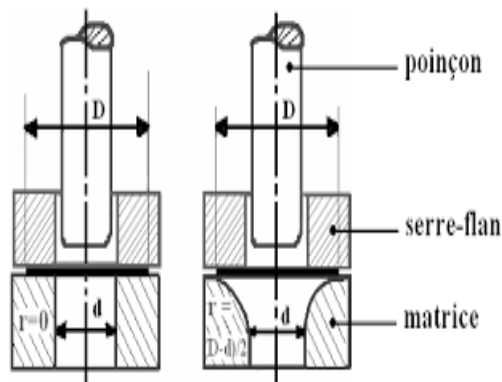


Figure III.9 : Effort d'emboutissage

III.8.1.Effort d'emboutissage cylindrique [5]

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

$$F_e = \pi \cdot d \cdot e \cdot R \cdot K \cdot F$$

F_e : Effort d'emboutissage (N)

d : Diamètre du poinçon (mm)

D : Diamètre du flan (mm)

e : épaisseur de la tôle (mm)

R : résistance à la rupture par traction de la tôle (N/mm²)

K : coefficient en fonction du rapport d/D .

(Voir le tableau ci-dessous)

Tableau III-3: Les valeurs de coefficient K en fonction du rapport 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

III.8.2.Efforts de serrage cylindrique :

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

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

Avec:

P : La pression spécifique sur le serre flan

IV.8.3.Efforts d'emboutissage rectangulaire [5]

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

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

Avec :

F_{er} : effort d'emboutissage rectangulaire en (N)

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

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 $6r$.

• **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.

III.8.4.Efforts de serrage rectangulaire [14]

Le rôle du serre flan consiste à empêcher la formation de plis sur le rebond du flan en émerisant une pression appropriée. Si cette force est trop importante, le flan résèque de présent é des plis.

La force de serrage est estimée par l'expression suivante :

$$F_s = P \times S$$

P : Pression spécifique sur le serre-flan en (N/mm²)

Dans une première approche, on utilise les valeurs de pression spécifique suivantes :

P_{sf} : 2.5 ou 3 (N/mm²) pour l'acier d'emboutissage (tôle) avec une épaisseur de tôle de **0.7 mm** (pour l'autre épaisseur, on applique la règle de 3)

S : surface du flan qui est en contact avec le serre-flan

III.9. Diamètre du flan [15]

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. Sur le cas d'un d'emboutissage cylindrique à fond plat on distingue deux cas :

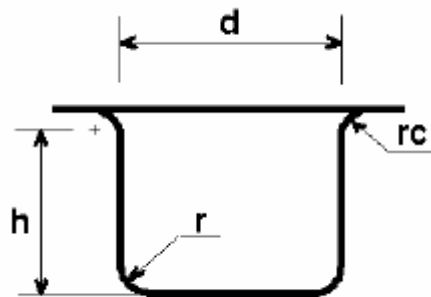


Figure III-10: Diamètre du flan

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

-Avec collerette rc:

Le diamètre D du flan se calcule comme suit :

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0.75rc + 0.75rc - 0.52(r^2 - rc^2))}$$

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

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

III.10. Rayon de la matrice [5]

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.

Pour $r = 0$ on a un déchirement du flan et

Pour $r = \frac{D-d}{2}$ on a la formation de plis.

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)

III.11. Rayon du poinçon

Le rayon du poinçon R_p ne doit pas être trop faible pour éviter le décalage du fond de la pièce (amincissement local de la tôle traduisant une déformation locale en expansion) ni trop important pour éviter les risques de plis; en principe il ne doit pas être inférieur au rayon de la matrice. Dans le cas où la pièce exigerait un faible rayon, il faut prévoir une opération supplémentaire de conformation. Le rayon (R_p) est limité entre $5e$ et $10e$.

III.12. Détermination de l'énergie d'emboutissage [13]

L'énergie nécessaire pour une opération d'emboutissage (double action) est le produit de la force de pression d'emboutissage par le déplacement du poinçon (h) :

$$W = (F \times \alpha) \times h$$

Pour un emboutissage simple action :

Tableau III-4-: Le coefficient dépend du rapport d'emboutissage

β_{axial}	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	0.25
α	0.8	0.77	0.75	0.70	0.67	0.64

III.13.Effet du frottement [13]

Une lubrification adaptée facilite l'écoulement de la tôle entre la matrice, le serre-flan et le poinçon. Si le frottement est :

- **Faible :**
 - tôle/lubrifiant/serre-flan
 - tôle/lubrifiant/anneau d'emboutissage
 - tôle/lubrifiant/rayon d'anneau d'emboutissage
- **Élevé :**

Entre le poinçon et la paroi de la pièce métallique : pour pouvoir transmettre au maximum la force du poinçon. Ce qui suit s'applique à l'état de stabilité

$$F \leq \pi \cdot \eta \cdot R_m \cdot d \cdot t$$

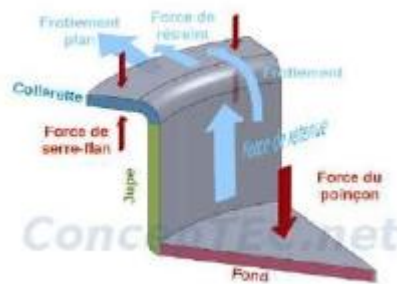


Figure.III.11: Effort du frottement

Dans le cas d'un poinçon de petit rayon, il est préférable de ne pas lubrifier voir même d'augmenter la rugosité du poinçon afin d'éviter une forte déformation par expansion localise.

III.14.Jeu entre le poinçon et la matrice [14]

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:

- Pour l'acier : $j = e + 0,07 \times (10 \times e)^{\frac{1}{2}}$
- Pour l'aluminium : $j = e + 0,02 \times (10 \times e)^{\frac{1}{2}}$
- Pour métaux non ferreux : $j = e + 0,04 \times (10 \times e)^{\frac{1}{2}}$

J : le jeu entre la matrice et le poinçon

e : l'épaisseur du flan

III.15.La vitesse d'emboutissage [15]

Elle se définit comme la vitesse du poinçon ou moment de l'attaque de la tôle une vitesse très faible, tend à générer un écrouissage trop important sur le métal, le rendant moins malléable. Une grande vitesse tend à empêcher la propagation de la force du poinçon jusqu'au niveau du flan. Cette altération pouvant alors se traduire par une rupture du flan.

D'après BLISS, il existe une vitesse optimale pour chaque métal. Ces vitesses sont reportées dans le tableau III.5

Tableau III.5 : Vitesse d'emboutissage pour différents matériaux

Matériaux	Vitesses (mm/s)
L'acier	200
L'acier doux	280
Le zinc	200
L'aluminium	500
Le laiton	750

III.16. Emboutissage cylindrique profond [13]

Emboutissage profond L'emboutissage profond consiste à fabriquer par formage généralement à froid une pièce creuse profonde (embout) à partir d'une feuille ou d'une plaque préalablement découpée (flan), et ce par action d'un poinçon et d'une matrice, et d'un serre-flan, sans réduction sensible de l'épaisseur. Le procédé est capable de fabriquer des pièces de formes circulaires (telles que des casseroles de cuisson), de formes carrées ou rectangulaires ainsi que d'autres formes complexes. Le principe de l'emboutissage profond est illustré à :

III.16.1.Principe d'emboutissage cylindrique [14]

La tôle, préalablement découpée suivant un disque appelé « flan », est mise en forme par l'action d'un poinçon qui l'oblige à pénétrer dans une matrice. Le diamètre du poinçon est égal à celui de la matrice diminué de deux épaisseurs de tôle et d'un jeu très faible.

Première remarque: Puisque l'intervalle entre les parois de la matrice et celles du poinçon est égal à l'épaisseur de la tôle, la pièce « emboutie » a pour épaisseur, l'épaisseur initiale de la tôle. L'emboutissage mécanique n'est pas un emboutissage comparable à l'emboutissage manuel qui résulte toujours d'un travail du métal par allongement entraînant une diminution de l'épaisseur. L'emboutissage mécanique est, en réalité, un travail de rétreinte. La surface du flan d'origine et égale à celle de la pièce à exécuter.

Deuxième remarque: Le travail de rétreinte se réalise facilement si le cylindre est peu profond ($d/D \geq 0,80$) $D =$ Diamètre du flan $d =$ Diamètre du cylindre La formation et l'importance des plis sont également en rapport avec l'épaisseur du métal car un métal mince se plisse plus facilement qu'un métal épais. Les plis peuvent se résorber si la différence entre le diamètre D du flan et le diamètre d de l'embouti est inférieur à 20 fois l'épaisseur e du flan $D-d \geq 20e$

III.17.Avantages et inconvénients de l'emboutissage [15]

Il est nécessaire de connaître les avantages et les limites du procédé d'emboutissage des métaux afin de choisir la technique adaptée au cahier des charges et aux contraintes industrielles

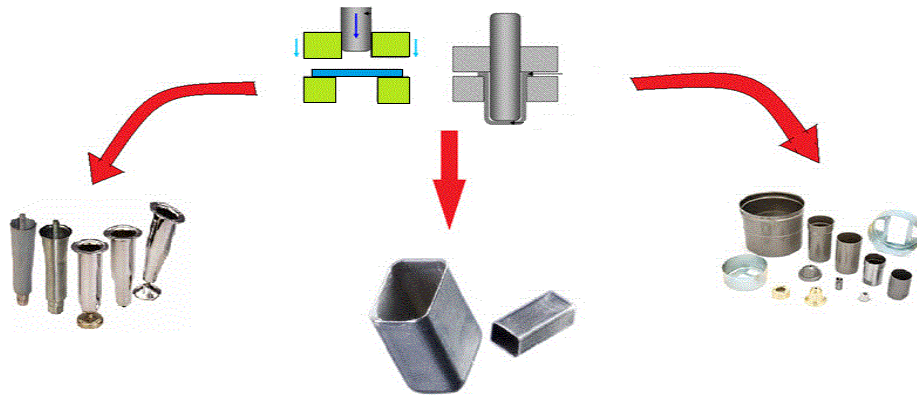


Figure III-12: Emboutissage

III.17.1. 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 :
 - 100 à 200 pièces/heure (pièces de gros volumes : carrosserie automobile, ...)
 - 3000 à 4000 pièces/heure (petites pièces : renfort, capuchon de réservoir,...)

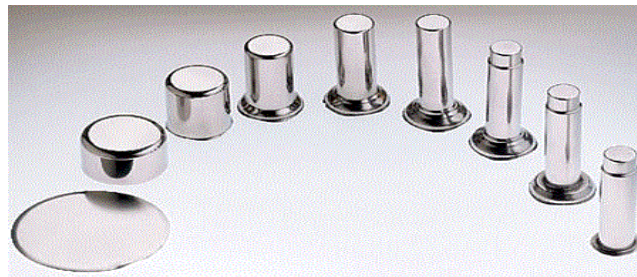


Figure III-13: Avantage de l'emboutissage

III.17.2. Les inconvénients de l'emboutissage [16]

- Les zones d'étirement subissent un amincissement important et les zones de rétreint 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
- Le défaut de la surface tels que la présence de rayures, signes de grippage.
- La rupture

Remarque

Connaître les avantages et les inconvénients de l'emboutissage des matériaux vous permet de choisir la technique adaptée à un processus industriel de mise en forme de pièces et éventuellement anticiper les problèmes.

III.18.Conclusion

Dans ce chapitre, après avoir défini le procédé d'emboutissage et montré l'importance de ce procédé parmi les autres procédées de mise en forme, nous avons mis en clair tout ce qui concerne le procédé d'emboutissage industrielle. Nous avons conçu un outil d'emboutissage pour emboutir la pièce « table de travail d'une cuisinière ENIEM » 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 outils.

Chapitre IV

Généralités sur les presses et leurs outils

IV.1.Introduction

Les presses sont des organes essentiels utilisées dans l'industrie pour la fabrication mécanique. Chaque presse est dotée des caractéristiques spécifiques. Les plus courantes sont les presses hydrauliques, presses mécaniques, ou presses à vis. Elles sont caractérisées pour subir des efforts intéressants sans être endommagées.

On abordera dans ce chapitre d'une manière globale les différents types de presses, leurs composants essentiels et le mode de transmission utilisé afin de permettre au constructeur le meilleur choix possible.

IV.2.Définitions des presses [17]

Une presse est une machine qui est destinée à changer une forme d'une pièce à partir d'une tôle avec un effort appliqué par cette dernière. Elle est composée essentiellement de deux plateaux qui se rapprochent pour comprimer la tôle, l'une est fixe c'est le bâti, et l'autre qui est mobile appelée le coulisseau. Chacune des parties porte successivement la matrice et le poinçon ainsi que d'autres différents organes mécaniques permettant la déformation des tôles afin d'obtenir la pièce voulue.

IV.3.Classification des presses [17]

Les presses peuvent être classées à partir de plusieurs paramètres comme

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

IV.3.1.Presses selon le mode de transmission d'énergie

Il existe trois types des presses, les presses mécaniques, hydrauliques et les presses à vis.

IV.3.1.1.Les presses mécaniques [17]

Dans ce type de presse, les mouvements nécessaires pour effectuer les procédés de formages sont commandés mécaniquement par l'énergie emmagasinée dans le volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en mouvement de translation du PMB (la distance minimale entre la table et le coulisseau) au PMH (la distance maximale).

Les presses mécaniques sont d'une plus grande rapidité de fonctionnement. Elles sont plus répandues car elles permettent d'atteindre des cadences élevées.



Figure IV-1 : presse mécanique

IV.3.1.2. Les presses hydrauliques [18]

Les presses hydrauliques sont des machines dotées d'un circuit hydraulique (huile) qui fournit une grande force de compression. Ces presses sont alimentées par une pompe hydraulique à un vérin qui entraîne le coulisseau. Elles sont utilisées dans les forges pour les bavures à chaud des pièces estampées.



Figure IV-2 : presses hydrauliques

IV.3.1.3. Les presses à vis [18]

Elles sont composées d'une vis tournante via un moteur électrique, et d'un écrou solidaire au coulisseau. La masse mobile est projetée à une vitesse donnée. L'énergie délivrée est égale à $\frac{1}{2} mV^2$, avec m la masse totale en mouvement et V sa vitesse. Les efforts peuvent aller de 1 MN à 30 MN. Ces presses sont plus compactes. La remontée du coulisseau

s'effectue en inversant le sens de rotation de la vis. Les cadences restent faibles : 1 à plusieurs pièces par minute.



Figure IV-3 : presse à vis

IV.3.2.Selon le nombre des coulisseaux

IV.3.2.1 Presse à simple effet [17]

Ce type de presse comporte un seul coulisseau actionné par une ou plusieurs bielles.

Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise et équipées d'un coussin inférieur logé sous la table qui est destiné à assurer l'effet du serre-flan.



Figure IV-4 : presse à simple effet.

IV.3.2.2.Presses à double effets

Ce type de presse comporte deux coulisseaux. Coulisseau extérieur appelé coulisseau serre-flan, et le coulisseau inférieur appelé coulisseau plongeur,

Le coulisseau serre-flan doit entrer en premier contact avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon porté par le coulisseau plongeur amorce sa descente. Il doit être mobile durant tout le travail du poinçonnage.

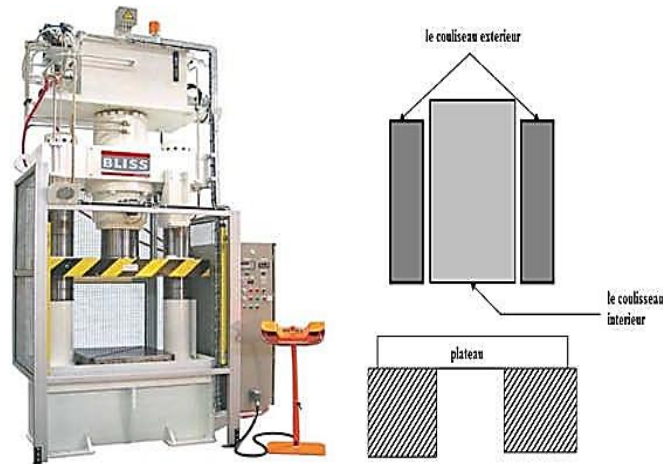


Figure IV-5 : presse à double effets.

IV.3.2.3.Presse à triple effets

Elle est similaire à la précédente. Elle possède en plus un troisième coulisseau inférieur qui a sa propre cinématique.

Ce type de presse est souvent utilisé pour la carrosserie qui nécessite des contre emboutis peu profonds, ce qui permet d'éviter une opération de reprise sur une autre presse.



Figure IV-6 : presse à triple effets

IV.3.3.Selon la forme de bâti [18]

On distingue cinq types de presse classés selon leur forme du bâti et qui se résume de la manière suivante.

IV.3.3.1. Presses à col de cygne

Les presses à col cygne sont moins encombrantes à simple ou double effet, employées pour tous les travaux de découpage, pliage, et souvent pour des petites pièces à grande série. La forme en col cygne rend la table et le coulisseau très accessible. Son inclinaison est de 20° en arrière, c'est ce qui permet l'évacuation aisée des pièces par gravité.



Figure IV-7 : presse à col de cygne

IV.3.3.2. Presses à arcade

Les presses à arcade sont des machines présentant une rigidité maximale, assemblées sur un bâti monobloc coulé ou parfois soudé, ce qui lui permet de supporter des efforts beaucoup plus importants, tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être simple ou à double effets.



Figure IV-8 : presse à arcade.

IV.3.3.3. Presse à montant droit

Dans ce type de presse, le bâti est composé de trois parties : la table, les montants et le chapiteau qui sont liées entre elles par des tirants en aciers à chaud. Ces machines, très robustes, peuvent atteindre de très grandes dimensions, présentent une grande puissance qui peut aller jusqu'à 1000 tonnes-force.



Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document. **V-9** : Presse à montant droit.

IV.3.3.4. Presses à colonne

Les presses à colonne sont équipées de quatre colonnes cylindriques liant la partie supérieure et la partie inférieure de la presse, et assurant l'entraînement de coulisseau.

Ce type de presses sont employé beaucoup plus pour le poinçonnage à cadence élevée.

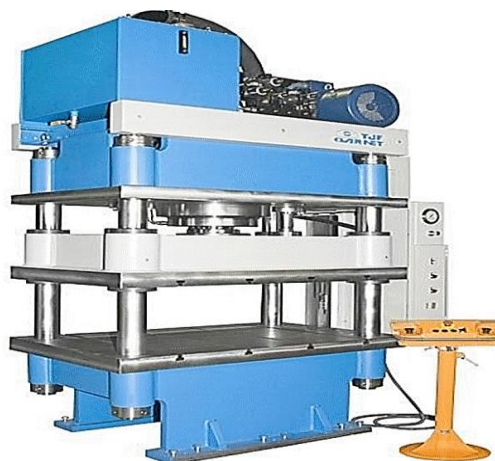


Figure IV-10 : Presses à colonne

IV.3.3.5. Presse à table mobile et bigorne

Elles sont équipées d'une table mobile réglable en hauteur, c'est ce qui autorise le montage de l'outil très haut. La bigorne permet d'effectuer des poinçonnages latéraux de gros emboutis.



Figure IV-11 : Presse à table mobile et bigorne.

IV.4. Caractéristiques d'une presse [18]

Pour effectuer une ou plusieurs opérations sur une presse, le constructeur doit connaître les caractéristiques de cette dernière, qui sont résumées de la manière suivante :

- Sa capacité (tonnes).
- La course de son coulisseau (mm).
- La cadence (nombre de coupe/minute).
- La dimension du coulisseau (mm^2).
- La hauteur de l'outil fermé (mm).

IV.5. Exigence de choix d'une presse [17]

La sélection d'une presse pour la réalisation d'une opération, fait appel à suivre les critères ci-dessous :

- Type de travail à envisager ;
- L'effort nécessaire (nature de transmission de mouvement) ;
- Dimension de l'outil et de la pièce ;
- Longueur de course des coulisseaux ;
- Cadence nominale de fonctionnement.

IV.6.Sécurité sur les presses [17]

La sécurité au sein de l'atelier est un paramètre très important pour l'opérateur. Les constructeurs des machines ont mis divers dispositifs qui assurent la protection des utilisateurs

- Alimentation automatique : le dispositif d'alimentation automatique est indispensable lorsqu'il s'agit de satisfaire aux impératifs de sécurité et de la productivité.
- Protection par appareil à bracelets : protection efficace pour les mains dans la mesure où aucun risque d'accrochage n'est possible.
- Protection optique : la machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur traverse les rayons lumineux.

IV.7.Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et mécanique [18]

Le tableau ci-dessous regroupe les avantages ainsi que les inconvénients des deux types de presses (mécaniques et hydrauliques).

Tableau IV-1 : avantages et inconvénients des presses.

Presses	Mécaniques	Hydrauliques
Avantages	-Les presses sont très fiables. Elles peuvent créer une grande quantité de tonnage pression. -Elles sont idéales pour l'hydroformage qui est une technique de formation des métaux nécessitant la présence d'un agent liquide, et elles sont lentes ce qui donne suffisamment du temps au métal pour se former. -Le tonnage de la presse est facilement ajusté, ce qui permet des opérations avec petit tonnage pour les matrices fragiles. -Destinés pour les travaux de grandes séries.	-Un moteur plus puissant que celui de la presse mécanique parce qu'il n'y a pas un volant d'inertie pour stocker l'énergie. -Arrêt du coulisseau à n'importe quelle position de travail. -Modification de la course du coulisseau. -Très souples. - Vitesse de réglage et de travail lente. - Vitesse d'approche et de retour rapide.
	-La presse ne peut pas être surchargée car le système est protégé par deux soupapes de	-La maintenance de la presse hydraulique est plus difficile que

Inconvénients	décharge séparément ajustées. - Difficulté d'arrêt du coulisseau en cas de danger. - Réglage d'approche du coulisseau difficile.	celle de la presse mécanique car les pannes de cette dernière sont facilement détectables. - Les presses hydrauliques demandent beaucoup de maintenance : Risque de pannes(joints, pompes...etc.). L'huile doit toujours être présente à l'intérieur de la presse. -Lentes dans les cadences élevées.
----------------------	--	---

IV.8.Définition d'un outil de presse [17]

IV.8.1.Définition

L'outil de presse matérialise les résultats de réflexion et des décisions prises au cours de sa conception, Il est composé généralement de deux (02) parties : la partie fixe (c'est la partie qui contient la matrice) ; et la partie mobile (c'est la partie qui contient le poinçon).

Il contient la formalisation de la façon dont la tôle de départ est conçue et permet la réalisation d'une pièce conforme à la sortie de la presse.

Cet outil de presse est une construction mécanique de précision, ayant des caractéristiques mécaniques qui évitent des déformations pouvant altérer la forme finale de la pièce. Il doit satisfaire en plus de l'opération à effectuer (poinçonnage, emboutissage, détournage...), un certain nombre de conditions :

- Séparer la pièce et les déchets ;
- Guider la bande du métal et régler sa position ;
- Assurer la sécurité et une production élevée ;
- Faciliter le changement d'éléments usés et l'affutage.

IV.8.2.Différents constituants d'un outil de presse [19]

En général, l'outil est composé d'une partie supérieure (poinçon) fixée sur le coulisseau de la presse, et d'une partie inférieure (matrice) fixée sur la table de presse (*Figure III.12*).

Cet ensemble est parfaitement guidé et permet de travailler la tôle par des opérations successives de découpage, pliage, cambrage, emboutissage..., de façon à obtenir la pièce désirée (finie).

IV.8.2.1 Poinçon

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une marque sur une autre pièce ou même de la percer. Cet instrument est utilisé depuis la préhistoire. On appelle aussi poinçon la marque laissée par cet outil.

Il est nécessaire de vérifier le poinçon à la compression et au flambement pour déterminer sa longueur.

IV.8.2.2. Matrice

Une matrice est l'empreinte en creux, réalisée dans un bloc de matière, qui représente la pièce à créer. Dans la plupart des cas, la matrice est dépendante du poinçon.

IV.9. Différents types d'outils de presse [19]

IV.9.1. Outil de découpage

IV.9.1.1. Outil simple découvert

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

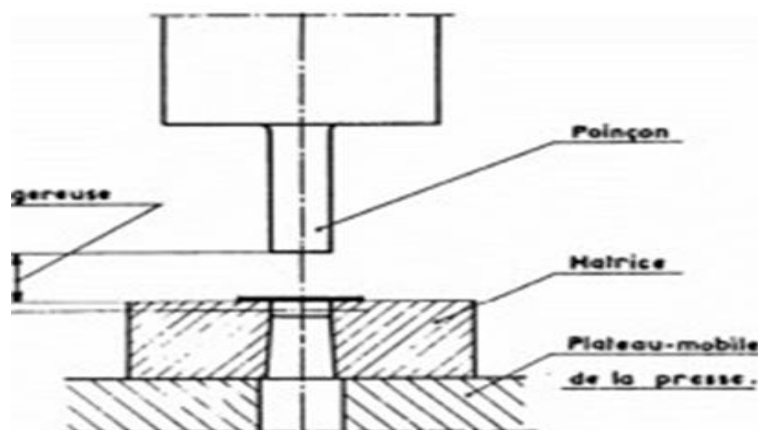


Figure IV.12 : Outil simple découvert

IV.9.1.2. Outil buté à découvert

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

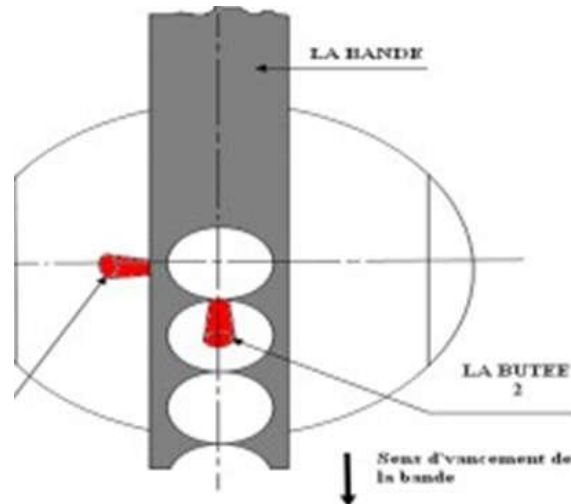


Figure IV.13 : Outil buté à découvert

IV.9.1.3 Outil à contre plaque

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. On distingue deux types d'outil :

1- Engrenage

L'avance du flan sur la matrice est assurée par un engrenage, malgré son manque de précision pour contrôler l'avance, on envisage une butée de départ qui met la tôle en position du premier coup de presse.

