

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERRI- TIZI OUZOU



Faculté du Génie de la Construction

Département de Génie Mécanique

Mémoire de Fin d'Etudes



En vue d'obtention du diplôme Master en Génie Mécanique

Option Construction Mécanique

Thème :

**Etude et Conception d'un Outil de Poinçonnage, Découpage
et Pliage pour un Convoyeur de Fumée de la Nouvelle
Cuisinière Ventilée ENIEM.**

Encadré par :

Mr. A. BEHTANI

Réalisé par :

■ **Ghiles BOURBIA**

■ **Juba BOUKHELEF**

Proposé par :

**ENIEM sous la direction de
Mr. M. CHALAL**

Promotion 2022/2023

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à notre promoteur Mr A. BEHTANI pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous remercions également Mr M. CHALAL qui nous a encadrés au sein de l'entreprise pour son aide et son orientation tout au long de notre formation au sein de l'entreprise sans oublier tout le personnel de l'ENIEM.

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

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

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

Dédicace

À mes merveilleux parents, sœurs bien-aimées et amis précieux,

En ce moment solennel, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers vous, car vous avez été les fondations solides sur lesquelles repose ce mémoire de fin d'études. Votre amour inconditionnel, vos encouragements constants et votre soutien inébranlable ont été des sources d'inspiration inestimables tout au long de ce parcours académique.

À mes chers parents, vous avez été mes premiers enseignants et mes plus grands défenseurs. Votre dévouement et vos sacrifices ont rendu possible cette réalisation. Vos conseils avisés ont éclairé ma route vers la réussite, et je suis honoré de porter votre héritage dans chaque ligne de ce mémoire.

À mes sœurs bien-aimées, vous avez été mes compagnes de joie et de peine. Votre présence a rendu ce voyage plus coloré et significatif. Vos encouragements chaleureux ont été un moteur d'inspiration pour aller de l'avant, et je vous suis reconnaissant de l'amour inestimable que nous partageons.

Ghiles

Dédicace

C'est avec un grand honneur que je dédie ce modeste travail :

Mes très chers parents qui sont toujours à mes côtés, soutiens et aide précieuse tout au long de mon cursus.

Mes frères et sœurs.

Toute ma Famille et tous mes Amis qui m'ont toujours soutenue.

Je dédie ce travail à toute ma famille.

Tous mes amis (es) et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Juba

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

1. Présentation de l'entreprise	3
1.1. Objectif social et champ d'activité	4
1.2. Principales missions et activités de l'entreprise.....	4
1.2.1. Direction générale	4
1.2.2. Unité froid.....	4
1.2.3. Unité climatiseur	5
1.2.4. Unité sanitaire	5
1.3. Organisation générale de l'entreprise.....	6
1.4. Politique de l'entreprise	6
1.4.1. Politique qualité.....	6
1.4.2. Engagement de la direction	7

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS ET CARACTÉRISATION DES ACIERS

I.1. Introduction.....	8
I.2. Généralités sur les aciers.....	8
1.2.1. Microstructures des aciers	8
I.2.1.1. La structure cristalline	8
I.2.1.2. Différentes phases du fer	9
I.3. Différents types d'aciers.....	10
I.3.1. Aciers ordinaires.....	10
I.3.2. Aciers de Traitement Thermique.....	13
I.3.3. Aciers faiblement alliés.....	14
I.3.4. Aciers fortement alliés.....	15
I.3.5. Aciers à outils.....	16
I.3.6. Aciers inoxydables.....	16
I.4. Conclusion	18

CHAPITRE II PROCÉDÉS D'OBTENTION DES TÔLES ET DE MISE EN FORME DES PIÈCES MÉCANIQUES

II.1- Introduction	19
II.2- La tôle	19
II.2.1- Définition :	19
II.2.2- Les différents types de tôles	19
II.3- Procédés d'obtention des tôles	20
II.3.1- Laminage à chaud	21
II.3.2- Laminage quarto	21
II.3.3- Laminage à froid	22
II.4- Emboutissage	23
II.4.1- Principe de l'emboutissage	24
II.4.2 -Techniques d'emboutissage	26
II.5- Découpage	26
II.5.1- Différents types de découpage	28
II.6 - Poinçonnage	32
II.6.1- Phases du poinçonnage	32
II.6.2- Influence des paramètres de l'opération de découpage	33
II.6.2.1- Jeu du découpage	34
II.6.2.2- Paramètres liés au réglage de l'outil	35
II.6.2.3- Paramètres liés à l'usure de l'outil	36
II.6.3- Effort du découpage et du poinçonnage	37
II.7- Pliage	39
II.7.1- Différents modes de pliage	39
II.7.1.1- Pliage en V (en presse plieuse)	39
II.7.1.2- Pliage en U	42
II.7.1.3- Pliage en L	43
II.7.2- Rayon du au pliage	43
II.7.3- Position de la fibre neutre :	44
II.7.4- Retour élastique	45
II.7.5- Paramètres influents sur l'opération du pliage	46
II.7.5.1- Rayon de la matrice du pliage	46
II.7.5.2- Jeu du pliage	46

II.7.6- Effort du pliage	47
II.8- Conclusion	48

CHAPITRE III : CLASSIFICATION DES DIFFERENTES PRESSES MECANIQUES UTILISEES ET DE LEURS EQUIPEMENTS

III.1-Introduction	49
III.2-Différentes presses mécaniques	49
III.2.1- Selon le mode de transmission d'énergie	49
III.2.1.1-Les presses mécaniques	49
III.2.1.2- Les presses hydrauliques	50
III.2.1.3- -Selon la forme du bâti	51
III.2.1.4- Selon le nombre de coulisseau	53
III.3- Caractéristique d'une presse	54
III.4- Exigence de choix d'une presse	54
III.5- Différents constituants d'un outil d'une presse	54
III.5.1- Poinçon	55
III.5.2- Matrice	55
III.5.3- Dépouille	55
III.5.4- Affutage	56
III.6- Types d'outils de presse	56
III.6.1- Outil à presse-bande.....	56
III.6.2- Outil suisse.....	57
III.6.3- Outil de reprise.....	57
III.6.4- Outil de Détourage	58
III.6.5- Outil à Came	59
III.6.6- Outil d'emboutissage.....	59
III.6.6.1- Outil sans serre-flan	59
III.6.6.2- Outil à serre-flan	60
III.6.7- Outils à Découper.....	61
III.6.7.1- Outil à Découvert.....	61
III.6.8- Outils à contre-plaque.....	62
III.6.8.1- Outils à contre-plaque à engrenages.....	62

III.6.8.2- Outils à contre-plaque à couteau	63
III.6.9- Outil de pliage	64
III.6.9.1- Outil de pliage en V	64
III.6.9.2- Outil de pliage en U	64
III.6.9.3- Outil de pliage en Équerre	65
III.7- Montage des Outils sur les Presses	65
III.7.1- Petite Presse.....	65
III.7.2- Grosse Presse.....	66
III.8- Conclusion	67

CHAPITRE IV : ETUDE ET CONCEPTION

IV.1 Introduction.....	68
IV.2 Le cahier des charges	68
IV.2.1 Travail demandé.....	68
IV.2.2 Processus de fabrication	69
IV.2.3 Fiche technique	70
IV.2.4 Emplacement de la pièce :	71
IV.3 Détails de l'outil.....	72
IV.3.1 Partie inférieure.....	72
IV.3.2 Partie supérieure.....	77
IV.4 Etude de l'outil	81
IV.4.1 Calcul des efforts de poinçonnage	81
IV.4.2 Calcul des efforts de pliage.....	87
IV.4.3 Calcul de l'effort total F_d :.....	90
IV.4.4 Calcul de l'effort de dévêtissage.....	90
IV.4.5 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse (F_{pr}).....	90
IV.4.5.1 Le choix de la presse à utiliser	91
IV.4.6 Nombre et choix de ressorts	92
IV.4.6.1 Ressort de dévêtissage.....	92
IV.4.6.2 Ressorts dégagement de la pièce fini	95
IV.4.7 Vérification de la résistance des poinçons au flambement	98
IV.5 Conclusion	101
Conclusion générale.....	102
Références bibliographique.....	103

Liste des figures

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

<i>Figure I: Organisation générale de l'entreprise.</i>	6
---	---

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS ET CARACTÉRISATION DES ACIERS

<i>Figure I. 1 : Structure cubique centrée de l'ambiante jusqu' à 912°C.</i>	9
<i>Figure I. 2 : Structure cubique à faces centrées de 912°C jusqu'à 1394°C.</i>	10
<i>Figure I. 3 : Structure cubique centrée ($\text{fer}\delta$).</i>	10

CHAPITRE II PROCÉDÉS D'OBTENTION DES TÔLES ET DE MISE EN FORME DES PIÈCES MÉCANIQUES

<i>Figure II. 1 : Bobine de Tôle.</i>	20
<i>Figure II. 2 : Laminage à chaud.</i>	21
<i>Figure II. 3 : Shéma d'une cage quarto de laminage.</i>	22
<i>Figure II. 4 : Train de laminage.</i>	23
<i>Figure II. 5 : Emboutissage.</i>	23
<i>Figure II. 6 : Phase 1 de l'emboutissage.</i>	24
<i>Figure II. 7 : Phase 2 de l'emboutissage.</i>	24
<i>Figure II. 8 : phase 3 de l'emboutissage.</i>	25
<i>Figure II. 9 : Phase 4 de l'emboutissage.</i>	25
<i>Figure II. 10 : Principe du découpage.</i>	27
<i>Figure II. 11 : Pièce découpée.</i>	27
<i>Figure II. 12 : Ligne découpage et ses périphérie.</i>	28
<i>Figure II. 13 : Le cisailage.</i>	28
<i>Figure II. 14 : Paramètres entrants lors du cisailage.</i>	29
<i>Figure II. 15 : Encochage.</i>	29
<i>Figure II. 16 : Le crevage.</i>	29
<i>Figure II. 17 : Ajourage.</i>	30
<i>Figure II. 18 : Le détourage.</i>	30
<i>Figure II. 19 : Le soyage.</i>	31
<i>Figure II. 20 : Le grignotage.</i>	31
<i>Figure II. 21 : Principe du grugeage.</i>	32
<i>Figure II. 22 : Pièce poinçonnée.</i>	32
<i>Figure II. 23 : Phases de poinçonnage.</i>	33
<i>Figure II. 24 : Nomenclature des éléments de géométrie du découpage.</i>	34
<i>Figure II. 25 : Jeu du découpage.</i>	35
<i>Figure II. 26 : Contrainte de compression sur le poinçon.</i>	38
<i>Figure II. 27 : Etat d'un flambement du poinçon du découpage.</i>	38
<i>Figure II. 28 : Technique du pliage.</i>	39

<i>Figure II. 29 : Principe du pliage en V.....</i>	40
<i>Figure II. 30 : Principe du pliage en l'air.....</i>	41
<i>Figure II. 31 : Outil de pliage en l'air.</i>	42
<i>Figure II. 32 : Outil de pliage en frappe.</i>	42
<i>Figure II. 33 : Principe du pliage en U.</i>	43
<i>Figure II. 34 : Pliage en L.</i>	43
<i>Figure II. 35 : Angle du pliage.....</i>	44
<i>Figure II. 36 : Rayon du pliage.</i>	44
<i>Figure II. 37 : Déformations à un angle vif (R=0).....</i>	44
<i>Figure II. 38 : Position de la fibre neutre.....</i>	45
<i>Figure II. 39 : Phénomène du retour élastique.</i>	46
<i>Figure II. 40 : Jeu du pliage et le rayon de la matrice.....</i>	47

CHAPITRE III : CLASSIFICATION DES DIFFERENTES PRESSES MECANQUES UTILISEES ET DE LEURS EQUIPEMENTS

<i>Figure III. 1 : Presse mécanique.....</i>	50
<i>Figure III. 2 : Presse hydraulique.....</i>	50
<i>Figure III. 3 : Presse col de cygne.</i>	51
<i>Figure III. 4 : Presse à arcade.</i>	51
<i>Figure III. 5 : Presse à montant droit.</i>	52
<i>Figure III. 6 : Presse à colonne.</i>	52
<i>Figure III. 7 : Presse à table mobile et bigorne.....</i>	53
<i>Figure III. 8 : Illustration poinçon et matrice.</i>	55
<i>Figure III. 9 : Angle de dépouille de la matrice.</i>	55
<i>Figure III. 10 : Affutage de la matrice.</i>	56
<i>Figure III. 11 : Outil à presse-bande.</i>	56
<i>Figure III. 12 : Outil suisse.....</i>	57
<i>Figure III. 13 : Guidage du flan sur un Outil de reprise par diverses façons.....</i>	58
<i>Figure III. 14 : Outil de détournage normal.</i>	58
<i>Figure III. 15 : Outil de détournage à ras.</i>	58
<i>Figure III. 16 : Outil de détournage-poinçonnage.</i>	59
<i>Figure III. 17 : Outil à came.....</i>	59
<i>Figure III. 18 : Outil d'emboutissage sans serre-flan.</i>	60
<i>Figure III. 19 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Simple Effet.</i>	60
<i>Figure III. 20 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Double Effets.</i>	61
<i>Figure III. 21 : Outil simple découvert.....</i>	61
<i>Figure III. 22 : Outil découvert à butées.</i>	62
<i>Figure III. 23 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage.</i>	63
<i>Figure III. 24 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau.</i>	63
<i>Figure III. 25 : Outil de pliage en V.....</i>	64
<i>Figure III. 26 : Exemple d'Outil de pliage en U.....</i>	64

<i>Figure III. 27 : Exemple d'Outil de pliage en Équerre.</i>	65
<i>Figure III. 28 : Plateau de presse.</i>	65
<i>Figure III. 29 : Système de fixation des semelles sur le plateau.</i>	66
<i>Figure III. 30 : Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.</i>	66
<i>Figure III. 31 : Système de fixation pour les grosses presses.</i>	67

CHAPITRE IV : ETUDE ET CONCEPTION

<i>Figure IV.1 : Convoyeur de fumée pour cuisinière ventilée.</i>	68
<i>Figure IV. 2 : Les différents postes de fabrication d'un convoyeur de fumée.</i>	70
<i>Figure IV. 3 : Emplacement de la pièce.</i>	71
<i>Figure IV. 4 : Semelle inférieure.</i>	72
<i>Figure IV. 5 : Différentes matrices (Découpage 1 et 2 . Poinçonnage 3 et 4 . Pliage 5 et 6).</i>	73
<i>Figure IV. 6 : Butée fin de course.</i>	73
<i>Figure IV. 7 : Colonne de guidage.</i>	74
<i>Figure IV. 8 : Porte canons.</i>	74
<i>Figure IV. 9 : (a) : Tasseau latéral. (b) : Tasseau central.</i>	74
<i>Figure IV. 10 : Réglettes de guidage.</i>	75
<i>Figure IV. 11 : Porte matrices.</i>	75
<i>Figure IV. 12 : Ressort.</i>	76
<i>Figure IV. 13 : Partie inférieure assemblée.</i>	76
<i>Figure IV. 14 : Semelle supérieure.</i>	77
<i>Figure IV. 15 : Porte poinçons.</i>	77
<i>Figure IV. 16 : Différents poinçons utilisés (Poinçonnage 1,2 et 3 . Découpage 4 et 5.</i>	78
<i>Figure IV. 17 : Serre flan.</i>	79
<i>Figure IV. 18 : Bague supérieure.</i>	79
<i>Figure IV. 19 : Ressort</i>	80
<i>Figure IV. 20 : Partie supérieur assemblée.</i>	80
<i>Figure IV. 21 : Outil complet assemblé.</i>	81
<i>Figure IV. 22 : Périmètre de poinçon 1.</i>	82
<i>Figure IV. 23 : Périmètre de poinçon 2.</i>	83
<i>Figure IV. 24 : Périmètre de poinçon 3.</i>	84
<i>Figure IV. 25 : Périmètre de poinçon 4.</i>	85
<i>Figure IV. 26 : Périmètre de poinçon 5.</i>	86
<i>Figure IV. 27 : Longueur de pli 1.</i>	87
<i>Figure IV. 28 : Longueur de pli 2.</i>	88
<i>Figure IV. 29 : Longueur de pli 3.</i>	89
<i>Figure IV. 30 : Différents types de ressort.</i>	92
<i>Figure IV. 31 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.</i>	94
<i>Figure IV. 32 : Emplacement des ressorts de dévêtissement.</i>	95
<i>Figure IV. 33 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.</i>	97
<i>Figure IV. 34 : Emplacement des ressorts de dégagement.</i>	98

Liste des tableaux

<i>Tableau I. 1 : Aciers d'usage général.....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau I. 2 : Tableau de désignation des aciers non alliés.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau I. 3 : Désignation des aciers faiblement alliés.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau II. 1 : Variation de la distance « a » suivant le rapport (Ri/e).....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau II. 2 : Variation de Coefficient de proportionnalité << K >> suivant le rapport (Ri/e).</i>	<i>45</i>
<i>Tableau IV. 1 : Propriétés mécanique de la pièce.</i>	<i>71</i>
<i>Tableau IV. 2 : Composition chimique de la pièce.</i>	<i>71</i>
<i>Tableau IV. 3 : Catalogue STEINEL NORMALIEN ressort charge légère.</i>	<i>94</i>
<i>Tableau IV. 4 : Catalogue STEINEL NORMALIEN ressort charge hyper forte.</i>	<i>96</i>
<i>Tableau IV. 5 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.</i>	<i>99</i>

INTRODUCTION GENERALE

Dans un monde constamment en mouvement, les secteurs de la mécanique doivent s'ajuster aux exigences de la mondialisation, qui génèrent une concurrence de plus en plus intense. Les critères de sélection des clients sont la qualité, le prix et la disponibilité des produits. Alors que les prix et la disponibilité sont quantifiables et ne suscitent pas de confusion, la notion de qualité demeure floue et complexe, tant pour le consommateur que pour le fabricant.

L'Entreprise Nationale des Industries de l'Électroménager (ENIEM) se retrouve actuellement en compétition sur un marché de plus en plus exigeant. Étant donné que la satisfaction durable du client est la priorité absolue de cette entreprise, elle est soumise à des contrôles de qualité rigoureux. De plus, elle s'engage à maintenir une amélioration constante de la qualité de sa gamme de produits en apportant des modifications à ceux existants et en développant de nouveaux produits.

L'unité cuisson de cette entreprise nous a chargés de mener une étude et de concevoir un outil pour la fabrication d'un convoyeur de fumée destiné à une nouvelle cuisinière ENIEM. La complexité géométrique de cette pièce nécessitait l'utilisation à la fois du procédé de poinçonnage, de découpage et du pliage afin d'obtenir la pièce finale.

Pour répondre aux besoins de l'entreprise, il est donc impératif de se munir de connaissances suffisantes des phénomènes qui se produisent lors des opérations de mise en forme, de l'architecture des outils et du choix des machines permettant l'obtention du meilleur résultat au niveau rentabilité et fiabilité (durée de vie).

Nous avons organisé notre travail comme suit :

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

Le premier chapitre traite les types d'aciers différents aciers, leurs microstructures et leurs propriétés physico chimiques.

Le deuxième chapitre est consacré aux différents procédés de mise en forme des tôles et leurs principes.

Le troisième chapitre abordera la classification des différentes presses utilisées et de leurs équipements.

Le quatrième chapitre traite de l'étude, de la conception et de la résistance de notre outil, ainsi que du choix de la presse à utiliser.

Le travail ainsi effectué, nous sommes en mesure de formuler une conclusion générale.

Présentation de l'entreprise

1. Présentation de l'entreprise

L'Entreprise Nationale des Industries Électroménagères ENIEM est née après la restriction de l'entreprise mère SONELEC le 02 janvier 1983. Cette dernière a été renommée en Août 1971.

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoqué sa transformation, en société par action dont le but est d'améliorer la recherche et le développement de ses produits, à l'échelle nationale.

Connu aujourd'hui, le leader de l'électroménager en Algérie, et cela, dans divers domaines tels que :

- La climatisation, la cuisson, la réfrigération et la conservation (Oued Aissi).
- Sanitaire (Miliana).
- Filiale lampe (Mohammedia).

Elle est située dans la zone industrielle AISSAT IDIR d'Oued Aissi, à 7 Km du chef-lieu de la wilaya Tizi-Ouzou, à proximité de la route nationale. Ce qui facilite son accès.

Sa direction générale est située à la sortie sud-ouest, de la ville de Tizi-Ouzou.

Le champ d'activité de l'entreprise ENIEM consiste en la conception, la fabrication et la commercialisation des produits électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente.

Actuellement, l'entreprise ENIEM est constituée de :

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

L'entreprise ENIEM aujourd'hui a une importante gamme de production, ces produits sont :

- Les réfrigérateurs petits et grands modèle (R.P.M et R.G.M).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.
- Cuisinières 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).

1.1. 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.

1.2. Principales missions et activités de l'entreprise

1.2.1. 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.

1.2.2. Unité froid

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

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

- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces métalliques.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

1.2.3. Unité climatiseur

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

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

1.2.4. 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 ...).

1.3. Organisation générale de l'entreprise

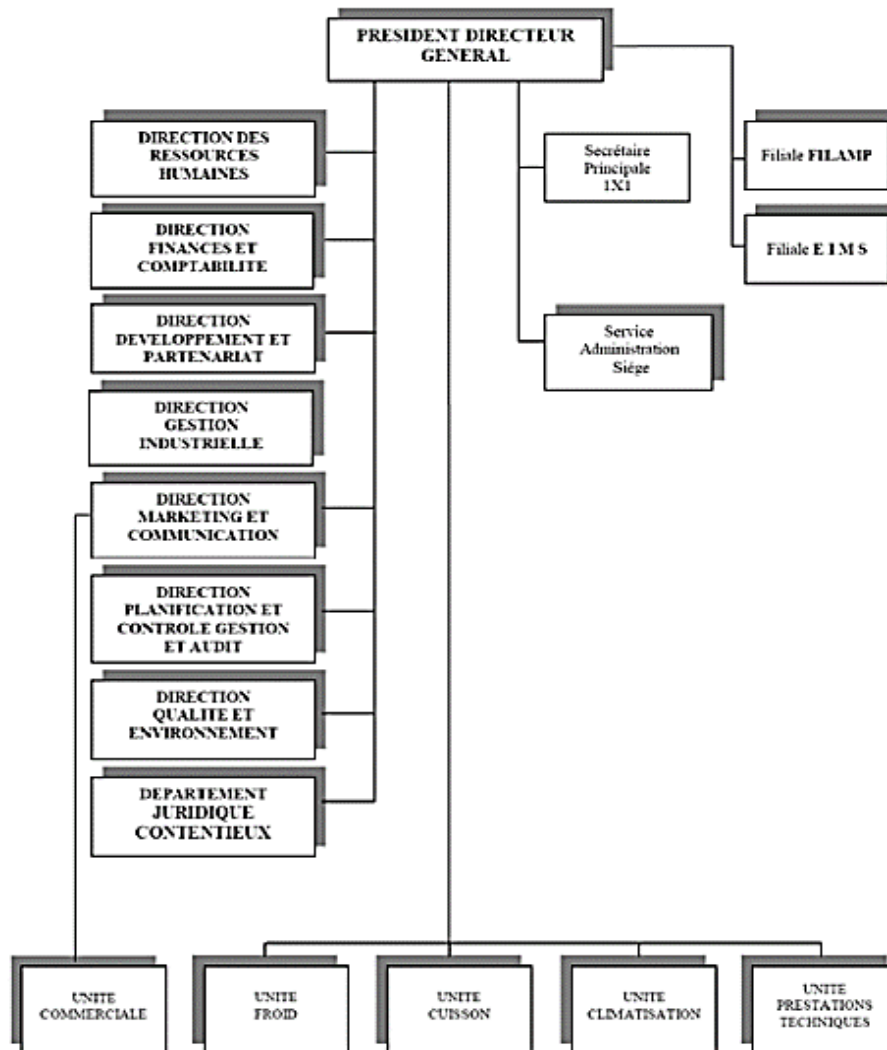


Figure I: Organisation générale de l'entreprise.

1.4. Politique de l'entreprise

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

1.4.1. 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 continue l'efficacité du système de management de la qualité.

1.4.2. 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.

1.4.2.1. Ses objectifs

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

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

1.4.2.2. Politique environnementale

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

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

Chapitre I : GÉNÉRALITÉS ET CARACTÉRISATION DES ACIERS

I.1. Introduction

Le choix d'un matériau pour une application particulière nécessite de s'assurer de sa durabilité dans les conditions d'utilisation, notamment environnementales. Cela est particulièrement vrai pour les systèmes conçus pour fonctionner à des températures élevées et dans des atmosphères corrosives. De tous les alliages métalliques, l'acier est le plus couramment utilisé dans les applications industrielles. La grande variété de qualités et la possibilité d'effectuer des traitements thermomécaniques pour ajuster les propriétés mécaniques les rendent très polyvalents.

I.2. Généralités sur les aciers [1]

L'acier est un alliage de fer et de carbone dont la teneur en carbone est inférieure à 2 % en masse. Il est répertorié par cette teneur en carbone qui établit la dureté maximale à la trempe. L'acier à faible teneur en carbone est le moins dur et le plus malléable.

Il contient des petites quantités d'autres éléments, incorporés au cours de son élaboration.

On peut aussi y ajouter des éléments d'alliage pour améliorer certaines propriétés spécifiques.

1.2.1. Microstructures des aciers

Pour comprendre le comportement et les propriétés des divers types d'acier, il est nécessaire de comprendre leurs microstructures. Cette microstructure contient des informations sur la structure cristalline, les imperfections ou défauts des réseaux cristallins et la texture.

I.2.1.1. La structure cristalline

Un acier est formé d'une multitude de petits volumes appelés grains qui sont limités par des surfaces appelées joints de grains. Les grains accolés les uns aux autres suivant les joints de grains, forment un empilage régulier d'atomes dans les 3 dimensions, selon un motif (ou maille) qui se répète un grand nombre de fois. L'ensemble de ces atomes constitue la structure cristalline de l'acier.

I.2.1.2. Différentes phases du fer

S'il est possible de faire varier dans de très larges limites les propriétés d'un acier de composition chimique donnée, c'est grâce à l'existence des transformations allotropiques que présente le fer et du rôle que joue le carbone dans ces transformations. L'une des caractéristiques essentielles du fer est l'existence de deux types d'arrangement des atomes (maille) suivant la température : cubique centré, de la température ambiante qui peut atteindre 910°C et cubique à faces centrées allant de 910°C jusqu'à 1394°C, et au-delà, elle est cubique centrée.

a) Structure cubique à température ambiante jusqu'à 912 °C

De la température ambiante jusqu'à 912°C, les atomes de fer sont placés suivant un réseau cubique centré. Il s'agit du Fer α , l'association de ce dernier avec le carbone en solution est appelé : Ferrite.

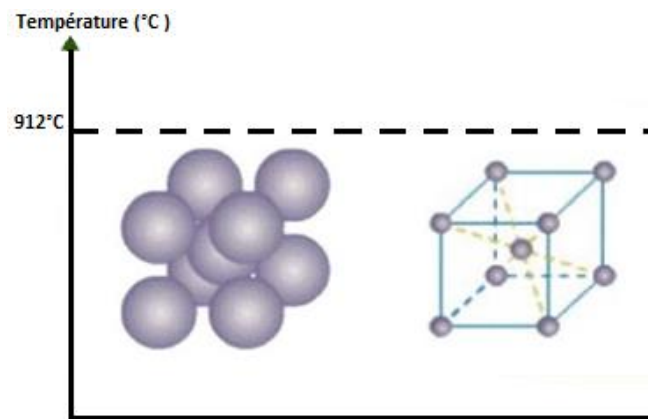


Figure I. 1 : Structure cubique centrée de l'ambiante jusqu' à 912°C.

b) Structure cubique à température variable de 912°C jusqu'à 1394°C

De 912°C jusqu'à 1394°C, les atomes de fer sont disposés suivant un réseau cubique à faces centrées. Il s'agit du fer γ , l'association de ce dernier à du carbone en solution est appelé : Austénite.

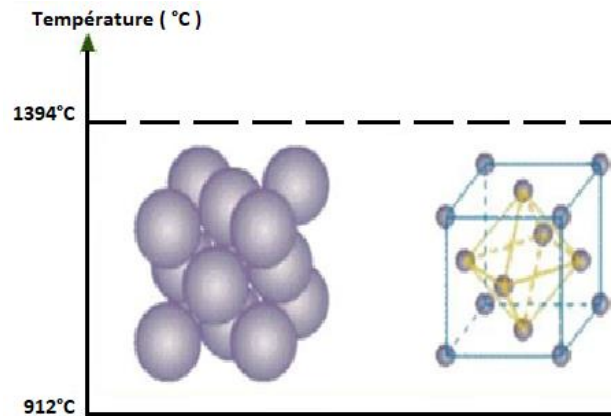


Figure I. 2 : Structure cubique à faces centrées de 912°C jusqu'à 1394°C.

c) Structure cubique à une température supérieure à 1394°C

Au-dessus de la température 1394 °C, le fer est de nouveau de structure cubique centrée, à ce stade, on l'appelle le fer δ .