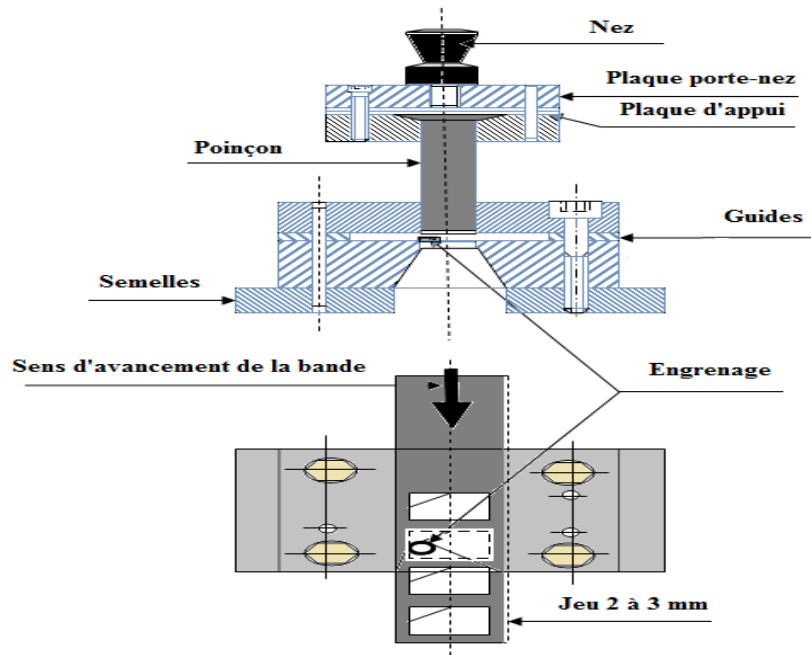


Figure IV.14: Outil à engrenages

2- A couteau

Il porte un poinçon latéral et sa largeur est égale au pas (poinçon de pas) appelé couteau. Il n'y a pas d'engrenage.

3- A presse bande

Il est aussi appelé outil colonne, la contre plaque est remplacée par une pièce semblable montée sur des ressorts, tout le système est appelé presse-bond (dévêtisseur), cette dernière sert à maintenir la bande pour éviter toute déformation.

Le guidage de la partie mobile est assuré par des colonnes de guidage.

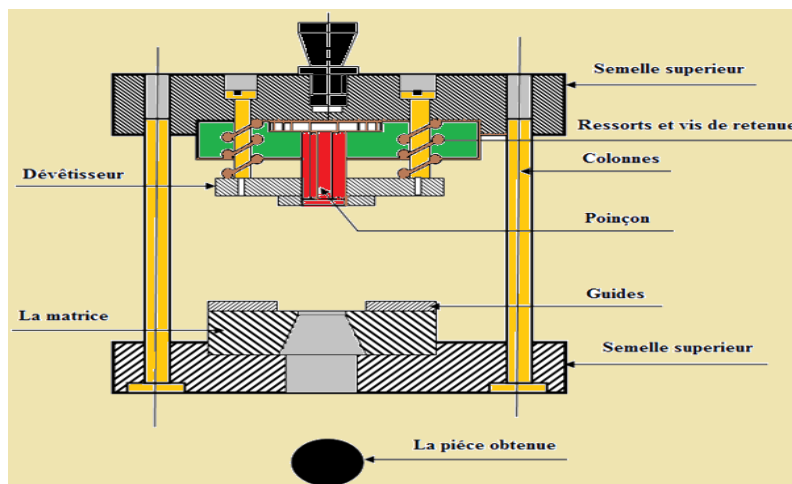


Figure IV.15 : Outil à presse bande

IV.9.2. Outil suisse (outil bloc) [18]

L'outil Suisse est un système combiné de découpe où le poinçon et la matrice sont inversés.

Le poinçonnage des ajoures et la découpe de profil sont effectués en une seule frappe.

La précision de position des différentes formes est excellente, et en fonction de la précision de l'outillage (quelques centièmes de mm).

- La précision répétitive est assurée (production de série).
- Les Pièces produites sont extraites de la matrice par un éjecteur.
- Le procédé utilisé pour la découpe des tôles minces (quelques dixièmes de mm)

Formes de tôles (bruts), sans précision ; la mise en position du brut est sans influence sur la qualité de production des pièces.

On peut appliquer ce procédé pratiquement sur tous les matériaux non cassants en feuilles.

Exemple : les alliages d'acier au carbone, inoxydable et à faible taux d'alliage, les alliages d'aluminium, les panneaux en fibres).

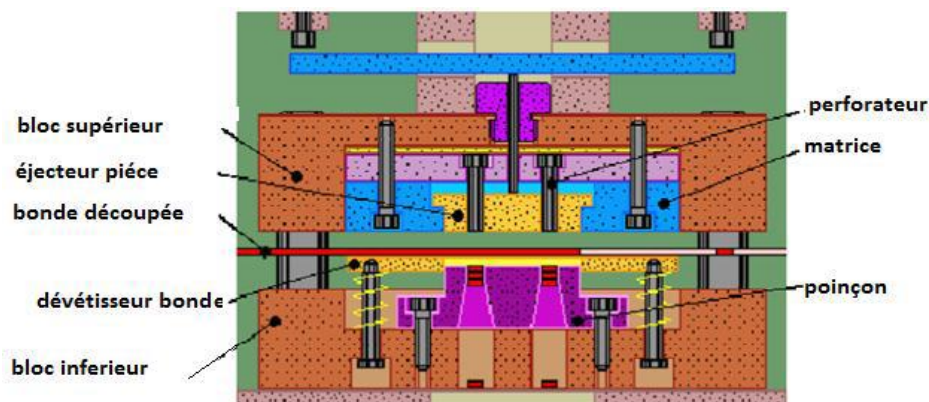


Figure IV.16 : outil suisse

IV.9.3. Outil de détournage

La qualité des tôles cause des cornes d'emboutissage, de ce fait, l'impossibilité d'obtenir une pièce aux contours acceptables.

Le détournage est l'opération qui donne à la pièce son contour définitif par enlèvement de matière excédentaire. Le procédé du découpage s'effectue avec un outil de forme.

On distingue différents types d'outils :

IV.9.3.1. Outil de détourage normal

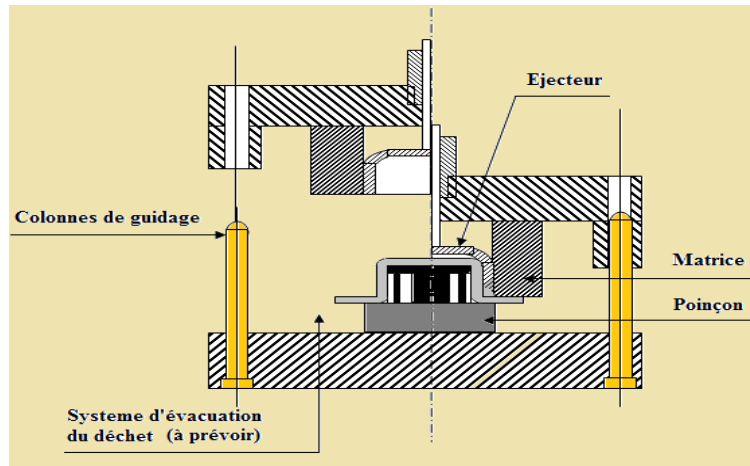


Figure IV.17: Outil de détourage normal

IV.9.3.2. Outil de détourage à Ras

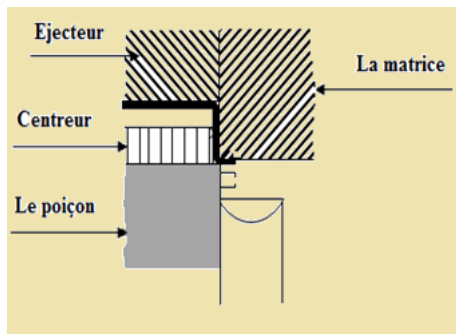


Figure IV.18: Outil de détourage à Ras

IV.9.3.3. Outil de détourage-poinçonnage

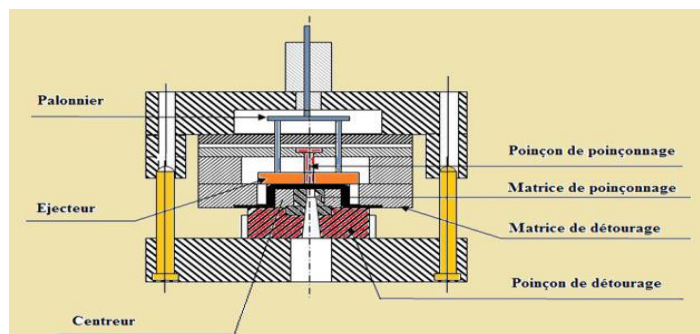


Figure IV.19: Outil de détourage-poinçonnage

IV.9.4. Les outils de reprise

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils. Chacun d'eux réalise une ébauche de mise en forme de la pièce à fabriquer. Ces ébauches se succèdent une à une et permettent d'obtenir la pièce finale. On distingue souvent ces outils par les opérations principales réalisées : découpage, cambrage ou pliage, emboutissage, détournage... À chaque opération, l'ébauche de la pièce issue de l'outil précédent est positionnée dans l'outil suivant grâce à différents moyens de centrage (drageoirs, pions de centrage...). Le déplacement et la manutention des flans, ainsi que des ébauches de la pièce sont réalisés par une personne.

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

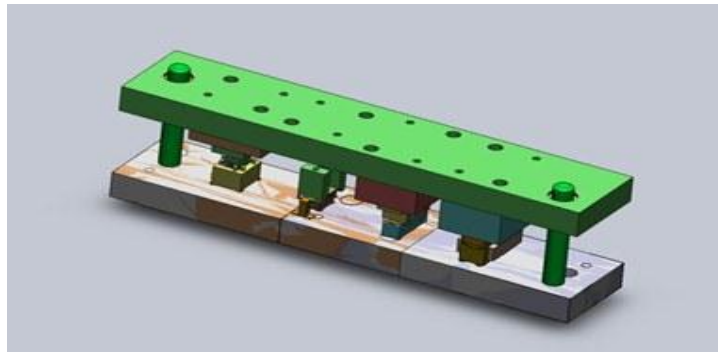


Figure IV.20 : Deux outils de reprise faits avec SolidWorks

IV.9.5. Outil de poinçonnage à serre-flan

Cet outil convient pour les flans de faible épaisseur. Comporte des colonnes de guidage pour assurer le centrage des poinçons par rapport à la matrice.

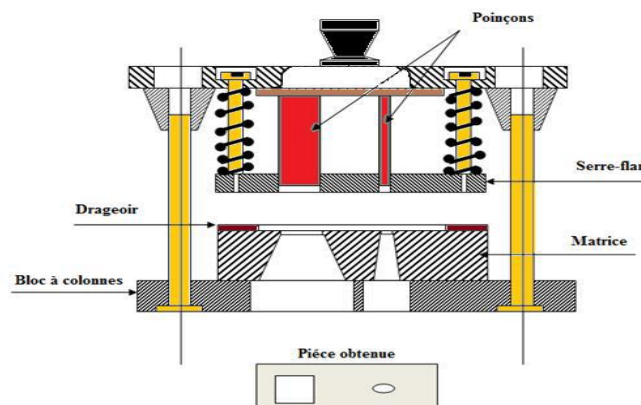


Figure IV.21 : Outil de poinçonnage à serre-flan.

IV.9.6.Outil combiné

Cet outil convient pour les tôles d'épaisseurs inférieures à 1mm

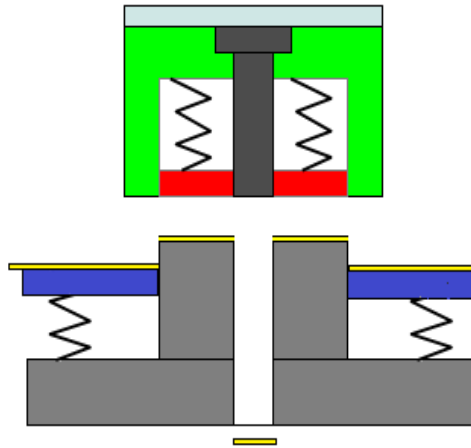


Figure IV.22: Outil combiné

IV.9.7.Outil à came

Le but de la came est de transformer le mouvement vertical des coulisseaux en mouvement horizontal. Ils sont utilisés dans les outils de poinçonnage ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées, et aussi dans les outils combinés à suivre pour cambrer ou poinçonner les pièces liées à la bande.

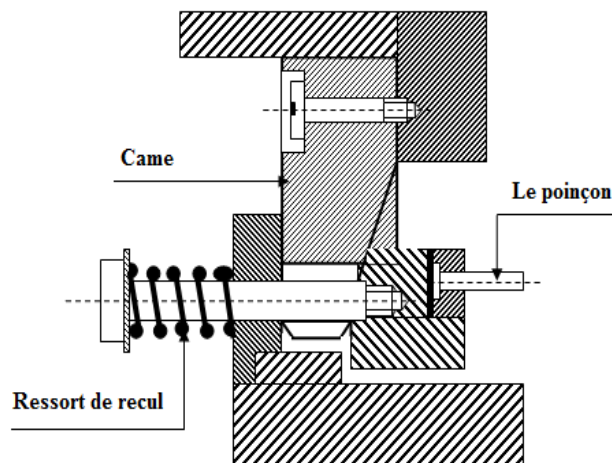


Figure IV.23 : Outil à came

IV.9.8 Outil monté sur une presse à simple effet

IV.9.8.1. Outil direct

Le poinçon et le serre flan sont montés directement sur les coulisseaux de la presse à simple effet.

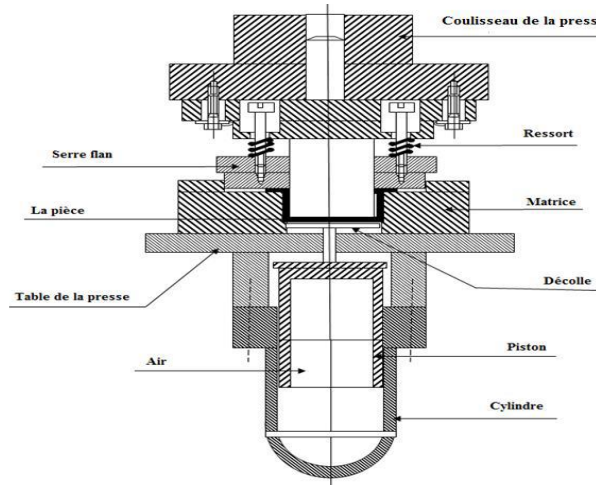


Figure IV.24 : Outil direct

IV.9.8.2. Outil inverse

A l'inverse de l'outil direct, la matrice est placée sur les coulisseaux

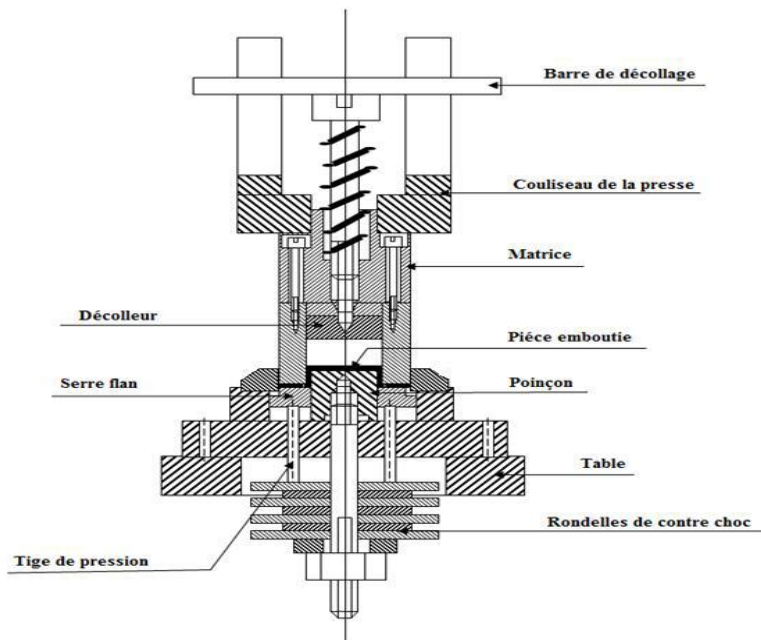


Figure IV.25 : Outil inverse

IV.10. Montage des outils sur les presses [19]

IV.10.1. Petites presses

- **Partie inférieure de l'outil**

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

1. Fixation par bridage.

2. Fixation par vis.

- **Partie supérieure de l'outil**

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

IV.10.2. Grosses presses

Dans les grosses presses, les semelles et les plateaux ont des rainures sous forme d'un T. Les semelles seront fixées, soit par des boulons ou par des brides.

IV.11. Choix de la presses à utilisé

Le choix de la presse à utiliser dans les travaux des métaux en feuille dépend essentiellement de plusieurs paramètres tels que :

- L'effort de la presse doit être supérieur aux efforts utilisés (pour notre étude efforts d'emboutissage)

$$F_p > F_e + F_{\text{serr-flan}}$$

- La longueur et la largeur de la table, suffisamment supérieure à celle de l'outil

- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieure à la hauteur de l'outil fermé

- La nature des opérations à réaliser. Pour notre cas, il s'agit de l'emboutissage.

IV.12.Conclusion

Les différents types de presse, leur classement général suivant la forme du bâti, le mode de transformation d'énergie, le nombre de coulisseau ainsi que leurs principes de fonctionnements et les caractéristiques pour le choix de la presse d'une manière générale, constituent ce chapitre.

Leurs équipements comme les différents outils et les différents systèmes et mécanismes entrants, nous aide à choisir la presse qui convient à notre outil

Chapitre V

Etude et conception de l'outil

V.1.Introduction

Dans le secteur de l'industrie de l'électroménager, il existe une grande diversité de presses utilisées pour l'obtention des pièces de diverses formes, qui répondent aux besoins des fabricants. La conception d'outils utilisés dans ces presses, est contrainte à bien dimensionner l'outil en fonction de la presse à choisir.

V.2.Cahier de charges

L'objet de notre étude est basé sur l'étude et conception d'un outil d'emboutissage d'une table cuisinière ENIEM à l'aide d'un logiciel Solid Works. Les caractéristiques de cette table cuisinière sont présentées sur le dessin de définition de la pièce à l'aide d'un cahier de charge qui est formé par l'entreprise est présenté ci après.

- **Désignation de la tôle**

Tôle laminée à froid en **acier doux émaillage conventionnel**.

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

- **Dimensions**

Tableau V.1 : Dimension de la tôle

N° de code	Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)
-	0.7	600	545

- **Caractéristiques :**

a-Caractéristiques mécaniques du matériau

Caractéristiques mécaniques du matériau sont résumés dans le tableau V-2

Tableau V- 2 : Les caractéristiques mécaniques

Re(N/mm ²)	Rm(mm)	A ₈₀ %min
240	350	34

b-Composition chimique du matériau

Tableau V-3: La composition chimique du matériau

C	Mn	p	S
0.08	0.5	0.03	0.05

- **Aptitude a la surface**

Aspect de surface bon et de finition moyenne.

- **Revêtement de surface revêtement de surface**

Les pièces des tôles (de 01 à 15 mm) après transformation recevront une couche de masse et une couche de couverture, et quelques pièces seront zinguées, les pièces des tôles (de 16 à 22 mm) seront en blanc

- **Livraison**

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

- **Mode de livraison**

La tôle devra être livrée en bobine

- Poids de bobine mère : <10T
- Diamètre intérieure : 490 à 530 mm
- Diamètre extérieure : 1400mm

V.3.Présentation de la pièce

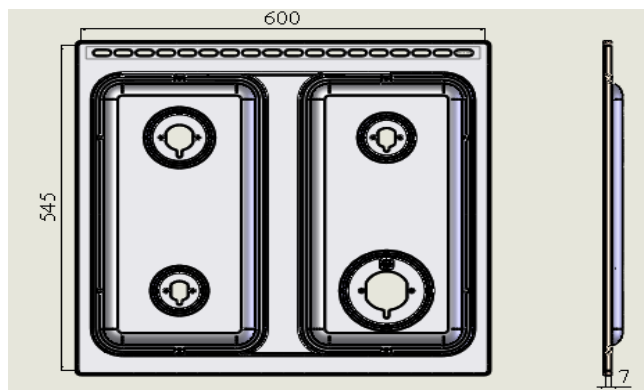


Figure V-1: La forme de la pièce à réaliser et ses dimensions.

V.4.Emplacement de la pièce

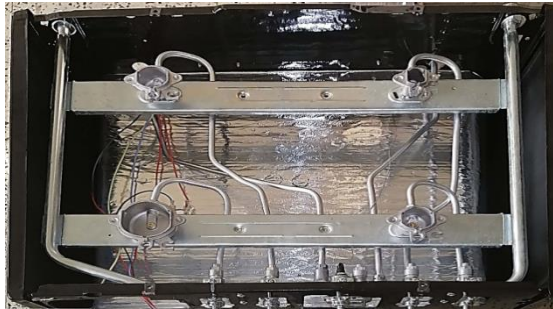


Figure V-2 : Emplacement de la pièce

V.5. Conception de l'outil

V.5.1.Description de la conception assistée par ordinateur "CAO"

La conception assistée par ordinateur ou CAO rassemble des outils informatiques (logiciel et matériel) qui permettent de réaliser une modélisation géométrique d'un objet afin de pouvoir simuler des tests en vue d'une fabrication.

La CAO offre une visibilité globale du comportement d'un objet avant qu'il n'existe tant au niveau de son aspect que de sa structure et de son fonctionnement deux ou en trois dimensions (2D ou 3D) leur apparence peut-être filaire volumique, surfacique elle peut aussi simuler la texture.

La CAO fut d'abord très utilisée, aux Etats-Unis notamment, par des programmes militaires avant de s'étendre à d'autres industries civiles : automobile, informatique, architecture, génie civil, aéronautique et aussi très utilisée dans les industries mécaniques par les bureaux d'étude pour modéliser et évaluer le comportement de matériaux, la capacité de l'assemblage et la fabrication des pièces à l'aide des logiciels. Notre objet d'étude a été conçu et réalisé à l'aide du logiciel d'emboutissage d'une cuisinière ENIEM avec un logiciel appelé «*SolidWorks*».

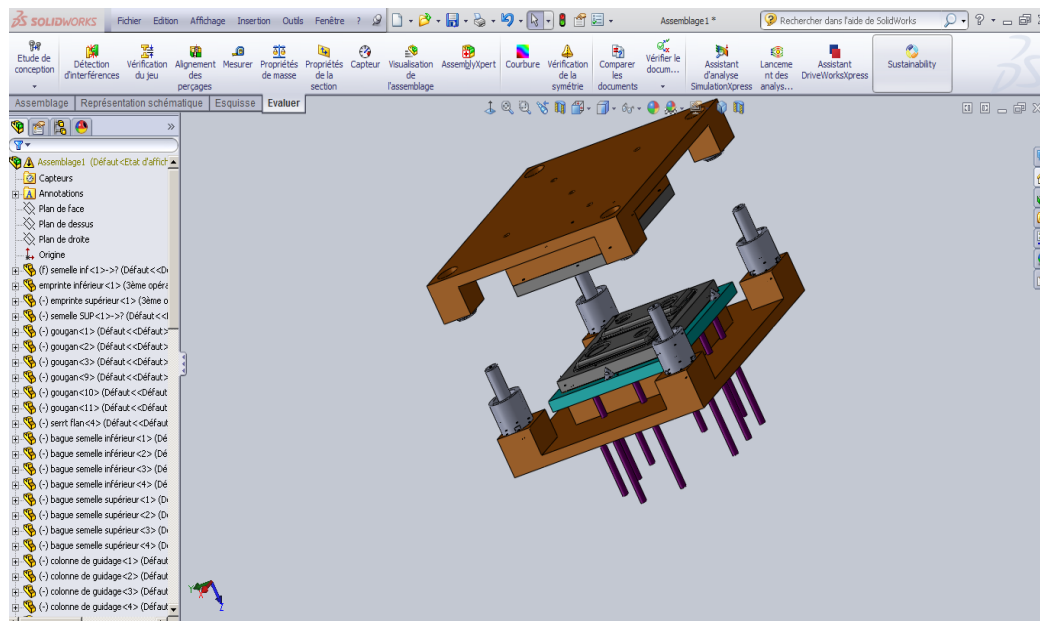


Figure V.3 : Assemblage complet d'outil d'emboutissage

Solid Works est un logiciel de conception mécanique 3D paramétrique. Grâce à cet outil facile à utiliser, les constructeurs peuvent esquisser rapidement une idée, l'expérimenter avec des fonctions et des côtes et produire des modèles (des pièces, des moules) et des mises en plan précis. On peut créer des esquisses : une esquisse est un profil ou une coupe transversale en 2D. Les esquisses peuvent être extrudées, pivotées, lissées ou balayées le long d'une trajectoire pour créer des fonctions



Figure V.4: La barre d'outils de l'esquisse

On peut utiliser les fonctions peuvent être des fonctions de forme (bossages, enlèvements de matière, perçages) et d'opérations (congés, chanfreins, coques, etc.) ; on va les combiner pour construire des pièces.



Figure V.5: La barre d'outils des fonctions

Solide Works est un modèleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique.

V.5.2. Description de l'outil

L'outil proposé 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 (l'effort généré par le vérin de la presse), elle possède 10 trous pour le passage des chandelles, cette dernière est montée sur la table de la presse généralement bridée en **FT30** (montage plus économique) (planche N°1)

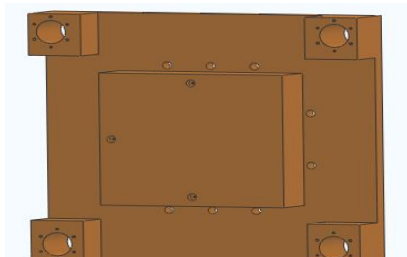


Figure V.6: Semelle inférieure

- **Semelle supérieure :** c'est la partie mobile de l'outil, c'est un mono bloc de même matériau que la semelle inférieure **Ft30** (la fonte), elle est fixée sur le coulis 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 (planche N°4).

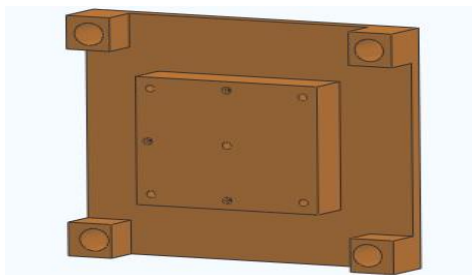


Figure V.7: Semelle supérieure

- **Serre-flan** : Comme le dévêtisseur, le serre flan joue double rôles, le premier est celui du poinçon lors de l'emboutissage de la partie interne de la pièce (ce derniers doit obliger le flan à se déformer en glissant pour épouser sa forme). Par contre danse le deuxième rôle a pour buter la pièce contre le poinçon pour permettre a la pièce de ne pas se déformer lors de l'emboutissage (serrage de la tôle lors de l'emboutissage). Il est donc sollicité à l'usure, il est en **C45 (XC48)** (planche N°6).

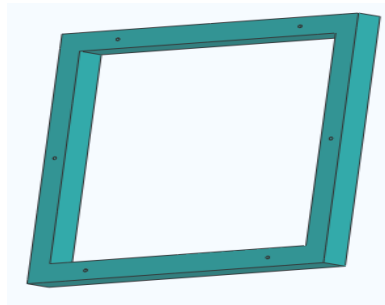


Figure V.8 : Serre flan

- **Colonnes de guidage** : Leur rôle est d'assurer un bon ajustement entre les deux parties supérieure et inférieure, elles sont en **acier à outil** (planche N°9)



Figure V.9: Colonnes de guidage

- **Goujons** : pour l'ajustement des poinçons sur la semelle inférieure, il est en **acier à outil** (planche N°5)

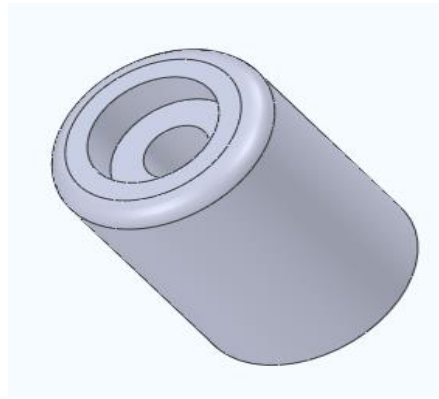


Figure V.10 : Goujons

- **Bagues:** elles sont en bronze leur rôle est de fixer les colonnes de guidage sur la semelle inférieure, sont en **bronze** (planche N°8).

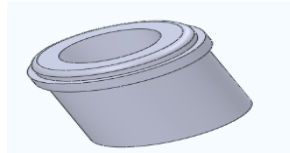


Figure V.11: Bague

- **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 **XC48** (planche N°12)

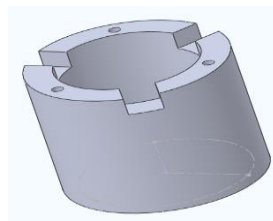


Figure V.12: Butées de fin de course

- **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 **XC18** (planche N°10)

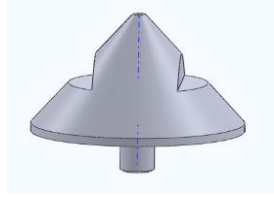


Figure V.13: Butées de positionnement

VisCHCM12 : pour assurer la fixation des poinçons sur la semelle inférieure et assurer la fixation des matrices sur la semelle inférieure.

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

V.6 Désignation de matériau pièces de l'outil

Pour un choix judicieux des matériaux à utiliser pour chaque pièce de l'outil, il faut tenir compte de toutes les sollicitations mécanique et physique pour avoir une durée de vie optimale et l'utilisation de l'outil dans les meilleures conditions.

Les caractéristiques principales :

- Résistance à l'usure.
- Résistance aux chocs et à la traction.
- Aptitude de subir des traitements thermiques et une bonne usinabilité.

V.7.Calcul des efforts d'emboutissage

Dans ce cas on a deux types d'effort :

-Effort d'emboutissage cylindrique F_c

-Effort d'emboutissage rectangulaire F_r

L'effort total d'emboutissage se calcule comme suit :

$$F_e = F_c + F_r$$

- **Le calcul des efforts d'emboutissage cylindrique**

Sur notre pièce nous avons quatre zones cylindriques donc :

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

Avec :

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

d : C'est le diamètre de chaque partie cylindrique sur l'empreinte supérieure (dans notre cas on a quatre cylindre d_1, d_2, d_3, d_4 et $d_1=d_3$)

e : épaisseur de la tôle=0.7mm

R_m : Résistance de la tôle a la traction=350 N/mm²

K : coefficient en fonction du rapport d/D et D (D_1, D_2, D_3, D_4) sont les diamètres des parties cylindriques embouties qui sont mesuré par le logiciel* Solidworks* par la fonction*mesurer*

Application numérique :

1. Le calcul des diamètres d_1, d_2, d_3, d_4 qui sont mesurés avec la fonction *mesurer* dans le logiciel *Solidworks*

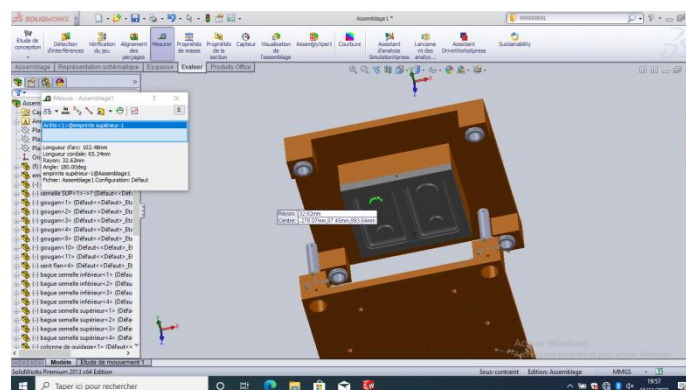


Figure V.14 : Mesure des diamètres des zones cylindriques sur la matrice supérieure

En trouve que :

$$d_1 = 115.24 \text{ mm}$$

$$d_2 = 83.24 \text{ mm}$$

$$d_3 = d_4 = 65.24 \text{ mm}$$

2. Le calcul de K :

$$K = d/D$$

Dans notre cas on a quatre cylindres a emboutie :

$$\frac{d_1}{D_1} = \frac{d_2}{D_2} = \frac{d_3}{D_3} = \frac{d_4}{D_4}$$

Avec :

D_1, D_2, D_3, D_4 se sont des diamètres des parties cylindrique embouties, qu'ont mesurés par la fonction *mesurer* de *solidworks*

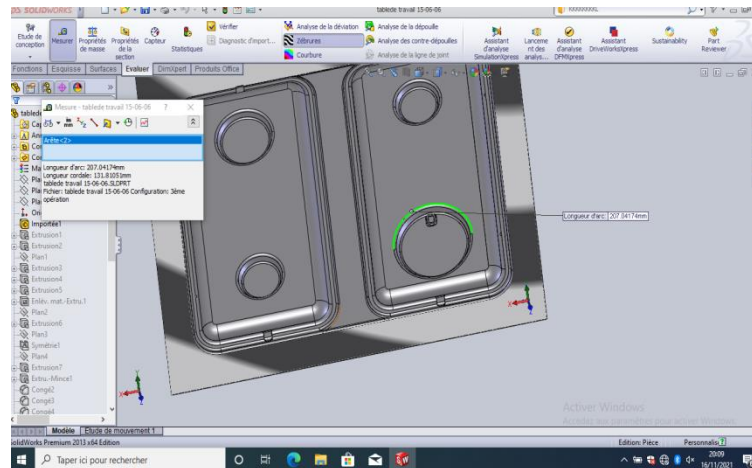


Figure V.15 : Mesure des diamètres des parties cylindriques embouties

$$D_1 = 131.81 \text{ mm}$$

$$D_2 = 99.81$$

$$D_3 = D_4 = 81.81$$

$$\frac{d_1}{D_1} = 0.8, \quad \frac{d_2}{D_2} = 0.8 \text{ et } \frac{d_3}{D_3} = \frac{d_4}{D_4} = 0.79$$

Donc : **K=0.4**

3. Le calcul des efforts partiels F_{C1}, F_{C2}, F_{C3} et F_{C4}

$$F_{C1} = d_1 \times e \times \pi \times R_m \times K$$

$$F_{C1} = 115.24 \times 0.7 \times 3.14 \times 350 \times 0.4 = 35461.6528N$$

$$F_{C2} = d_2 \times e \times \pi \times R_m \times K$$

$$F_{C2} = 83.24 \times 0.7 \times 3.14 \times 350 \times 0.4 = 25614.6128N$$

$$F_{C3} = d_3 \times e \times \pi \times R_m \times K$$

$$F_{C3} = 65.24 \times 0.7 \times 3.14 \times 350 \times 0.4 = 20075.6528N$$

$$d_3 = d_4 \text{ donc : } F_{C3} = F_{C4}$$

L'effort total cylindrique total :

$$F_C = 35461.6528 + 25614.6128 + (2 \times 20075.6528)$$

$$F_C = 101227.5712N$$

- Le calcul des efforts d'emboutissage rectangulaires

$$F_r = e \times R_m [(2K_a \times \pi \times r) + (Kb \times L_r)]$$

Avec :

e : 2paissseur de la tôle 0.7mm

R_m : Résistance de la tôle à la traction=350(N/mm²)

$K_a=0.5$

r : rayon sur la pièce

$Kb=1$

$L_r=2(a+b)$

a , b :distance entre les centres des rayon des angle de l'embouti rectangulaire (mm)

a : la la largeur de la pièce

b : la longueur de la pièce

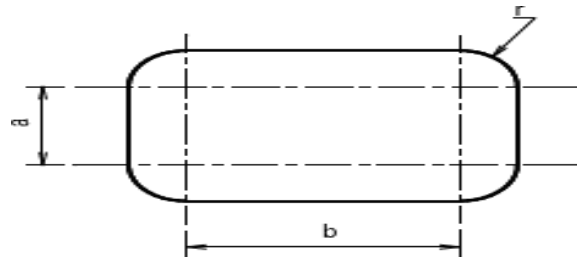


Figure V.16 : Schéma qui démontre les longueurs a et b

Dans notre pièce nous avons deux efforts rectangulaires à calculer

1- Les calculs des efforts **Fr1** pour la première zone :

$$L_{r1} = 2(a + b)$$

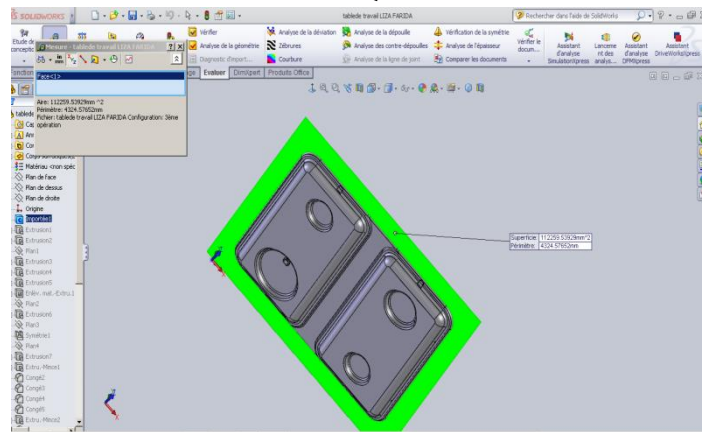


Figure V.17: Les amuseurs de la première zone rectangulaire I
Sur *solidworks*

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

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

$$r_1 = 40 \text{ mm}$$

$$L_{r1} = 2(375 + 168.81829) = 1087.63658 \text{ mm}$$

$$F_{r1} = e \times R_m [(2K_a \times \pi \times r_1) + (Kb \times L_{r1})]$$

$$F_{r1} = 0.7 \times 350 [(2 \times 0.5 \times 3.14 \times 40) + (1 \times 1087.63658)]$$

$$F_{r1} = 297242.9621 \text{ N}$$

2- Les calculs des efforts F_{r2} pour la première zone :

$$L_{r2} = 2(a + b)$$

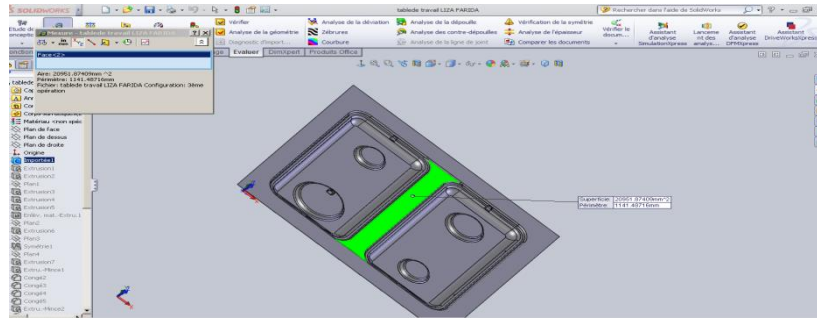


Figure V.18: Les amuseurs de la deuxième zone rectangulaire II

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

$$b = 95.50729 \text{ mm}$$

$$r_2 = 40.86268$$

$$L_{r2} = 2(375 + 95.50729) = 941.01458 \text{ mm}$$

$$F_{r2} = e \times R_m [(2K_a \times \pi \times r_2) + (Kb \times L_{r2})]$$

$$F_{r2} = 0.7 \times 350 [(2 \times 0.5 \times 3.14 \times 40.86268) + (1 \times 941.01458)]$$

$$F_{r2} = 261984.231824 \text{ N}$$

-Les efforts totaux d'emboutissage rectangulaire F_{rt} :

$$F_{rt} = 2F_{r1} + F_{r2}$$

$$F_{rt} = (2 \times 297242.9621) + 261984.231824$$

$$F_{rt} = 856470.156024 \text{ N}$$

- Les efforts totaux d'emboutissage :

$$F_e = F_c + F_{rt}$$

$$F_e = 101227.5712 + 856470.156024$$

$$F_e = 957697.727224 \text{ N}$$

V.8. Le jeu entre le poinçon et la matrice :

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

$$J = 0.7 + 0.07 \times \sqrt{(10 \times 0.7)}$$

$$J = 0.885 \text{ mm}$$

V.9. Le rayon sur la matrice :

$$r = 0.8[e \times (D - d_1)]^{1/2}$$

e : épaisseur de la tôle qui égale à **0.7 mm**

Les diamètres D et d₁ qui sont mesurés avec la fonction *mesurer* dans le logiciel *Solidworks*

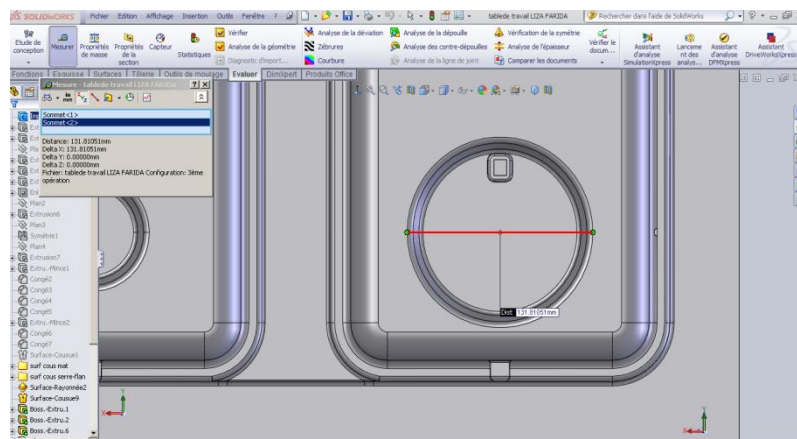


Figure V.19: Les amuseurs des diamètres D et d₁

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

$$d = 123.66 \text{ mm}$$

$$r = 0.8[0.7 \times (131.81 - 123.66)]^{1/2}$$

$$r = 1.9108 \text{ mm}$$

V.10.La résistance des empreintes a la compression

Le matériau utilisé pour les poinçons et la matrice est le **XC48** et sa limite élastique

$$R_e = 240 \text{ N/mm}^2$$

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

F_e : effort d'emboutissage (N/mm²)

S : la surface de l'empreinte avec la pièce

- **Poinçon :**

S_1 : la surface sur le poinçon qui est en contact avec la pièce

σ_{com} : la compression sur le poinçon.

En utilise le logiciel ***SOLIDWORKS*** pour mesurer la surface S_1 par la fonction ***mesurer***

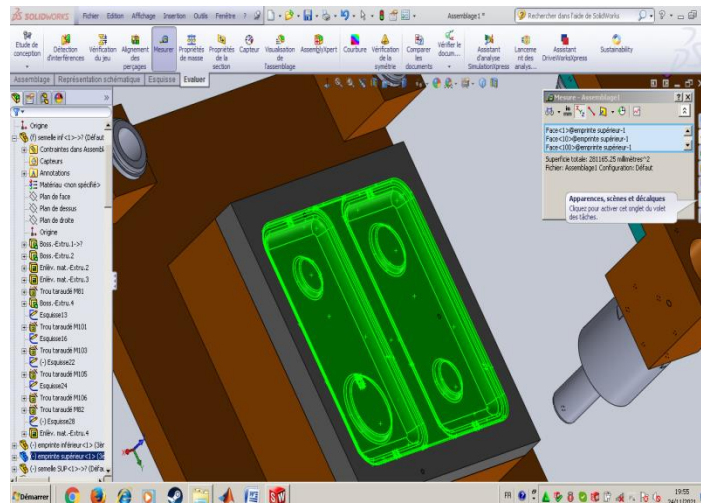


Figure V.20 : Mesure de la surface S_1

$$S_1 = 281165.25 \text{ mm}^2$$

On a :

$$F_e = 957697.727224 \text{ N}$$

$$\sigma_{com} = \frac{F_e}{S_1}$$

$$\sigma_{com} = \frac{957697.727224}{281165.25}$$

$$\sigma_{com} = 3.406 \text{ N/mm}^2 < 350 \text{ N/mm}^2$$

Donc : Le poinçon résiste à l'effort de compression

- **Matrice**

S₂ : La surface sur la matrice qui est en contact avec la pièce

σ_{com}: La compression sur la matrice

En utilise le logiciel ***SOLIDWORKS*** pour mesurer la surface **S₁** par la fonction ***mesurer***

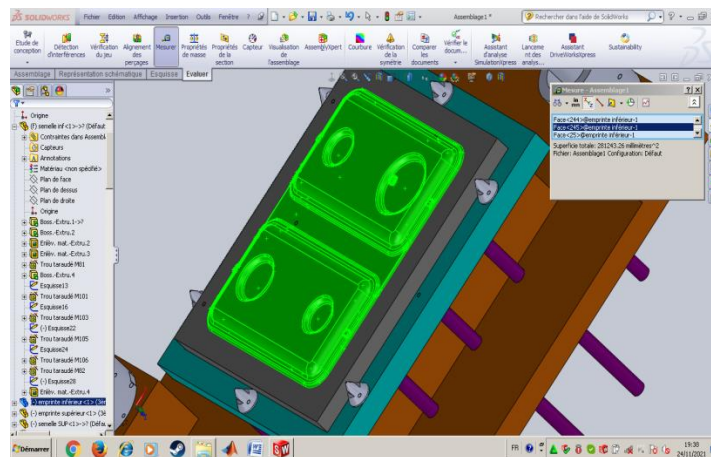


Figure V.21 : Mesure de la surface S₂

$$S_2 = 281243.26 \text{ mm}^2$$

$$F_e = 957697.727224 \text{ N}$$

$$\sigma_{com} = \frac{F_e}{S_1}$$

$$\sigma_{com} = \frac{957697.727224}{281243.26}$$

$$\sigma_{com} = 3.405 \text{ N/mm}^2 < 350 \text{ N/mm}^2$$

Donc: La matrice résiste à l'effort de compression

V.11. Le calcul de serrage du flan

$$F_s = P_{sp} \times S$$

P_{sp} : Pression spécifique de flan est égale à 2.5 ou 3N pour les aciers d'emboutissage avec une épaisseur de tôle 0.7 mm pour l'autre épaisseur en applique la règle de 3. Dans notre cas on prend **P_{sp}=3N**.

S : la surface de flan qui est en contact avec le serre flan.

Par la fonction ***mesurer*** de logiciel ***SOLIDWORKS*** en mesure la surface S.

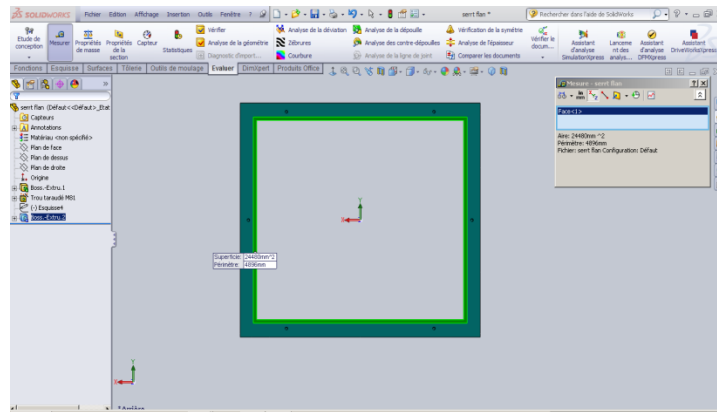


Figure V.22 : Mesure de la surface **S** de serre flan qui est en contact avec le flan.

$$S = 24480 \text{ mm}^2$$

On à :

$$P_{sp} = 3N$$

Donc :

$$F_s = 3 \times 24480$$

$$F_s = 73440 \text{ N}$$

V.12. Vitesse d'emboutissage

La vitesse de l'emboutissage pour les aciers doux est définie par une valeur maximale qui est :

$$\text{Acier doux} \leq 200 \text{ mm/min}$$

v.13.Le choix de la presse

$$F_P = F_E + F_S$$

$$F_P = 957697.727224 + 73440$$

$$F_P = 1031137.727224 \text{ N} = 105.176 \text{ Tonne-Force}$$

L'entreprise ENIEM dispose de différents types de presses. Le choix de presse dépend de l'effort calculé. D'après les résultats obtenus dans le cadre de notre travail, qui est l'emboutissage et les dimensions de l'outil, nous avons opté pour une presse hydraulique T29 dont ses caractéristiques sont données par le tableau ci-dessous,

Tableau V.4: caractéristiques de la presse hydraulique T29

N° de modèle	T29
Force de fermeture réglable	650 tonnes
Nombre de cylindre piston	01
Ouverture maximal entre les plans	1400 mm
Dimensions de la table	2000 x1500 mm
Hauteur du plan de travail (table)	850 mm

CONCLUSION GENERALE

A travers ce projet, nous avons pu comprendre et approfondir les connaissances que nous avons acquises au cours des dernière années, qui étaient quelque ambigües .cette expérience nous a permis d'avoir un aperçu de la vie pratique dans le domaine du formage de la tôle pour résoudre notre problème, nous avons utilisé le cahier de charge et les restrictions technologiques du système à concevoir.

Cette étude nous a permis de réaliser la conception (dessins d'ensemble et les dessins de définition) du moule d'une table cuisinière ENIEM, 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 Solid Works) 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

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 désirables, pour cela nous avons organisé notre travail comme suit :

Après une conclusion générale et une présentation de l'entreprise nationale de l'industrie électroménagère ENIEM, nous avons traité la procédure de découpage et ses divers paramètres, puis dans nous avons présenté 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 dans le quatrième on a parlé sur les généralités des presses. La conception de l'outil a été effectuée par *solid works* présentée par une mise en plan de toutes les pièces composant cet outil.