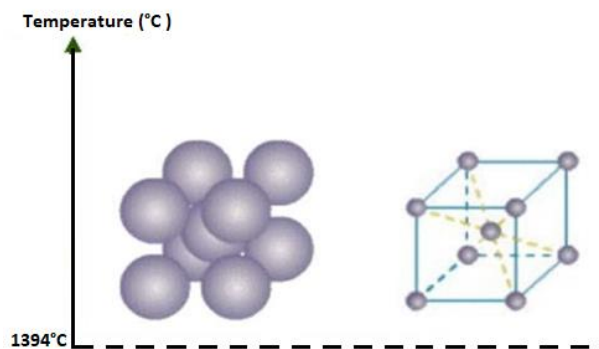


Figure I. 3 : Structure cubique centrée (fer δ).

I.3. Différents types d'aciers [2]

Du fait du nombre élevé d'éléments ajoutés au fer, de la gamme étendue de leur teneur, les aciers présentent un nombre assez grand de nuances différentes. On peut les classer alors selon leur composition chimique, ou bien, selon leur domaine d'utilisation. C'est cette dernière classification, qui nous permet de considérer les quatre familles suivantes.

I.3.1. Aciers ordinaires

Les aciers d'usage général ou bien acier ordinaire, sont aussi appelés aciers au carbone. Ils ont une teneur maximale de 0.25% en masse de Carbone, constituant environ 80% de la production des aciers (Tableau I.1). Ces aciers contiennent des éléments

d'addition en faible quantité, et des impuretés dont la présence découle de leur mode d'élaboration.

Nuance	Pourcentage de carbone (c)	Résistance R_m (MPa) état recuit	Emplois
Extra-doux	$C < 0.15$	330 – 420	Tôlés pour carrosserie, feuillards, quincaillerie, pièces de forge.
Doux	$0.15 < C < 0.20$	370 – 460	Charpente métallique, profilés, construction mécanique, courante, boulons, fils ordinaires.
Demi-doux	$0.20 < C < 0.30$	480 – 550	Pièces de machines pour applications mécaniques, pièces ou bâtis moulés, pièces forgées.
Demi dur	$0.30 < C < 0.40$	550 – 650	Petit outillage, éléments de machines agricoles, organe de transmission.
Dur	$0.40 < C < 0.60$	650 – 750	Pièces d'outillage, d'armement, glissière, rails et bandage, ressorts, coutellerie, pièces moulées et traitées.

Extra dur	$0.60 < C$	> 750	Outils d'usinage et découpe, câbles, ressorts.
------------------	------------	---------	---

Tableau I.1 : Aciers d'usage général.

a) Propriétés des aciers ordinaires

Les principales propriétés de ces aciers susceptibles d'être améliorées sont, comme suit :

- Une résistance mécanique à l'état normalisé ou à l'état recuit ;
- La trempabilité ;
- Une bonne soudabilité ;
- Une tenue à chaud ;
- Une résistance à l'usure et à la corrosion ;
- Amélioration des propriétés par écrouissage ;
- Limite d'élasticité intéressante.

b) Désignation des aciers ordinaires

Selon la norme NF EN 10027, les aciers ordinaires sont désignés suivant deux classes. La désignation commence par la lettre S pour les aciers d'usage général, et par la lettre E pour les aciers de construction mécanique ; le nombre qui suit indique la valeur minimale de la limite d'élasticité de l'acier, (en MPa).

S235 : Acier d'usage général, avec : $Re = 235$ MPa

E335 : Acier de construction mécanique, avec : $Re = 335$ MPa

c) Domaines d'utilisation

Ces aciers sont utilisés sans traitement thermique. Leur usage est destiné pour de multiples constructions, notamment, pour les charpentes métalliques, les bâtiments, les ponts et les immeubles, en mécanique générale, la construction navale et ainsi qu'aux chemins de fer.

I.3.2. Aciers de Traitement Thermique [3]

Les aciers alliés ou non alliés de traitements thermiques sont définis en fonction de leurs composition chimique. Cette dernière permet de déterminer les traitements qu'on peut leur appliquer en fonction des propriétés recherchées.

a) Aciers non alliés

Ces aciers sont intermédiaires entre des aciers d'usage général de type A, et des aciers fins de type XC. On peut leur faire subir un traitement thermique, mais les caractéristiques mécaniques obtenues peuvent être assez variables d'un lot à l'autre, et aussi à l'intérieur du même lot.

Selon la norme **NF EN 10027**, la désignation des aciers non alliés se compose de la lettre **C** suivie du pourcentage de la teneur moyenne en carbone multipliée par 100.

Ces aciers sont employés en constructions mécaniques, conviennent aux traitements thermiques et au forgeage.

Nuance	R_{\min}	Re_{\min}	Emplois
C22	410	255	Construction mécanique. Ces aciers conviennent aux traitements thermiques et au forgeage.
C25	460	285	
C30	510	315	
C35	570	335	
C40	620	355	
C45	660	375	
C50	700	395	

C55	730	420	
C60	$HRC \geq 57$		

Tableau I. 2 : Tableau de désignation des aciers non alliés.

b) Aciers alliés

On distingue deux catégories d'aciers alliés :

I.3.3. Aciers faiblement alliés

Sont des aciers dans lesquels, il n'existe aucun élément d'addition qui atteinte la teneur de 5%.

Leur désignation se compose de 3 étapes :

- Un nombre entier, égal à cent fois le pourcentage de la teneur moyenne en carbone.
- Un ou plusieurs groupes de lettres qui sont les symboles chimiques des éléments d'addition rangés dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- Une suite de nombre rangés dans le même ordre que les éléments d'alliage, et indiquant le pourcentage de la teneur moyenne de chaque élément.

Les teneurs sont multipliées par un coefficient multiplicateur variable en fonction des éléments d'alliage (Tableau I.3).

L'apport des éléments d'alliage va permettre l'augmentation de la résistance mécanique et de la profondeur de trempe.

Nuance	R_{min}	Re_{min}
38Cr2	800	650
34Cr4	880	660
37Cr4	930	700
41 Cr 4	980	740
55 Cr 3	1100	900

100 Cr 6	HRC \geq 62	
25 Cr Mo 4	880	700
35 Cr Mo 4	980	770
42 Cr Mo 4	1080	850
16 Cr Ni 6	800	650
17 Cr Ni Mo 6	1130	880
30 Cr Ni Mo 8	1030	850
51 Cr V 4	1180	1080
16 Mn Cr 5	1080	835
20 Mn Cr 5	1230	980
36 Ni Cr Mo 16	1710	1275
51 Si 7	1000	830
60 Si Cr 7	1130	930
NOTA :	Cette symbolisation s'applique aussi aux aciers non alliés de décolletage.	

Tableau I.3 : Désignation des aciers faiblement alliés.

I.3.4. Aciers fortement alliés

Sont des aciers dans lesquels, il y'aura au moins un élément d'addition qui atteint la teneur supérieure de 5%.

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

I.3.5. Aciers à outils

Les aciers à outils ont une importance technologique primordiale. Aucune étape de la fabrication, et, quel que soit le procédé employé ne peut se passer d'outil. La production mondiale de ce genre d'acier ne représente qu'un faible pourcentage.

Les caractéristiques d'utilisation de ces aciers sont semblables à celles des aciers alliés, mais, elles exigent l'amélioration d'un certain nombre de propriétés telles que la dureté, la trempabilité, la tenue à chaud, la ténacité, la résistance et la résistance aux chocs thermiques.

Ces aciers sont destinés pour des travaux à froid, à chaud, ainsi que pour le formage et l'usinage.

❖ **Les principales propriétés des aciers à outils sont :**

- Une dureté à l'ambiante supérieure à 60 HRC.
- Un maintien d'une dureté et d'une ténacité élevée à chaud avec une addition d'importante d'éléments carburigène tels que (W, Mo, V) associés au chrome (qui améliore la trempabilité) et au cobalt.
- Élaboration et traitements thermomécaniques complexes.
- Résistance au frottement, à l'usure et à la fatigue sont améliorée par des traitements superficiels.

I.3.6. Aciers inoxydables

Lorsqu'on ajoute au fer des quantités croissantes de chrome, on constate que la résistance à la corrosion atmosphérique augmente.

En effet, l'addition de chrome au fer, provoque une réaction qui permet la formation en surface d'un film de passivation invisible et protecteur, qui rend le métal passif. Compte tenu de ces observations, on convient d'appeler l'acier inoxydable, un alliage Fer / Chrome où la teneur en chrome est supérieure à environ 12%. Ces aciers sont résistants à de nombreux milieux corrosifs et dans des limites étendues de température.

C'est la qualité du film de passivation qui détermine les qualités d'inoxidabilité de l'acier. Ceci implique que ce film ne doit pas être endommagé, par des actions extérieures telles que des rayures...etc.

La résistance à la corrosion de l'acier inoxydable provient justement de l'oxydation naturelle de la surface de l'alliage. Bien qu'extrêmement mince, la pellicule protectrice qui se forme à la surface adhère fortement, elle est chimiquement stable, c'est-à-dire passive, dans un environnement qui lui procure suffisamment d'oxygène.

L'acier inoxydable ne peut - être considéré comme indestructible, son état de passivité peut être rompu dans certaines conditions, ce qui occasionnera alors de la corrosion surface. Elle influe essentiellement sur sa tenue à la corrosion et ses caractéristiques mécaniques. Il existe plus de cent nuances d'inox, classées en cinq grandes familles (Norme Européenne **EN 10088**).

On peut classer les aciers inoxydables selon la structure cristalline qu'ils prennent après un traitement bien déterminé. Il existe trois familles d'aciers inoxydables :

- **Les aciers Ferritique** (structure cubique centrée **CC**).
- **Les aciers Martensitique** (structure quadratique).
- **Les aciers Austénitique** (structure cubique faces centrées **CFC**).

a. Les aciers Ferritiques (magnétiques)

Ces aciers ne tolèrent pas la trempe. Il est dit ferritique car sa structure cristalline à température ambiante correspond à celle du fer. La teneur en carbone est très faible (environ 0,07 % de carbone). La teneur en chrome est de 11 à 29 %, pas de nickel.

L'acier ferritique présente un magnétisme à température ambiante. Il a une ductilité modérée.

b. Les aciers Martensitique (magnétiques)

Ces aciers peuvent prendre la trempe, et, sont susceptibles de donner des caractéristiques mécaniques variées suivant la teneur en carbone, et, le traitement thermique (trempe, revenu, recuit), ils ont une très bonne trempabilité, en général.

Toutefois, il faut noter que l'accroissement des caractéristiques par la trempe et le revenu est inévitablement associé à une augmentation de la sensibilité à la corrosion.

Les aciers martensitiques sont en général moins résistants à la corrosion que les aciers ferritiques. Les aciers martensitiques, les plus courants ont une teneur en chrome de 13% et des teneurs en carbone supérieures à 0,08%. (Exemple d'utilisation : lames de couteaux de cuisine).

c. Les aciers Austénitiques (amagnétiques)

Il existe deux sortes d'aciers austénitiques :

- Les austénitiques au Chrome-Nickel (18% de Chrome et 8% de Nickel). Ils sont très résistants à la corrosion grâce à la présence du chrome et sont aussi très ductiles.

Ces aciers ont une structure cubique à faces centrées à température ambiante. Cette structure est amagnétique, et peut être conservée à la température ambiante grâce à des éléments d'alliage appropriés dont le plus connu est le nickel.

- Les aciers austénitiques au Chrome-Nickel-Molybdène (18% de Chrome, 10% de Nickel et 2% de Molybdène), sont destinés pour les milieux les plus agressifs.

I.4. Conclusion

Ce chapitre est consacré à l'étude de différents aciers et de leur comportement microstructural. Ces aciers se différencient par l'ajout d'éléments d'alliage. Chaque nuance d'acier diffère selon sa composition chimique et son domaine d'application, garantissant une durabilité dans les conditions de service, notamment dans l'environnement.

Le choix de l'un d'eux dépend des propriétés exigées, par rapport à leur microstructure, soit au stade d'élaboration, aux traitements thermiques et thermo-chimiques dans le but d'assurer une bonne fonctionnalité et une durée de vie appréciable de la pièce à réaliser.

Chapitre II : PROCÉDÉS D'OBTENTION DES TÔLES ET DE MISE EN FORME DES PIÈCES MÉCANIQUES

II.1- Introduction

La tôle, un produit métallique plat, qui peut se présenter sous forme de feuilles ou de bobines. La fabrication des pièces de tôle aux formes demandées, est obtenue par différentes opérations.

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

II.2- La tôle : [4]

II.2.1- Définition :

Les tôles sont des produits plats de section droite presque rectangulaire et dont la largeur est très supérieure à l'épaisseur tirés des brames par laminage à froid pour les tôles minces, dont l'épaisseur est inférieure à 3 mm ; ou à chaud, C'est-à-dire que les plaques d'acier, issues de la coulée, sont réchauffées entre 800 et 1200°C puis écrasées par un passage successif entre deux rouleaux jusqu'à obtention de l'épaisseur voulue. Elles sont conditionnées en bobines, en bandes refendues ou en feuilles.

II.2.2- Les différents types de tôles :

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

- **Suivant leurs épaisseurs :**
 - a) Les tôles fines (< 3 mm).
 - b) Les tôles fortes (> 3 mm).

- **Suivant leurs finitions :**
 - a) La tôle noire dont les faces ont un fini brut, sans revêtement.
 - b) La tôle galvanisée, pour sa part, elle dotée d'un revêtement anticorrosion au niveau de ses deux faces.
 - c) La tôle pré laquée qui présente une surface anticorrosion comme chez la galvanisée, en-dessus de laquelle on ajoute une/des couches de peinture.



Figure II. 1 : Bobine de Tôle.

II.3- Procédés d'obtention des tôles [5]

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

- Après l'obtention du brut, la brame passe par le procédé de **laminage**, qui est une opération de mise en forme par déformation plastique, destinée à réduire la section d'un produit de grande longueur, par passage entre deux ou plusieurs outils tournant autour de leur axe en sens inverse. C'est la rotation des outils qui entraîne le produit dans l'emprise par l'intermédiaire des frottements.

- **Le laminage à chaud** s'impose pour deux raisons capitales : La première est que la résistance à chaud du métal décroît très rapidement avec la température, la seconde est d'ordre métallurgique.

- **Le laminage à froid** provoque un écrouissage du métal. Le laminage ne peut se poursuivre au-delà de la limite de rupture, par ailleurs l'écrouissage peut entraîner un

dépassement des capacités de puissance du système de laminage à froid.

En pratique, les premières séries de réductions commencent à chaud afin d'atteindre facilement de fortes déformations du matériau et d'ajuster les propriétés métallurgiques du produit. Le passage à froid est ensuite nécessaire pour obtenir les caractéristiques géométriques et mécaniques adéquates, ainsi qu'un bon état de surface.

II.3.1- Laminage à chaud

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

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



Figure II. 2 : Laminage à chaud.

II.3.2- Laminage quarto

Dans le laminoir quarto, la brame est laminée dans deux cages quarto (constituée de quatre cylindres), une dégrossisseuse et une finisseuse, jusqu'à obtenir l'épaisseur voulue. La plaque ainsi obtenue est refroidie et aplanie. Cette technique permet de

laminer des plaques plus larges et/ou plus épaisses que dans un laminoir à chaud de train à bandes. Selon la qualité demandée, les propriétés mécaniques de la tôle quarto sont souvent améliorées après le laminage par des traitements thermiques comme la normalisation. La norme EN 10029 précise les tolérances sur les dimensions et la forme de la tôle quarto.

Les cages des laminoirs sont généralement **quarto**, composées de deux cylindres de travail de faible diamètre (de l'ordre de 10 cm), assurant le laminage, et de deux cylindres d'appui de diamètre plus grand, comme schématisé sur la **Figure II.3**. Différents actionneurs de la cage « vis de serrage, vérins, ... etc. », permettent de régler l'épaisseur correcte en sortie d'emprise.

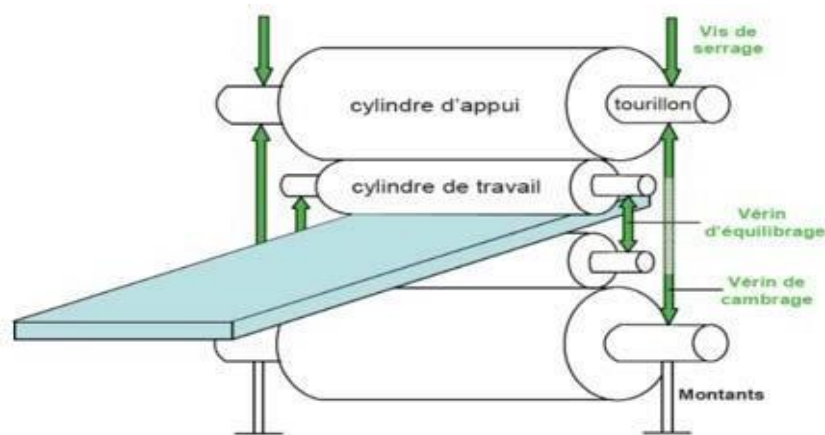


Figure II. 3 : Schéma d'une cage quarto de laminage.

II.3.3- Laminage à froid

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

Le laminage à froid est généralement réalisé sur des laminoirs réversibles multicylindres, où plusieurs cages se succèdent, il s'agit d'un train de laminage (Voir la **Figure II.4**). Deux bobineuses sont disposées de chaque côté des cages pour assurer la traction de la bande. Le laminage s'effectue sous film d'huile minérale afin de faciliter l'écoulement du métal, éliminer la chaleur produite par le laminage et lubrifier les équipements internes de la cage de laminage.

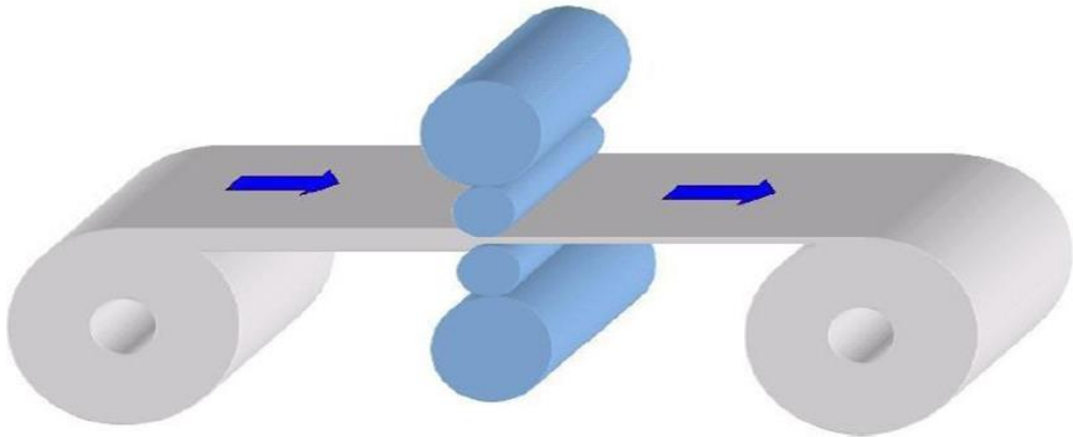


Figure II. 4 : Train de laminage.

II.4- Emboutissage [6]

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

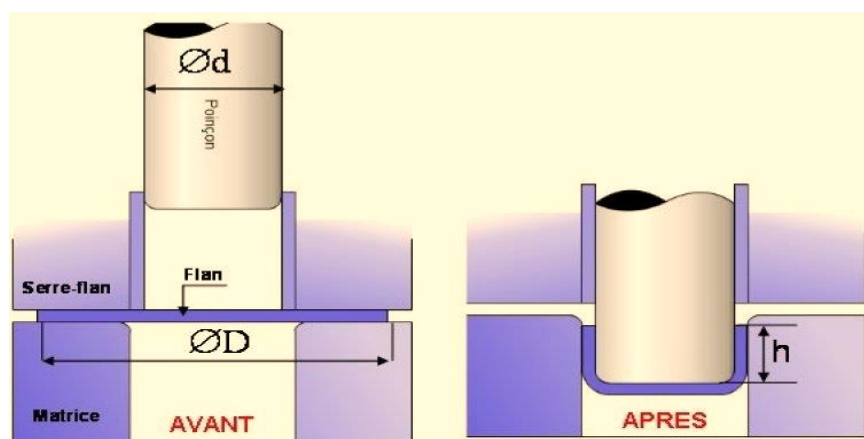


Figure II. 5 : Emboutissage.

II.4.1- Principe de l'emboutissage

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

- **Phase 1** : Poinçon et serre flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice (voir la **Figure II.6**).

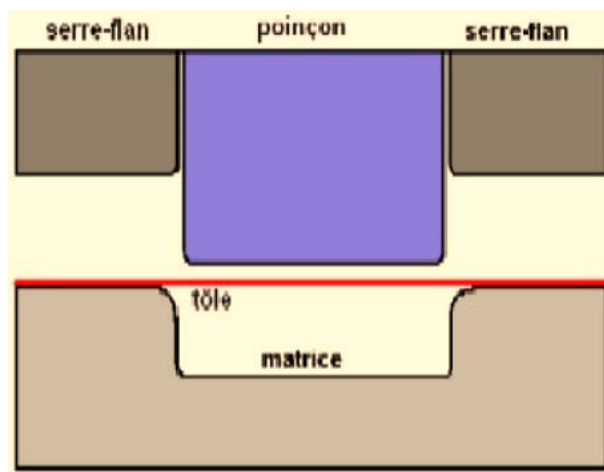


Figure II. 6 : Phase 1 de l'emboutissage.

- **Phase 2** : Le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de maintenir la tôle tout en lui permettant de fluer (voir la **Figure II.7**).

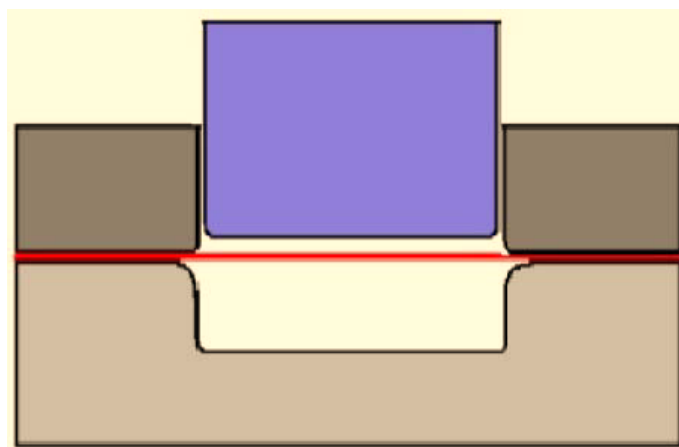


Figure II. 7 : Phase 2 de l'emboutissage.

Phase 3 : Le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique, en l'appliquant contre le fond de la matrice (voir le **Figure II.8**). La tôle étant maintenue avec glissement possible entre le serre fan et la matrice, le poinçon est abaissé et vient plaquer la tôle, en la déformant, contre le fond de la matrice

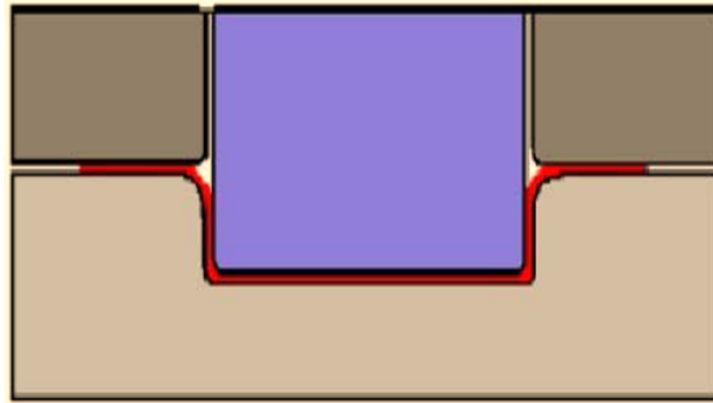


Figure II. 8 : phase 3 de l'emboutissage.

- **Phase 4 :** Le poinçon et le serre flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée) (voir la **Figure II.9**). La pièce formée reste au fond de la matrice. Il reste jusqu'à l'éjection et son détourage.

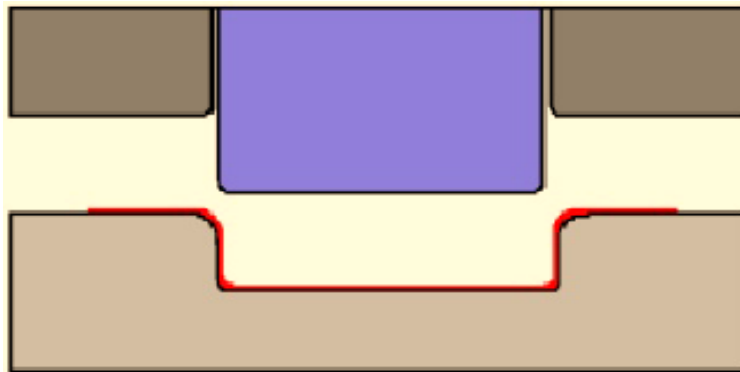


Figure II. 9 : Phase 4 de l'emboutissage.

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

II.4.2 -Techniques d'emboutissage

Les principales techniques d'emboutissage existantes dans l'industrie, sont comme suit

a. Emboutissage à froid

Cette technique consiste à former une pièce à une température ambiante. Elle est principalement utilisée sur un outillage avec serre flan, mais peut aussi l'être sur un outillage sans serre flan dans le cas où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage. Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle, limite les coûts et évite la formation d'oxydes.

b. Emboutissage à chaud

L'emboutissage à chaud est principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effet, le formage de fonds de réservoir en acier est le plus important domaine d'application. Cette technique facilite la déformation du matériau, permet l'emboutissage de pièces profondes par chauffage du flan (et de la matrice). Les cadences de production de l'emboutissage à chaud sont moins élevées que celles de l'emboutissage à froid du fait de l'inertie de chauffage. De plus, les pièces finies sont de moins bonne qualité, que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

II.5- Découpage [7-8]

Le découpage mécanique fait partie des procédés de transformation à froid des métaux effectué sur des presses. Ce type de procédé est de loin le plus pratiqué dans le domaine industriel, et, constitue le procédé le moins coûteux et le plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat en grande, moyenne, voir petite séries.

Le découpage consiste à obtenir des pièces par cisailage des tôles. Plus particulièrement, il consiste à séparer en deux parties, une tôle ou une bande de matière suivant un contour fermé. L'opération s'effectue sur une presse par l'intermédiaire d'un outil dont les parties travaillantes, sont les poinçons et les matrices. L'élément de tôle détaché est appelé le flan. L'organe principal du procédé est un outil constitué de deux éléments montrés sur la **Figure II.10**.

- **Une matrice**, qui a un évidement correspondant à la forme de la découpe souhaitée.

- **Un poinçon**, avec une forme complémentaire, généralement animé d'un mouvement de translation. Deux autres éléments principaux entrent en jeu lors du découpage, sont :

- Une bande de tôle à découper (flan), s'obtient par une séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille.

- Un serre flan ou bien dévêtisseur, qui a pour fonctions le maintien de la bande au cours du découpage, le guidage précis des poinçons par rapport aux matrices et le dévêtissage des poinçons de la matière découpée.

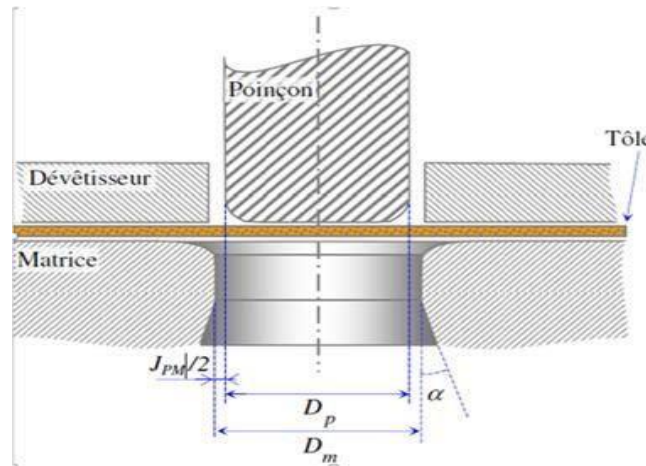


Figure II. 10 : Principe du découpage.

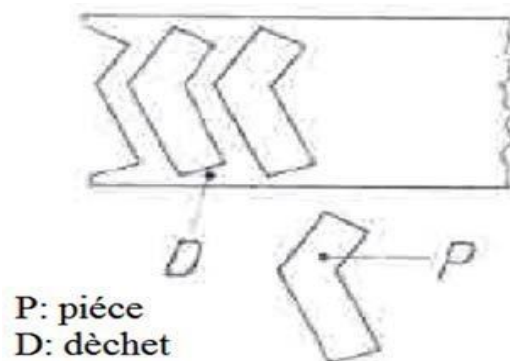


Figure II. 11 : Pièce découpée.