BIBLIOGRAPHIE

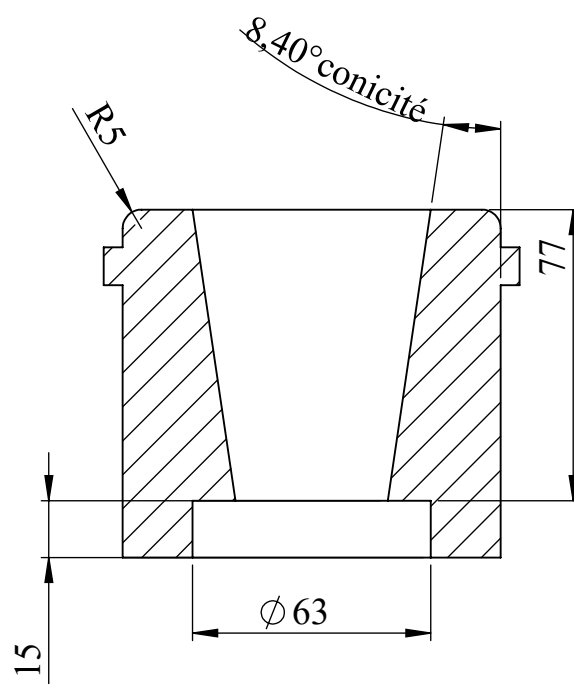
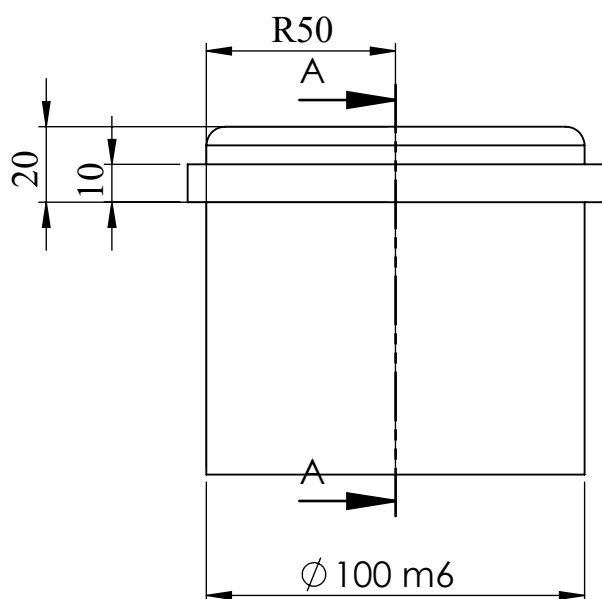
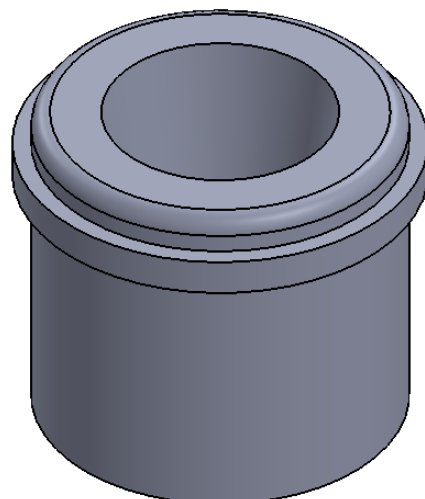
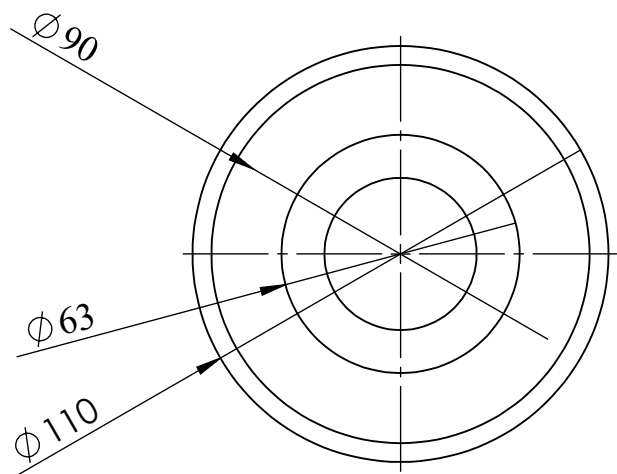
- [1]. Mémoire « Modélisation de la découpe des tôles frome génétique »UNIVERSITE LAVAL 2007
- [2]. Mémoire « Etude Et Conception D'un Outil D'emboutissage Pour La Table De Travail D'une Cuisinière ENIEM » Mr F.ASMA -Melle L.BELHADJ2018
- [3]. Mémoire « mise en forme des métaux en feuille application à l'emboutissage du bandeau bombé d'une cuisinière ENIEM » N.NEZLIOUI D.LARBI
- [4]. Mémoire « Répartition des déformations en étirage pliage et leurs effets sur le retour élastique »2010[KHIRANI DALEL](#)
- [5]. Emboutissage 2^{ème} Année | PDF | Élasticité (Physique) - Scribd
- [6]. SEDRAT Toufik «Étude et conception d'un procédé d'emboutissage Appliqué aux moules d'emboutissage pour emballage métallique», mémoire de magistère en génie mécanique, Université de BATNA 2007.
- [7]. Mémoire de Master Académique Par: Djabri rezkallah Mihoubi ishak « Etude Et Réalisation D'une Emboutisseuse Des Tôles De Faible Epaisseur » 2017 /2018
- [8]. Mémoire «modélisation du comportement a la déformation élastique des tôle de construction automobile influence des singularités » par : KAHOUL Hafida (2010)
- [9]. Mémoire « Étude et conception d'un outil poinçonnage et détournage d'un bandeau bombé en inox d'une cuisinière ENIEM » HOCINE CHABANE. ZIAD BELKACEM 2017/2018
- [10]. 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. 2016/2017.
- [11]. www.techniques-ingenieur.fr
- [12]. www.metal-interface.com
- [13]. www.rocdacier.com
- [14]. <http://mediamef.utt.fr>
- [15]. [Wikipédia\(https://fr.wikipedia.org > wiki > Emboutissage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Emboutissage)

[16]. www.mattech-journal.or

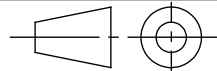
[17]. _AZI.L « Etude et conception d'un outil de découpage d'une barre de liaison d'un moteur électrique ». Mémoire de fin d'étude master

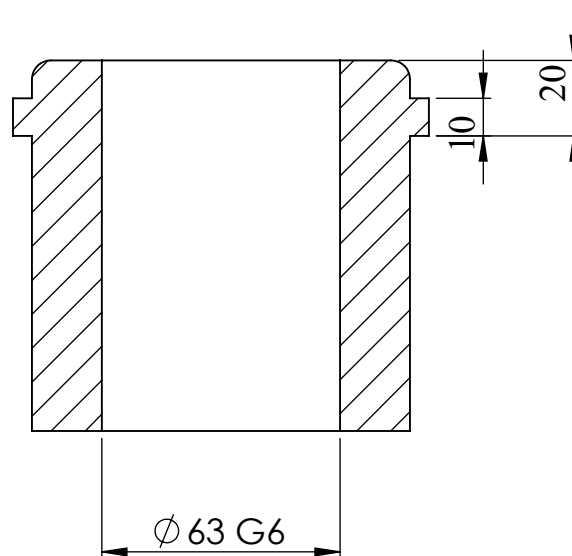
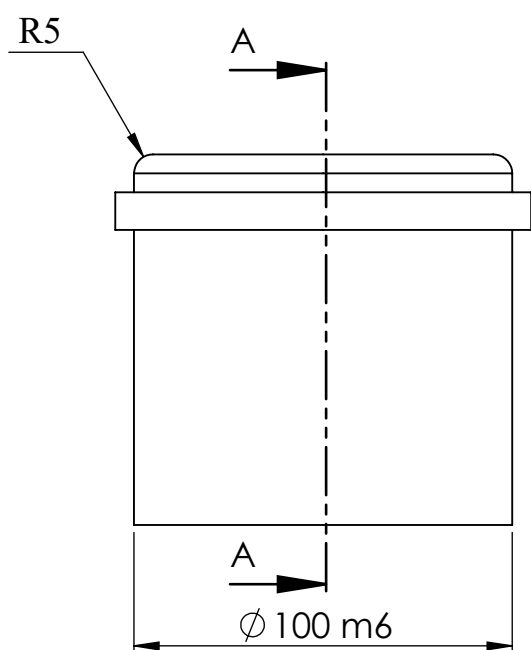
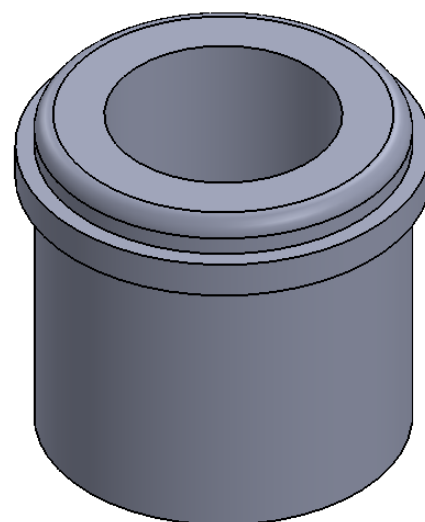
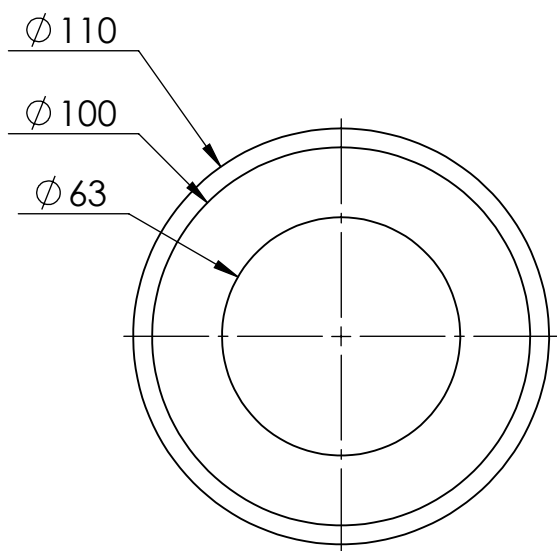
[18]. Cours désignation normalisé des matériaux (FERRY. VERSAILLES

[19]. Z. BELHOUCINE, « Etude et conception d'un outil de détournage et poinçonnage d'une pièce (autonettoyant) pour la cuisinière ENIEM », mémoire fin d'étude, promotion 2015

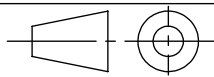


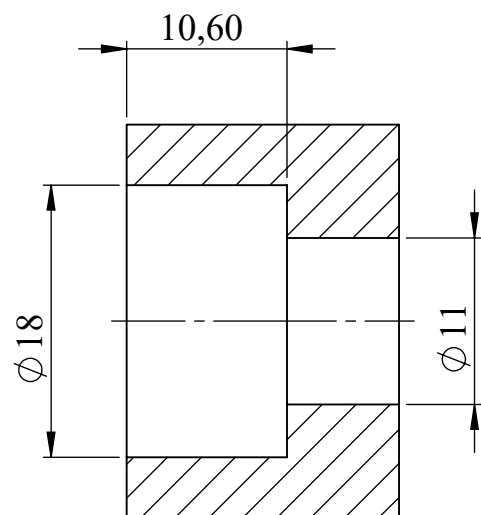
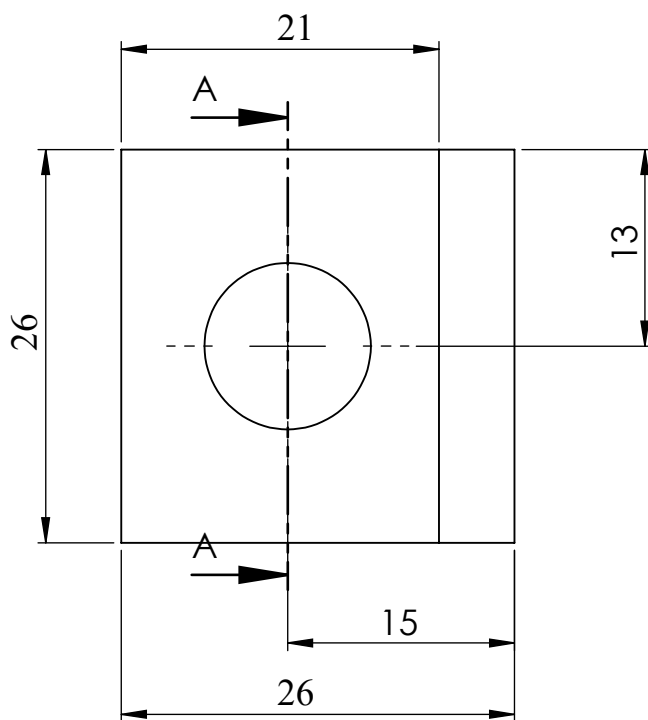
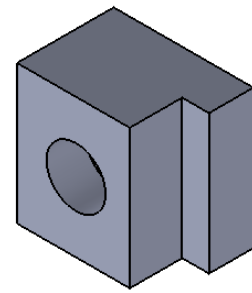
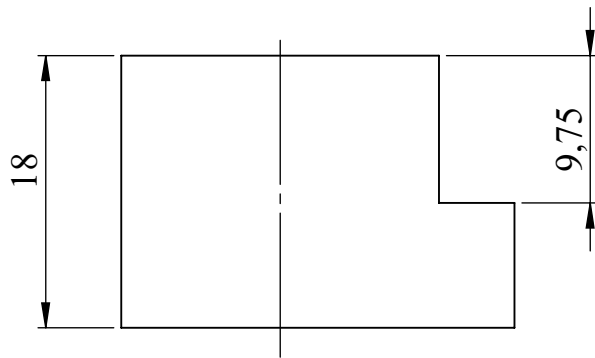
COUPE A-A

7	4	Bague de guidage inférieure		Acier a outil	Tr+Rv60/64 HRC
Ref	Nbr	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM			Etat de surface 3.2 
Planche N°: 7					
		ARBOUCHE.L - MOULOUDI.F			2020/2021
A4		FGC CM UMMTO			MASTER II

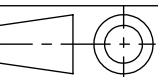


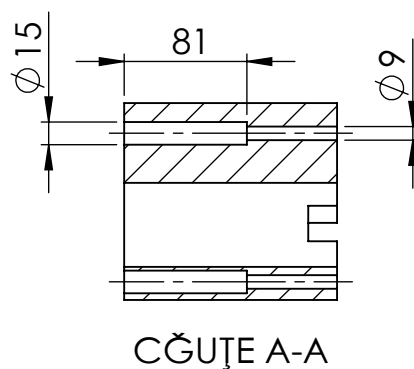
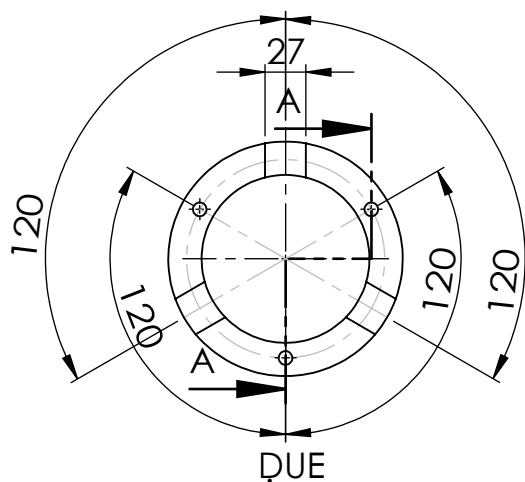
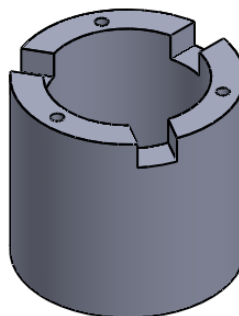
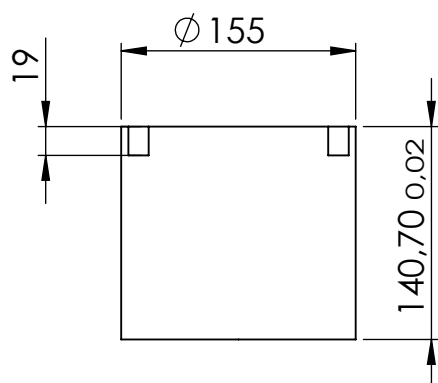
COUPE A-A

8	4	Bague de guidage supérieure		Bronze	/
Ref	Nbr	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM			Etat de surface : 3.2 
Planche N°: 8					
		ARBOUCHE.L - MOULOUDI.F			2020/2021
A4		FGC CM UMMTO			MASTER II

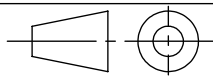


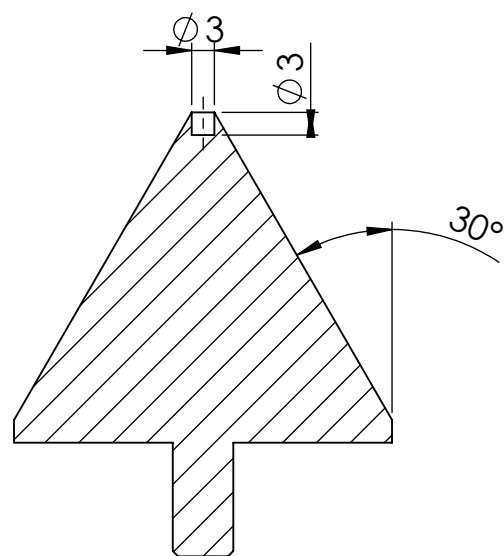
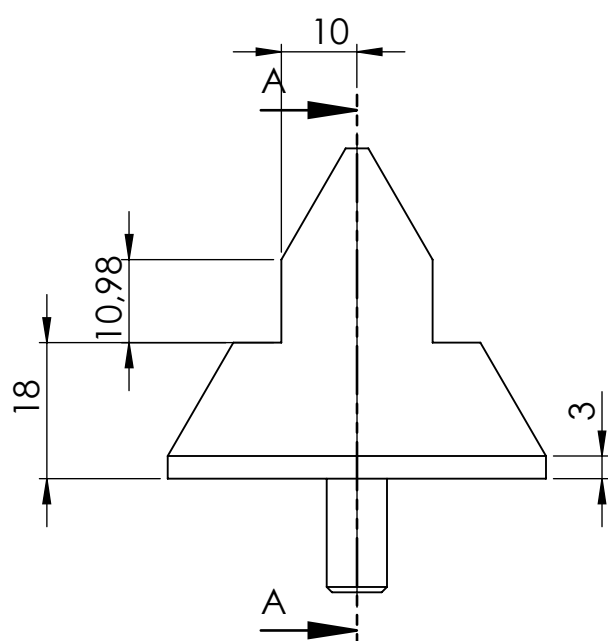
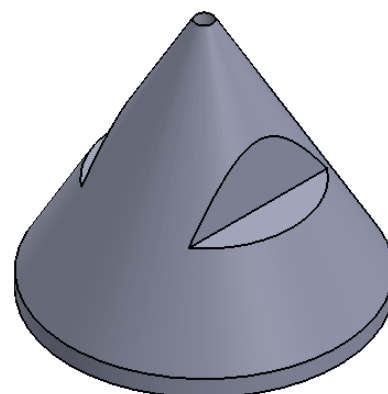
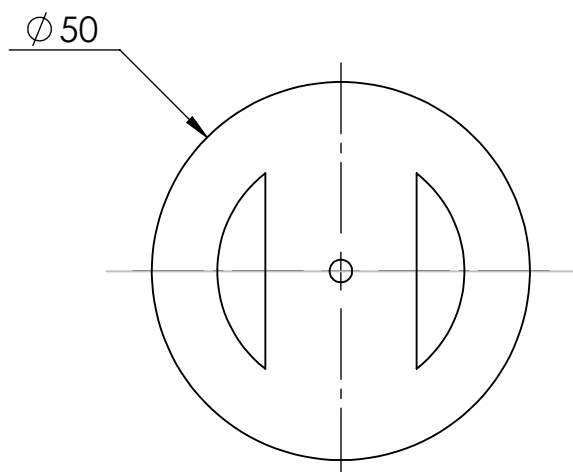
COUPE A-A

11	12	Bride de fixation	Acier	/
Ref	Nbr	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 2/1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM		Etat de surface : 3.2 ✓
Planche N°: 11				
		MOLOUDI.F - ARBOUCHE.L		2020/2021
A4		FGC CM UMMTO		MASTER II

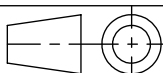


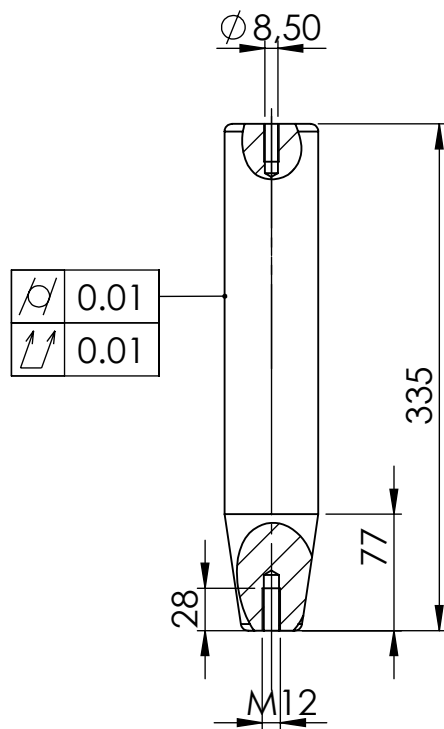
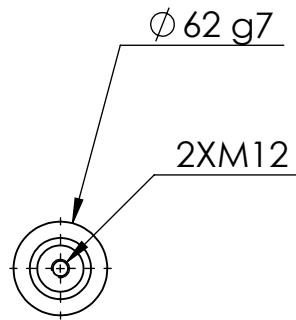
CŢUŢE A-A

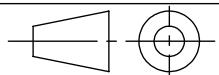
12	4	BUTEE DE FIN DE COURS		XC48	Tr+Rv: 45/50 HRC
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/5		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM			Etat de surface : 3.2 
Planche N°: 12					
		ARBOUCHE.L - MOULOUDI.F			2020/2021
A4		FGC CM UMMTO			MASTER II

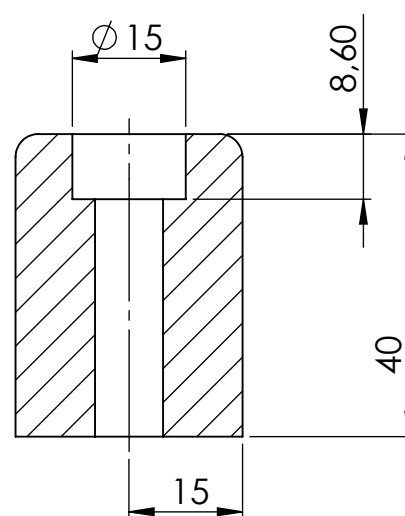
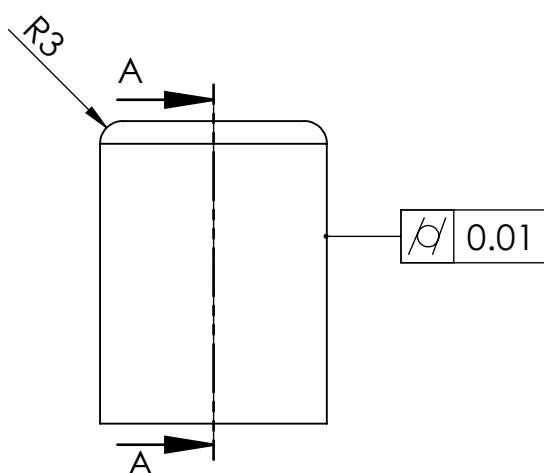
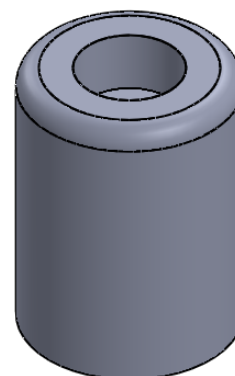
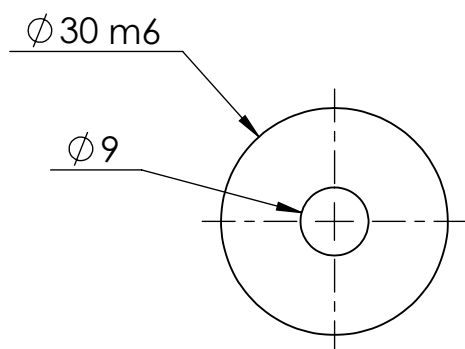


COUPE A-A

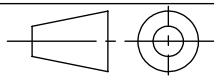
10	06	BUTEE DE POSITIONNEMENT DU FLAN	XC18	/
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1/1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM		Etat de surface :
Plan N°: 10				
		MOULOUDI.F - ARBOUCHE.L		2020/2021
A4		FGC CM UMMTO		MASTER II

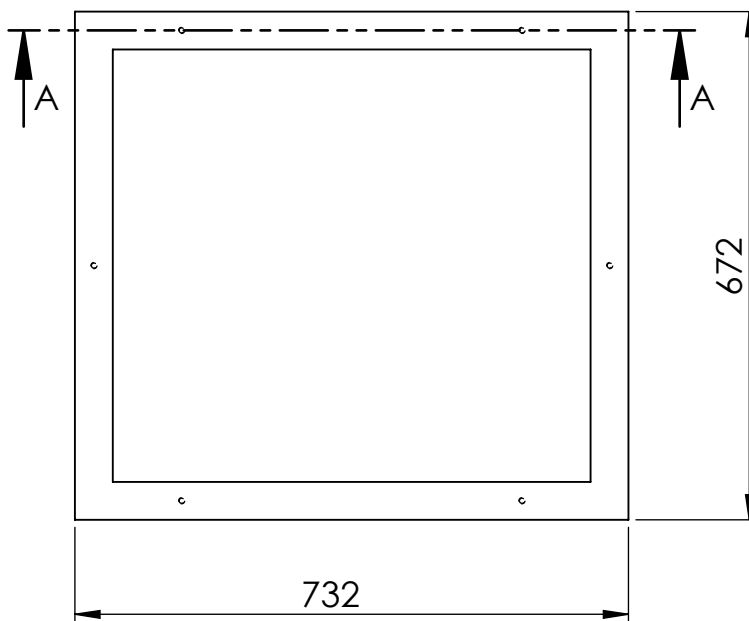
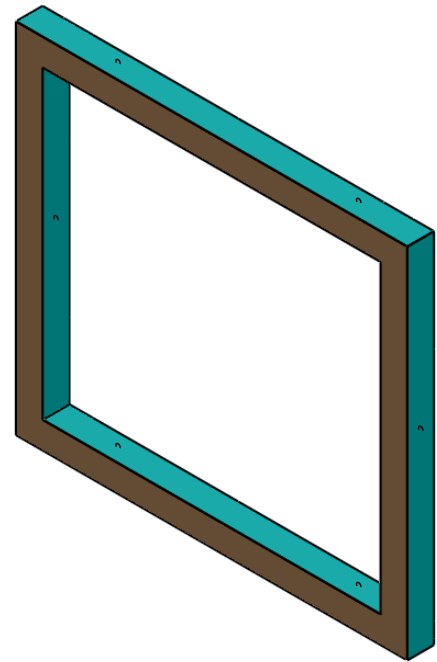
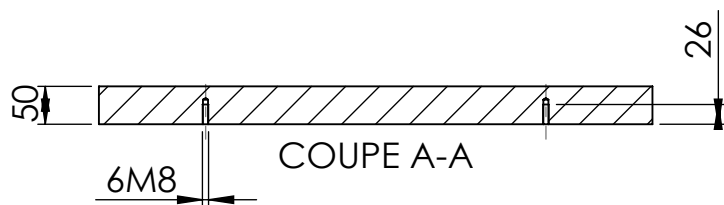


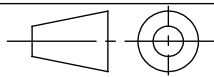
9	4	COLONNE DE GUIDAGE		Acier à outil	Tr à coeur58/64 HRC
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM			Etat de surface : 3.2 
Planche N°: 9					
		ARBOUCHE.L - MOULOUDI.F			2020/2021
A4		FGC CM UMMTO			MASTER II

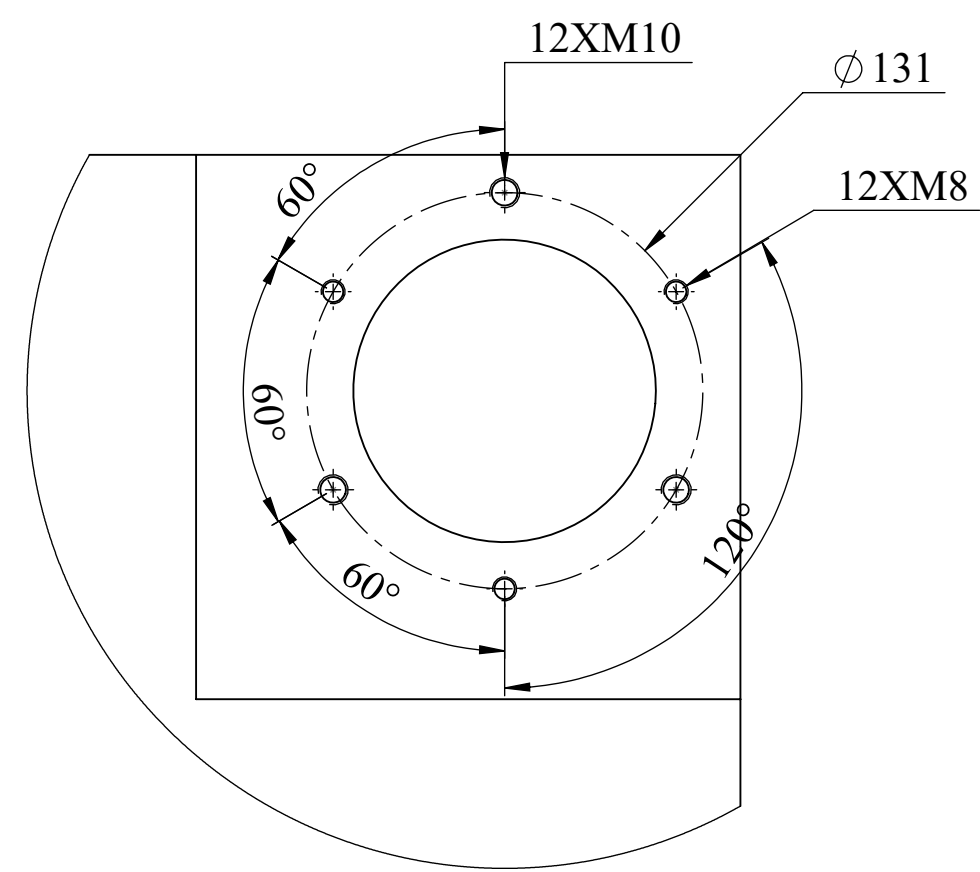


COUPE A-A

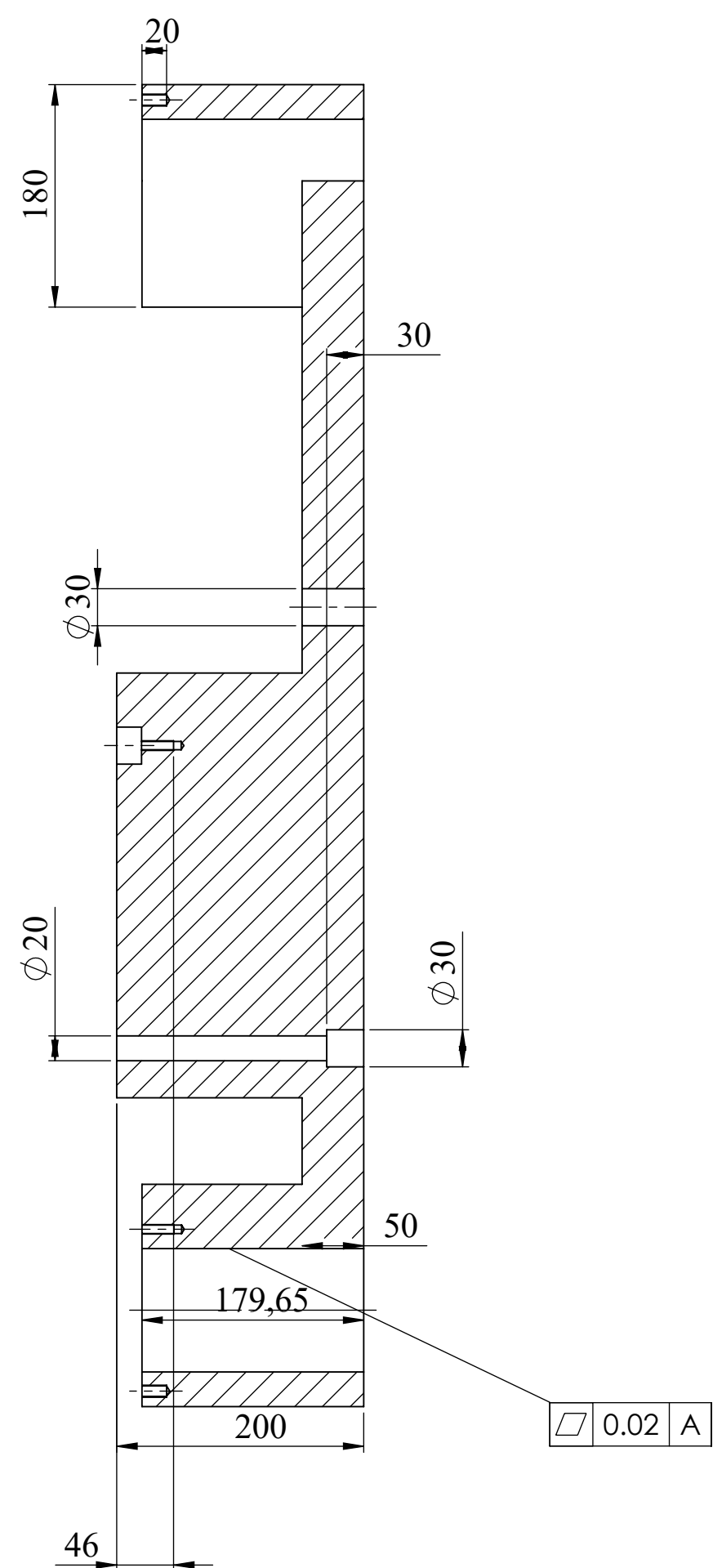
05	06	GOUGAN		Acier à outil	Tr+Rv58/64 HRC
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/1		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM			Etat de surface : 3.2/ ✓
Planche N°: 05					
		ARBOUCHE.L - MOULOUDI.F			2020/2021
A4		FGC CM UMMTO			MASTER II



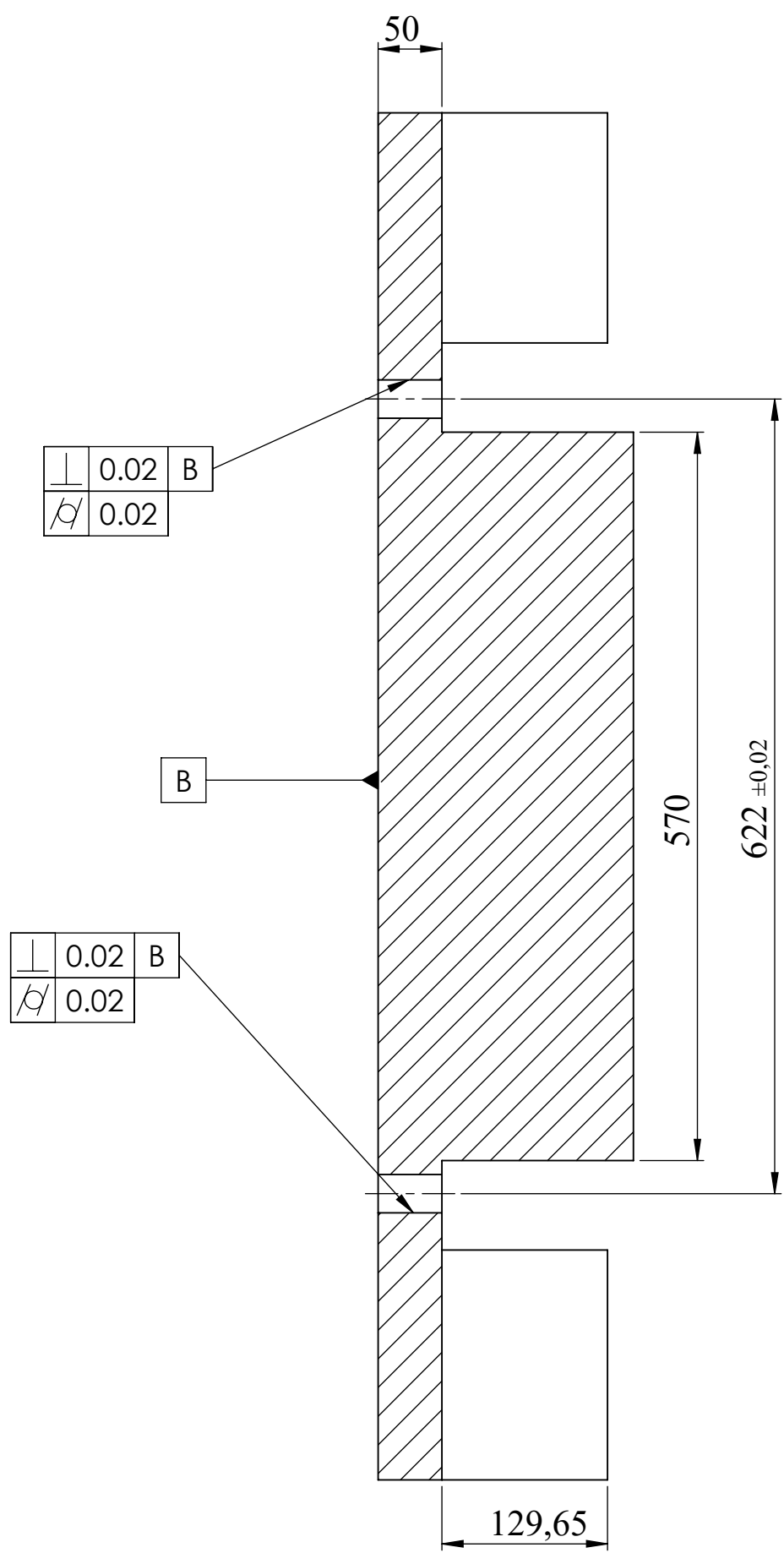
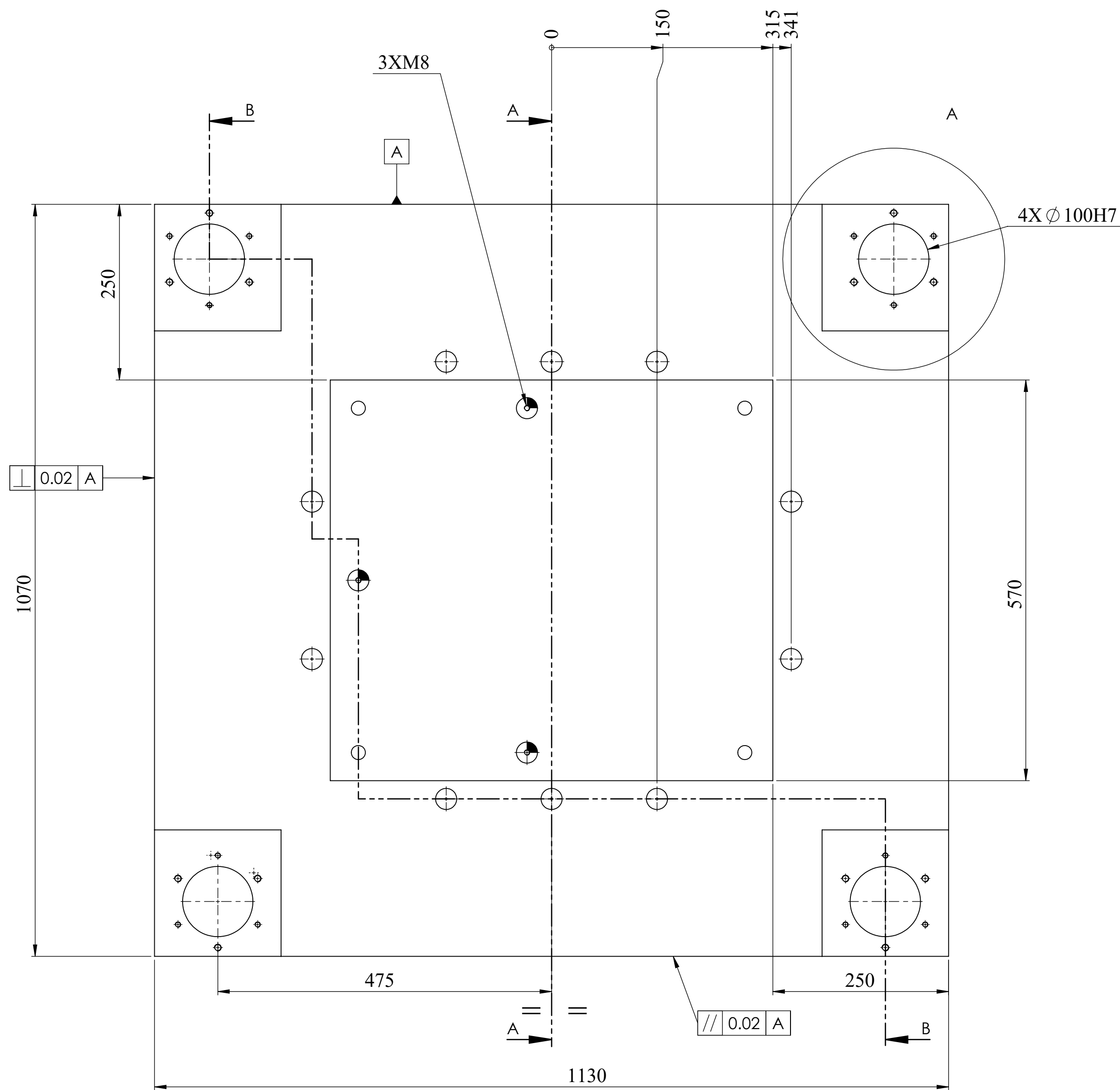
06	01	SEERT FLAN		XC48	Cémenté
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM			Etat de surface : 1.6/ ✓
Plan N°: 06					
		ARBOUCHE.L - MOULOUDI.F			2021/2022
A4		FGC CM UMMTO			MASTER II



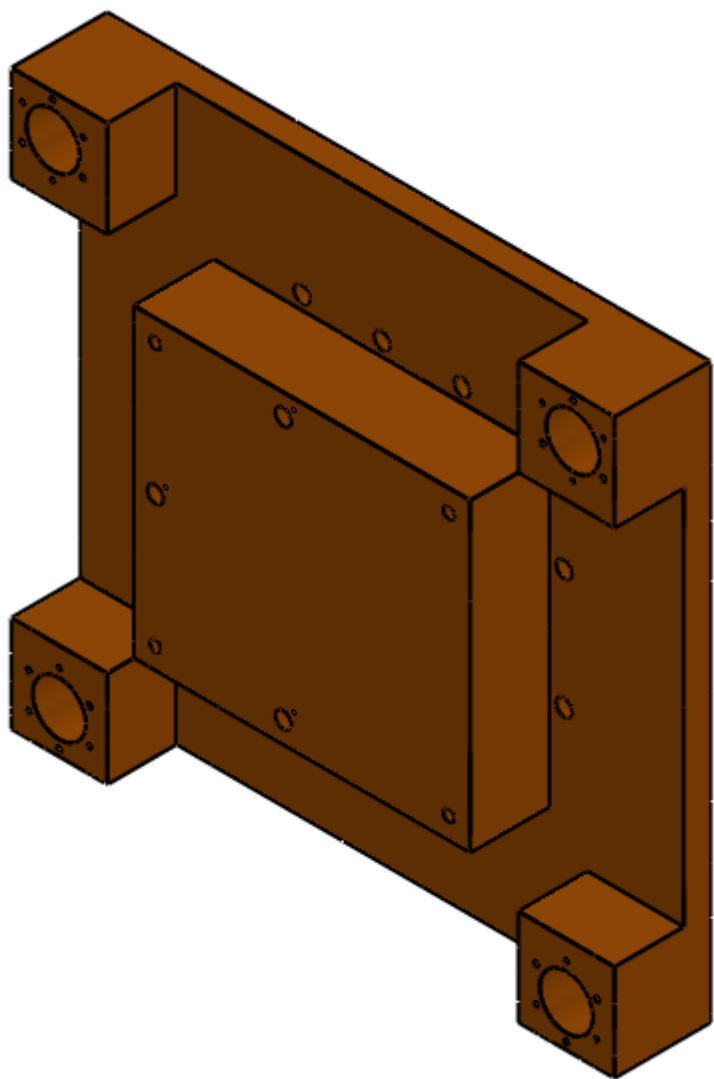
DÉTAIL A
ECHELLE 2 : 5



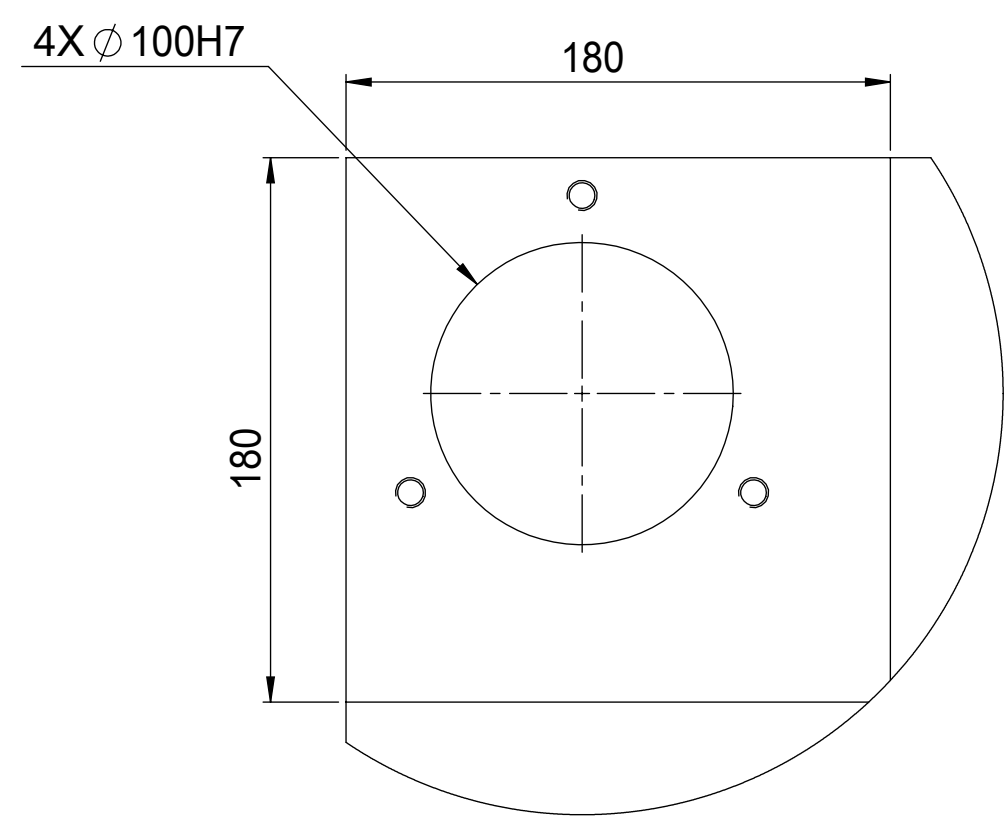
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 5



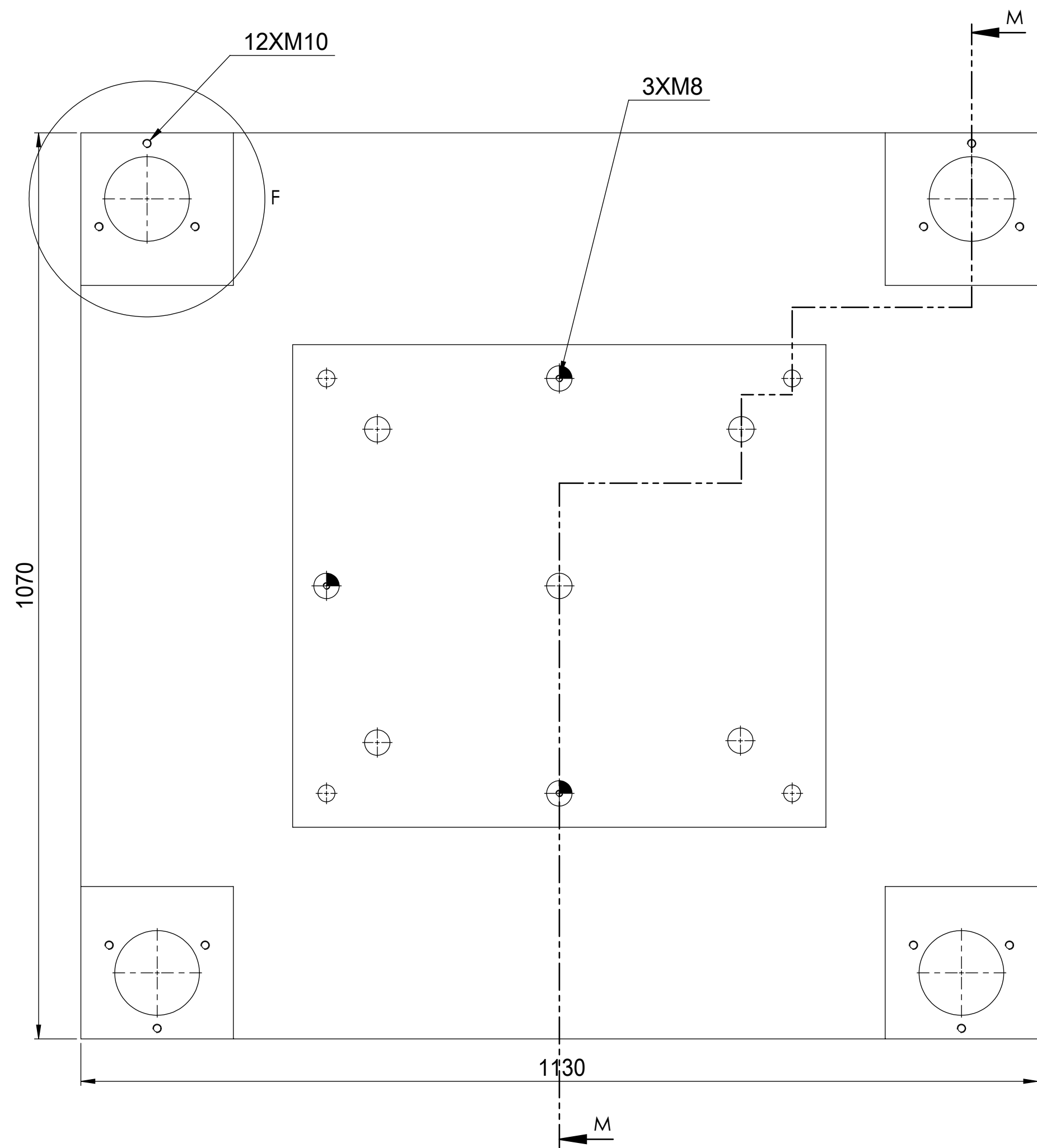
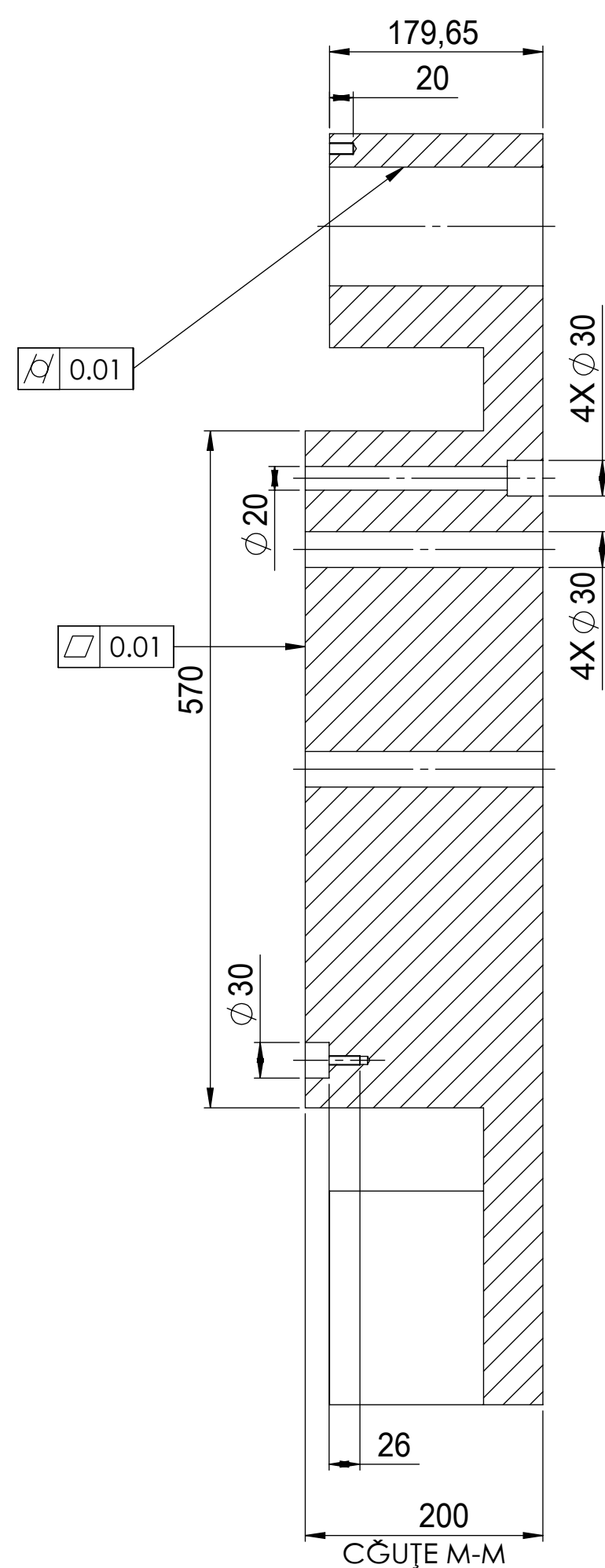
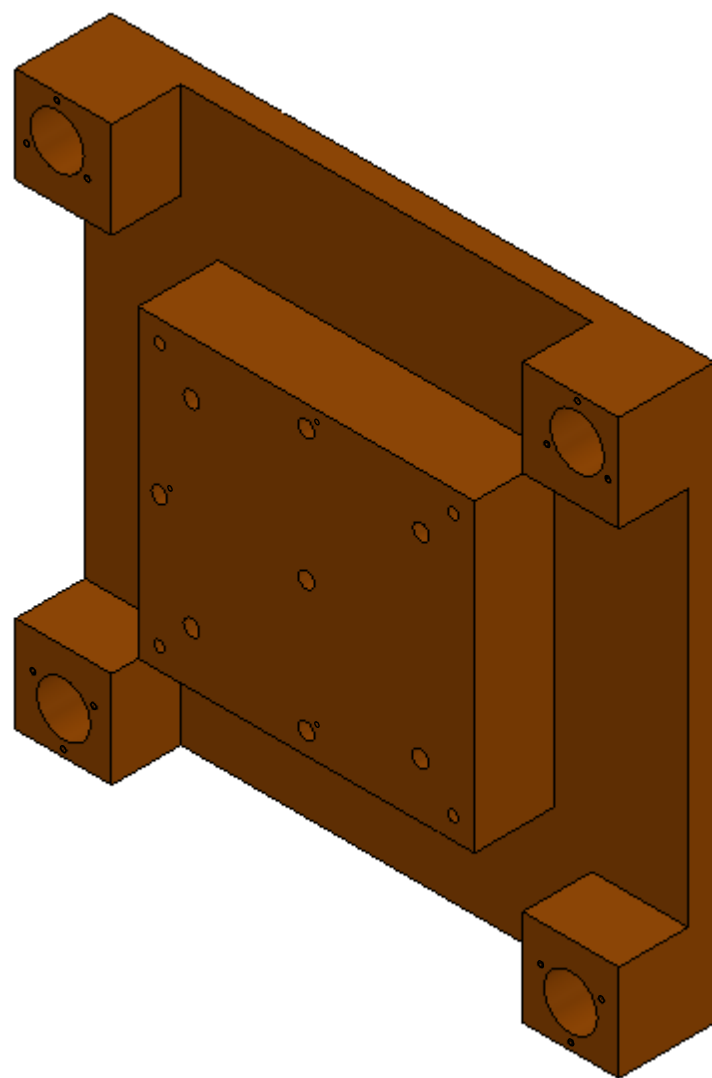
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 5