En fonction de la complexité géométrique de la découpe, un outil de découpage peut contenir plusieurs postes de découpage. Il fait partie d'un ensemble d'éléments et d'équipements spécifiques qui assurent la réalisation de la découpe. Cet ensemble est appelé communément une ligne de découpage montré sur la **Figure II.12**.

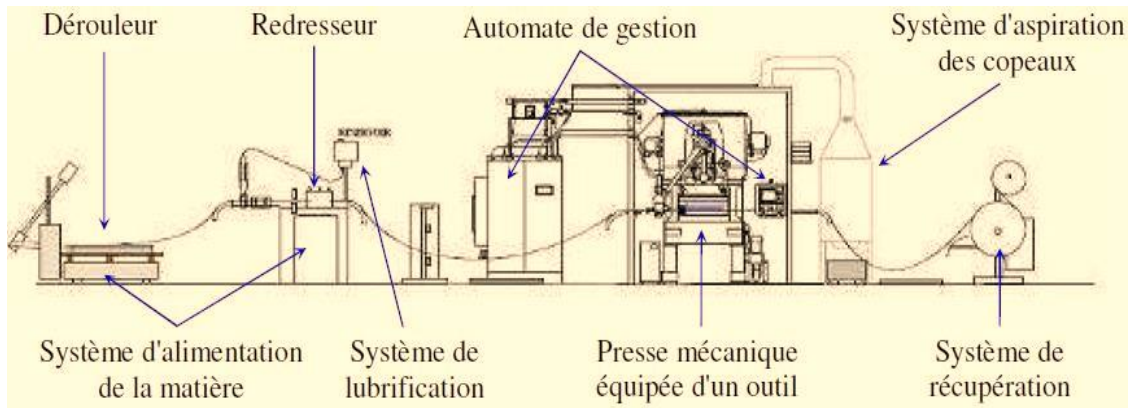


Figure II. 12 : Ligne découpe et ses périphérie.

II.5.1- Différents types de découpage

a- Cisailage

Le cisailage est une technique de découpage sans création de déchet. Il consiste à séparer un flan suivant un contour non fermé qui affecte toute la largeur de la bande. Il s'agit de la séparation totale ou partielle d'un élément métallique, à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile.

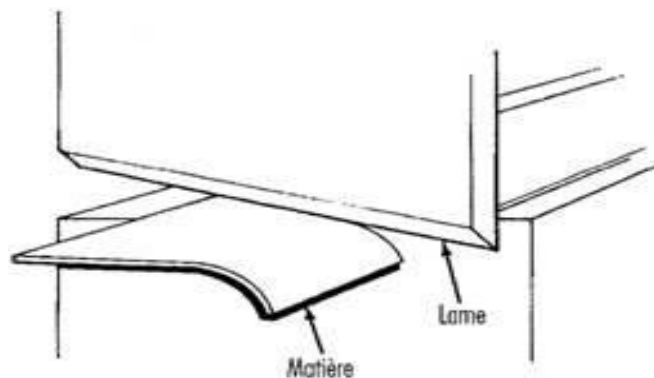


Figure II. 13 : Le cisailage.

Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active de la lame, il se produit une déformation élastique, puis, un glissement avec décohérence du métal. La lame poursuivant sa course, provoque la rupture complète du métal intercalaire.

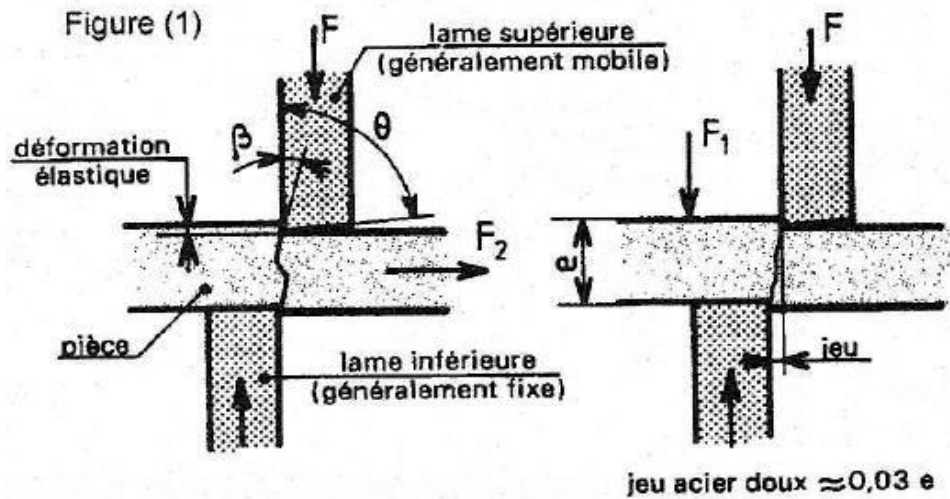


Figure II. 14 : Paramètres entrants lors du cisailage.

b- Encochage

L'encochage est une opération qui s'effectue sur des produits finis. Il s'agit d'un découpage débouchant sur une zone partielle du métal sur le bord d'un flan ou d'une bande, sur un contour de la pièce considérée.

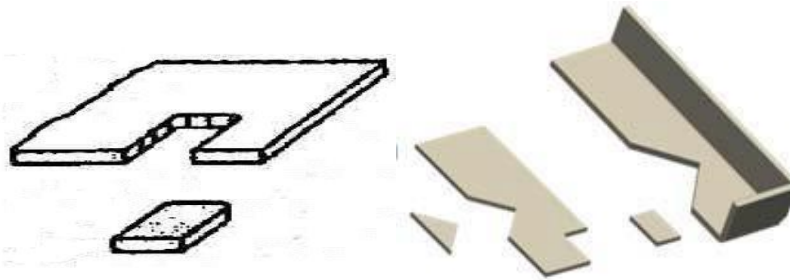


Figure II. 15 : Encochage.

c- Crevage

Il s'agit d'un découpage partiel, suivant un contour sans enlèvement de matière. Il consiste à ne pas détacher la chute complètement de la pièce. De plus, cette opération se fait sur des tôles épaisses.

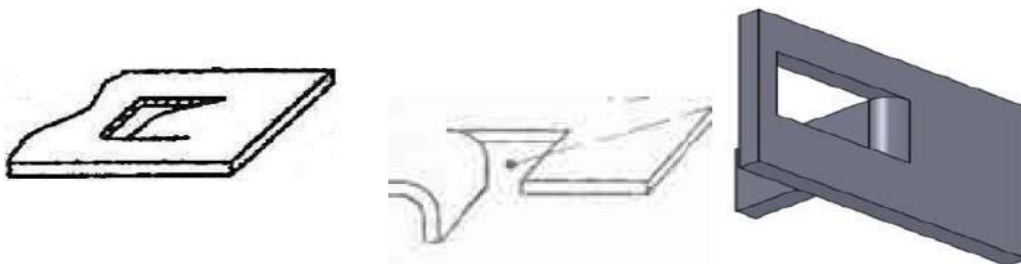


Figure II. 16 : Le crevage.

d- Ajourage

Il s'agit d'une opération de découpage, de réalisation de trous de grand diamètre et des formes allongées dans un flan avant d'engager d'autres opérations de pliage ou d'emboutissage.

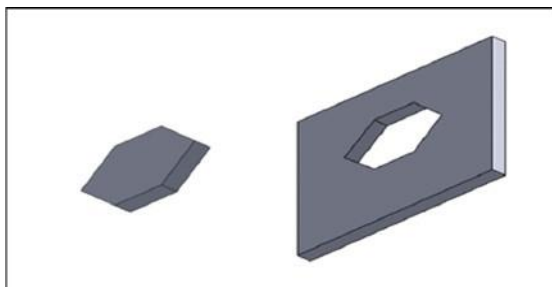


Figure II. 17 : Ajourage.

e- Détourage

Il s'agit d'une opération de finition d'une pièce, qui consiste à découper les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement finie pour obtenir la pièce finale.



Figure II. 18 : Le détourage.

f- Soyage

Il s'agit de former un collet (relevage des bords d'un trou), il est obtenu par un perçage de la tôle, soit par un poinçon de forme pointue, ou bien par un profil déjà formé.

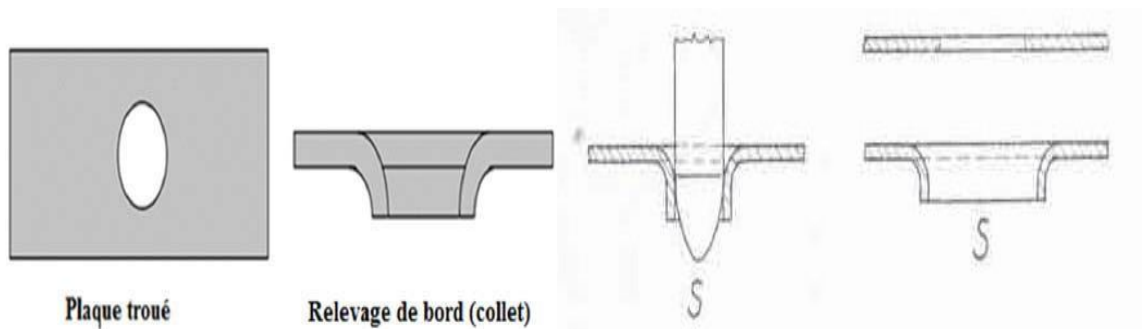


Figure II. 19 : Le soyage.

g- Grignotage

Le grignotage s'applique généralement sur les tôles minces. Il s'agit d'une méthode de découpage par enlèvement de petites quantités de matière, suivant une saignée dont la largeur est égale à celle du poinçon. La découpe se fait suivant un tracé précis.

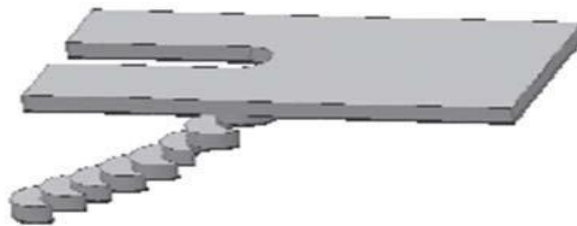


Figure II. 20 : Le grignotage.

h- Grugeage

Le grugeage est une opération de découpage basée sur le même principe que le poinçonnage et appliquée pour créer des entailles de formes diverses sur des profilés. Les entailles sont créées avec des outils de formes ce qui amène à avoir un outil spécifique pour chaque cas.

Dans le cas de production importante et répétitive, certaines machines comportent des postes multiples couplés au grugeoir mécanique.

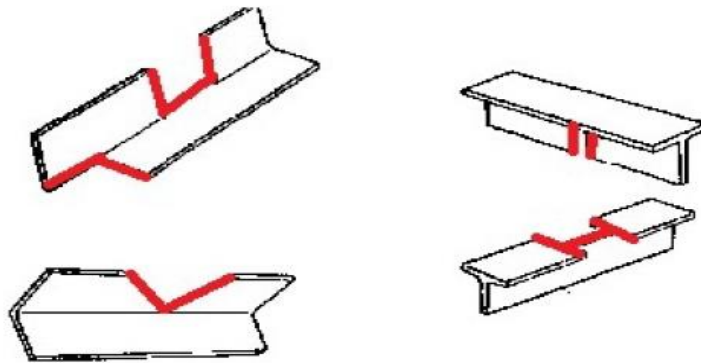


Figure II. 21 : Principe du grugeage.

II.6 - Poinçonnage

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

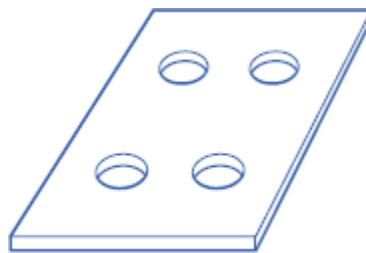


Figure II. 22 : Pièce poinçonnée.

II.6.1- Phases du poinçonnage

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

Phase 1 : Indentation du poinçon dans la tôle

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

Phase 2 : Cisaillement plastique

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

Phase 3 : Rupture

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

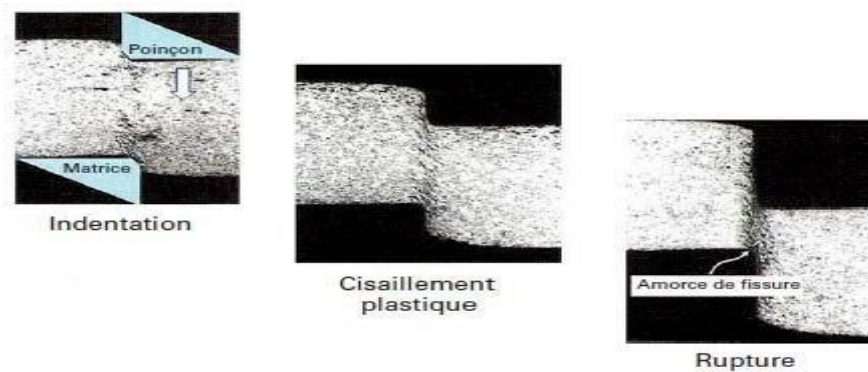


Figure II. 23 : Phases de poinçonnage.

II.6.2- Influence des paramètres de l'opération de découpage

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

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

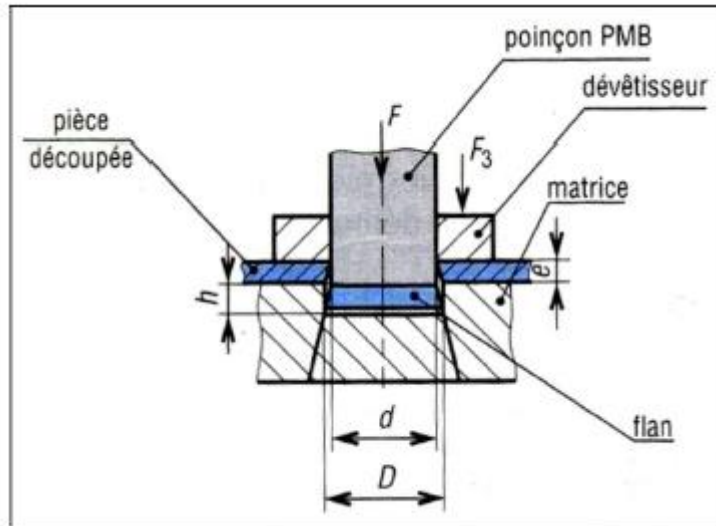


Figure II. 24 : Nomenclature des éléments de géométrie du découpage.

II.6.2.1- Jeu du découpage

D'une manière générale, le jeu de découpage est défini comme étant l'espace qui sépare le poinçon de la matrice. Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon. Pour le poinçonnage, le jeu est à prendre sur la matrice. Donc, pour un bon fonctionnement de l'outil, il est nécessaire d'assurer un jeu fonctionnel entre la matrice et le poinçon. Il réduit le risque de grippage ou de rupture de la matrice. Il permet également de garantir une coupe nette et franche.

La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande de tôle (de façon à ce que les deux amorces de ruptures se rejoignent parfaitement).

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

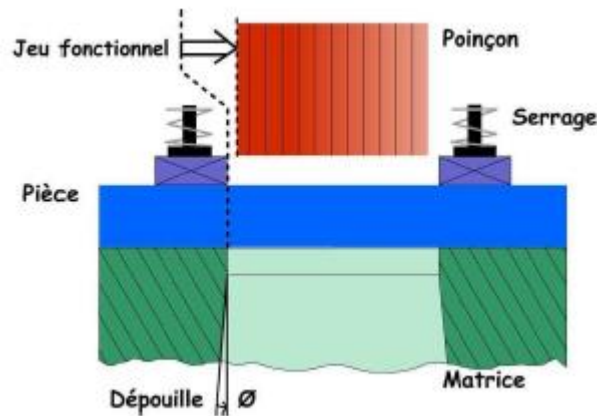


Figure II. 25 : Jeu du découpage.

II.6.2.2- Paramètres liés au réglage de l'outil

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

a- Le serre-flan

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

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

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

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

b- Pénétration du poinçon dans la matrice

La pénétration du poinçon dans la matrice est choisie généralement comme égale à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, cette valeur est plus réduite et peut même être nulle. L'intérêt d'avoir une pénétration importante est grâce à un meilleur maintien

de la débouchure en matrice, et d'éviter les problèmes de remontée de celle-ci en cours defabrication. En revanche, les inconvénients sont les suivants :

- la cadence de la presse sera plus réduite car une partie plus importante du cycle de lapresse sera consommée par la poussée de la débouchure.
- la maintenance de l'outil sera plus importante. En effet, la hauteur d'usure du poinçon (longueur frottée le long du bord découpé) sera accrue, nécessitant des opérations de réaffûtage plus profondes et des changements de poinçon plus fréquents.

c- Vitesse de découpage

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

II.6.2.3- Paramètres liés à l'usure de l'outil

a- Lubrification

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

b- Matériaux à outil

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

II.6.3- Effort du découpage et du poinçonnage

Les efforts de découpage et de poinçonnage d'un outil à bande se calculent suivant la formule **II.1** ci-dessous :

$$F = K \times P \times e \times R_c \quad (\text{II.1})$$

Avec :

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

P : Périmètre de coupe, (en mm),

e : Epaisseur de la tôle, (en mm),

R_c : Résistance au cisaillement de la tôle, (en MPa),

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

Contrainte de compression

Lorsque le poinçon descend avec un effort opposé à la bande de tôle, il est sollicité à une compression. La contrainte de compression de l'outil est calculée suivant la formule **II.2**.

La condition de résistance de l'outil à la compression est que cette contrainte sollicitée ne doit pas dépasser la limite élastique du matériau à partir duquel est fabriqué le poinçon (**relation II.1**).

$$\sigma_{min} < R \quad (\text{II.2})$$

$$\sigma_{com} = \frac{F}{S} \quad (\text{II.3})$$

Avec :

σ_{com} : Contrainte de compression, (en MPa),

R_e : La limite élastique du poinçon, (en MPa),

F : Effort de découpage, (en N),

S : Section du poinçon, (en mm²).

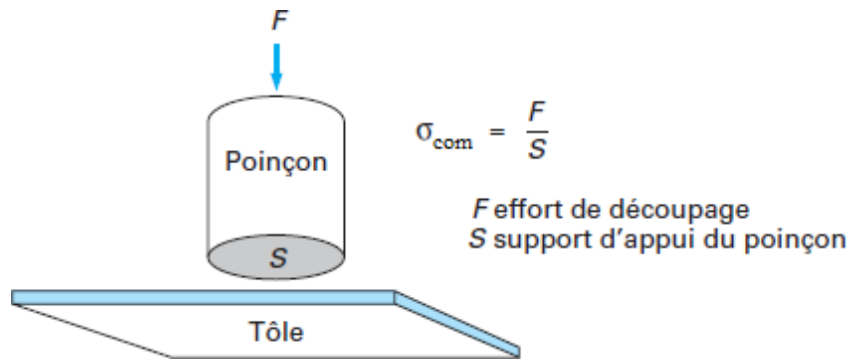


Figure II. 26 : Contrainte de compression sur le poinçon.

Dans le cas des poinçons ayant de petites sections ou de grandes longueurs, la contrainte de compression peut provoquer un flambement du poinçon. Alors, on prévoit toujours un risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (F_{CR}) en utilisant la formule du flambement d'Euler **II.5**. Dans le cas des outils à bande, les poinçons sont encastrés d'un côté, et libre de l'autre côté. La condition de résistance est que l'effort de découpage ne doit pas dépasser la charge critique de flambement du poinçon, comme le montre la relation **II.4**.

$$F < F_{CR} \quad (\text{II.4})$$

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{l^2} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

F : L'effort de découpage, (en N),

F_{cr} : La charge critique du flambement, (en N),

E : Module d'élasticité du matériau du poinçon, (en MPa),

I : Moment d'inertie du poinçon, (en mm⁴),

l : Longueur libre de flambement, (en mm).

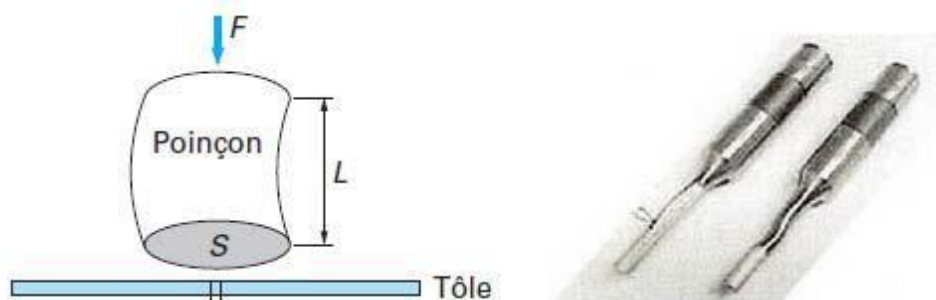


Figure II. 27 : Etat d'un flambement du poinçon du découpage.

II.7- Pliage [9-10]

Le pliage est une opération de conformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane en changeant la direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle donné. La conformation est utilisée pour atteindre des déformations irréversibles en vue de donner à la pièce les spécificités attendues.

Il s'agit d'une déformation obtenue grâce à une force appliquée sur la longueur de la pièce. Celle-ci sera en appui sur deux (2) lignes d'appuis et s'apparente à la flexion. Il faudra dépasser la limite élastique pour obtenir l'angle voulu.

Il existe plusieurs techniques pour plier une pièce : Pliage en l'air dans une presse-plieuse, pliage en frappe, pliage sur plieuse à sommier ou universelle...

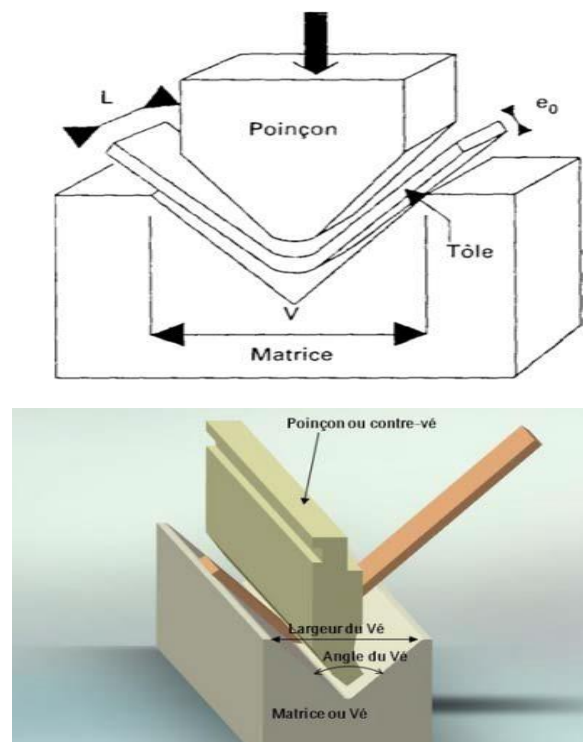


Figure II. 28 : Technique du pliage.

II.7.1- Différents modes de pliage

Suivant la géométrie des poinçons et des matrices, les différents types de pliage sont comme suit :

II.7.1.1- Pliage en V (en presse plieuse)

Le cas du pliage en V, le serre-flan est inutile. La variation de l'angle du poinçon et

de la matrice entraîne la variation de l'angle de formage de la tôle. Selon la course imposée au poinçon, le pliage en V peut s'effectuer par deux procédés :

- En l'air,
- En frappe.

Le schéma du pliage pour ces deux méthodes est assimilé à un schéma de flexion. Les points d'appuis représentent les arêtes du vé, et une flèche symbolise une force. C'est le réglage de la descente du poinçon qui donnera l'angle final du pliage. La **figure II.29**, montre le principe de pliage en V :

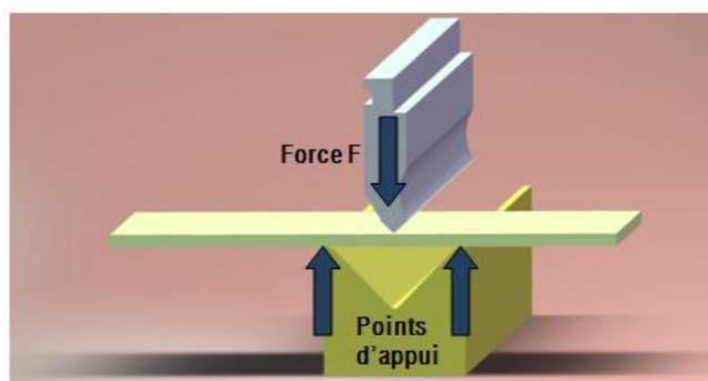


Figure II. 29 : Principe du pliage en V.

a- Pliage en l'air

Il s'agit d'une méthode de pliage de tôles épaisses, la matrice est composée de deux points d'appuis pour lesquels, la tôle prend position.

L'effort de pliage cesse lorsque la tôle arrive au fond du Vé. L'angle final est celui du Vé, augmenté du retour élastique de la tôle, environ **2 à 3°**. Ce mode de pliage est couramment utilisé car les forces appliquées sont environ **5** fois moins importantes que pour du pliage en frappe. L'angle du poinçon est généralement de **88°** pour obtenir des angles de **90° à 180°**.

Avec le pliage **en l'air**, suivant la position du poinçon en fin de course, différents angles peuvent être obtenus avec le même outillage.

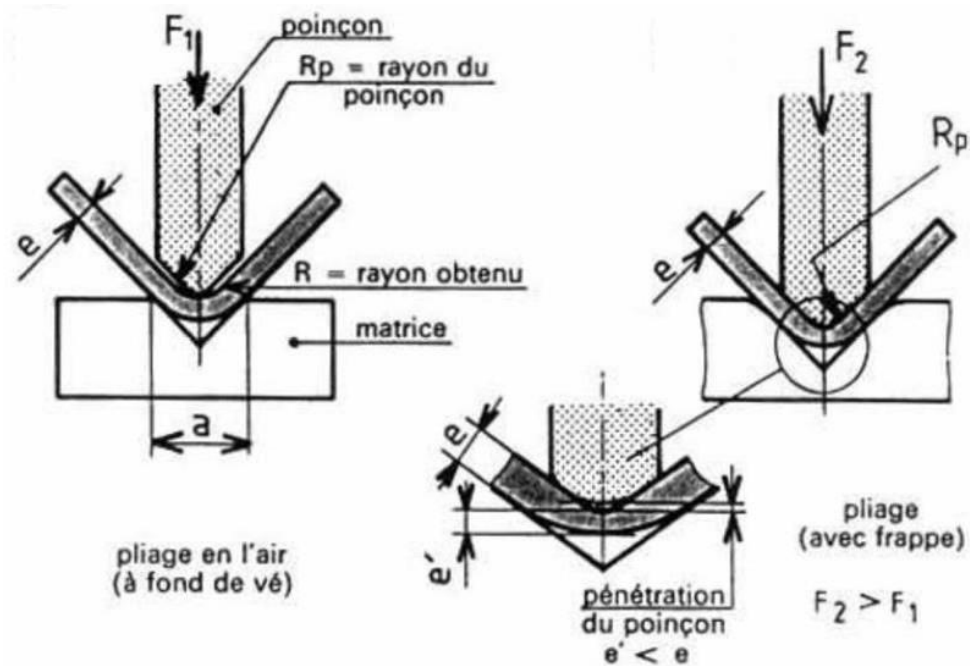


Figure II. 30 : Principe du pliage en l'air.

b- Pliage en frappe

Cette opération de pliage s'effectue en deux temps. Tout d'abord, un pliage «en l'air» est effectué jusqu'à l'angle désiré. Ensuite, le poinçon descendu rapidement, va frapper et marquer la tôle jusqu'à réduire, voire éliminer totalement le retour élastique. On réalise un emboutissage de la pièce, en imprimant une force importante dans la pièce.

L'angle du poinçon et de la matrice sont égaux à l'angle à obtenir. Cette méthode est réservée à des tôles d'épaisseurs inférieures à **2 mm**. Le fait de matricer l'intérieur du pli permet d'obtenir des angles très précis ($\pm 0,5^\circ$).

Les figures suivantes, représentent les outils avec lesquels, le **pliage en l'air** et le **pliage en frappe**, ont été réalisés :

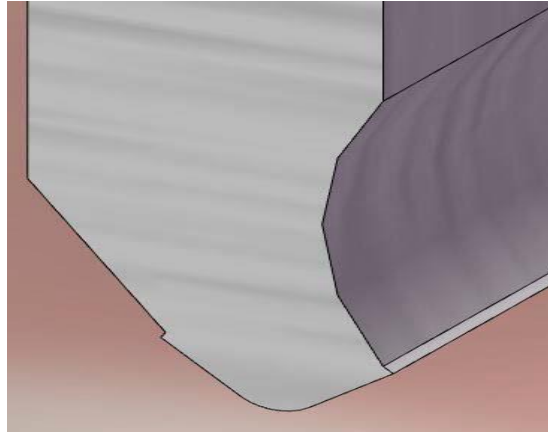


Figure II. 31 : Outil de pliage en l'air.

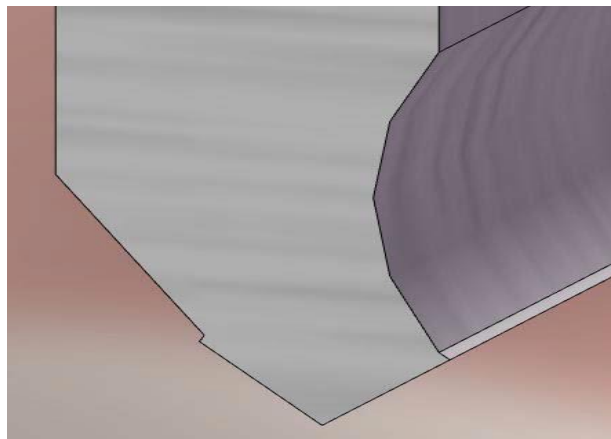


Figure II. 32 : Outil de pliage en frappe.

II.7.1.2- Pliage en U

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

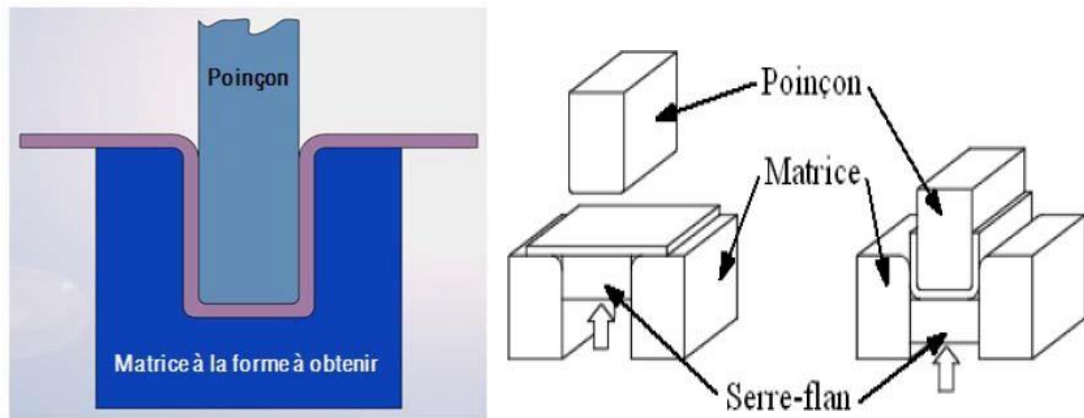


Figure II. 33 : Principe du pliage en U.

II.7.1.3- Pliage en L

Le principe du pliage en L, est simple, consiste à plier un flan en porte-à-faux, à 90° maintenu entre la matrice et le serre-flan.

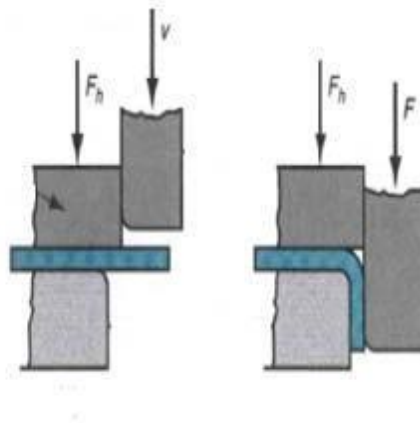


Figure II. 34 : Pliage en L.

II.7.2- Rayon du au pliage

Lors de l'opération de pliage, on remarque des déformations causées, dans la zone pliée, les fibres intérieures sont comprimées, par contre celles extérieures subissent un étirement (sollicitées en traction), on obtient donc, un angle de pliage (voir la figure II.35). Plus le rayon est petit, plus les déformations dues au pliage sont grandes. De plus, pour un pliage dans un angle vif, soit un rayon nul ($R=0$), la pièce est à rejeter, cela est dû aux apparitions des criques, sur la zone étirée de la pièce. (Voir figure II.37) Pour un pliage réussi, le rayon R sera donc choisi assez grand, et, si possible, égal à 5 fois l'épaisseur de la tôle.

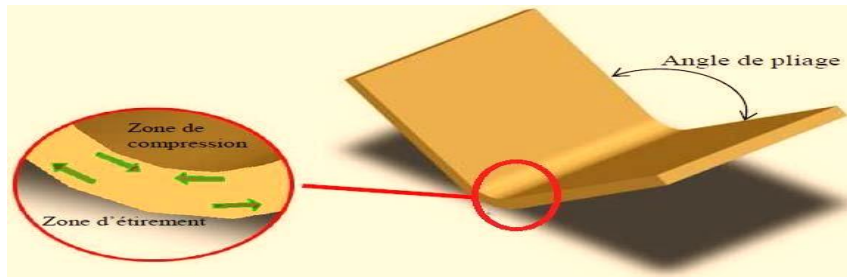


Figure II. 35 : Angle du pliage.

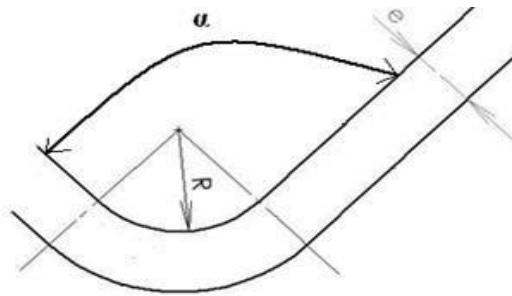


Figure II. 36 : Rayon du pliage.



Figure II. 37 : Déformations à un angle vif ($R=0$).

II.7.3- Position de la fibre neutre :

Entre les deux zones de déformations, la fibre neutre qui ne subit aucun allongement ni raccourcissement, sera la base du calcul de la longueur développée.

En effet, si nous savons déterminer la longueur de cette fibre qui ne subit aucune déformation après pliage, nous trouverons la longueur de la tôle avant pliage.

Elle se situe à la distance « a » du bord intérieur (voir figure II.38). Suivant le rapport (R_i/e), la distance « a » varie, comme l'indique le Tableau suivant :

Ri/e	Approche 1	Approche 2	Approche 3
a	e/3	2e/5	e/2

Tableau II. 1 : Variation de la distance « a » suivant le rapport (Ri/e).

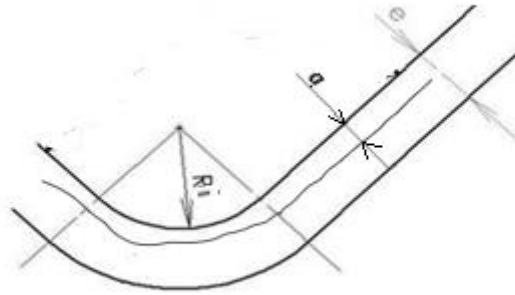


Figure II. 38 : Position de la fibre neutre.

❖ Rayon de la fibre neutre :

Le maintien de l'équilibre des sections l'une qui augmente, l'autre qui diminue provoque un déplacement de la fibre neutre vers le rayon intérieur

Le rayon de fibre est donné par la relation :

$$R_f = R_i + K \times e \quad (\text{II.6})$$

Avec :

K : Coefficient qui dépend de rapport $\frac{R_i}{e}$ donné par le tableau suivant :

Ri / e	> 0.65	> 1.00	> 1.50	> 2.40	> 3.80
K	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50

Tableau II. 2 : Variation de Coefficient de proportionnalité « K » suivant le rapport (Ri/e).

II.7.4- Retour élastique

Lors du pliage en l'air, lorsque l'on relève l'outil, la force appliquée à la pièce redevient nulle. À ce moment, les matériaux étant élastiques, la pièce s'ouvrira légèrement. Il faut donc obtenir un angle inférieur à l'angle voulu, pendant le pliage,

pour obtenir un angle final exact au relâchement de l'outil. Il faut bien sûr effectuer un ou des essais pour connaître le comportement exact du produit que l'on travaille. Il faut veiller au sens de laminage des tôles, car le retour élastique est plus important, si l'on plie perpendiculairement au sens de laminage.

L'angle final « α_f » obtenu, diffère de celui imposé par l'outillage « α_i » de la valeur correspondant, à ce retour élastique. Plus la limite élastique du matériau, est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi du rayon de pliage et de l'épaisseur de la tôle.

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

La **Figure II.39**, décrit le phénomène du retour élastique :

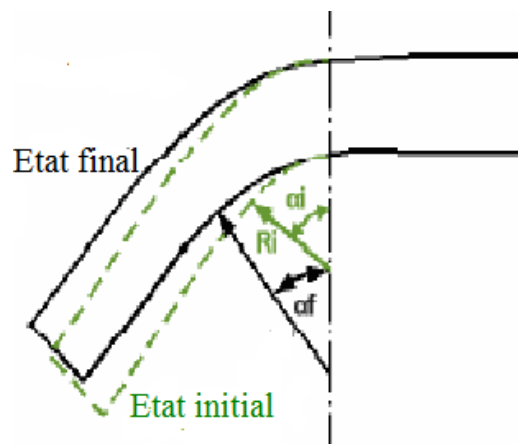


Figure II. 39 : Phénomène du retour élastique.

II.7.5- Paramètres influents sur l'opération du pliage

Les différents paramètres influant sur le pliage sont comme suit :

II.7.5.1- Rayon de la matrice du pliage

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

$$r \geq 2e \quad (\text{II.7})$$

II.7.5.2- Jeu du pliage

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.

$$J \geq e + \text{tolérance max}$$

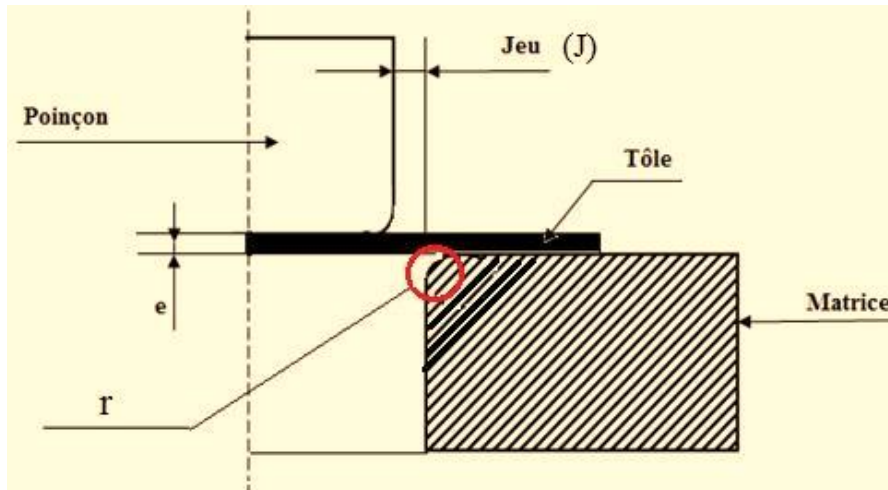


Figure II. 40 : Jeu du pliage et le rayon de la matrice.

II.7.6- Effort du pliage

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

$$F'_{\text{pliage}} = \frac{e \times L \times Rc}{10} \quad (\text{II.8})$$

e : l'épaisseur de la tôle, (en mm).

L : la longueur de la ligne de cambrage, (en mm).

Rc : Résistance de la tôle au cisaillement, (en daN /mm²).

Il est à noter, que l'encombrement des outils utilisés conduit à choisir une presse qui exerce une force nettement supérieure à ce qui est nécessaire. De ce fait, le calcul de l'effort de pliage est inutile pour sélectionner la presse à utiliser.

II.8- Conclusion

Avant chaque mise en forme, le métal doit être obtenu sous forme de tôles. Ces dernières sont obtenues à partir de brames (blocs d'acier brut) par différentes étapes successives de laminage.

Les différentes techniques de mise en forme des métaux par déformation plastique évoquées dans ce chapitre visent à conférer une forme définie au métal tout en lui imposant une certaine microstructure afin d'obtenir un produit aux propriétés recherchées.

Ces techniques de mise en forme sont réalisées sur des presses afin de minimiser les coûts de production pour obtenir des produits de la géométrie désirée.

Chapitre III : CLASSIFICATION DES DIFFERENTES PRESSES MECANQUES UTILISEES ET DE LEURS EQUIPEMENTS

III.1-Introduction

Pour la transformation des tôles, l'industrie a besoin de machines dédiées à diverses opérations de formage du métal telles que la découpe, le pliage ou l'emboutissage. La machine utilisée est généralement une presse.

Les presses sont des machines constituées d'un ensemble d'organes mécaniques conçus pour la réalisation des différents travaux industriels. Elles sont utilisées pour la réalisation des pièces à partir des matériaux en feuille. Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et d'une partie fixe (bâti) qui porte la matrice.[11]

III.2-Différentes presses mécaniques [12]

Les presses mécaniques sont classées suivant plusieurs paramètres :

- Selon le mode de transmission d'énergie.
- Selon le nombre de coulisseaux.
- Selon la forme du bâti.

III.2.1- Selon le mode de transmission d'énergie

On distingue deux types de presses, les presses mécaniques et les presses hydrauliques.

III.2.1.1-Les presses mécaniques

Dans ce type de presse, l'énergie fournie par le moteur est emmagasinée dans un volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation. Les presses mécaniques sont d'une plus grande rapidité de fonctionnement et généralement d'un prix moindre que celui des presses hydrauliques équivalentes. Elles sont plus répandues car elles permettent d'atteindre des cadences élevées.

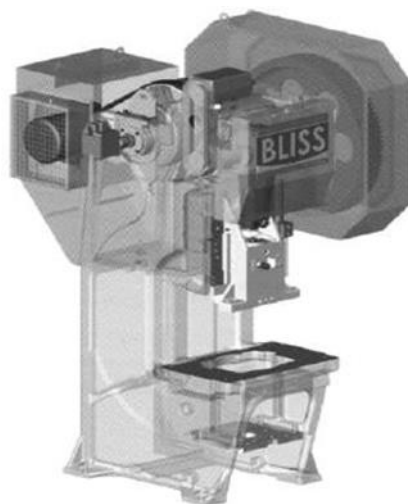


Figure III. 1 : Presse mécanique.

III.2.1.2- Les presses hydrauliques

Leurs structures sont comparables à celles des presses mécaniques, ce qui diffère, c'est le mode d'action du coulisseau. Elles sont actionnées par la pression d'un liquide (huile) qui entraîne le coulisseau par l'intermédiaire d'un vérin. Comme toutes les machines hydrauliques, elles offrent par rapport aux machines mécaniques l'avantage d'une plus grande souplesse qui est due aux possibilités de :

- Modifier la course du coulisseau.
- Avoir de très longues courses.
- Régler la pression exercée sur le coulisseau.
- Contrôler constamment la pression et la vitesse de descente du coulisseau.



Figure III. 2 : Presse hydraulique.

III.2.1.3- -Selon la forme du bâti

III.2.1.2.1- Presses à col de cygne

Elles sont moins encombrantes à simple ou à double effets, équipées d'un bâti inclinable vers l'arrière de 20°, dégagé sur les trois côtes. Leur puissance varie entre 20 et 130 tonnes force (figure III.3).



Figure III. 3 : Presse col de cygne.

III.2.1.2.2- Presses à arcade

Ces presses ont un bâti monobloc collé ou parfois soudé. Elles sont dotées d'une puissance allant jusqu'à 300 tonne force, ce qui leur permet de supporter des efforts importants tout en assurant une grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être à simple ou à double effets.



Figure III. 4 : Presse à arcade.

III.2.1.2.3- Presses à montants droits

Leurs bâtis sont composés de trois parties qui sont liées entre elles par des tirants en acier (la table, les montants et le chapiteau). Elles ont une puissance de 1000 tonnes force.

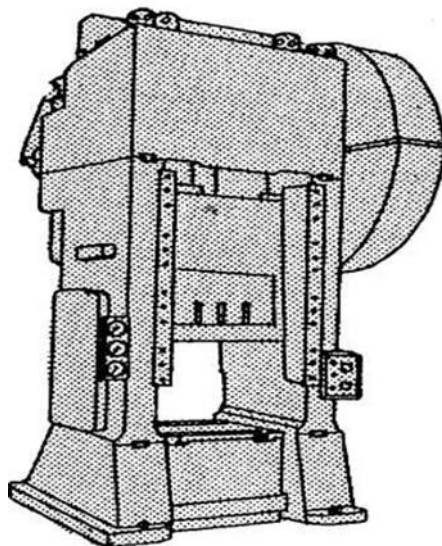


Figure III. 5 : Presse à montant droit.

III.2.1.2.4- Presses à colonnes

Elles sont très puissantes, jusqu'à 600 tonne force, elles sont équipées de quatre glissières liant le sommier supérieur et inférieur, elles sont généralement employées pour le forgeage et le matriçage.



Figure III. 6 : Presse à colonne.

III.2.1.2.5- Presses à table mobile et bigorne

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



Figure III. 7 : Presse à table mobile et bigorne.

III.2.1.4- Selon le nombre de coulisseau

III.2.1.4.1- Presse à simple effet

Ce type de presse comporte un seul coulisseau actionné par une ou plusieurs bielles. Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise équipées d'un coussin inférieur logé sous la table qui est destiné à assurer l'effet du serre-flan.

III.2.1.4.2- Presse à double effets

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

III.2.1.4.3- 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.

III.3- Caractéristique d'une presse

Sur une presse on peut effectuer une ou plusieurs opérations, mais elle ne peut être universelle. La presse porte certains nombres de caractéristiques qui peuvent se résumer à :

- Sa capacité (tonne).
- La course de son coulisseau (mm).
- La cadence (nombre de coupe/minute).
- La dimension du coulisseau (mm²).
- La hauteur de l'outil fermé (mm).

III.4- Exigence de choix d'une presse

La sélection d'une presse pour la réalisation d'une opération est en fonction des critères ci- dessous :

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

III.5- Différents constituants d'un outil d'une presse

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

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

III.5.1- Poinçon

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une empreinte sur un flan, le découper ou même de le percer. Il est nécessaire de vérifier les poinçons à la compression et au flambement pour déterminer leur longueur.

III.5.2- 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.

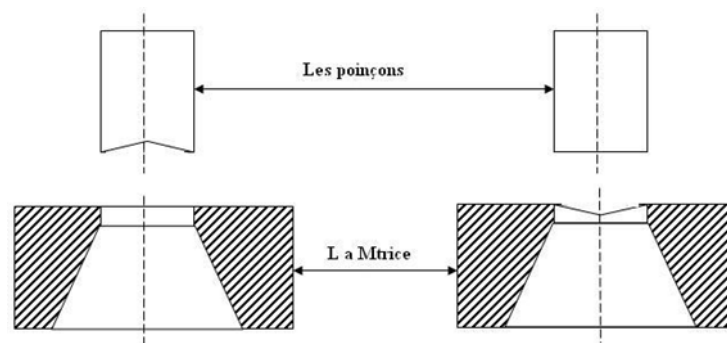


Figure III. 8 : Illustration poinçon et matrice.

III.5.3- Dépouille

- Poinçon :

Aucune dépouille sur le poinçon, il a une section constante pour conserver exactement ses dimensions après affutage.

- Matrice :

Elle présente un dégagement au- dessous de sa partie active pour limiter le nombre de pièces empilées, donc de réduire l'effort de poussée. La partie active à une section constante, dite cylindrique, sur 4 à 5mm permet l'affutage.

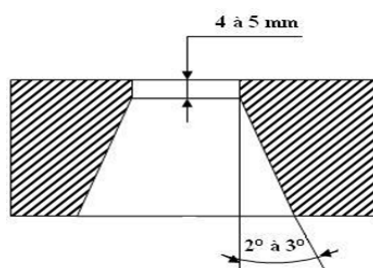


Figure III. 9 : Angle de dépouille de la matrice.

III.5.4- Affutage

Après découpage de nombreuses pièces (de 50 à 200000 pièces pour les outils en acier) les arrêtes coupantes s'éroussent et s'arrondissent. Après démontage de l'outil, poinçon et matrice sont affutés par rectification plan.

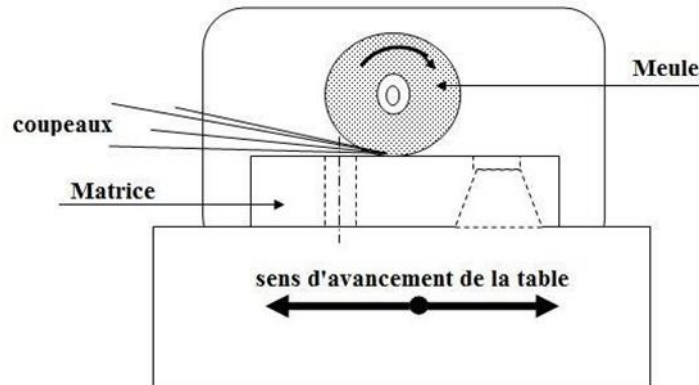


Figure III. 10 : Affutage de la matrice.

III.6- Types d'outils de presse [13]

III.6.1- Outil à presse-bande

Il est aussi appelé outil à colonne, équipé d'une pièce analogue à la contre plaque montée sur ressorts, c'est le presse bande (dévêtisseur), cette dernière fait maintenir la bande pendant l'opération afin d'éviter toute déformation. Le guidage de l'ensemble poinçon- matrice est assuré par deux ou quatre colonnes de guidage selon les dimensions de l'outil.

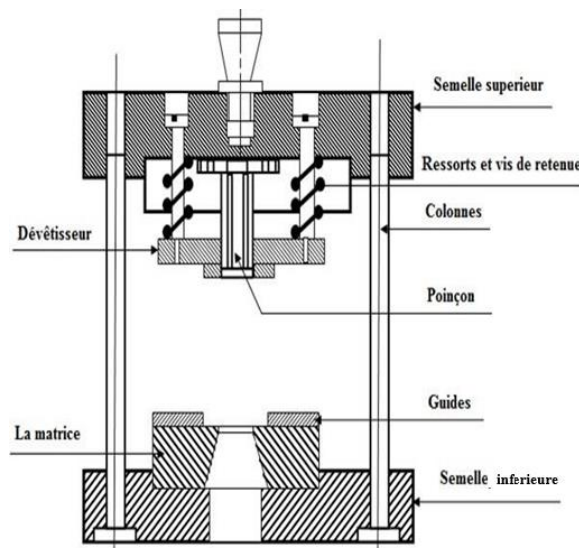


Figure III. 11 : Outil à presse-bande.

III.6.2- Outil suisse

Outil à presse-bande mais inversé : le poinçon est à la partie inférieure, la matrice à la partie supérieure, appelé aussi outil bloc, qui découpe et poinçonne en un seul coup de presse. La pièce terminée reste dans la matrice et elle est extraite en haut de course par un éjecteur.

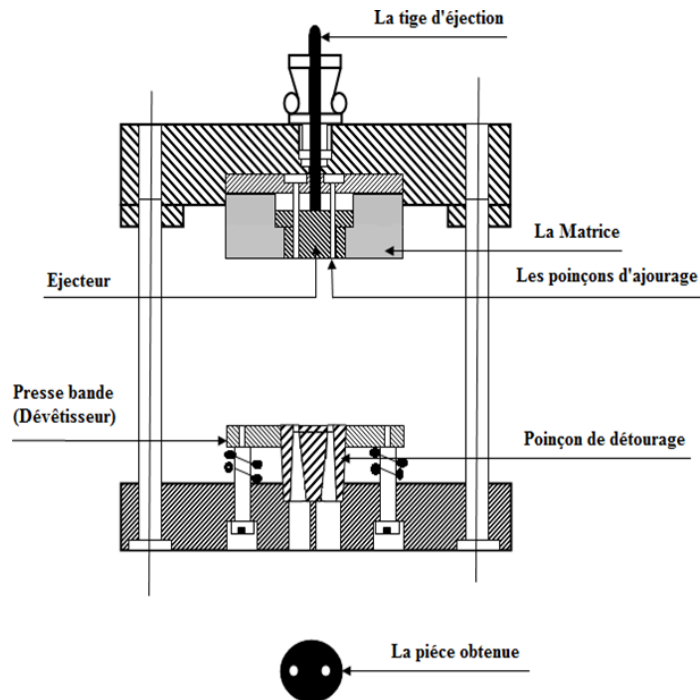


Figure III. 12 : Outil suisse.

III.6.3- Outil de reprise

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

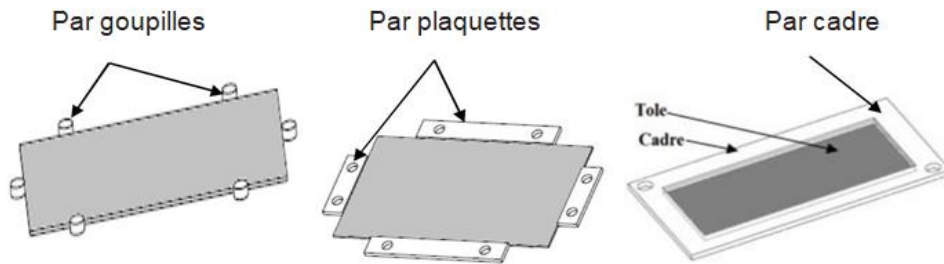


Figure III. 13 : Guidage du flan sur un Outil de reprise par diverses façons.

III.6.4- Outil de Détourage

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

- Détourage normal

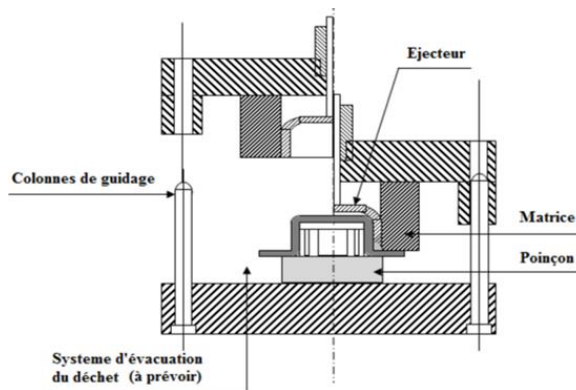


Figure III. 14 : Outil de détourage normal.

- Détourage à ras

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

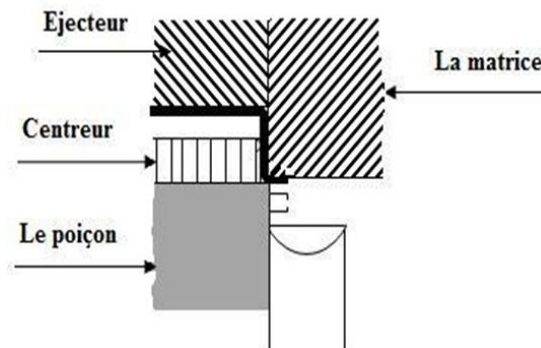


Figure III. 15 : Outil de détourage à ras.

- Détourage-poinçonnage

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

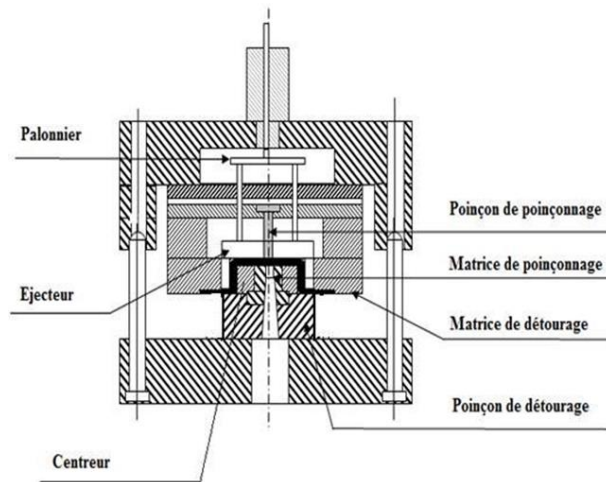


Figure III. 16 : Outil de détournage-poinçonnage.

II.6.5- Outil à Came

Les cames ont pour but de transformer le mouvement vertical du coulisseau en mouvement horizontal, oblique ou verticale en sens contraire. Elles sont utilisées dans les outils poinçonnages ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées.

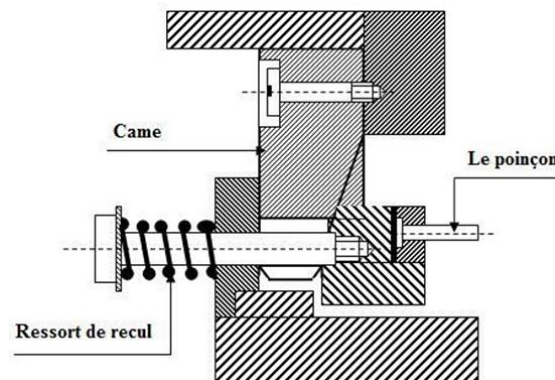


Figure III. 17 : Outil à came.

III.6.6- Outil d'emboutissage

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

III.6.6.1- Outil sans serre-flan

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

la matrice. Au cours de l'opération les parois de l'embouti augmentent légèrement l'épaisseur de la sortie de la matrice. A la remontée du coulisseau de la presse, la pièce est décrochée du poinçon par la face inférieure de la matrice.