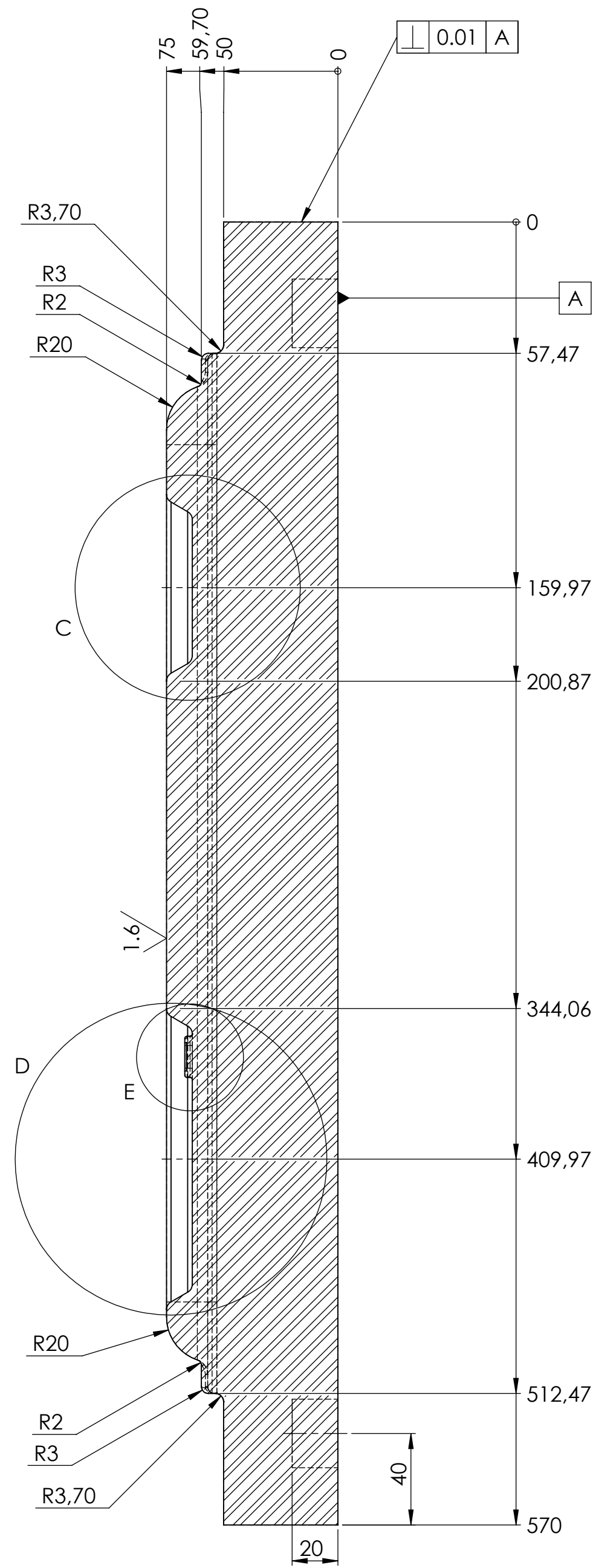
I	1	SEMELLE INFERIEURE		Ft30	/
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1:5		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIERE ENIEM			état de surface:
Planche N°:1					6.3/
		ARBOUCHE . L - MOULOUDI . F			2020/2021
A1		FGC CM UMMTO			MASTER II



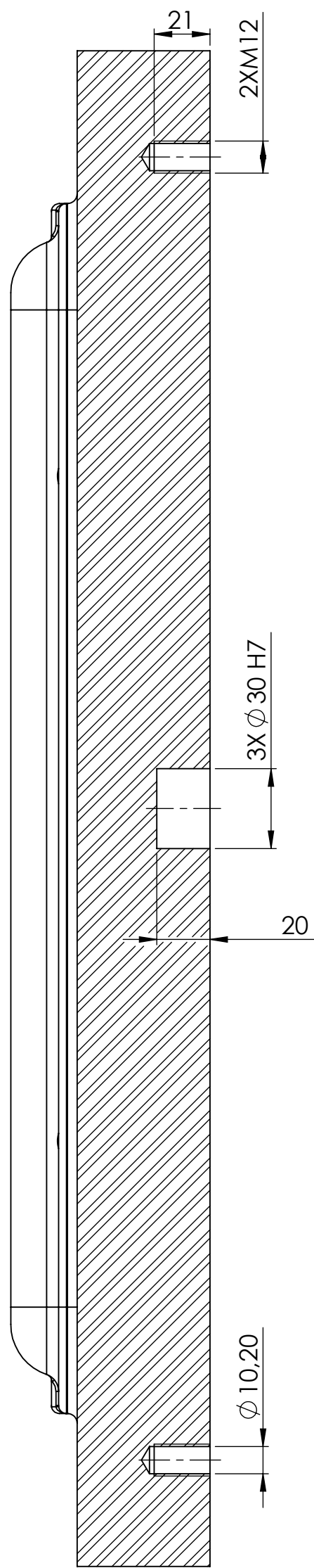
DTAIL F
ECHELLE 2 : 5



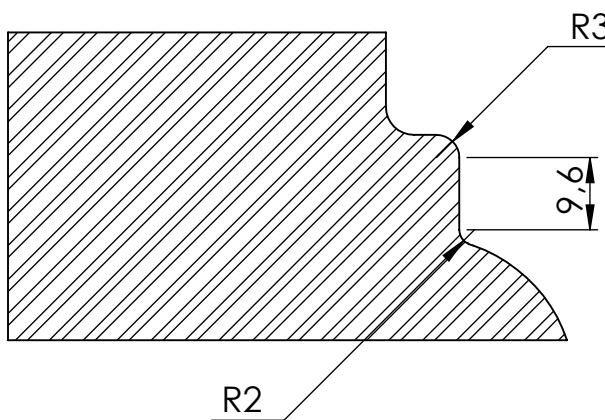
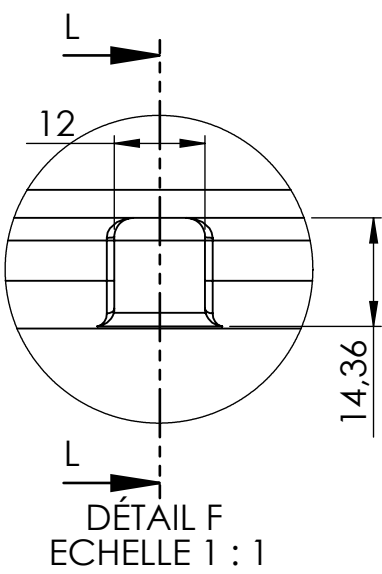
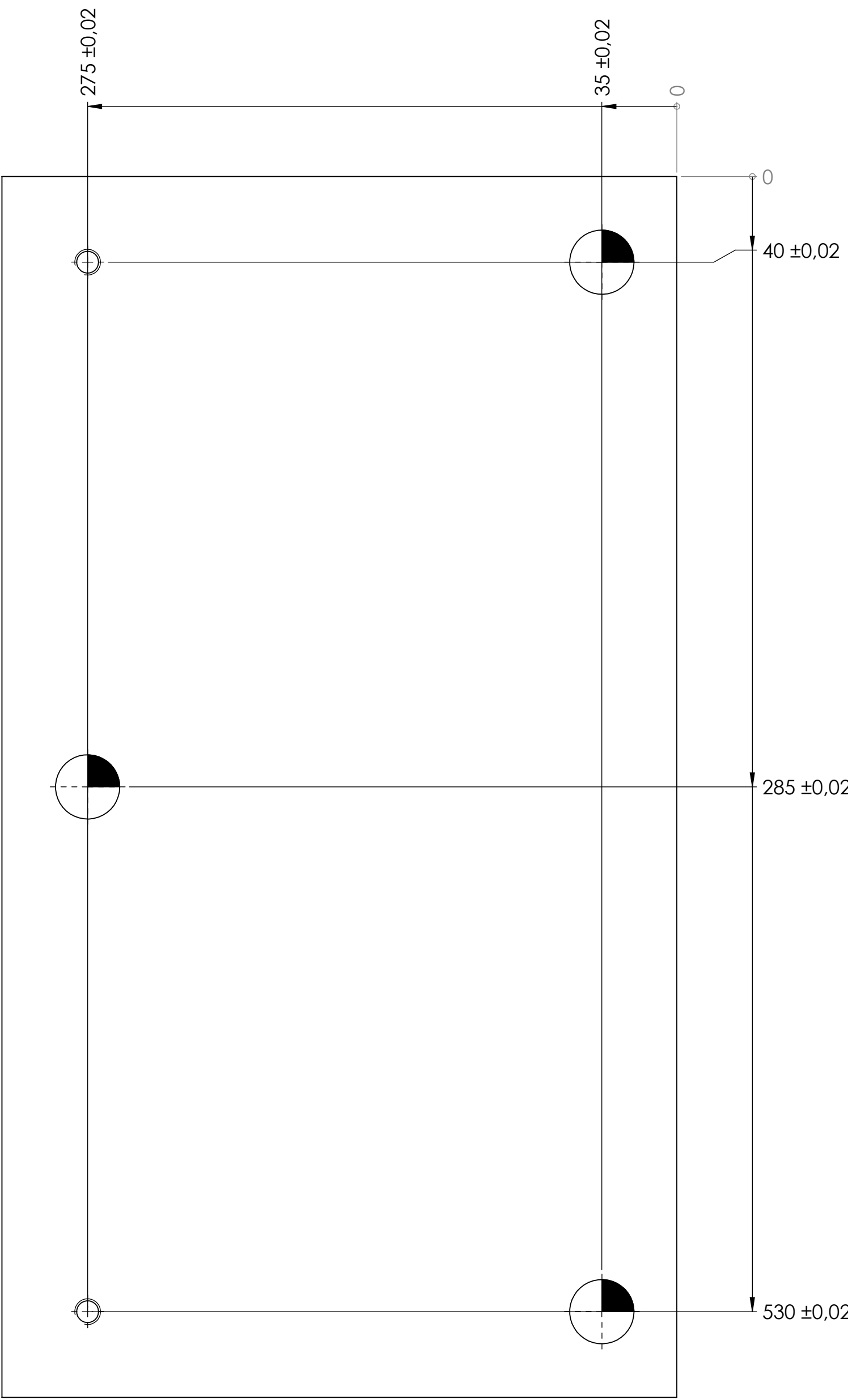
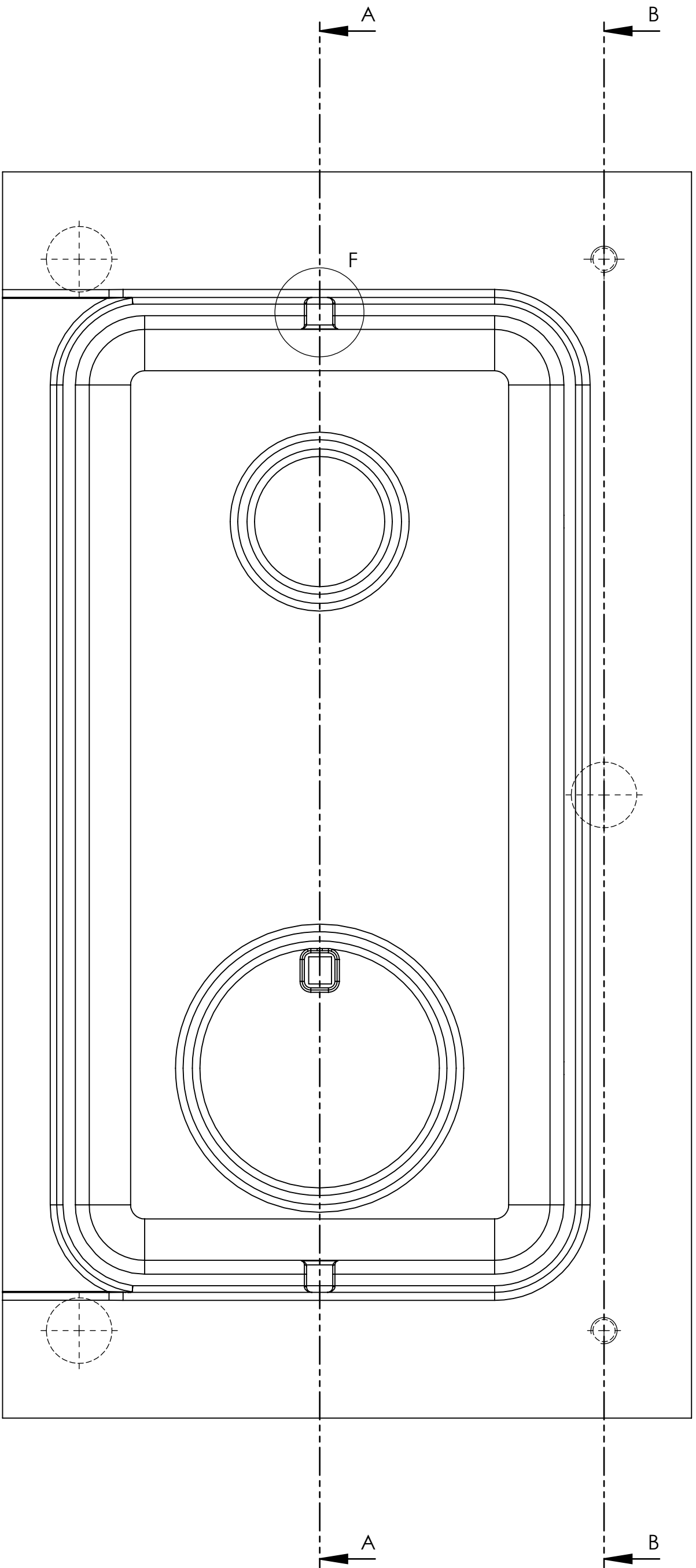
04	01	SEMELLE SUPERIEURE		Ft30	/
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1:5		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIERE ENIEM			état de surface:
Planche N°:04					
		ARBOUCHE . L - MOULOUDI . F			2021/2022
A1		FGC CM UMMTO			MASTER II



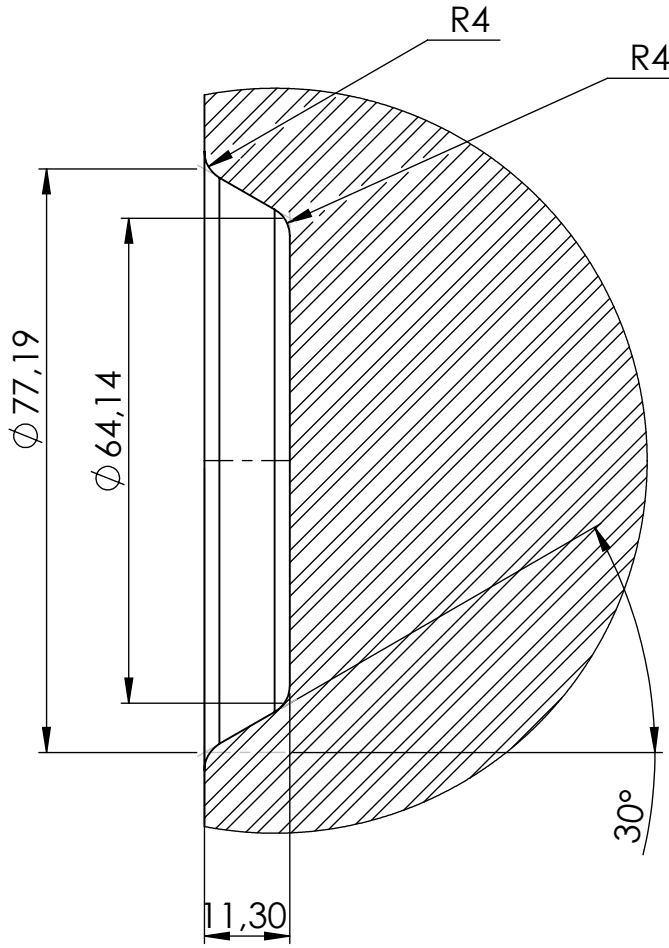
COUPE A-A



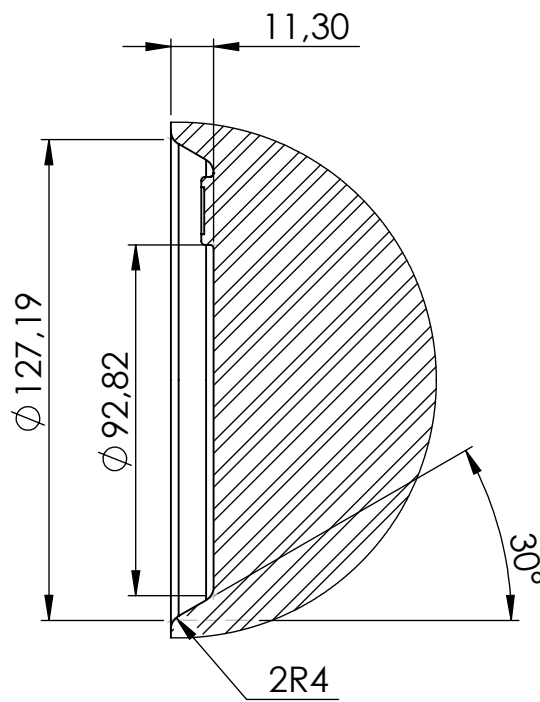
COUPE B-B



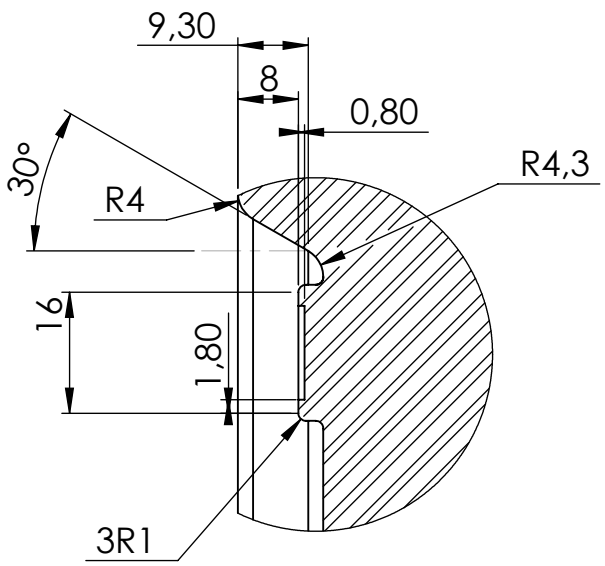
COUPE L-L
ECHELLE 1 : 1



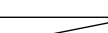
DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 1