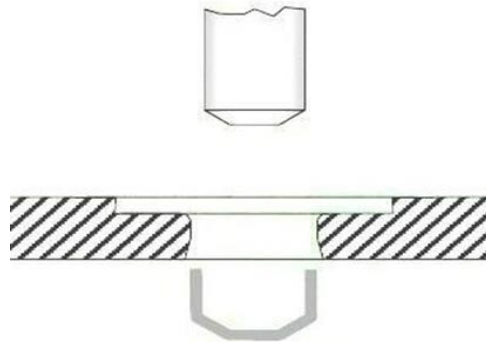


Figure III. 18 : Outil d'emboutissage sans serre-flan.

III.6.6.2- Outil à serre-flan

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

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

Cet outil se compose simplement d'une matrice, d'un poinçon et d'un serre-flan qui est actionné le plus souvent par des ressorts situés sous le plateau de la presse. En conséquence, l'outil est inversé au précédent ; le poinçon et le serre-flan constituent la partie inférieure de l'outil tant dis que la matrice occupe la partie supérieure. Les pièces embouties remontent avec la matrice et sont chassées par un éjecteur actionné par la presse en haut de course.

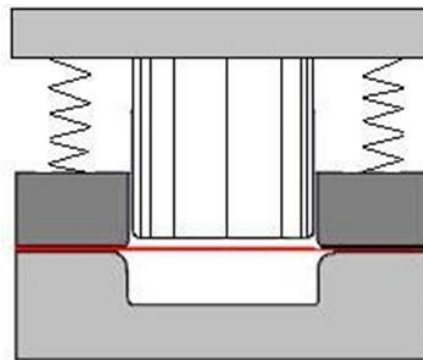


Figure III. 19 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Simple Effet.

- **Outil monté sur presse à double effets**

Dans les presses à double effets, le coulisseau extérieur porte le serre-flan qui maintient la tôle pendant que le poinçon fixé au coulisseau intérieur déforme le métal.

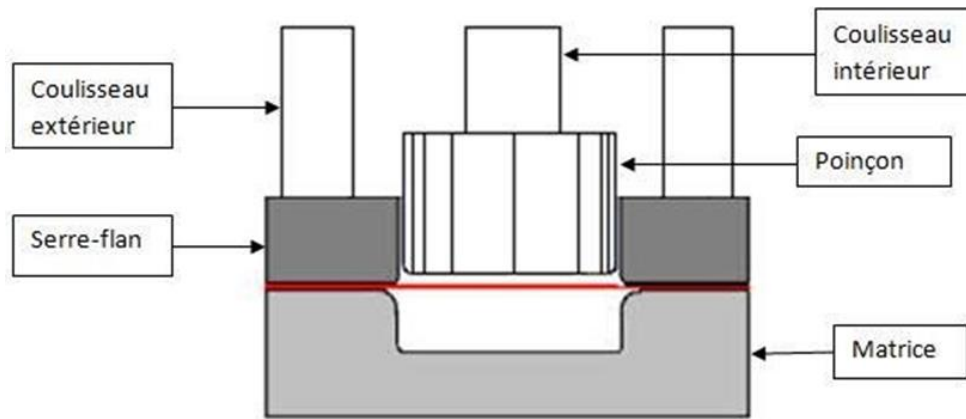


Figure III. 20 : Outil d'Emboutissage à Serre-Flan, placé sur une Presse à Double Effets.

III.6.7- Outils à Découper

III.6.7.1- Outil à Découvert

- **Outil à découvert simple**

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

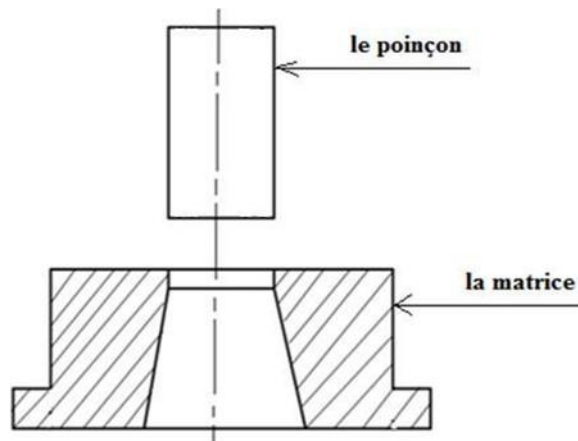


Figure III. 21 : Outil simple découvert.

- **Outil à découvert à butées**

Utilisé pour le découpage de flans circulaire. Deux butées sont placées, l'une assure le guidage (butée 1) et l'autre contrôle l'avance de la bande (butée 2).

Cet outil ne peut se monter que sur une presse en bon état de fonctionnement (pas de jeu dans les glissières du coulisseau).

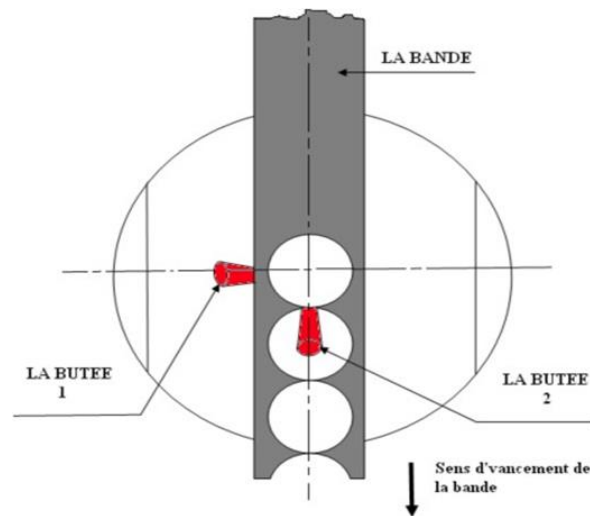


Figure III. 22 : Outil découvert à butées.

III.6.8- Outils à contre-plaque

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm. On distingue deux types d'outils à contre-plaque selon l'avance du flan.

III.6.8.1- Outils à contre-plaque à engrenages

L'avancement du flan se fait par l'intermédiaire d'un engrenage, ce dernier tourne et entraîne avec lui le flan. En dépit de son manque de précision pour contrôler l'avance, on prévoit un buté de départ qui met la bande en position lors du premier coup de presse.

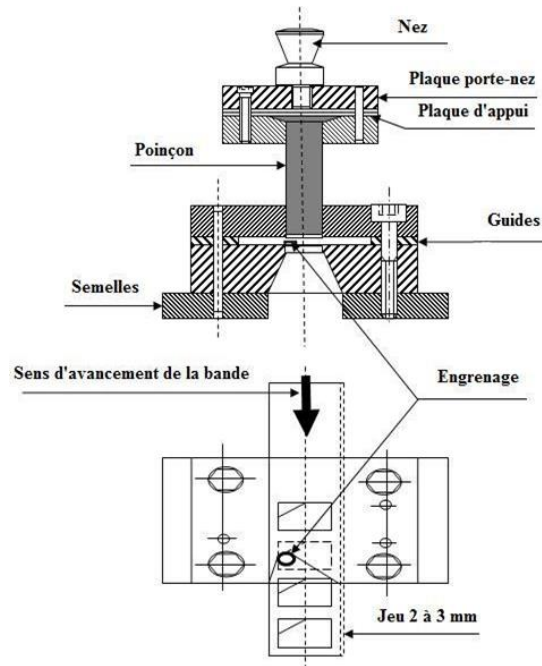


Figure III. 23 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par engrenage.

III.6.8.2- Outils à contre-plaque à couteau

Sa conception est identique à celle de l'outil précédent sauf en ce qui concerne le contrôle de l'avance. L'engrenage est supprimé ; il est remplacé par un poinçon latéral appelé couteau et sa longueur est égale au pas. Entre deux coups successifs de presse, la bande est poussée ou tirée et vient buter contre le guide. Cette butée assure un contrôle de l'avance plus précis qu'avec l'engrenage.

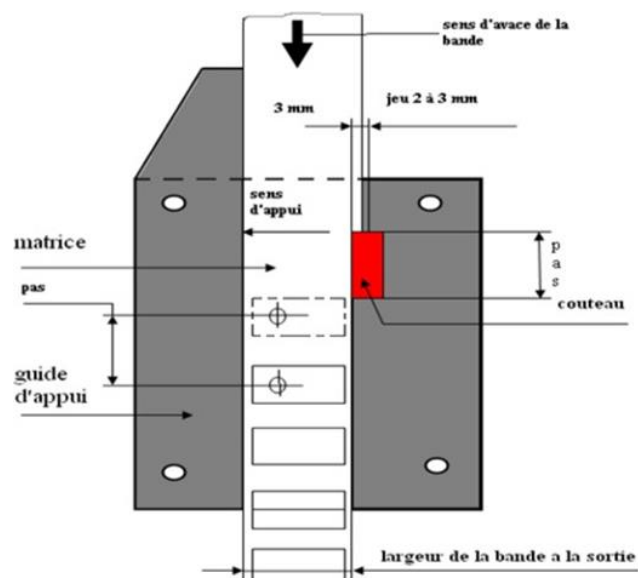


Figure III. 24 : Outil à contre-plaque muni d'un avancement du flan par couteau.

III.6.9- Outil de pliage

Les outils de pliage sont variés à l'infini et sont déterminés par la pièce à produire. On distingue trois de ces derniers :

III.6.9.1- Outil de pliage en V

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

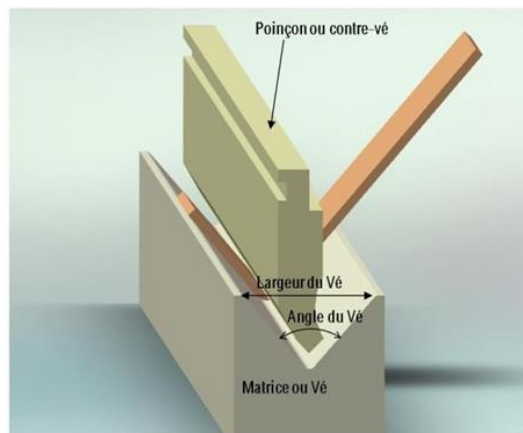


Figure III. 25 : Outil de pliage en V.

III.6.9.2- Outil de pliage en U

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

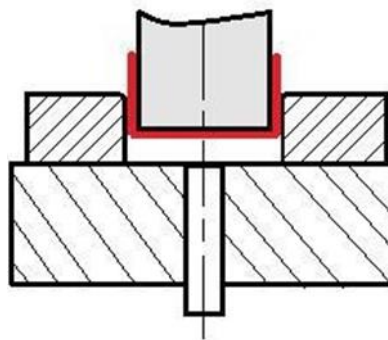


Figure III. 26 : Exemple d'Outil de pliage en U.

III.6.9.3- Outil de pliage en Équerre

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

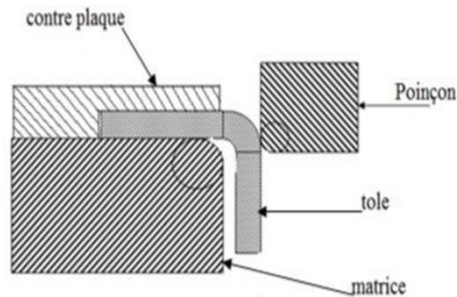


Figure III. 27 : Exemple d'Outil de pliage en Équerre.

III.7- Montage des Outils sur les Presses

III.7.1- Petite Presse

- Partie inférieure de l'outil

Le plateau des presses présente des trous taraudés, leurs positions varient selon les constructeurs de presses, et des cales de pressions. Les semelles sont fixées sur le plateau par vis ou par bridage.

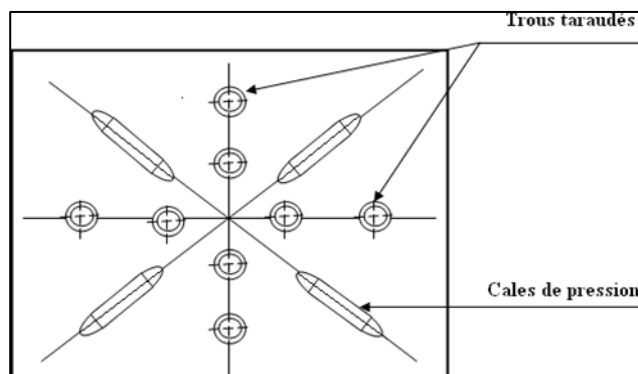


Figure III. 28 : Plateau de presse.

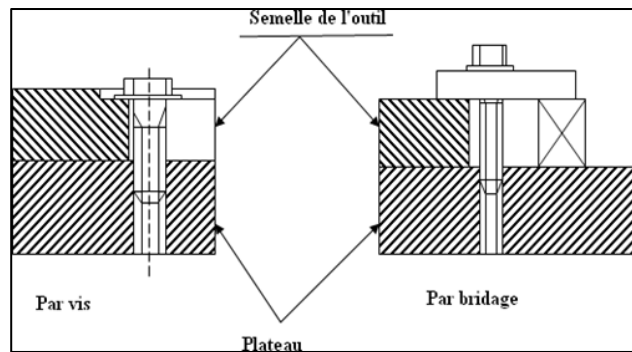


Figure III. 29 : Système de fixation des semelles sur le plateau.

- **Partie supérieure de l'outil**

L'outil porte un nez qui est monté dans le trou lisse du coulisseau, il est serré par le chapeau puis bloqué par la vis de pression. (La vis de pression agit sur la partie tronconique du nez). Les trous des oreilles du coulisseau permettent la fixation des outils longs.

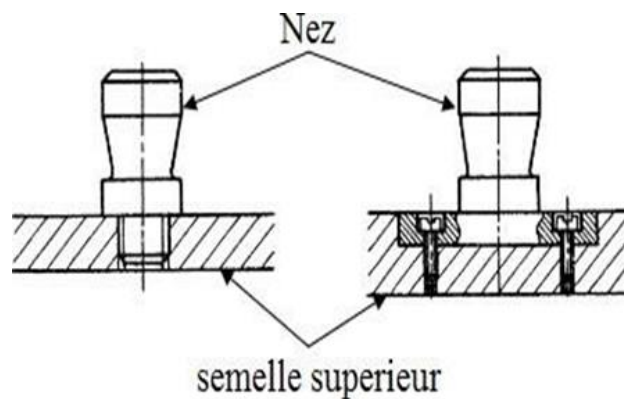


Figure III. 30 : Système de fixation de la partie supérieure de l'outil.

III.7.2- Grosse Presse

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

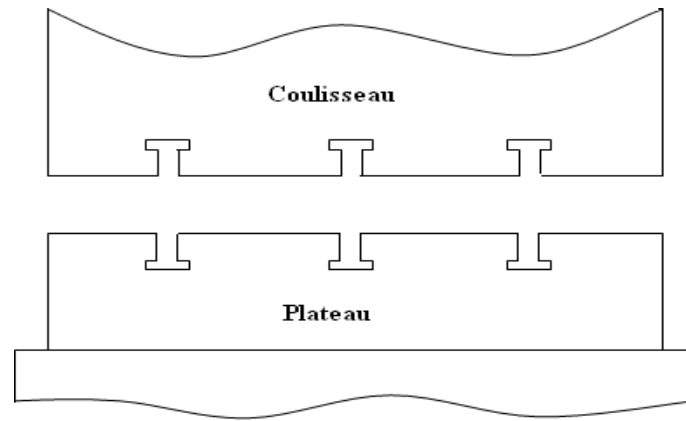


Figure III. 31 : Système de fixation pour les grosses presses.

III.8- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu des différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification, leurs principes de fonctionnement, les différents mécanismes de contrôle et les différents outils présents dans l'industrie, ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil.

Connaître les outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problématiques qui peuvent survenir au cours d'un projet. Pour aider à atteindre les objectifs de production, les presses mécaniques doivent être sélectionnées en fonction des besoins spécifiques de l'application.

CHAPITRE IV : ETUDE ET CONCEPTION

IV.1 Introduction

Pour l'obtention d'une pièce quelconque dans le domaine industrielle, on doit passer par plusieurs machines telles que les presses qui répondent aux besoins des fabricants. Pour cela, le concepteur de l'outil doit respecter les dimensions exactes pour qu'il soit bien montée sur la presse, son objectif est de réaliser des pièces ayant un minimum de chutes, à moindre cout et produites dans les meilleurs délais,

Pour atteindre cet objectif, on doit prendre en compte dans notre étude tous les paramètres nécessaires.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes informations et étapes essentielles dans la conception de notre outil.

Ainsi, pour répondre aux besoins de l'entreprise, l'étude et le calcul de tous les paramètres rentrant dans la conception de cet outil seront aussi traités.

IV.2 Le cahier des charges

IV.2.1 Travail demandé

L'ENIEM nous a confié une tâche, celle de concevoir un outil qui nous permettra de réaliser trois opérations (poinçonnage, découpage et pliage) pour la réalisation d'un convoyeur de fumée pour la nouvelle cuisinière ventilée ENIEM (Figure IV.1). Pour cela, parmi plusieurs types d'outil de presse qui existent, nous avons opté pour un **outil à bande** qui permet de combiner plusieurs opérations en même temps.

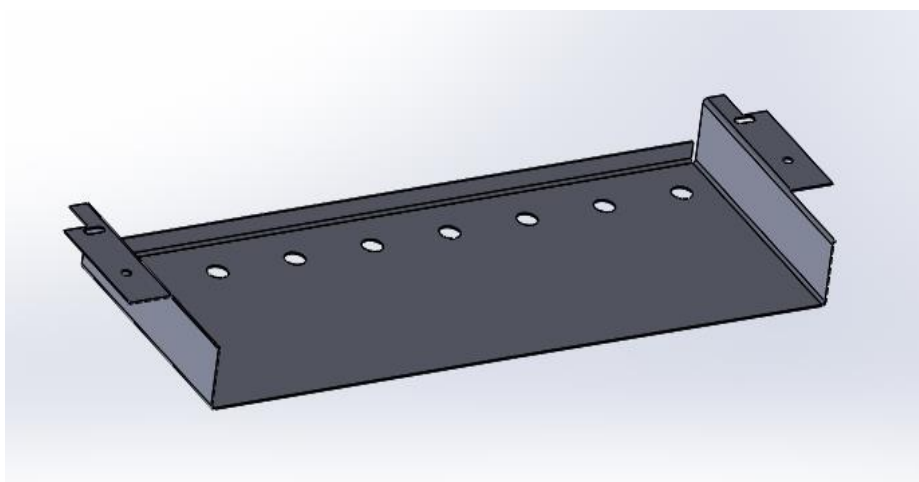
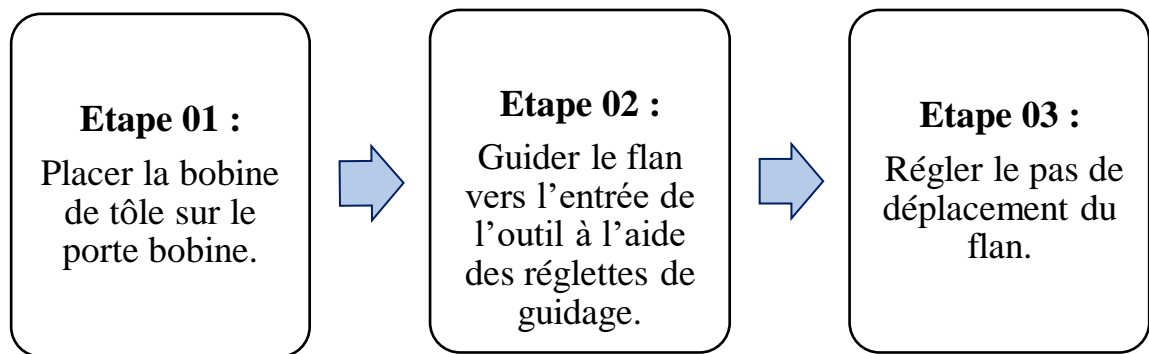


Figure IV. 1 : Convoyeur de fumée pour cuisinière ventilée.

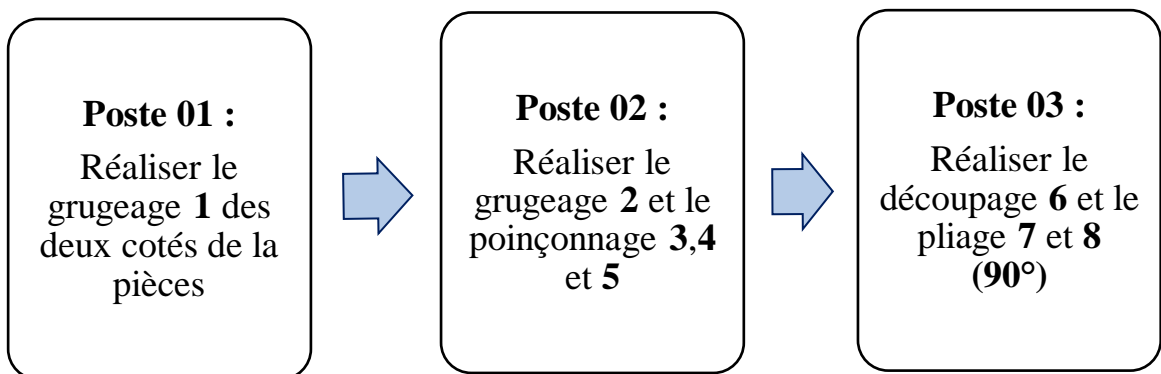
Notre pièce est de dimensions suivantes : **358 mm** × **122 mm** × **30 mm** avec une épaisseur de **0.6 mm**.

IV.2.2 Processus de fabrication

Lors de la fabrication, le convoyeur de fumée doit passer par trois étapes avant son montage sur chaîne :



Une fois ces trois étapes sont réalisées, on commence les différentes opérations de fabrication du convoyeur dans les trois postes suivant (voir Figure IV.2) :



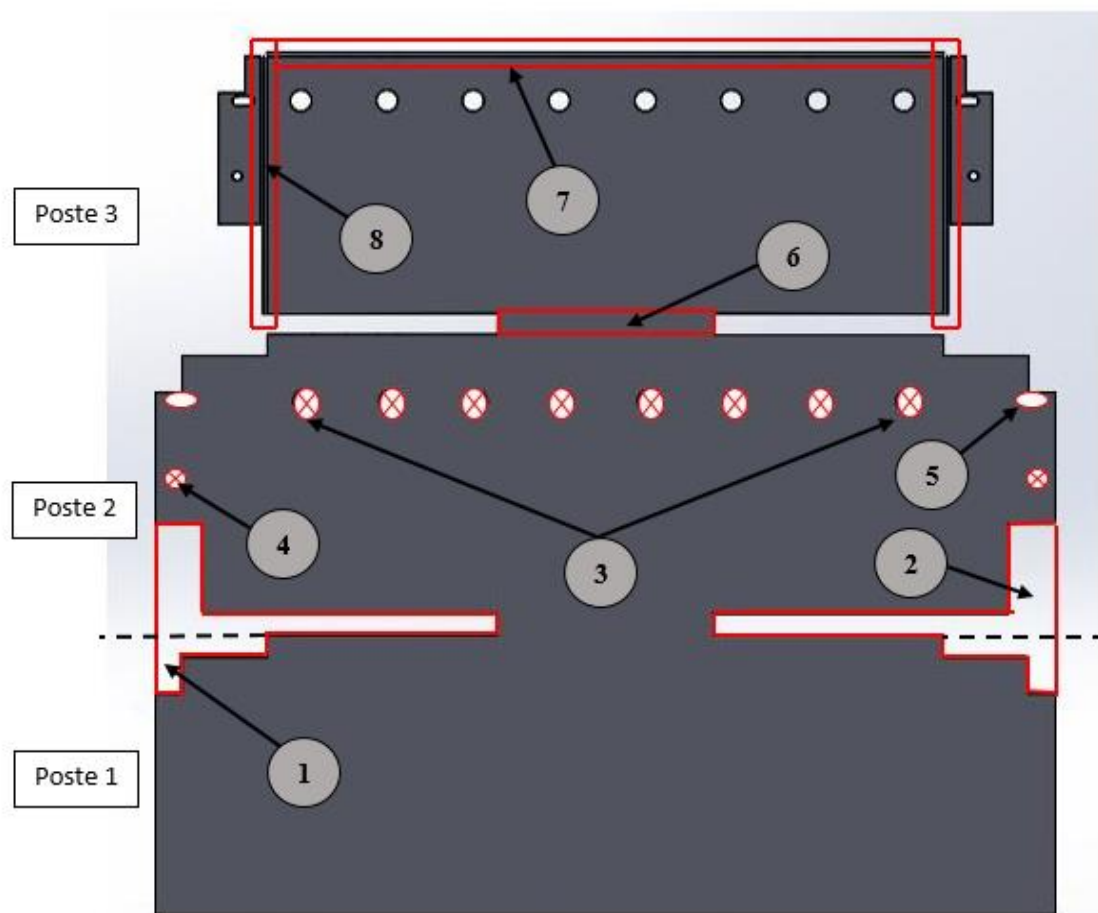


Figure IV. 2 : Les différents postes de fabrication d'un convoyeur de fumée.

IV.2.3 Fiche technique [14]

A. Dimensions nominales selon la norme EN 10346 :

- **Epaisseur :** 0.58 à 0.6 mm
- **Largeur :** 1000 mm

La tôle est en acier doux galvanisé à chaud et en continu pour formage à froid, sa nuance **DX51D+Z140** et sa norme **EN 10346**.

B. Propriétés mécaniques de la pièce :

D'après le cahier des charges, voici quelques propriétés mécaniques de la pièce :

NF EN 10364	Re (MPa)	R _m (MPa)	A (%) min
DX51D +Z140	≥ 140	270 – 500	≥ 22

Tableau IV. 1 : Propriétés mécaniques de la pièce.

C. Composition chimique de la pièce :

Les propriétés chimiques de la pièce d'après le cahier des charges sont

C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Ti (%)
0.18	1.2	0.12	0.045	0.5	0.3

Tableau IV. 2 : Composition chimique de la pièce.

IV.2.4 Emplacement de la pièce :

Cette pièce se monte sur la cuisinière comme la figure la montre

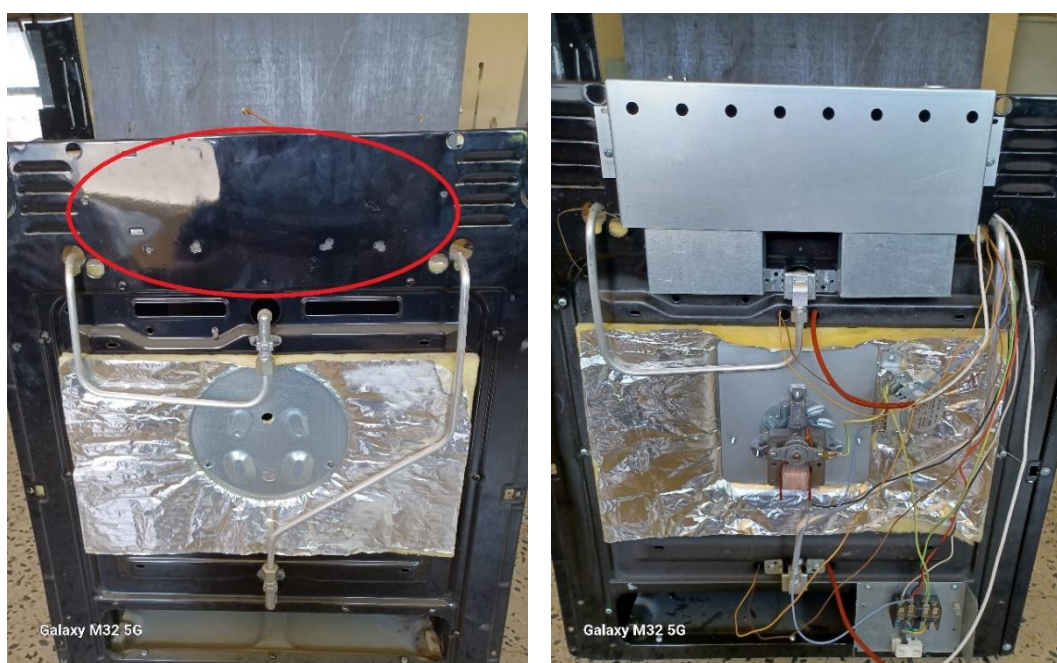


Figure IV. 3 : Emplacement de la pièce.

IV.3 Détails de l'outil [15]

L'outil de travail est un ensemble d'éléments assemblés avec précision pour assurer un bon fonctionnement. L'outil de poinçonnage, découpage et du pliage est composé de deux parties essentielles : La partie inférieure (Fixe) et la partie supérieure (Mobile).

IV.3.1 Partie inférieure

C'est la partie fixe de l'outil, qui contient les éléments suivants :

- **Semelle inférieure** : C'est une plaque sur laquelle le porte matrices, les colonnes de guidages et les butées fin de course sont ajustés et fixés. Elle est en fonte grise à graphite lamellaire FT 30. [16]

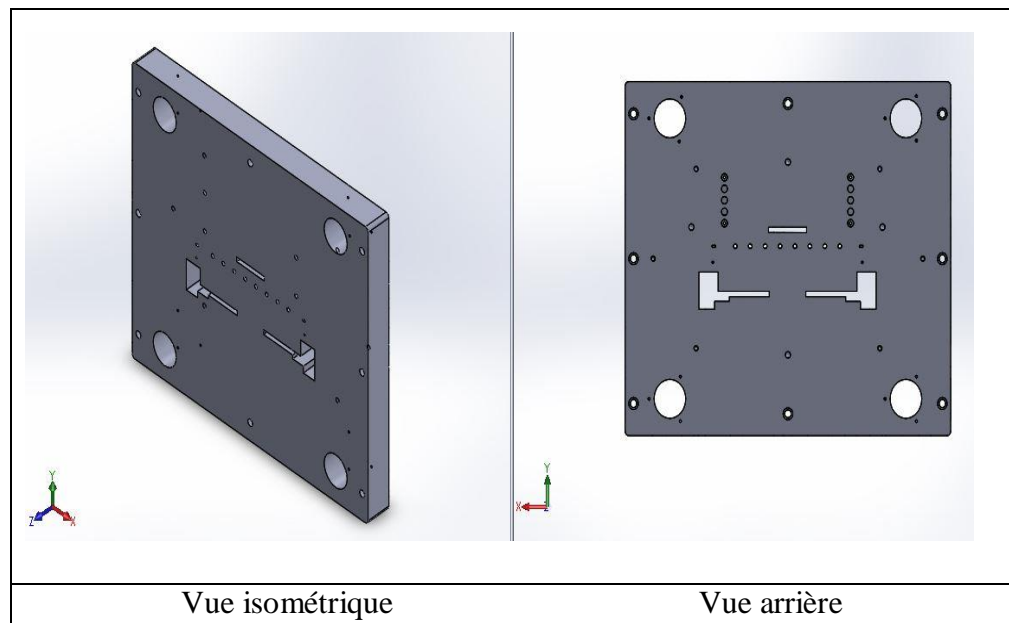


Figure IV. 4 : Semelle inférieure.

- **Les matrices** C'est le support d'empreinte dans lequel les poinçons pénètrent lors des différentes opérations (poinçonnage, découpage et pliage). Elles doivent être suffisamment épaisses pour supporter l'effort de serre flan. Elles sont en acier Z200C12. [17]

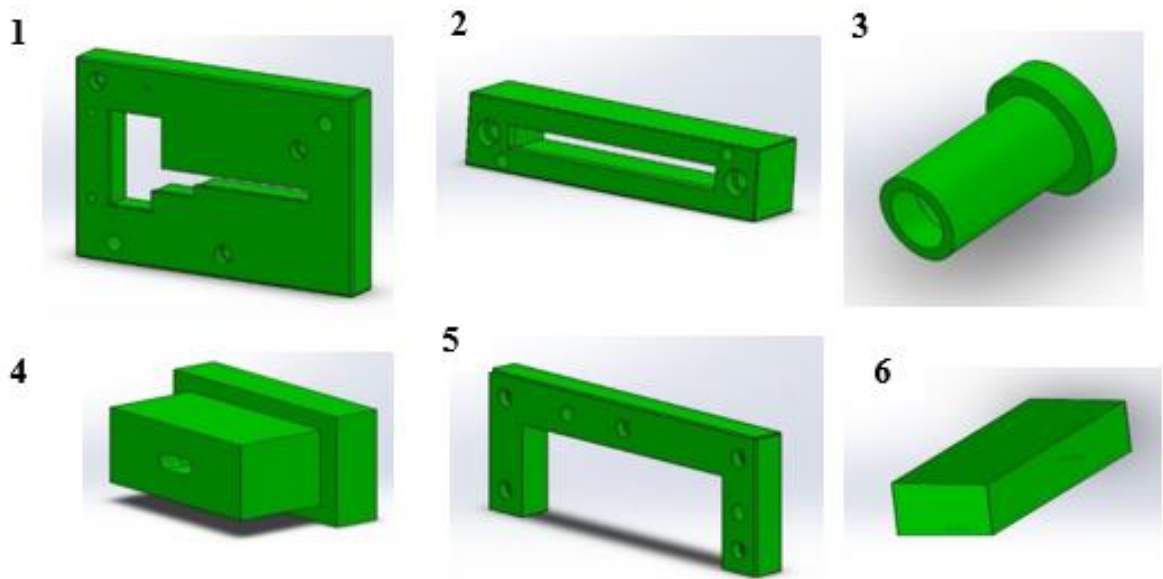


Figure IV. 5 : Différentes matrices (Découpage 1 et 2 . Poinçonnage 3 et 4 . Pliage 5 et 6).

- **La butée :** C'est un élément fixe qui consiste à limiter le déplacement de la partie supérieure par rapport à la partie inférieure. Elle est en acier C 45 (XC 48). [17]

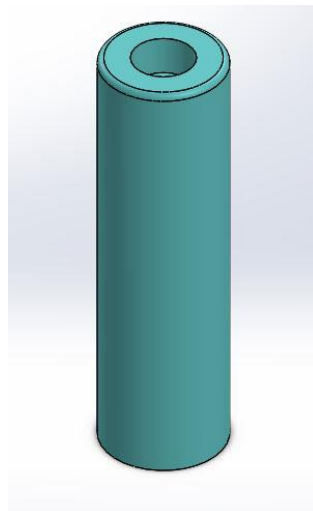


Figure IV. 6 : Butée fin de course.

- **Colonnes de guidage** : Elles coulisent dans les bagues supérieures avec glissement et elles sont emmanchées sur les bagues inférieures. Elles sont en acier C 60E (XC 65). [17]



Figure IV. 7 : Colonne de guidage.

- **Porte canons** : C'est l'élément sur lequel les canons sont ajustés. Il est en acier XC 48. [17]

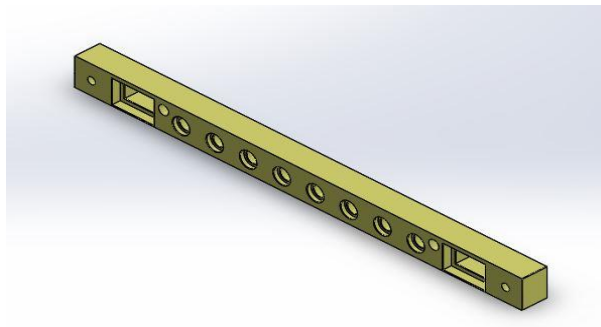


Figure IV. 8 : Porte canons.

- **Tasseaux** : Porte la partie inférieure de l'outil et assure sa fixation sur la table de presse avec bridage. Ils sont en acier XC 38 (C 35). [17]

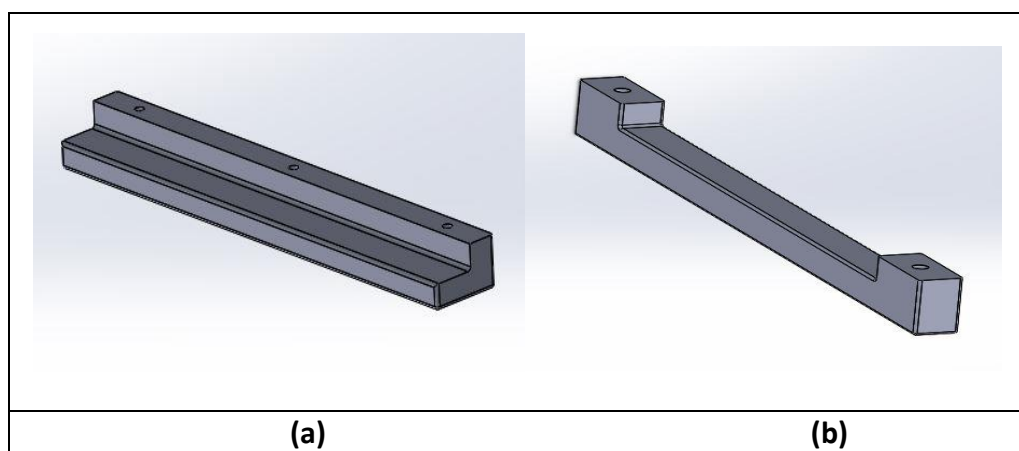


Figure IV. 9 : (a) : Tasseau latéral. (b) : Tasseau central.

- **Réglettes de guidage** : Dispositif qui contrôle la position latérale de la bande par rapport à la machine. Il est en acier XC 38. [17]

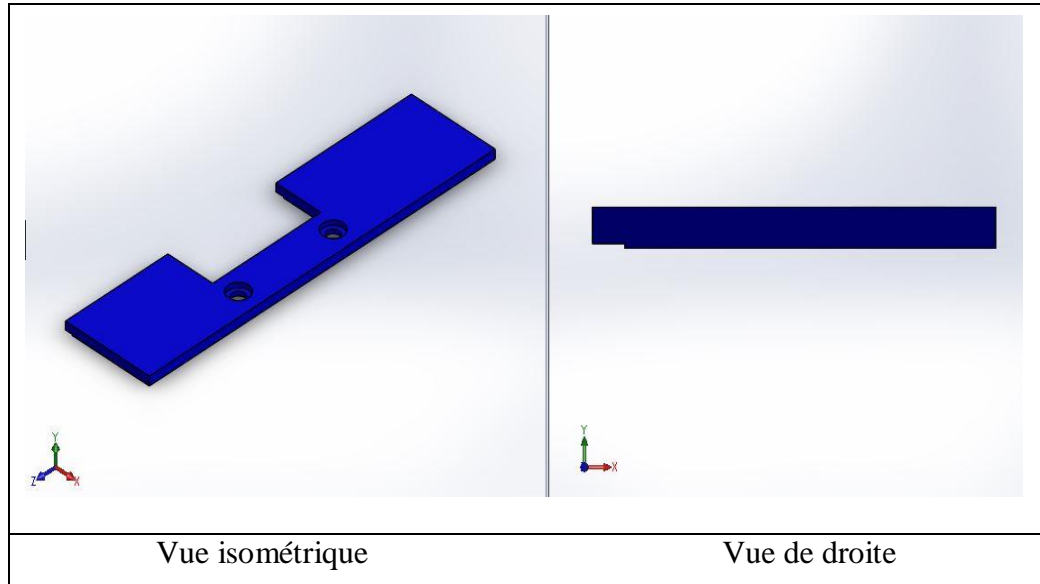


Figure IV. 10 : Réglettes de guidage.

- **Porte matrices** : Il porte l'ensemble des matrices inférieures de poinçonnage, découpage et de pliage. Il est en acier XC38. [17]

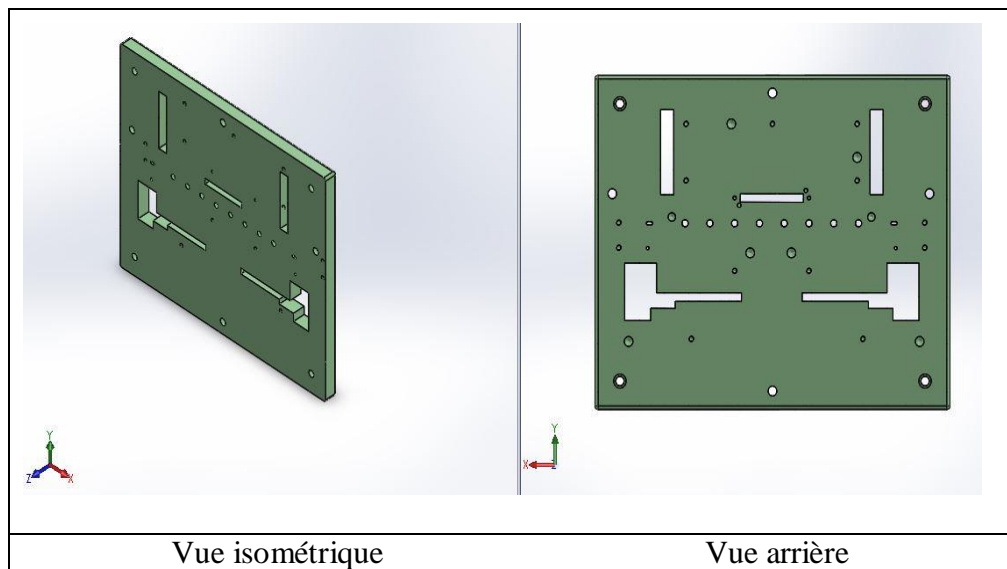


Figure IV. 11 : Porte matrices.

- **Les ressorts :** Ce sont les éléments qui assurent le dégagement de la pièce après le pliage. Ils sont en acier au Chrome Silicium 52SiCrNi5. [19]

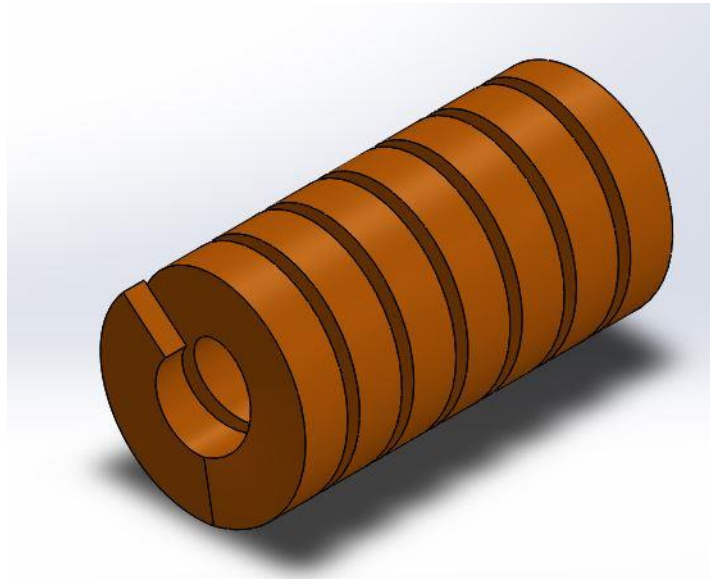


Figure IV. 12 : Ressort de dégagement.

- **Partie inférieur assemblée :**

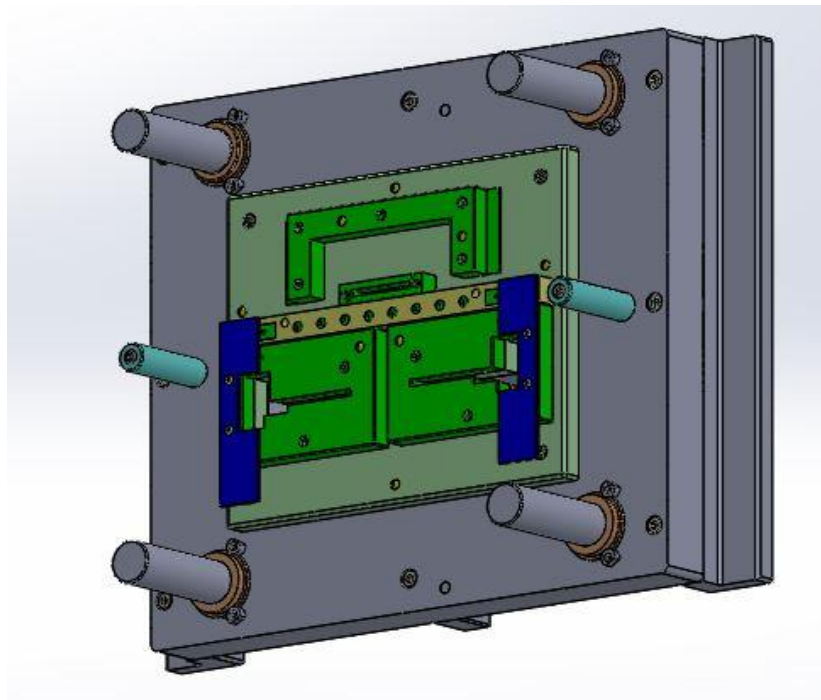


Figure IV. 13 : Partie inférieure assemblée.

IV.3.2 Partie supérieure

C'est la partie mobile de l'outil qui suit une trajectoire verticale imposée par la machine et elle contient les éléments suivants :

- **Semelle supérieure** : Elle sert à porter le serre flan et le porte-poinçons. Elle est en fonte grise à graphite lamellaire FT 30. [16]

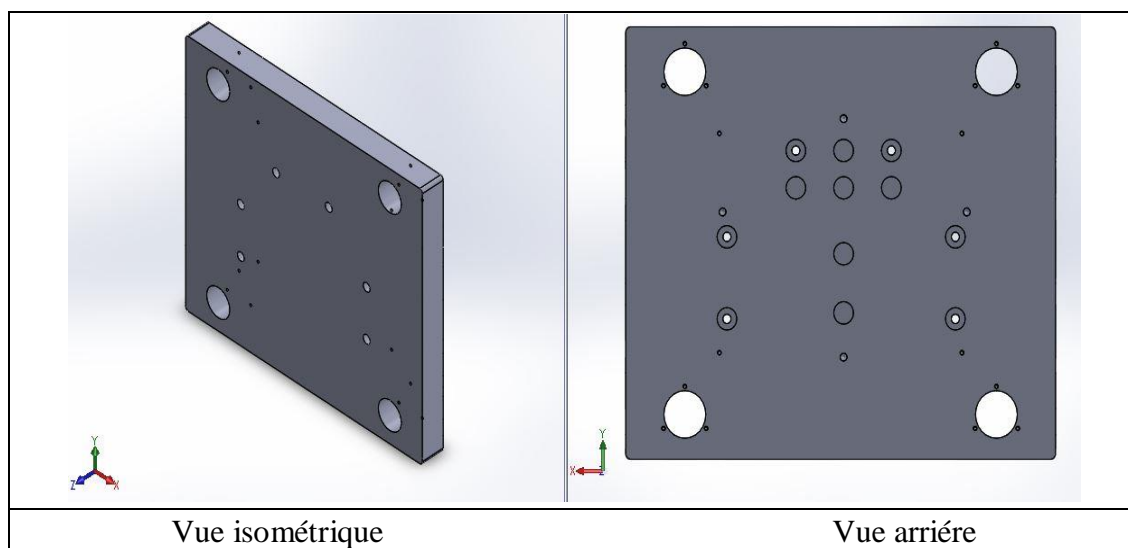


Figure IV. 14 : Semelle supérieure.

- **Porte poinçons** : Il sert à porter et guider les différents poinçons et les fixer dans leurs positions. Il est en acier XC 48. [17]

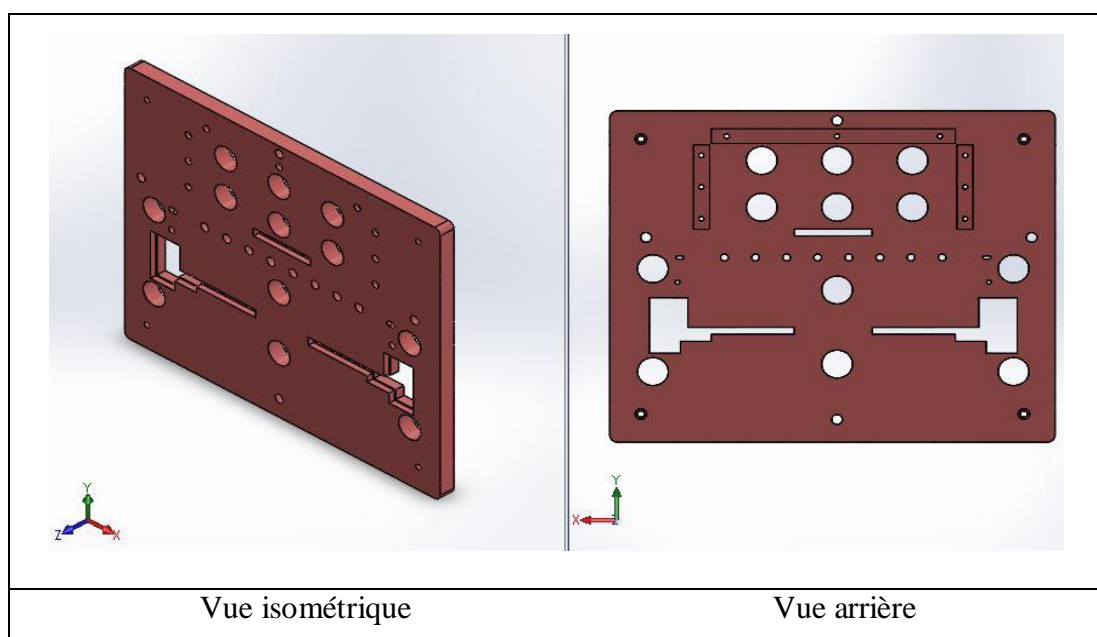


Figure IV. 15 : Porte poinçons.

- **Poinçons** : Ce sont les principaux éléments qui interviennent lors de l'opération de découpage, poinçonnage et pliage. Ils sont en acier Z200C12 (poinçonnage et découpage), et en acier XC 48 (pliage). [17]

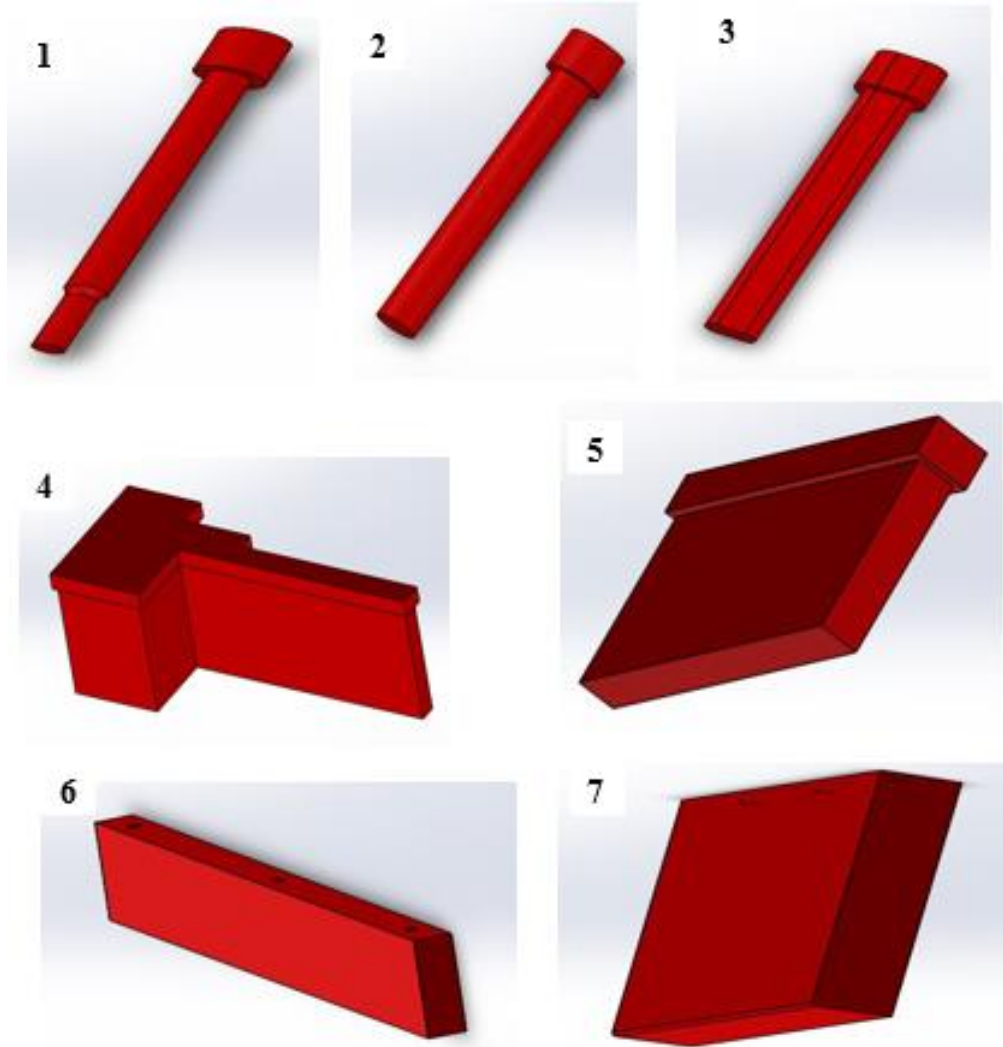


Figure IV. 16 : Différents poinçons utilisés (Poinçonnage 1,2 et 3 . Découpage 4 et 5.
Pliage 6 et 7).

- **Serre-flan** : Il sert au guidage des poinçons et de fixer la tôle. Il est en acier XC 48. [17]

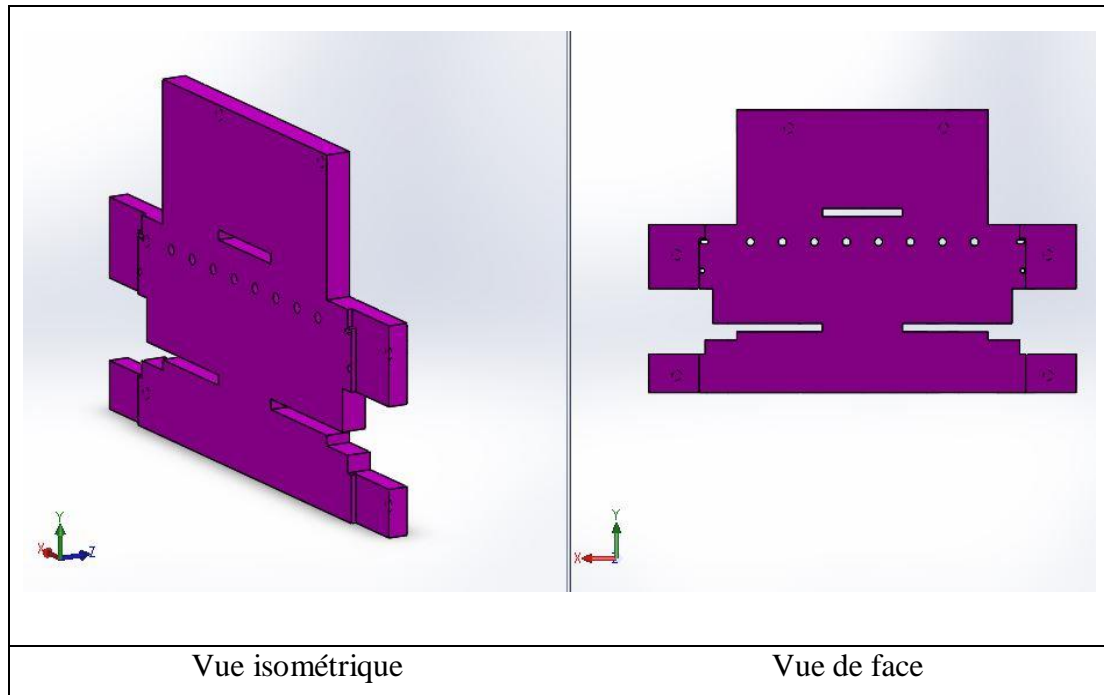


Figure IV. 17 : Serre flan.

- **Les Bagues** : Ce sont des éléments qui assurent le guidage entre la semelle supérieure et inférieure par l'intermédiaire des colonnes de guidage. Elles sont en bronze. [17]

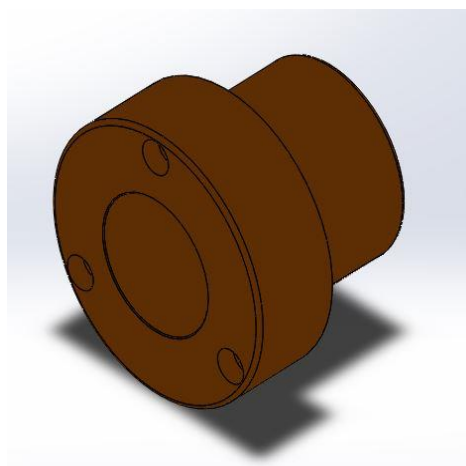


Figure IV. 18 : Bague supérieure.

- **Les ressorts :** Ce sont les éléments qui assurent le dévêtissage. Ils sont en acier au Chrome Silicium 52SiCrNi5. [19]

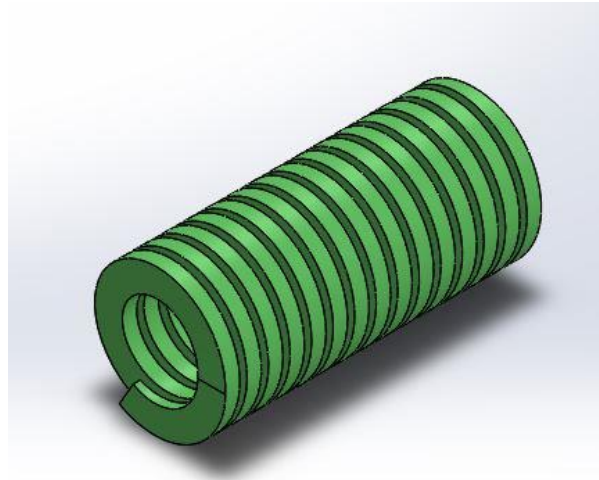


Figure IV. 19 : Ressort de dévêtissage.