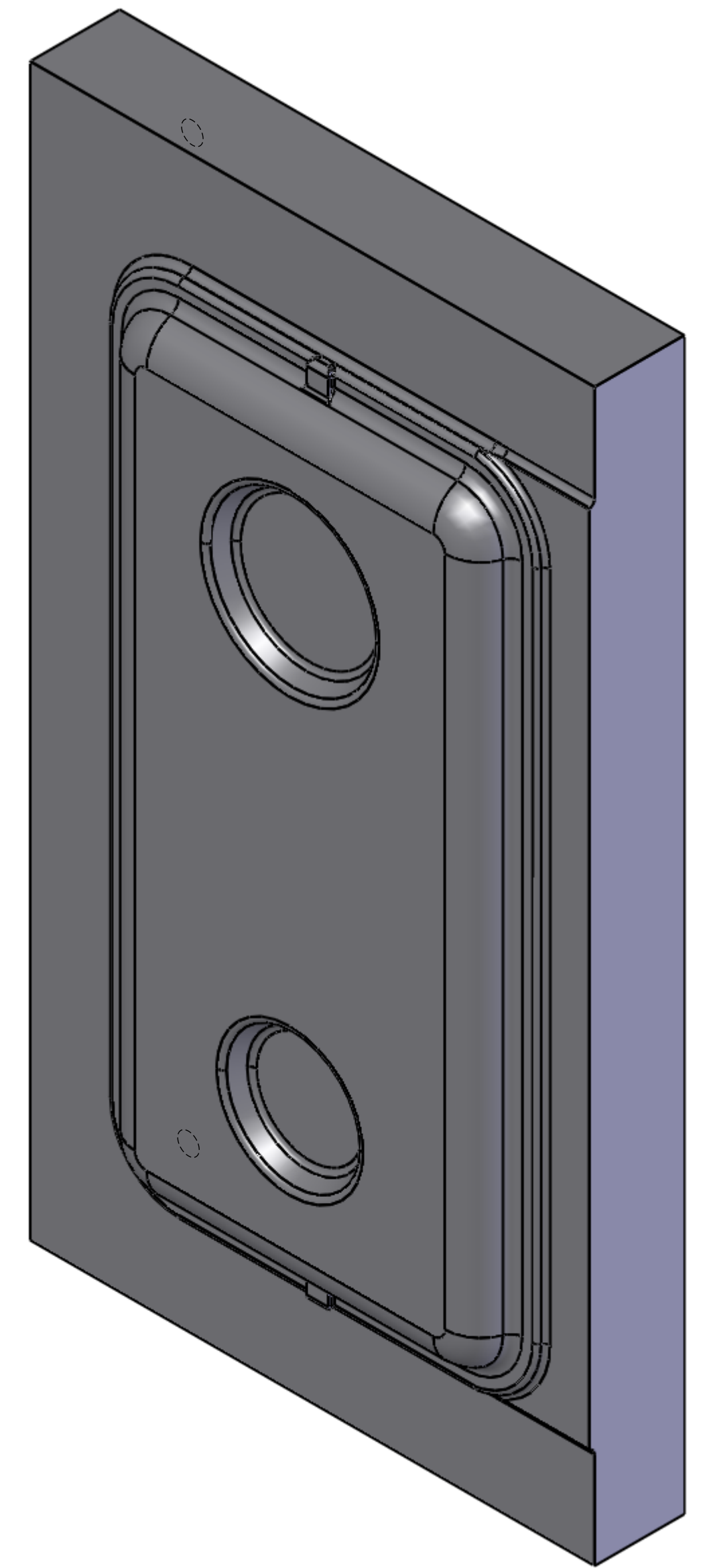
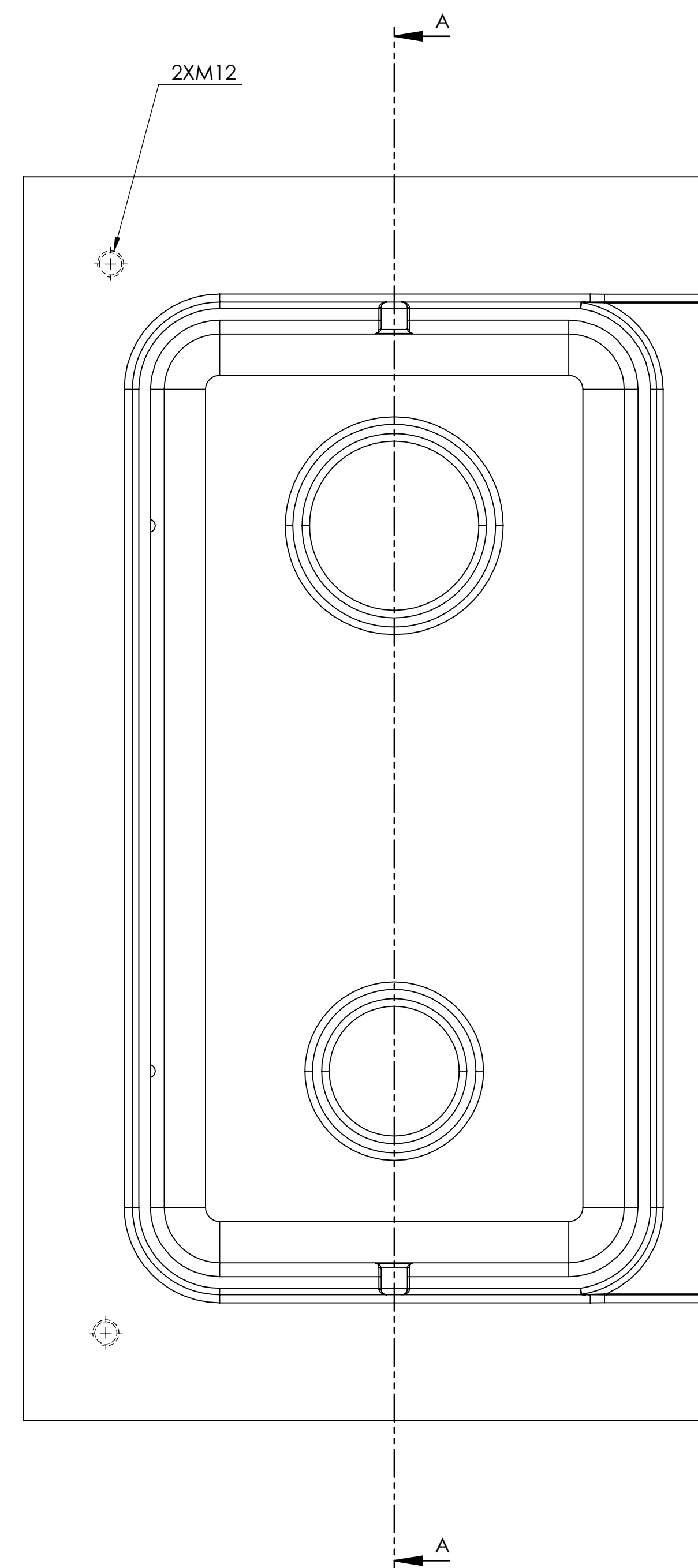
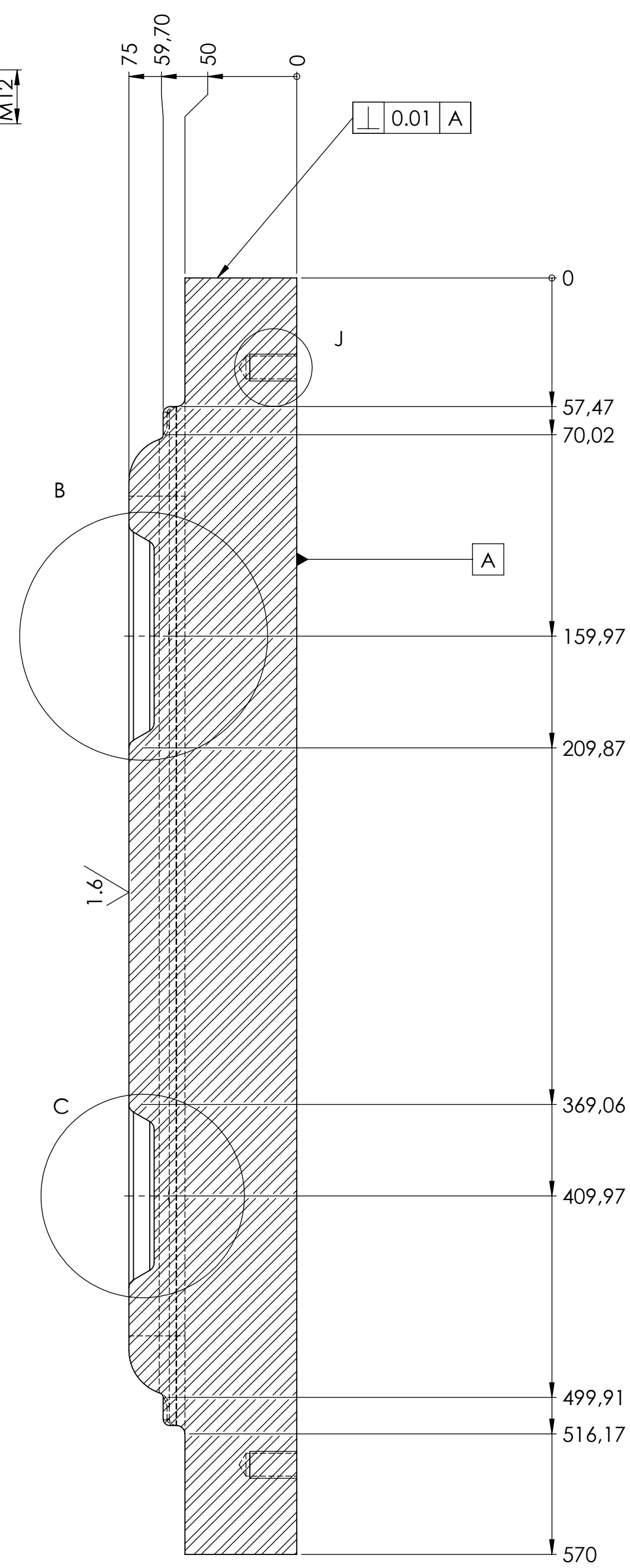
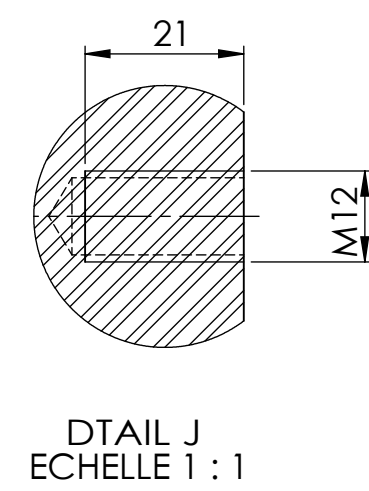
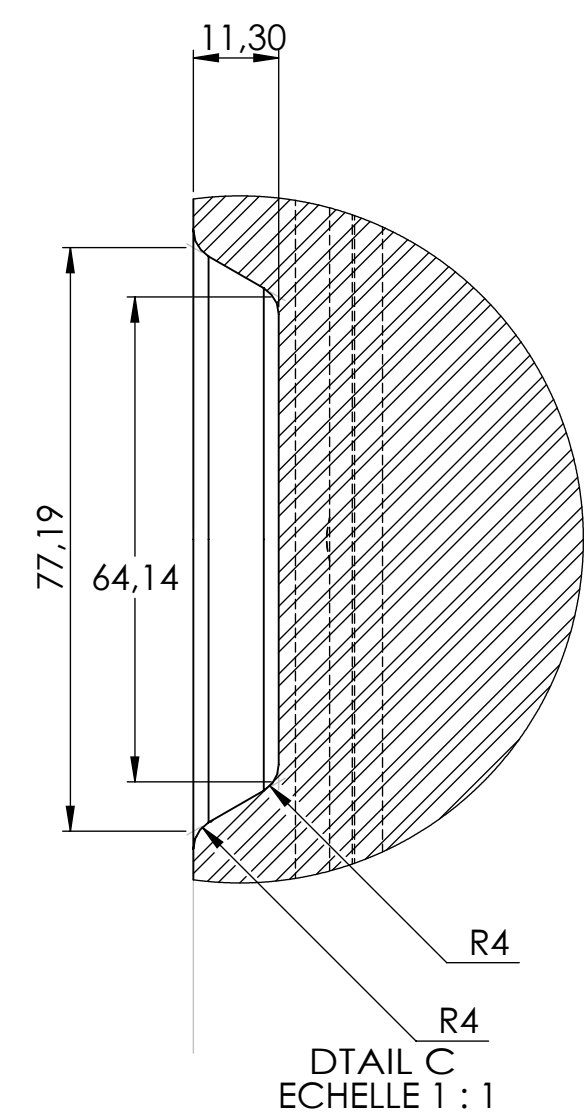
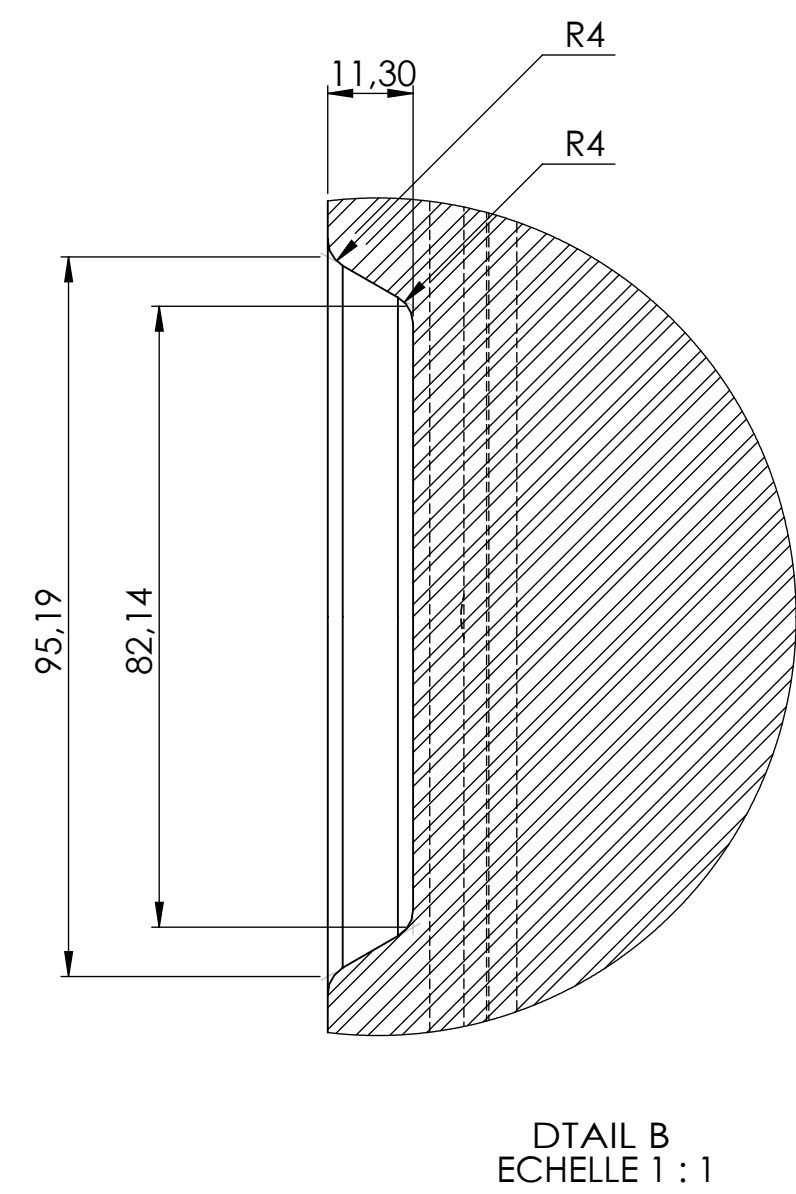


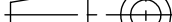
DÉTAIL D

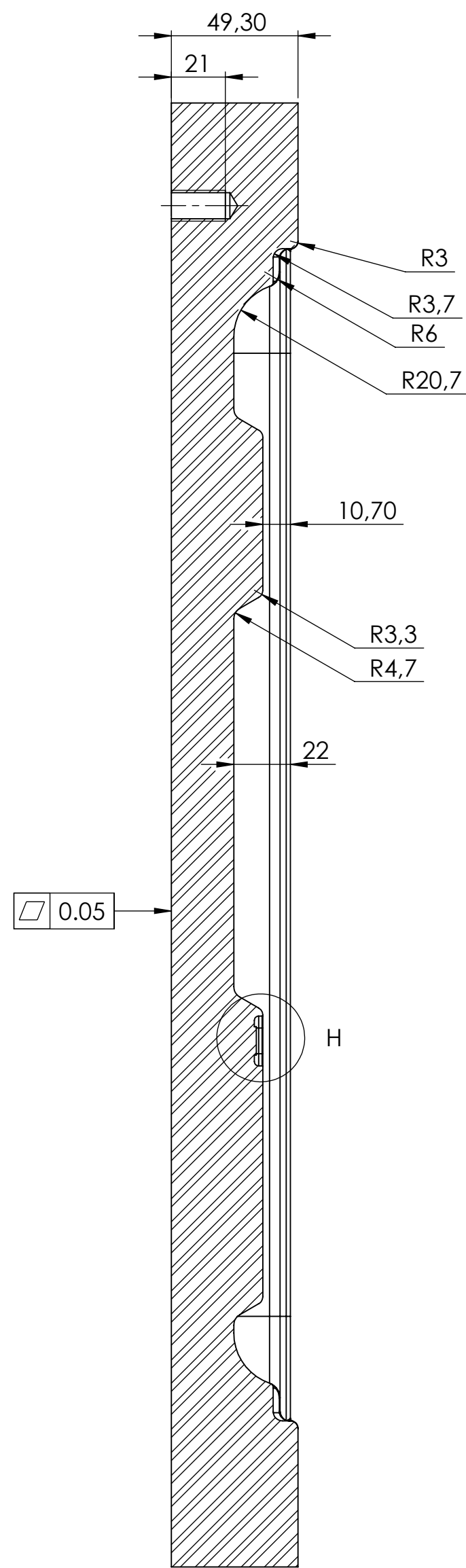
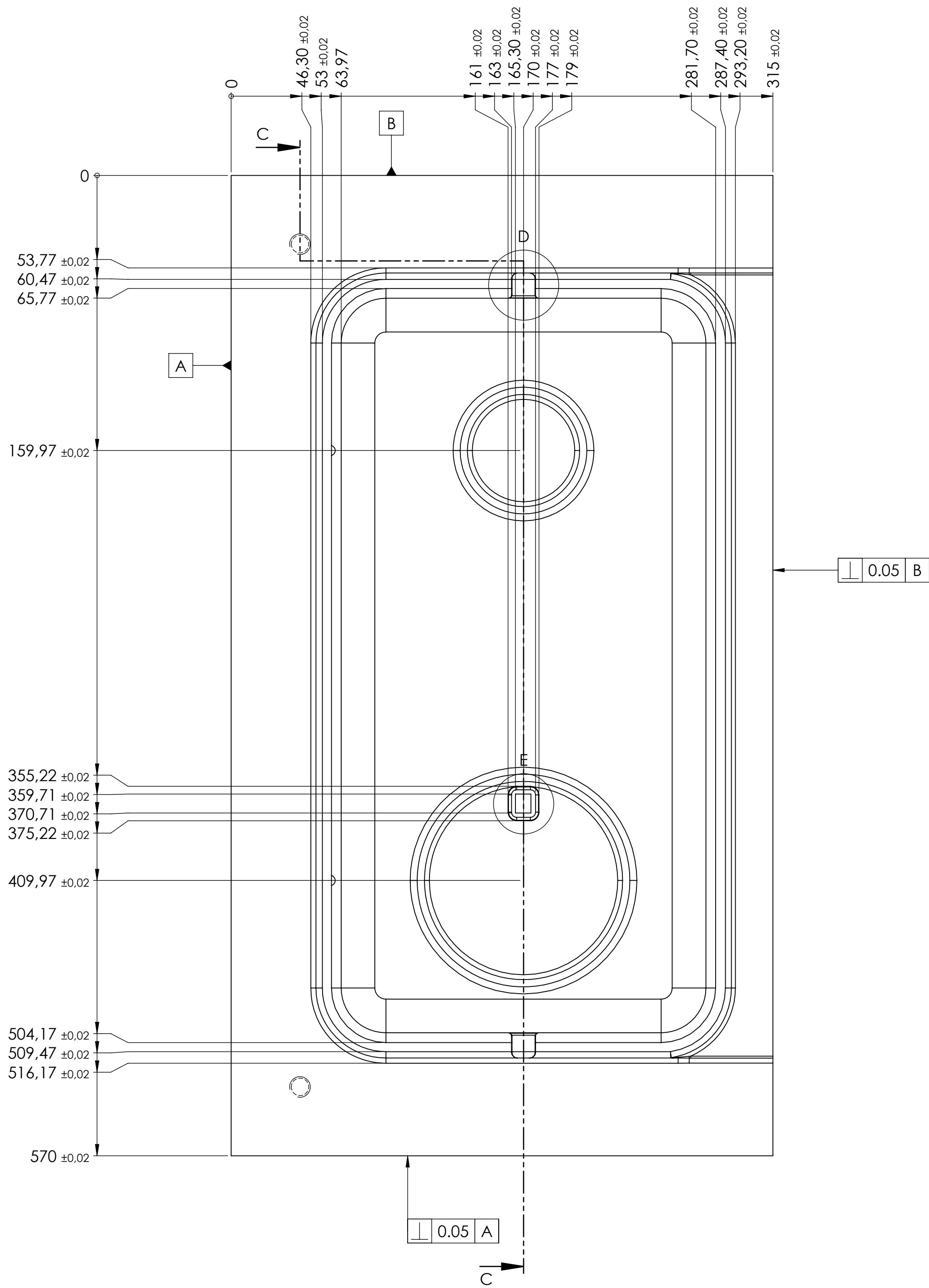


DÉTAIL E
ECHELLE 1 : 1

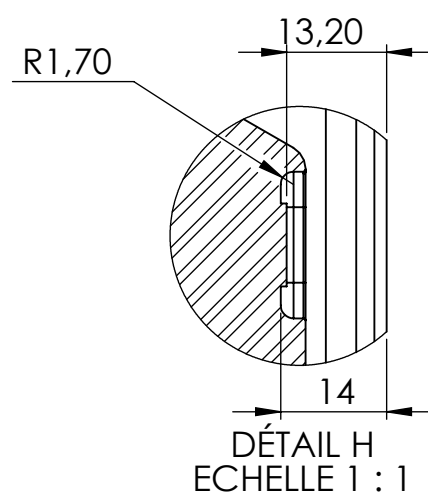
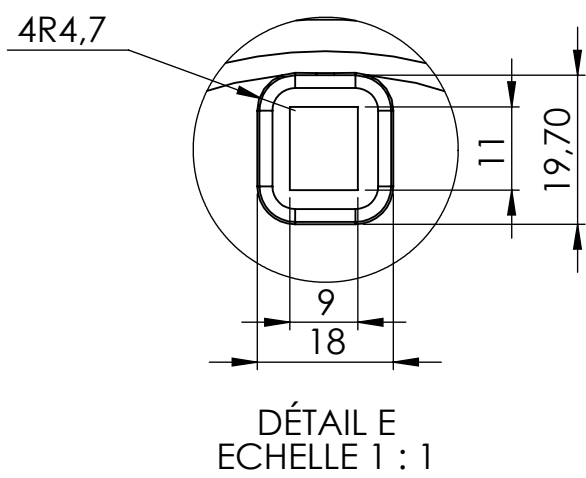
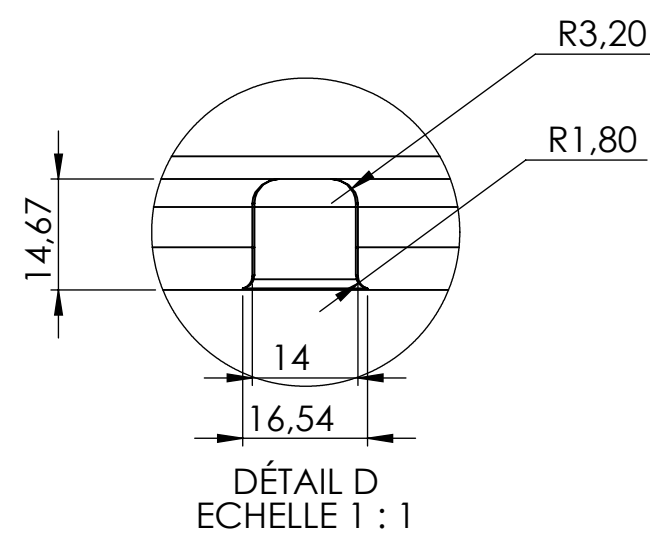
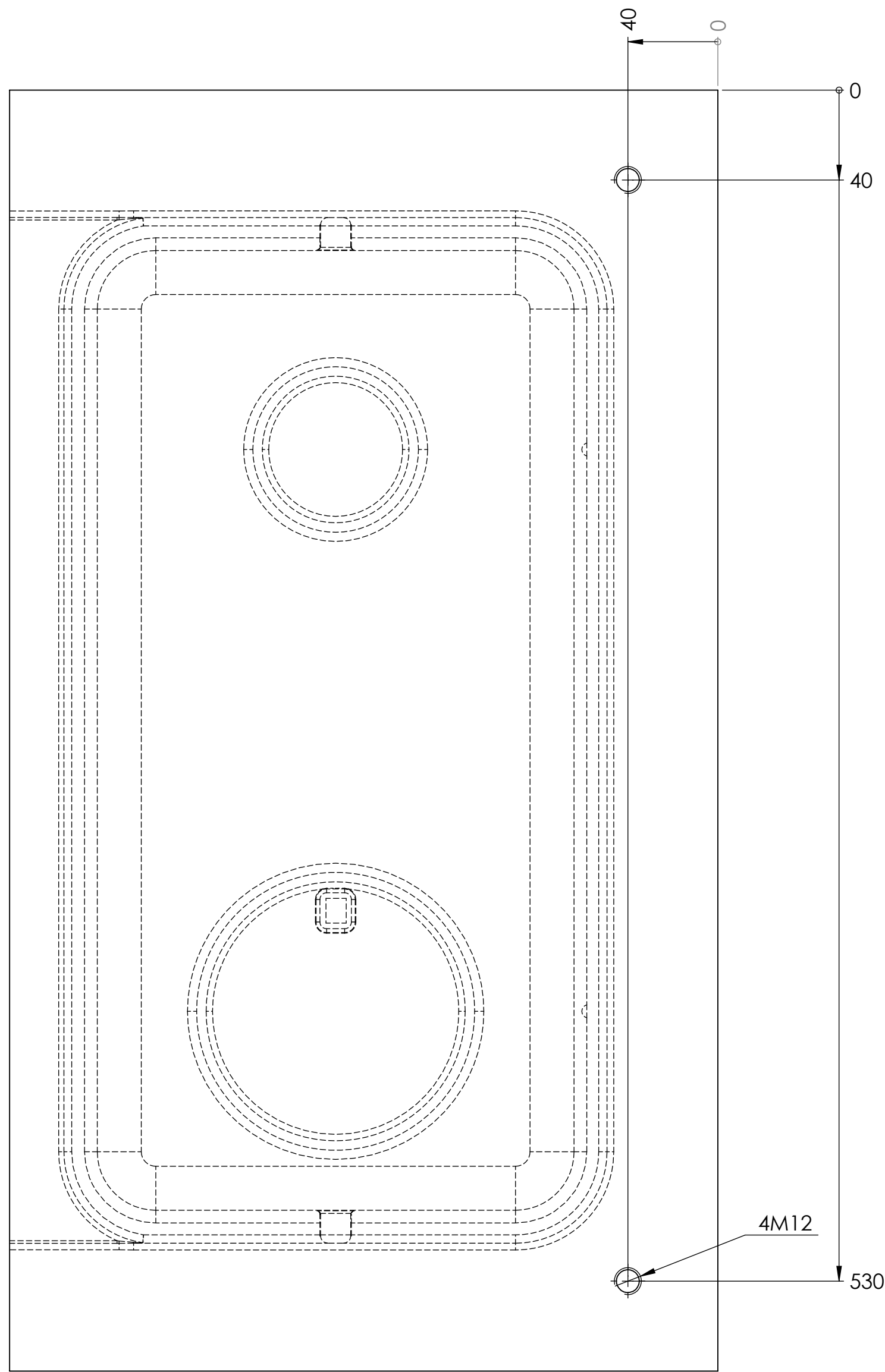
2	1	EMPREINTE INFERIEUR COTE DROITE		XC48	Cémenté	
REF	NBR	DESIGNATION			MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1:2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIERE ENIEM			état de surface:	
Planche N°: 2					3.2/	
		ARBOUCHE . L - MOULOUDI . F			2021/2022	
A1		FGC CM UMMTO			MASTER II	