- **Partie supérieure assemblée**

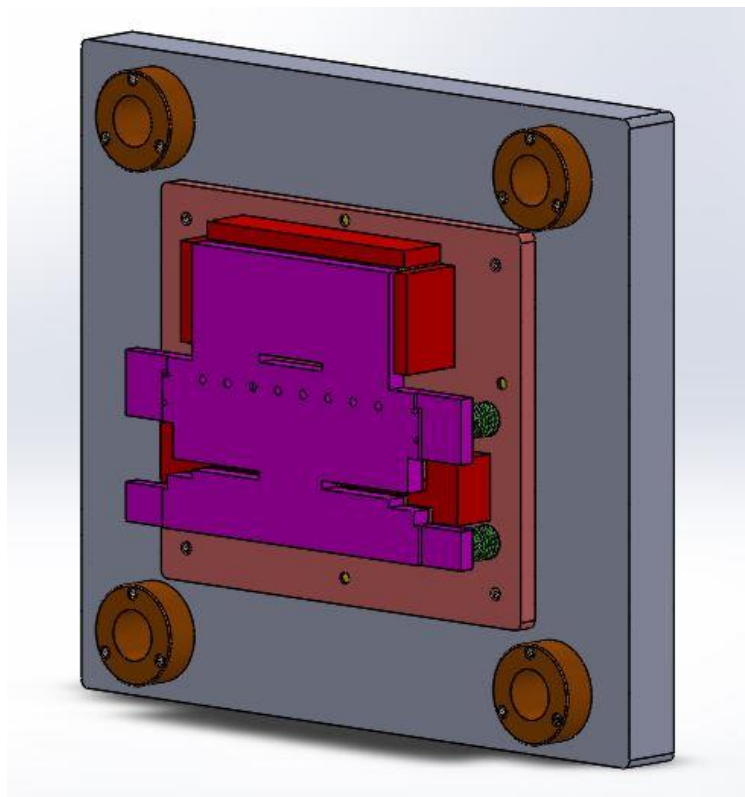


Figure IV. 20 : Partie supérieure assemblée.

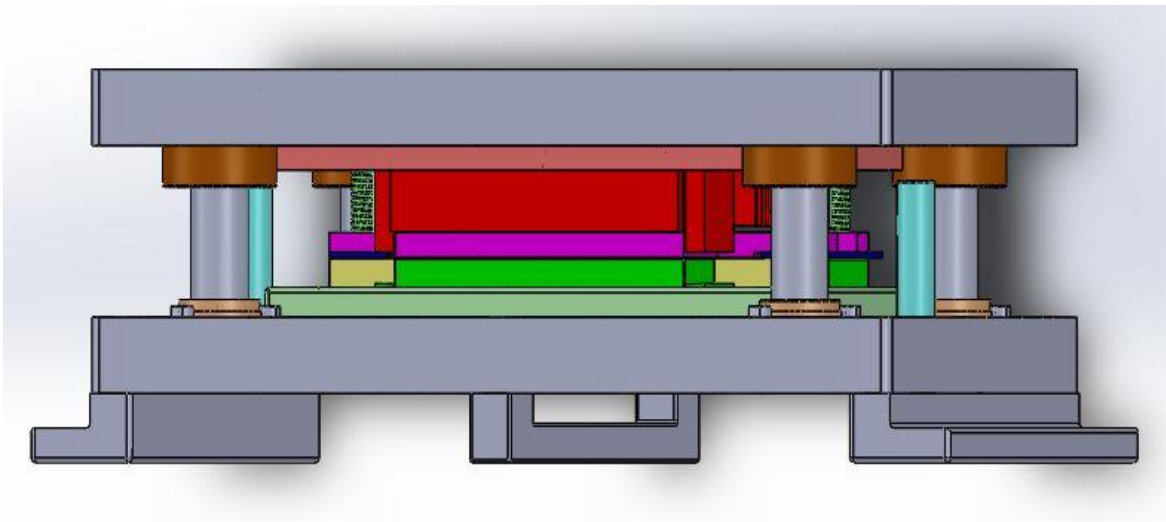


Figure IV. 21 : Outil complet assemblé.

IV.4 Etude de l'outil

IV.4.1 Calcul des efforts de poinçonnage

L'effort de poinçonnage se calcul comme suit :

$$F_p = P_{\text{poinçon}} \times e \times R_c$$

Avec :

- F_p : effort de poinçonnage en (N)
 - $P_{\text{poinçon}}$: périmètre du poinçon en (mm)
 - e : Epaisseur de la tôle en (mm) dans notre cas $e=0.6\text{mm}$
 - R_c : La résistance de la tôle au cisaillement en (MPa) ;
-
- Calcul de la résistance au cisaillement R_c :

$$R_c = 0,8 \times R_m$$

Avec :

R_m : Résistance à la traction (380 MPa).

Application numérique :

$$R_c = 0,8 \times 380$$

$$R_c = 304 \text{ MPa}$$

- **Calcul de l'effort de poinçon 1 « F_{p1} »**

$$F_{p1} = P_{\text{poinçon 1}} \times e \times R_c$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 1

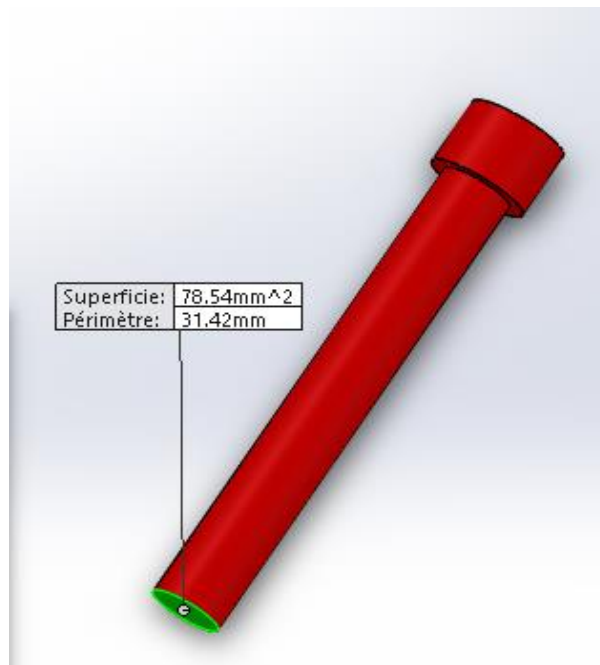


Figure IV. 22 : Périmètre de poinçon 1.[18]

$$P_{\text{poinçon 1}} = 31.42 \text{ mm}$$

Application numérique :

$$F_{p1} = 31.42 \times 0.6 \times 304$$

$$F_{p1} = 5731.1 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort de poinçon 2 « F_{p2} »

$$F_{p2} = P_{\text{poinçon 2}} \times e \times R_c$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 2

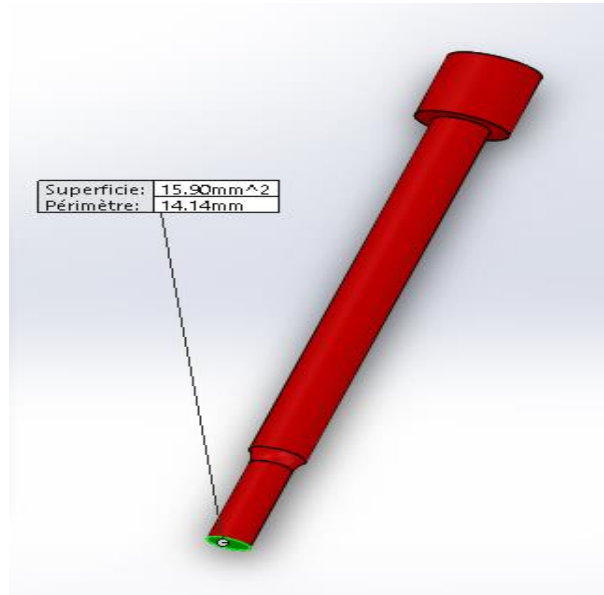


Figure IV. 23 : Périmètre de poinçon 2.[18]

$$P_{\text{poinçon 2}} = 14.14 \text{ mm}$$

Application numérique :

$$F_{p2} = 58 \times 0.6 \times 304$$

$F_{p2} = 2579 \text{ N}$

- Calcul de l'effort de poinçon 3 « F_{p3} »

$$F_{p3} = P_{\text{poinçon 3}} \times e \times R_c$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 3

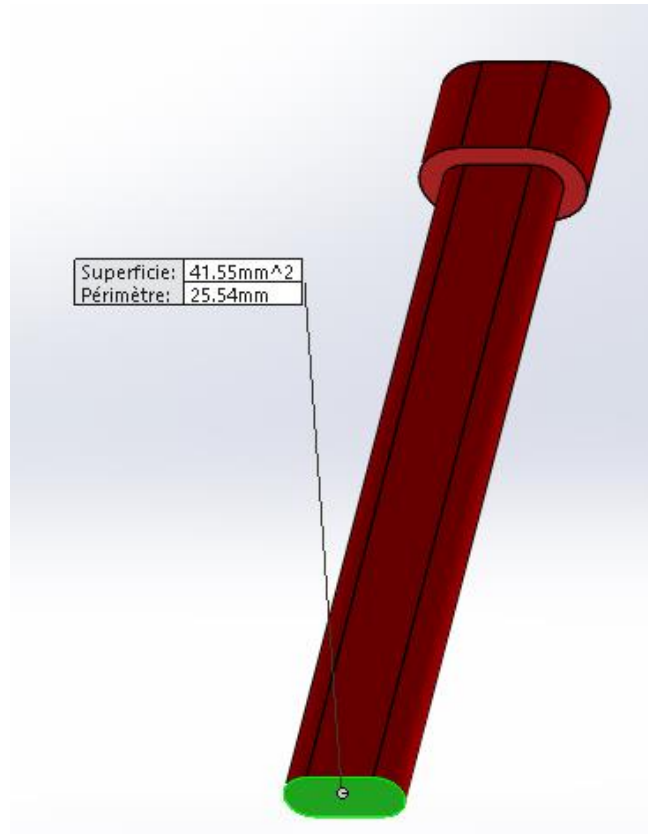


Figure IV. 24 : Périmètre de poinçon 3.[18]

$$P_{\text{poinçon 3}} = 25.54 \text{ mm}$$

Application numérique :

$$F_{p3} = 25.54 \times 0.6 \times 304$$

$$F_{p3} = 4658.5 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort de poinçon 4 « F_{p4} »

$$F_{p4} = P_{\text{poinçon 4}} \times e \times R_c$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 4

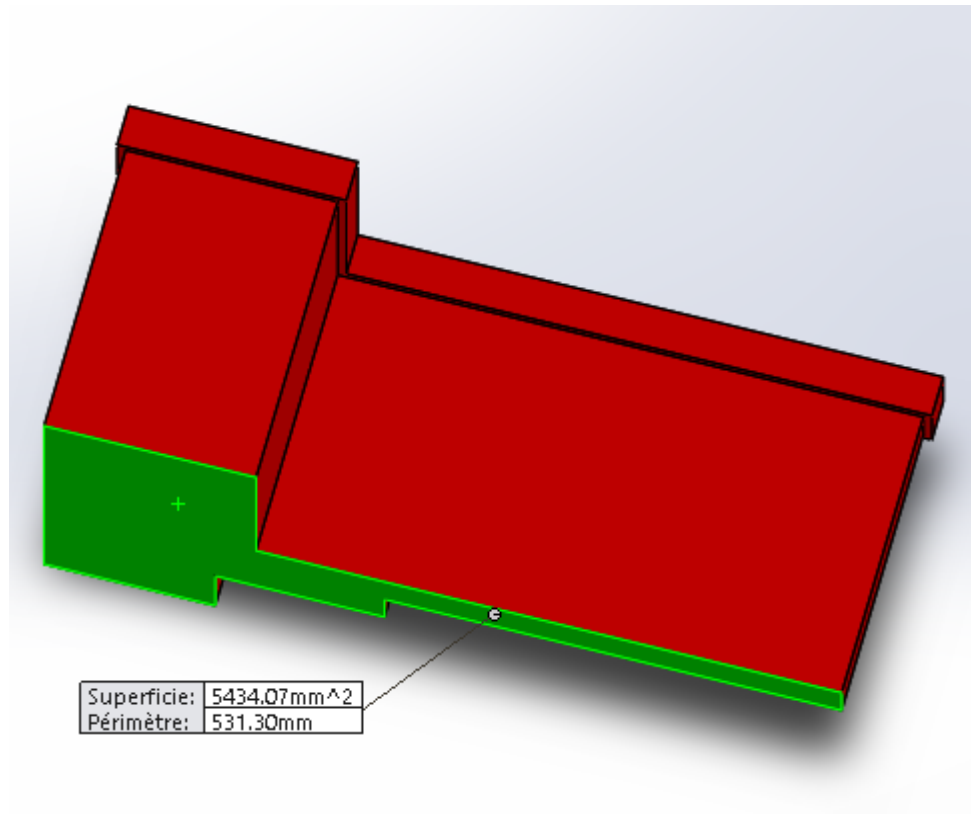


Figure IV. 25 : Périmètre de poinçon 4.[18]

$$P_{\text{poinçon 4}} = 531.3 \text{ mm}$$

Application numérique :

$$F_{p4} = 531.3 \times 0.6 \times 304$$

$$F_{p4} = 96854.4 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort de poinçon 5 « F_{p5} »

$$F_{p5} = P_{\text{poinçon 5}} \times e \times R_c$$

D'après la mesure et l'évaluation sur SOLIDWORKS, le périmètre du poinçon 4

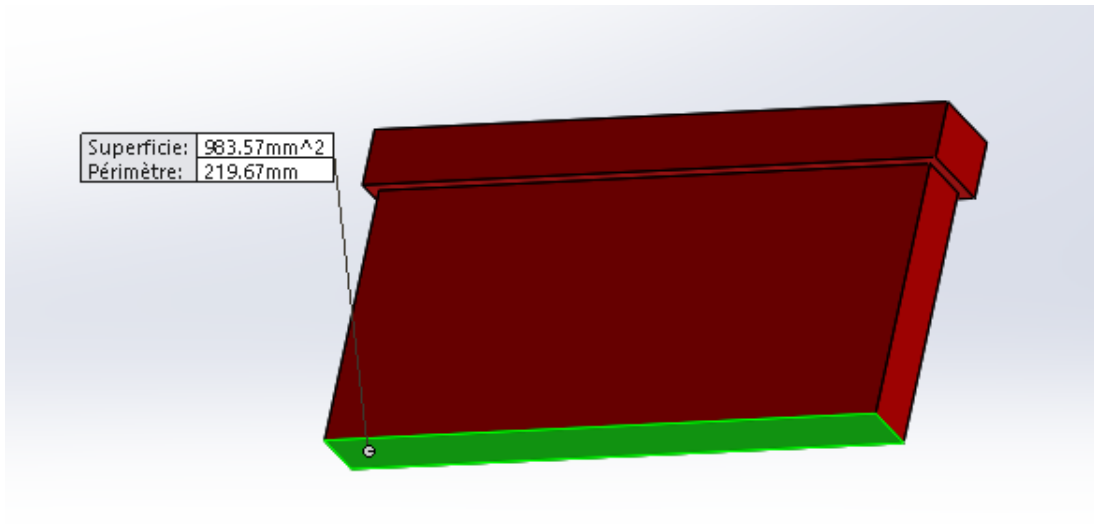


Figure IV. 26 : Périmètre de poinçon 5.[18]

$$P_{\text{poinçon 5}} = 219.67 \text{ mm}$$

Application numérique :

$$F_{p5} = 219.67 \times 0.6 \times 304$$

$$F_{p5} = 40067.8 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort total de poinçonnage

$$F_{p \text{ total poinçonnage}} = 10 F_{p1} + 2 F_{p2} + 2 F_{p3} + 2 F_{p4} + F_{p5}$$

Application numérique:

$$F_{p \text{ total poinçonnage}} = 294100 \text{ N}$$

IV.4.2 Calcul des efforts de pliage

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

$$F'_{\text{pliage}} = \frac{e \cdot l \cdot Rc}{10}$$

Avec :

l : la longueur de pli

e : épaisseur la tôle

$Rc = 0,8 \times Rm = 304 \text{ MPa}$

- Calcul de l'effort de pli 01 (90°) :

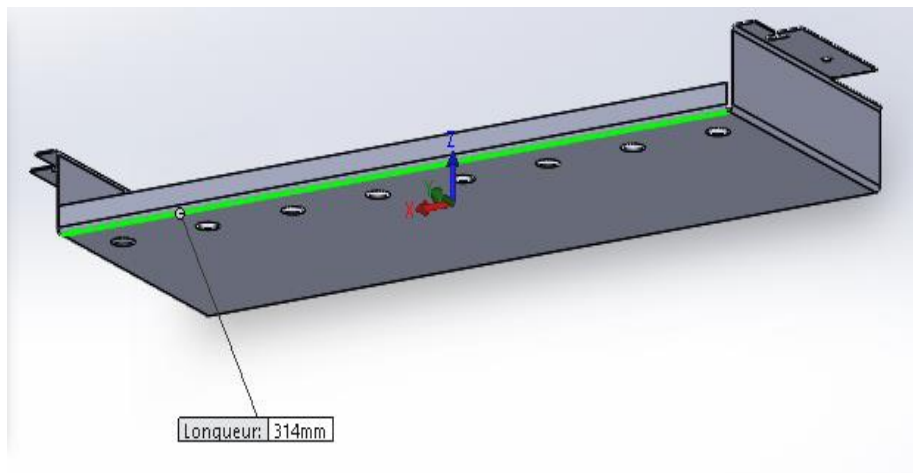


Figure IV. 27 : Longueur de pli l.[18]

Application numérique :

$$F'1 = \frac{0,6 \times 314 \times 304}{10}$$

$$F'1 = 5727,4 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort de pli 02 (90°) :

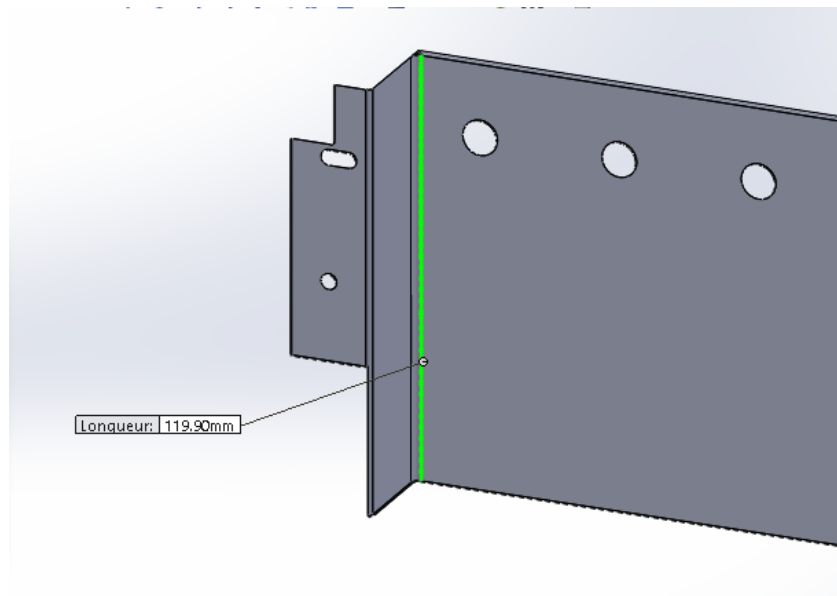


Figure IV. 28 : Longueur de pli 2. [18]

Application numérique :

$$F'2 = \frac{0.6 \times 119.9 \times 304}{10}$$

$$F'2 = 2187.2 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort du pli 03 (90°) :

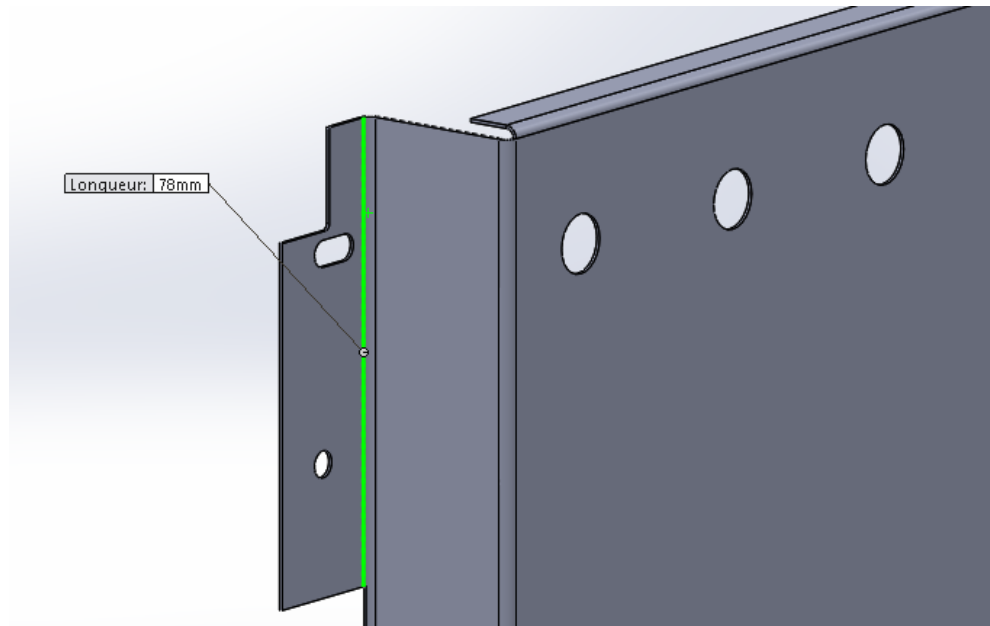


Figure IV. 29 : Longueur de plie 3. [18]

Application numérique :

$$F'3 = \frac{0.6 \times 78 \times 304}{10}$$

$$F'3 = 1422.7 \text{ N}$$

- Calcul de l'effort total de pliage

$$F' \text{ total pliage} = F'1 + 2F'2 + 2F'3$$

Application numérique:

$$F' \text{ total pliage} = 12947.1 \text{ N}$$

IV.4.3 Calcul de l'effort total Fd :

L'effort total Fd nécessaire au découpage et au pliage de la pièce est égal à la somme des efforts de chaque poinçon

$$F d = F \text{ total poinçonnage} + F' \text{ total pliage}$$

Application numérique :

$$F d = 307047.1 \text{ N}$$

IV.4.4 Calcul de l'effort de dévêtissage

C'est l'effort nécessaire pour dégager les poinçons de la bande après découpage, poinçonnage et pliage.

Il est égal, en général, à 7% de l'effort total (Fd).

$$F \text{ dév} = 0.07 \times F d$$

Application numérique :

$$F \text{ dév} = 0.07 \times 307047.1$$

$$F \text{ dév} = 21493.3 \text{ N}$$

IV.4.5 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse (Fpr)

$$F pr > F d + F \text{ dév}$$

Application numérique :

$$F pr > 307047.1 + 21493.3$$

$$F pr > 328540.4 \text{ N}$$

Avec :

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

F_d : Effort total de découpage-poinçonnage et pliage, (en N),

$F_{dév}$: Effort de dévêtisse, (en N),

Donc, le choix de la presse se fait, selon la force suivante :

$$F_{pr} > 32.85404 \text{ Tonnes} - \text{force}$$

IV.4.5.1 Le choix de la presse à utiliser

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,
- La longueur et la largeur de la table, suffisamment supérieur à celle de l'outil,
- La hauteur libre entre la table et le coulisseau doit être supérieur à la hauteur de l'outil fermé.
- La nature des opérations à réaliser.

Pour notre cas, il s'agit de poinçonnage, découpage et du pliage. Une presse mécanique est mieux indiquée. A partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse **T36 excentrique** qui a les caractéristiques suivantes :

- Capacité de la presse : **150 tonnes**
- Distance entre le (PMH) et le (PMB) : **320 mm**
- Dimensions de la table (longueur et largeur) : **1300 mm × 800 mm**
- Cours du coulisseau : **140 mm**

IV.4 .6 Nombre et choix de ressorts

IV.4.6.1 Ressort de dévêtissage

La raideur des ressorts doit assurer le dévêtissage. Ce sont les éléments qui doivent assurer le retour de serre flanc à sa position initiale après chaque opération.

On distingue 6 types de ressorts classés par couleur, qui signifie le type de charge.



Figure IV. 30 : Différents types de ressort. [19]

- La course de compression des ressorts est **35.6 mm** (course de déplacement des poinçons).
- Le nombre de ressorts N_r assurant l'opération de dévêtissage est donné par la formule suivante :

$$N_r = \frac{F_{dév}}{F_{ressort}}$$

Avec :

N_r : Nombre de ressorts

$F_{dév}$: Effort de dévêtissage

$F_{ressort}$: Effort d'un seul ressort

Vu que l'effort assurant le dévêtissage n'est pas d'une grande intensité et la course de compression est très importante, nous avons opté pour les ressorts de couleur verte. [19]

Du tableau **IV.3**, on tire la valeur de la force du ressort choisi qui est égale à 1816 N

$$F_{ressort} = 1816 \text{ N}$$

Application numérique :

$$N_r = \frac{21493.3}{1816}$$

$N_r = 11.83$

On prend donc 12 ressorts

Le ressort qui pourra répondre aux conditions de travail est le ressort à charges légères (couleur verte) tiré du tableau **IV.3**, qui a les caractéristiques suivantes :

La longueur du ressort non chargé	$L = 89 \text{ mm.}$
Diamètre de douille (guidage extérieur)	$D = 40 \text{ mm.}$
Diamètre du mandrin (guidage intérieur)	$D1 = 20 \text{ mm.}$
Course du ressort comprimée	$S = 35.6 \text{ mm.}$
Force du ressort	$F = 1816 \text{ N.}$
Raideur du ressort	$K = 51 \text{ N/mm.}$

Douille Ø D_h^{M15}	Mandrin Ø D_d^{M15}	Fil 8,0 x 4,0	L_0	Coefficient d'élasticité N/mm $c \pm 10\%$	durée de vie longue		max. course de travail		Référence
					$s_1^{20\%}$	F_1 N	$s_2^{20\%}$	F_2 N	
40,0	20,0	8,0 x 4,0	51	92,0	15,3	1408	20,4	1877	SZB010 40 x 051
			64	73,0	19,2	1402	25,6	1869	SZB010 40 x 064
			76	63,0	22,8	1436	30,4	1915	SZB010 40 x 076
			89	51,0	26,7	1362	35,6	1816	SZB010 40 x 089
			102	44,5	30,6	1362	40,8	1816	SZB010 40 x 102
			115	39,6	34,5	1366	46,0	1822	SZB010 40 x 115
			127	36,0	38,1	1372	50,8	1829	SZB010 40 x 127
			139	32,0	41,7	1334	55,6	1779	SZB010 40 x 139
			152	28,0	45,6	1277	60,8	1702	SZB010 40 x 152
			178	25,2	53,4	1346	71,2	1794	SZB010 40 x 178
			203	21,8	60,9	1328	81,2	1770	SZB010 40 x 203
			254	17,0	76,2	1295	101,6	1734	SZB010 40 x 254
			305	14,8	91,5	1354	122,0	1806	SZB010 40 x 305

Tableau IV. 3 :Catalogue STEINEL NORMALIEN ressort charge légère. [20]

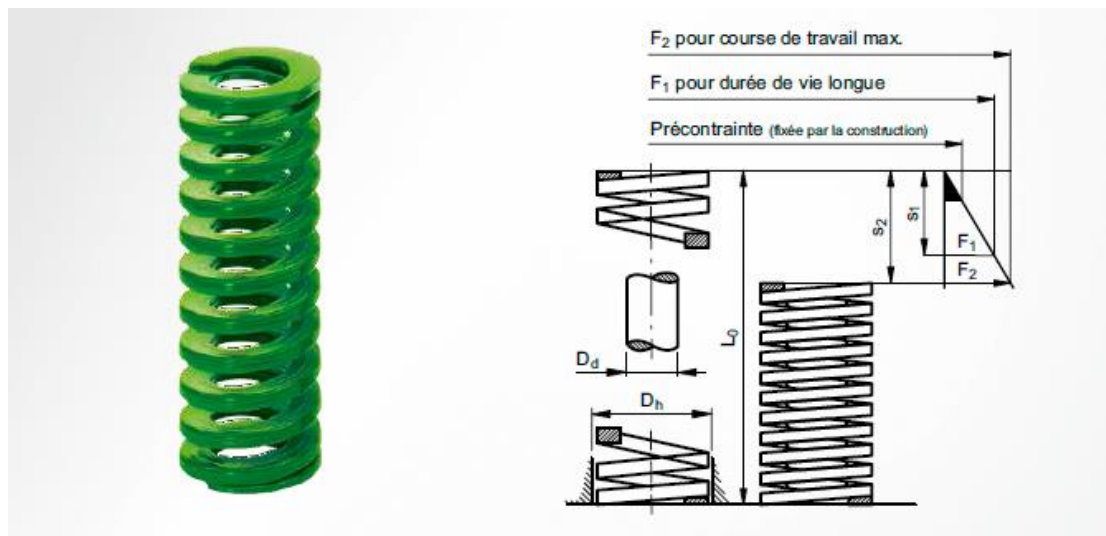


Figure IV. 31 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort. [20]

❖ **Emplacement des ressorts :**

Les ressorts sont répartis de manière équilibrée afin de garantir le retour de tous les poinçons (poinçonnage, découpage et pliage) à leurs positions initiales.