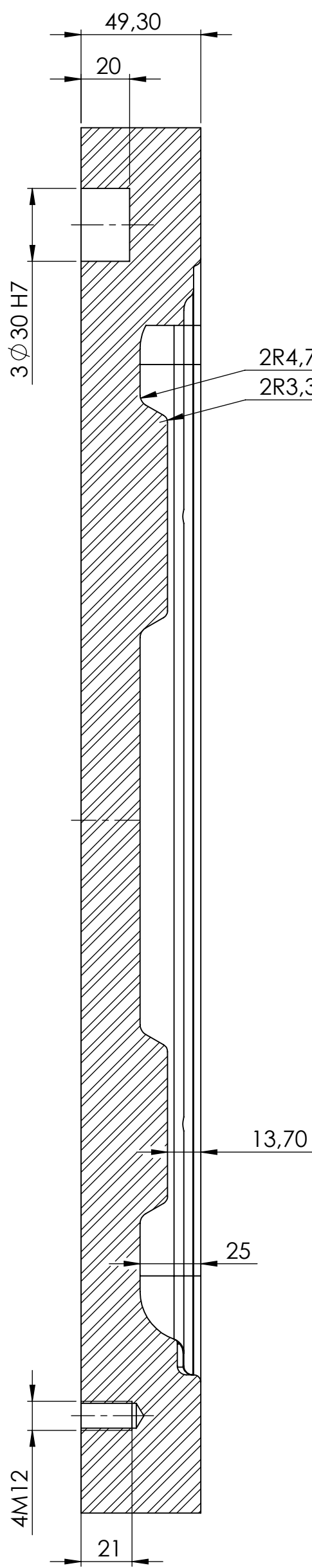
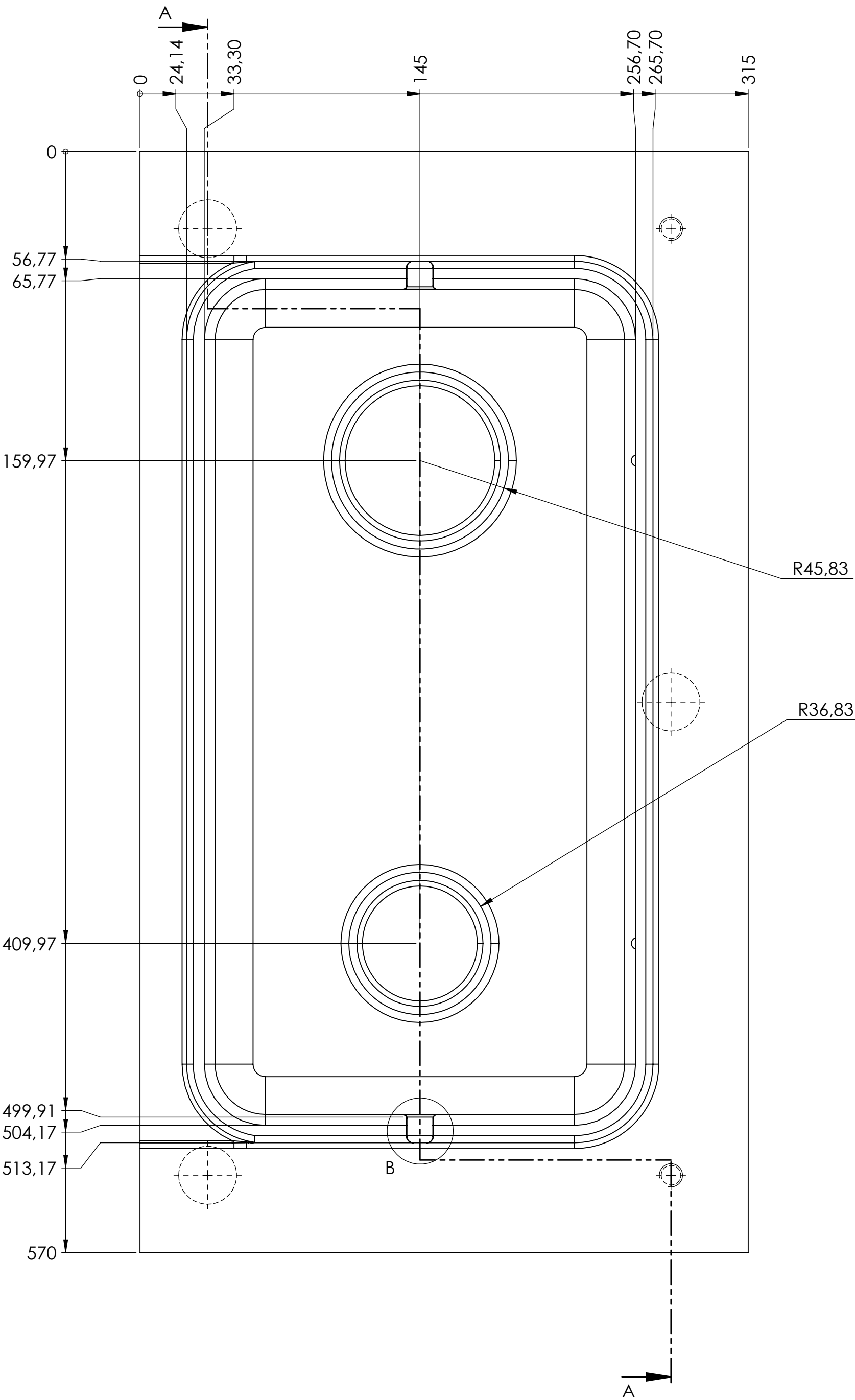
2	1	EMPRINTE INFERIEUR COTE GAUCHE		XC48	Cémenté
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1:2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIERE ENIEM			état de surface: 3.2/
Plan N°: 2					
		ARBOUCHE . L - MOULOUDI . F			2020/2021
A1		FGC CM UMMTO			MASTER II



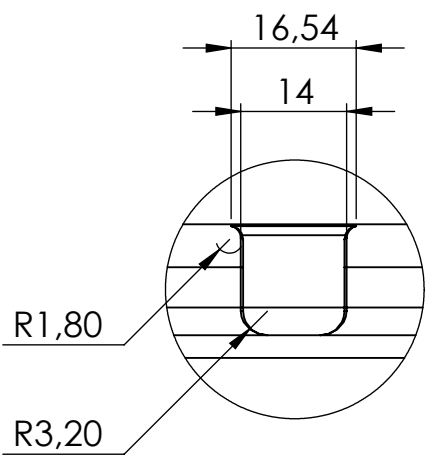
COUPE C-C



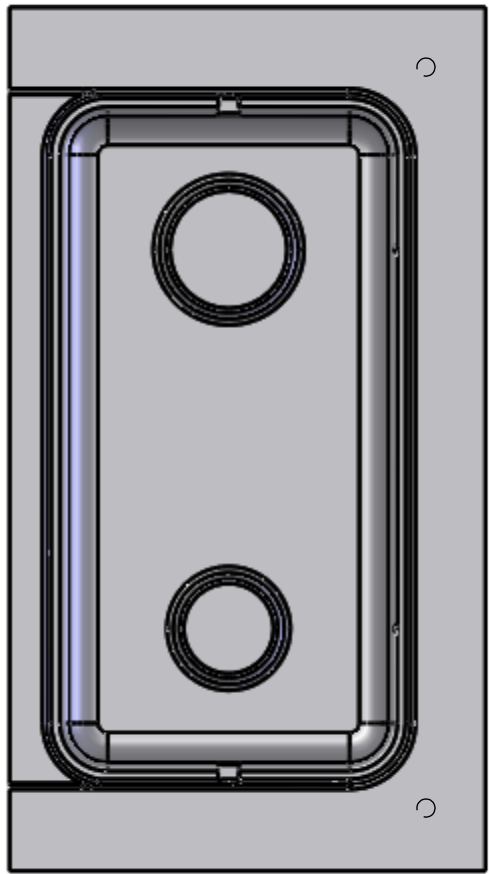
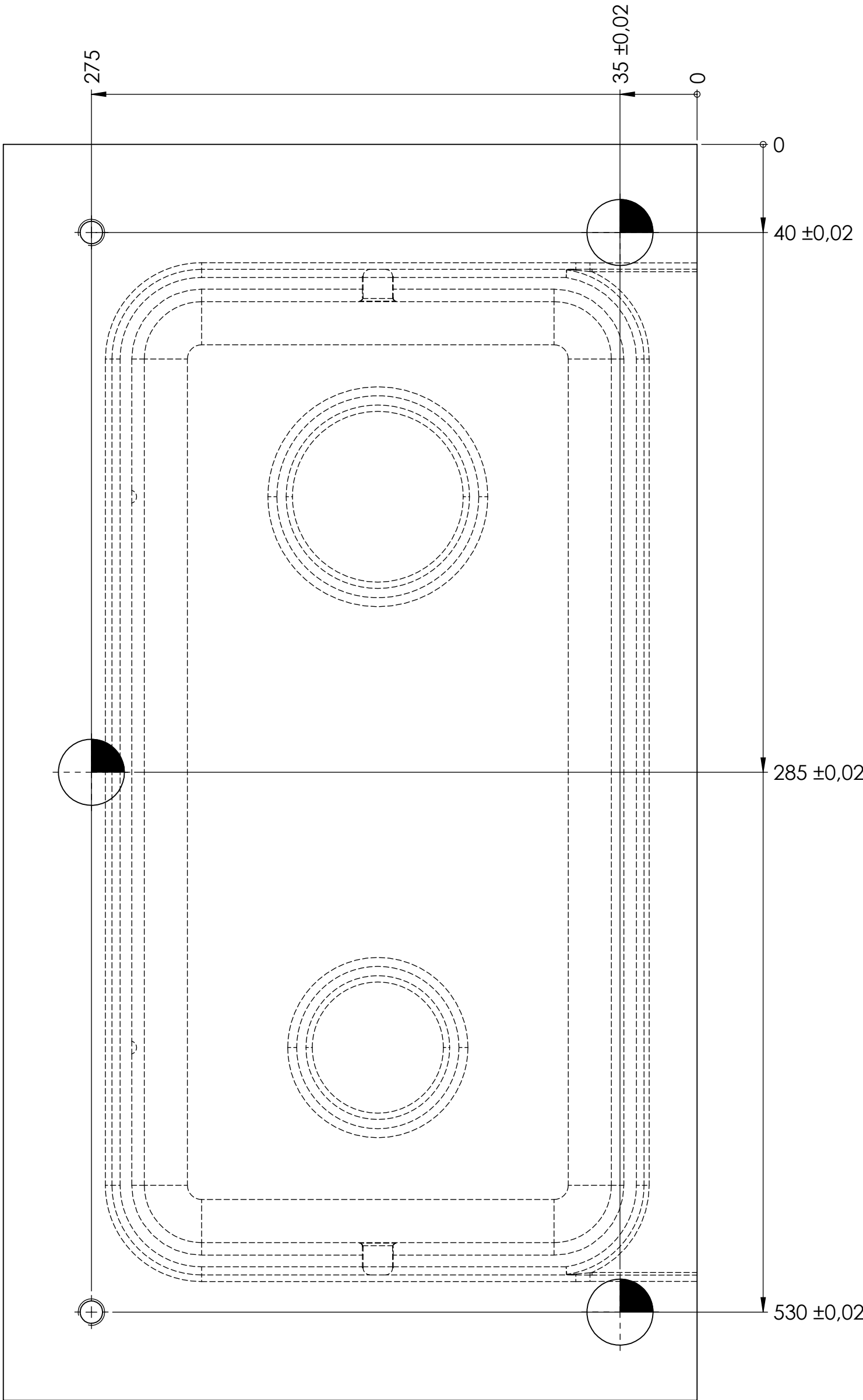
2	1	EMPRINTE SUPERIEURE COTE DROITE		XC48	Cémenté
REF	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1:2		OUTIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIERE ENIEM			état de surface:
Planche N°: 2					3.2/
		ARBOUCHE . L - MOULOUDI . F			2020/2021
A1		FGC CM UMMTO			MASTER II



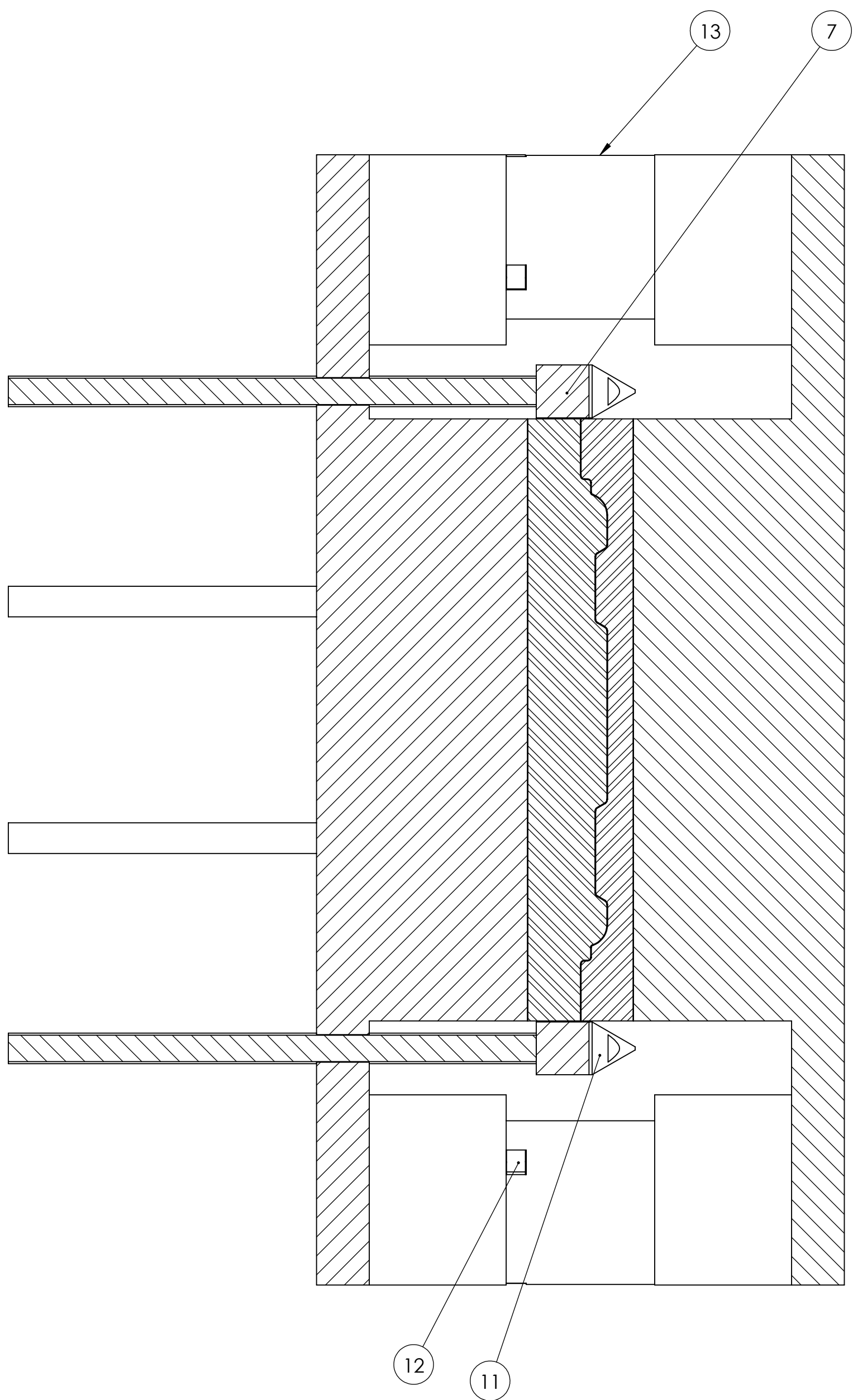
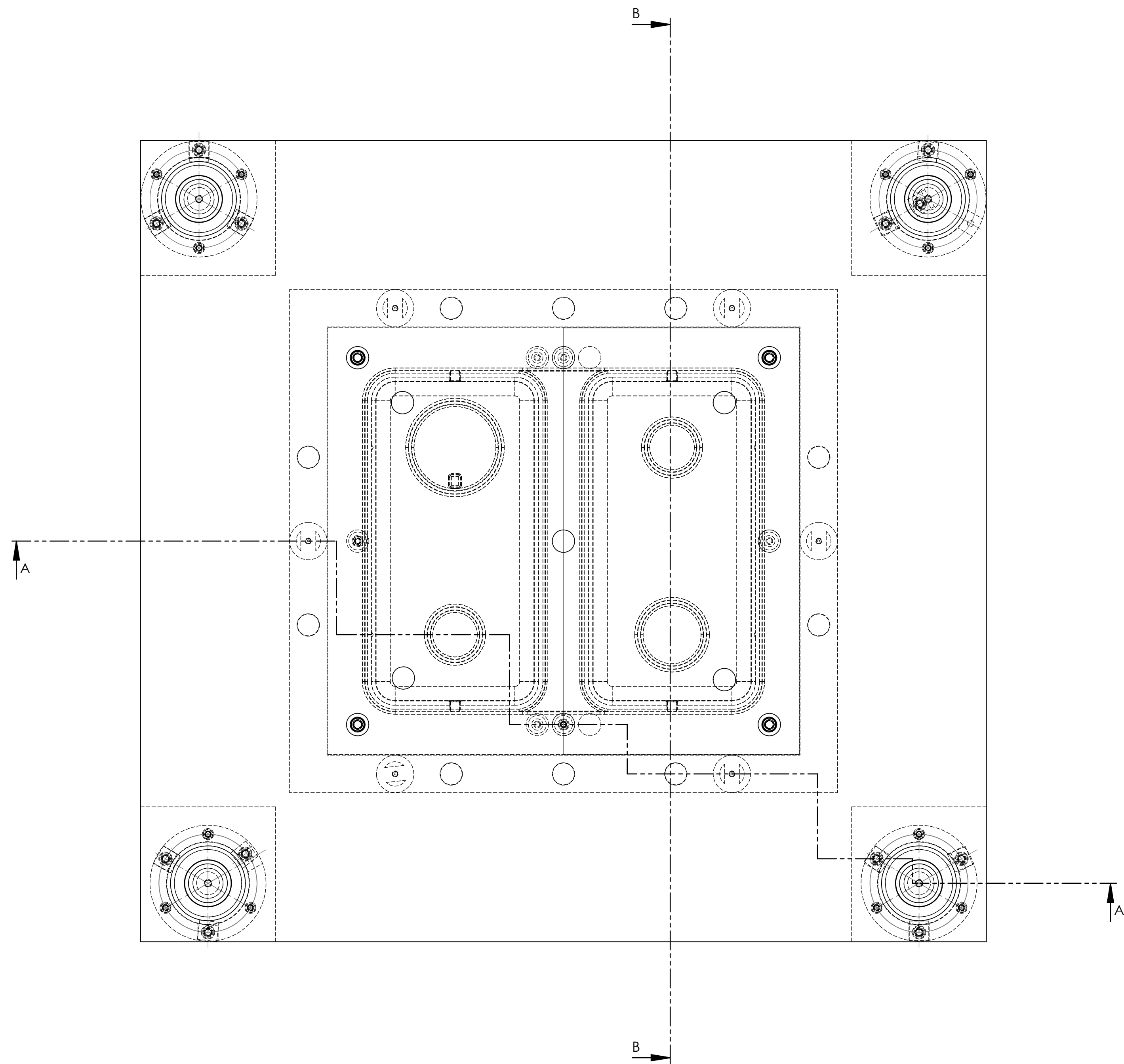
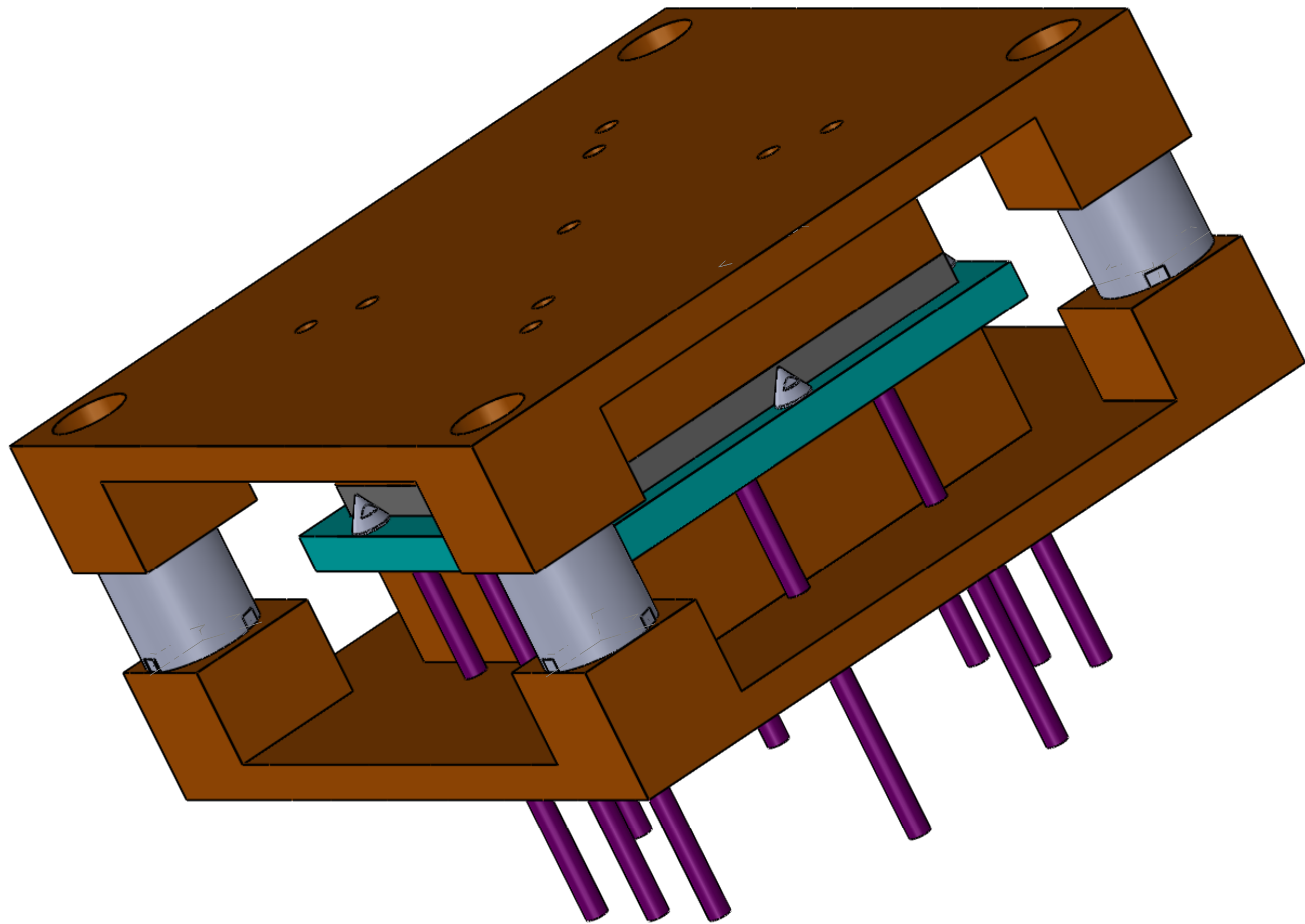
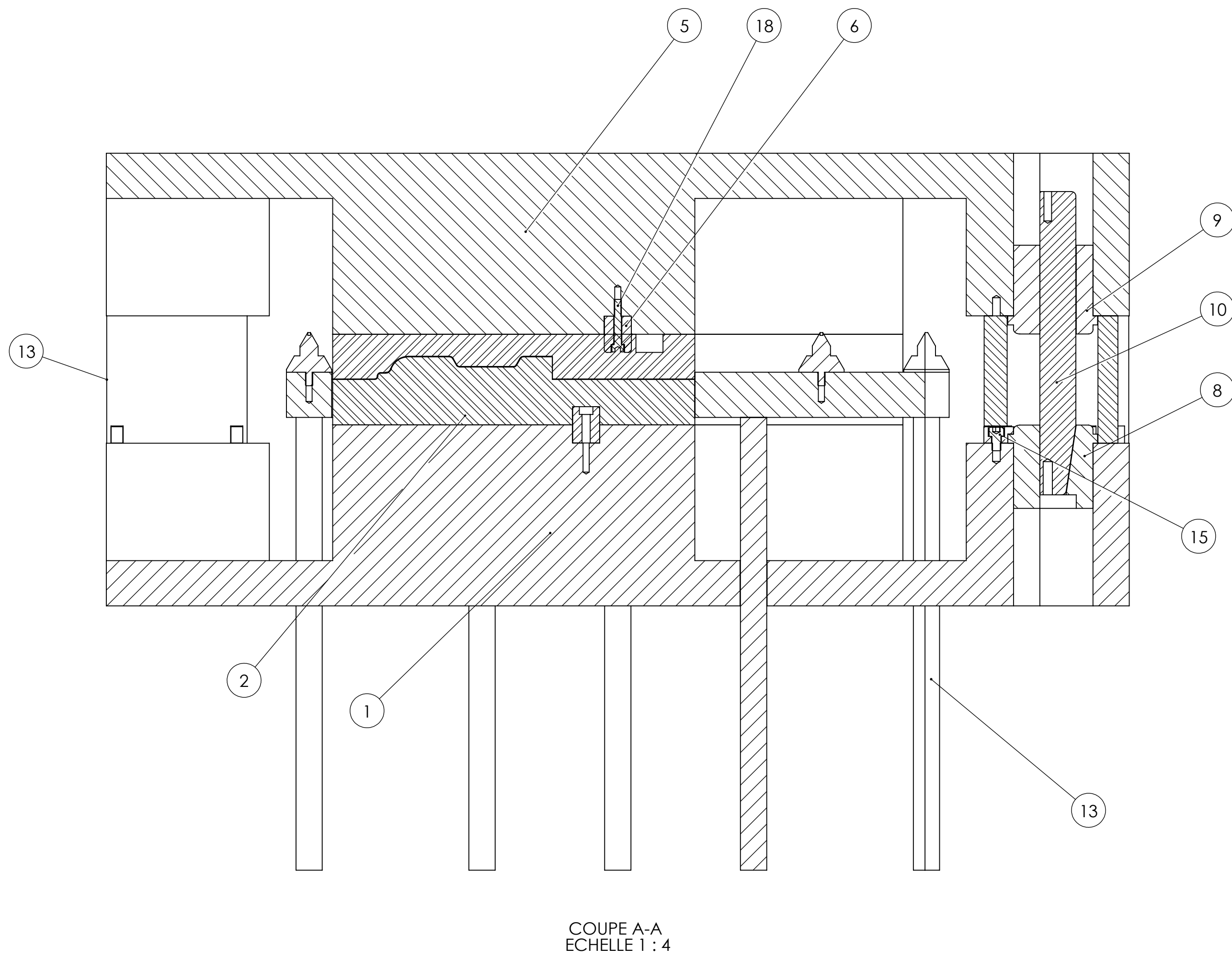
COUPE A-A

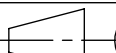


DÉTAIL B
ECHELLE 1 : 1



2	1	EMPRINTE SUPERIEURE COTE GAUCHE		XC48	Cémenté	
REF	NBR	DESIGNATION			MATIERE	OBSERVATION
Echelle: 1:2		OUIL D'EMBOUTISSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIERE ENIEM			état de surface:	
Planche N°: 2					3.2/	
		ARBOUCHE . L - MOULOUDI . F			2020/2021	
A1		FGC CM UMMTO			MASTER II	



1	10	chandelle	XC48	-
2	1	semelle inf	Ft 30	-
3	1	emprunte inférieur	X418	Cémenté
4	1	emprunte supérieur	XC48	Cémenté
5	1	semelle SUP	Ft 30	1
6		gougon	Acier a outil	Tr+Rv58/64 HRC
7	1	serrt flan	XC4	Cémenté
8	4	bague semelle inférieur	Acier a outil	Tr à coeur58/64HRC
9	4	bague semelle supérieur	Bronze	Tr à coeur58/64HRC
10	4	colonne de guidage	Acier à outil	Tr à coeur58/64HRC
11	12	Butée de positionnemnt du flan	XC18	-
12	24	bride de fixation	Acier	-
13	4	butée de fin de cours	XC48	Tr+Rv : 50/55 HRC
14	12	M8 x 80	Acier	-
15	12	M10 x 16	Acier	-
16	8	M12 x 120	Acier	-
17	1	M8 x 35	-	-
18	1	M8 x 50	-	-
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle : 1/2		OUTIL D'EMBOUITSSAGE DE LA TABLE DE TRAVAIL D'UNE CUISINIER ENIEM		Etat de surface :
PlancheN°:14				
		ARBOUCHE.L - MOULOU.D.F		2021/2022
A0		FGC CM UMMTO		MASTER II