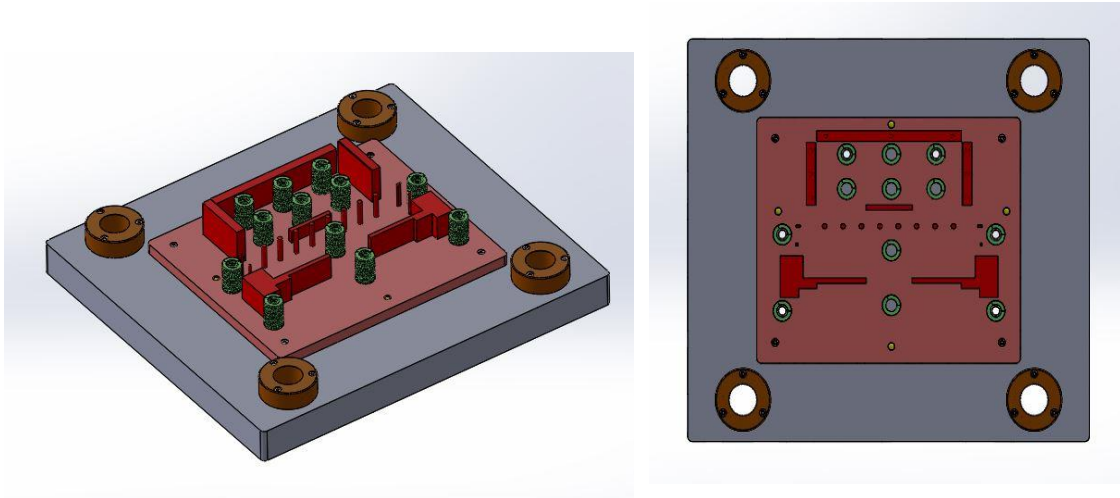


Figure IV. 32 : Emplacement des ressorts de dévêtissement. [18]

IV.4.6.2 Ressorts dégagement de la pièce fini

Ce sont des ressorts qui se trouvent entre la semelle inférieure et la matrice de pliage 02. Ils assurent le dégagement de la pièce fini et évitent qu'elle reste coincée entre la matrice 02 et le porte matrices après la dernière opération (pliage).

Douille Ø D _h ^{H15}	Mandrin Ø D _a ^{H15}	Fil	L ₀	Coefficient d'élasticité N/mm c ±10 %	durée de vie longue		max. course de travail		Référence			
					s ₁ ^{10 %}	F ₁ N	s ₂ ^{15 %}	F ₂ N				
10,0	5,0	2,2 x 2,7	25	167	2,5	418	3,8	626	SZ8045 10 x 025			
			32	130	3,2	416	4,8	624	SZ8045 10 x 032			
			38	105	3,8	399	5,7	599	SZ8045 10 x 038			
			44	86	4,4	378	6,6	568	SZ8045 10 x 044			
			51	79	5,1	403	7,7	604	SZ8045 10 x 051			
			64	62	6,4	397	9,6	595	SZ8045 10 x 064			
			76	51	7,6	388	11,4	581	SZ8045 10 x 076			
12,5	6,3	2,8 x 3,4	25	288	2,5	720	3,8	1080	SZ8045 13 x 025			
			32	216	3,2	691	4,8	1037	SZ8045 13 x 032			
			38	176	3,8	669	5,7	1003	SZ8045 13 x 038			
			44	149	4,4	656	6,6	983	SZ8045 13 x 044			
			51	128	5,1	653	7,7	979	SZ8045 13 x 051			
			64	100	6,4	640	9,6	960	SZ8045 13 x 064			
			76	84	7,6	638	11,4	958	SZ8045 13 x 076			
			89	71	8,9	632	13,4	948	SZ8045 13 x 089			
			102	61	10,2	622	15,3	933	SZ8045 13 x 102			
16,0	8,0	3,5 x 4,6	32	449	3,2	1437	4,8	2155	SZ8045 16 x 032			
			38	363	3,8	1379	5,7	2069	SZ8045 16 x 038			
			44	309	4,4	1360	6,6	2039	SZ8045 16 x 044			
			51	256	5,1	1306	7,7	1958	SZ8045 16 x 051			
			64	203	6,4	1299	9,6	1949	SZ8045 16 x 064			
			76	166	7,6	1262	11,4	1892	SZ8045 16 x 076			
			89	139	8,9	1237	13,4	1856	SZ8045 16 x 089			
			102	114	10,2	1163	15,3	1744	SZ8045 16 x 102			
			115	105	11,5	1208	17,3	1811	SZ8045 16 x 115			
			127	94	12,7	1194	19,1	1791	SZ8045 16 x 127			
			152	69	15,2	1049	22,8	1573	SZ8045 16 x 152			
			305	37	30,5	1129	45,8	1693	SZ8045 16 x 305			
			20,0	10,0	4,1 x 5,9	44	452	4,4	1989	6,6	2983	SZ8045 20 x 044
						51	378	5,1	1928	7,7	2892	SZ8045 20 x 051
64	301	6,4				1926	9,6	2890	SZ8045 20 x 064			

Tableau IV. 4 : Catalogue STEINEL NORMALIEN ressort charge hyper forte. [20]

Le nombre de ressorts N_r assurant l'opération de dégagement est donné par la formule suivante :

$$N_r = \frac{F \text{ dég}}{F \text{ ressort}}$$

Avec :

N_r : Nombre de ressorts.

$F \text{ dég}$: Effort de dégagement ($F \text{ dég} = F \text{ dév}$ par mesure de sécurité).

$F \text{ ressort}$: Effort d'un seul ressort.

Vu que nous n'avons pas assez d'espace, nous avons opté pour les ressorts de couleur bronze pour minimiser le nombre de ressorts à utiliser. [19]

Du tableau **IV.4**, on tire la valeur de la force du ressort choisi, qui est égale à 2155 N.

$$F_{ressort} = 2155 \text{ N}$$

Application numérique :

$$N_r = \frac{21493.3}{2155}$$

$$N_r = 9.97$$

On prend donc 10 ressorts

Le ressort qui pourra répondre aux conditions de travail est le ressort à charges hyper fortes (couleur bronze) tiré du tableau IV.4, qui a les caractéristiques suivantes :

La longueur du ressort non chargé	$L = 32 \text{ mm.}$
Diamètre de douille (guidage extérieur)	$D = 16 \text{ mm.}$
Diamètre du mandrin (guidage intérieur)	$D_1 = 8 \text{ mm.}$
Course du ressort comprimée	$S = 4.8 \text{ mm.}$
Force du ressort	$F = 2155 \text{ N.}$
Raideur du ressort	$K = 449 \text{ N/mm.}$

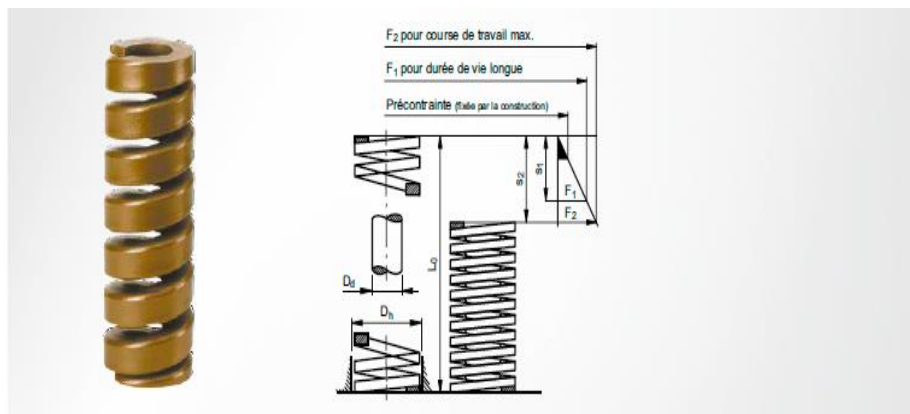


Figure IV. 33 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort. [20]

❖ Emplacement des ressorts :

Les ressorts sont répartis de manière équilibrée pour permettre le dégagement de la pièce après l'opération du pliage.

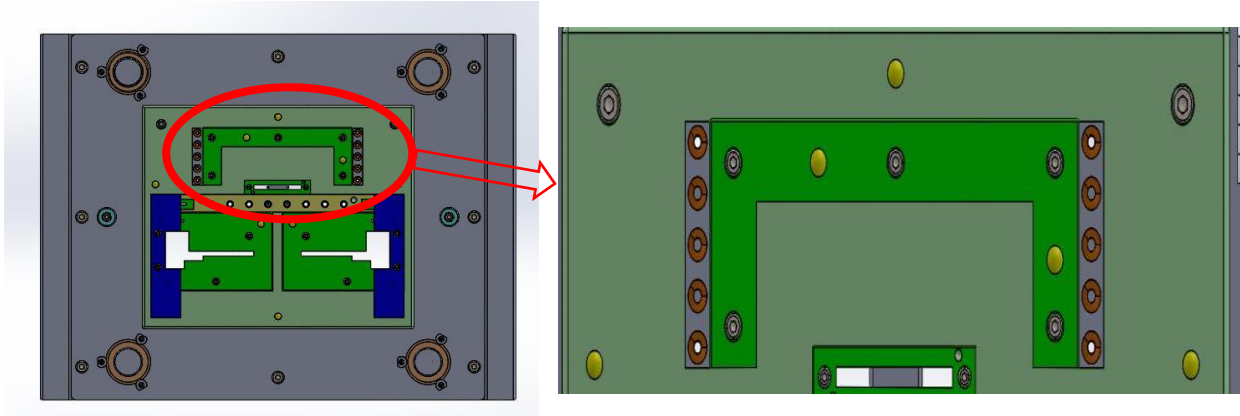


Figure IV. 34 : Emplacement des ressorts de dégagement. [18]

IV.4.7 Vérification de la résistance des poinçons au flambement

Les poinçons (\varnothing 10 mm, \varnothing 4.5 mm, rainure 4.5× 10.2 mm) sont assimilés à de longues poutres droites. Ces deniers sont soumis à des forces axiales opposées et peuvent subir une déformation par flambement.

Ce dernier se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique (F_{cr}) :

- $F_p < F_{cr}$: La poutre ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.
- $F_p > F_{cr}$: La poutre se déforme et la rupture peut intervenir rapidement.

La relation qui nous permet de calculer la charge critique d'Euler est donnée par la formule suivante :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{l^2}$$

Avec :

E : Module de Young (210 000 N/mm²)

I : Moment d'inertie,

L : Longueur du poinçon.

La longueur libre du flambage l est donnée en fonction du type d'appui.

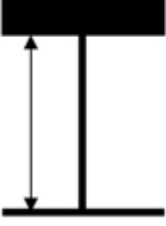
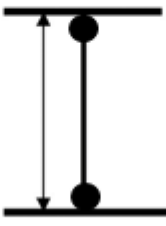
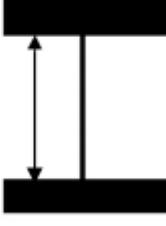
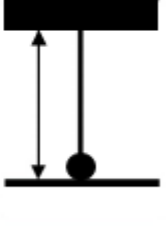
LONGUEUR LIBRE DE FLAMBAGE				
Type de Liaisons	Encastré en A Et Libre en B	Liaisons Pivotantes en A et B	Encastré en A Et B	Encastré en A Et Pivots en B
Valeurs de L	 $l=2L$	 $l=L$	 $l=L/2$	 $l=0.7L$

Tableau IV. 5 : Longueurs libres de flambage en fonction du type de liaisons.

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

- **Poinçon de $\varnothing 10$ mm**

Le moment quadratique : $I = 490.87 \text{ mm}^4$ (Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS),

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(2 \times L)^2} = \frac{3,14^2 \times 210000 \times 490.87}{(2 \times 81.3)^2}$$

La force critique à ne pas dépasser est :

$F_{cr} = 38442 \text{ N}$

D'après les résultats obtenus :

On a $F_{P1} = 5731 \text{ N}$ (effort poinçonnage pour le poinçon $\varnothing 10$) . On a $F_{P1} < F_{cr}$

La condition est vérifiée, donc le poinçon résiste au flambement.

- **Poinçon de Ø 4.5 mm**

Le moment quadratique : $I = 63.62 \text{ mm}^4$ (Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS),

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(2 \times L)^2} = \frac{3,14^2 \times 210000 \times 63.62}{(2 \times 81.3)^2}$$

La force critique à ne pas dépasser est :

$F_{cr} = 4982.3 \text{ N}$

D'après les résultats obtenus :

On a $F_{P2} = 2579 \text{ N}$ (effort poinçonnage pour le poinçon Ø 4.5) . On a $F_{P2} < F_{cr}$

La condition est vérifiée, donc le poinçon résiste au flambement.

- **Poinçon de la rainure 4.5 x 10.2 (mm)**

Le moment quadratique : $I = 305.33 \text{ mm}^4$ (Mesuré à partir du logiciel de CAO SOLIDWORKS),

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(2 \times L)^2} = \frac{3,14^2 \times 210000 \times 305.33}{(2 \times 81.3)^2}$$

La force critique à ne pas dépasser est :

$F_{cr} = 23911.5 \text{ N}$

D'après les résultats obtenus :

On a $F_{P3} = 4658.5 \text{ N}$ (effort poinçonnage pour le poinçon de la rainure 4.5 x 10.2) .

On a $F_{P3} < F_{cr}$

La condition est vérifiée, donc le poinçon résiste au flambement.

IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réussi à faire une étude, et à concevoir un outil à bande qui sert à la réalisation d'un convoyeur de fumée de la nouvelle cuisinière ventilée ENIEM.

SOLIDWORKS et les différents calculs que nous avons effectués successivement, nous ont permis d'avoir les dimensions approximatives du flan théorique, la capacité de la presse à utiliser, ainsi que les efforts des ressorts utilisés et leur raideur sans recours aux essais expérimentaux. Ce qui représente un gain de temps, une bonne précision et une économie.

Nous avons conçu notre outil économique avec un choix de matériaux fiables, en évitant le surdimensionnement des éléments et la grande cadence de fabrication de ce convoyeur de fumée.

CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de la réalisation de notre projet de fin d'étude, les notions pratiques acquises au niveau de l'unité cuisson de l'entreprise de fabrication d'appareils électroménagers ENIEM, nous ont permis de développer notre esprit de recherche et de concrétiser et appliquer les connaissances acquises tout au long de notre formation "Master en Génie Mécanique".

Parmi les procédés utilisés, nous citerons le poinçonnage, le découpage et le pliage qui sont très courants dans l'industrie. Cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances dans ces procédés qui ne cessent d'évoluer au fil des dernières années dans le processus de la transformation des tôles.

Les connaissances acquises lors de l'étude des différentes propriétés des matériaux comme l'acier sont à la base de la conception de notre outil. Ces métaux sont choisis pour faciliter la production de pièces au prix de revient le plus bas possible avec une bonne qualité de fabrication.

Le logiciel de conception assisté par ordinateur SolidWorks nous a permis de définir les dimensions et les caractéristiques géométriques des différentes pièces. La puissance de ce logiciel nous a aidé à concevoir un outil précis, fiable et rentable.

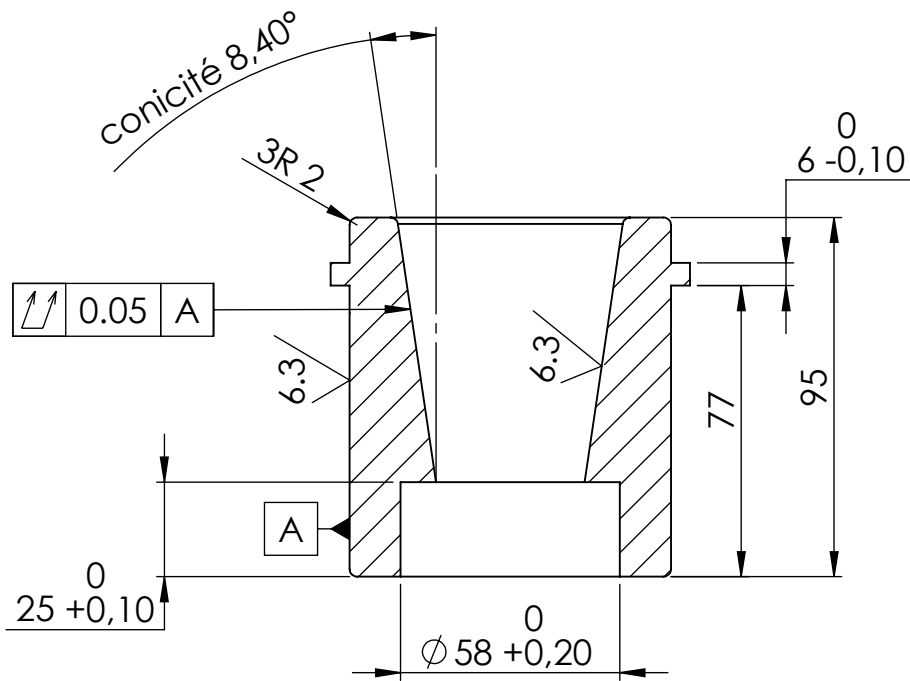
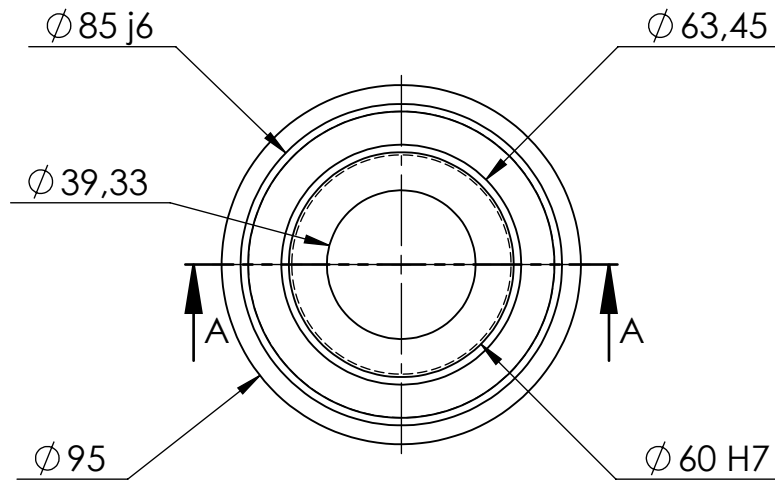
Malgré nos efforts pour mener à bien cette étude, nous ne prétendons jamais que ce travail est parfait, par conséquent, il reste ouvert aux critiques et propositions allant dans le sens de son éventuelle amélioration et nous souhaitons qu'il sera enrichi et approfondi à l'avenir.

Enfin, nous souhaitons que ce travail serve comme support pédagogique pour les promotions à venir.

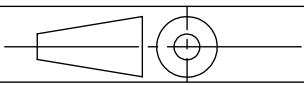
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

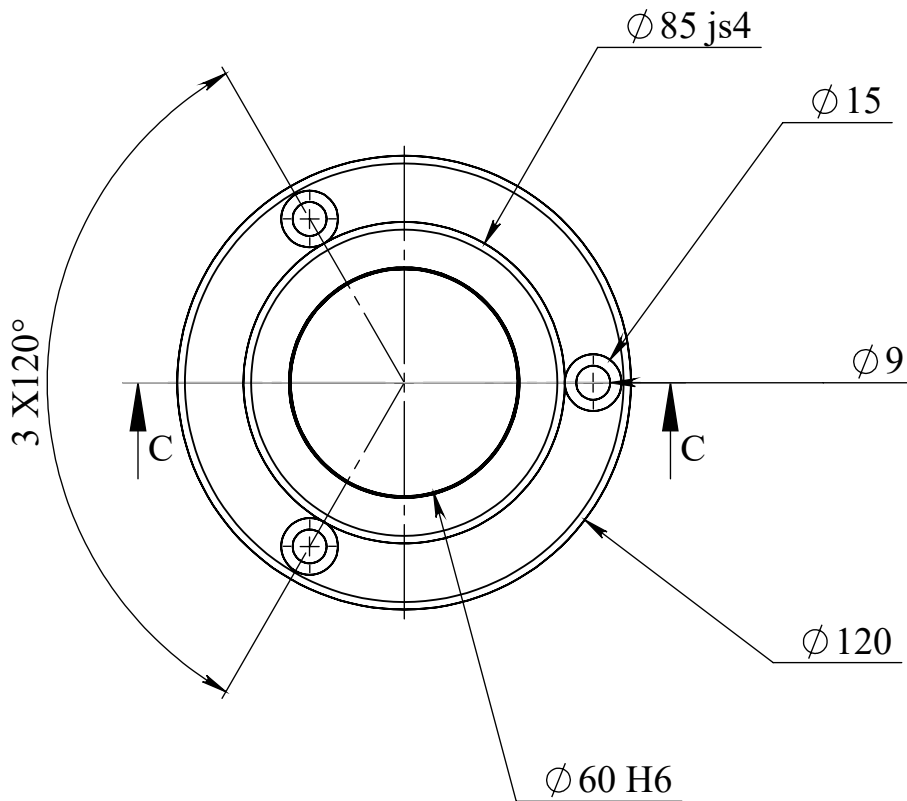
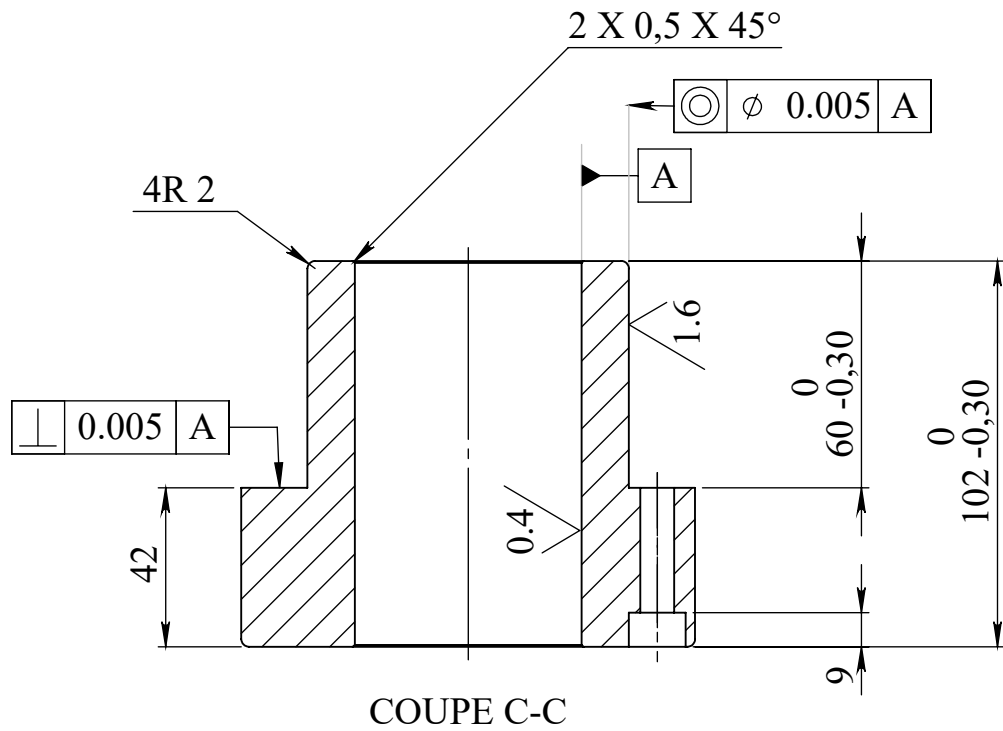
- [1] Classifications des aciers et des fontes, Professeur BEN SAADA.S. Université de BISKRA.
- [2] Mlle : Berdous Assia Mr : Yakoubi Nacer « Etude et conception d'un outil à bande pour la réalisation d'une charnière inférieure du réfrigérateur FB1 ENIEM » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option construction mécanique UMMTO 2017/2018.
- [3] Guide traitement thermique / COMITE PERFORM, <http://www.comiteperform.ca>
- [4] Mr : Oubraham Amar Mr : Belkhis Mohand « Etude et conception d'un outil à stations de poinçonnage et pliage de la nouvelle traverse de la cuisinière ENIEM » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option construction mécanique UMMTO 2019/2020.
- [5] Mr : BOUARABA Mohammed Mr : FERHAT Ismail « Etude et conception d'un outil de Poinçonnage et Détourage pour un cache ventilateur d'une cuisinière ENIEM » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option construction mécanique UMMTO 2021/2022.
- [6] R.Djabri ; I.Mihoubi ; Mémoire Master Académique; Etude Et Réalisation D'une Emboutisseuse Des Tôles de Faible Epaisseur ; Faculté de Technologie ; Département de Mécanique, Tlemcen; Année universitaire : 2017 /2018.
- [7] Support de cours Génie Mécanique Niveau 1, Procédés de mise en forme : M. JERBI ; A.U 2017/2018 ; Institution supérieure des études technologiques de NABEUL.
- [8] Cour du Module FAB 7, Procédés de fabrications, Pour les étudiants 2ème année, Spécialité Productique Mécanique Appliquée PMI, Instituts des Sciences et Techniques Appliquées, Université Frère Mentouri Constantine 1, Année universitaire 2019/2020.
- [9] Mr : HAMOUR Aghiles Mr : HAMOUR Sofiane « Etude et Conception d'un outil Poinçonnage et Détourage d'un Cache Extra Plat d'une Cuisinière ENIEM 05 feux. » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option construction mécanique UMMTO 2021/2022.
- [10] BEN ABDESSELAM Siham « ETUDE NUMERIQUE DU PLIAGE DE TOLES EN ACIER TRIP 304L » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option fabrication mécanique et productique UMMTO 2018/2019.
- [11] Dridi Mohamed Salah ; Guendouzi Abdelghani, Master II, Académique, Conception d'une presse mécanique pour emboutissage de 40 tonnes, Université Mouloud MAMMARI, Promotion juin 2019.

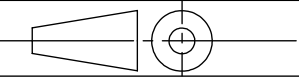
- [12] Mlle : Belhoucine Zohra « Etude et conception d'un outil de détournage et poinçonnage d'une pièce (autonettoyant) pour la cuisinière ENIEM » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option construction mécanique UMMTO 2014/2015.
- [13] Mr : Biri Koceila Mr : Bouzarari Mouhoub « Etude et conception d'un outil de poinçonnage à came d'un corps de chauffe de radiateur à gaz naturel ENIEM. » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option fabrication mécanique et productique UMMTO 2017/2018.
- [14] Documentation offerte par l'entreprise ENIEM.
- [15] Mr : Zared Ouelhadj « Etude et conception d'un outil de poinçonnage et de détournage d'un bandeau bombé en INOX d'une cuisinière ENIEM » mémoire fin d'étude master en génie mécanique option construction mécanique UMMTO 2021/2022.
- [16] Guide des normes fontes, www.loiselet.com.
- [17] NORME AFNOR 35-552 AF65C45
- [18] DASSAULT Systèmes SOLIDWORKS 2015.
- [19] Normes ISO 10243 Outillage de presse, Ressorts de compression à section rectangulaire, Dimensions d'encombrement et code couleur, 2019.
- [20] Catalogue STEINEL NORMALIEN, Version 02.2023.

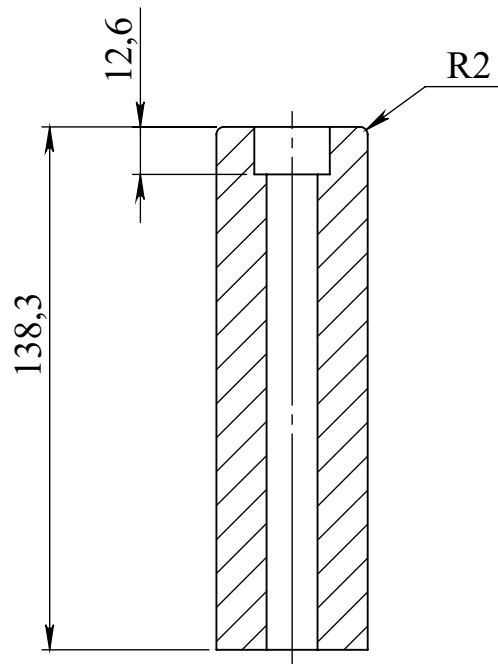


COUPE A-A

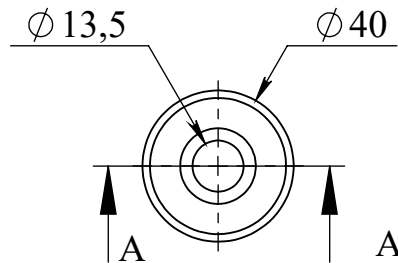
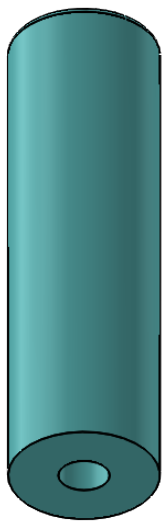
01	04	BAGUE INFERIEURE	BRONZE	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 6.3
Planche N°: 01				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



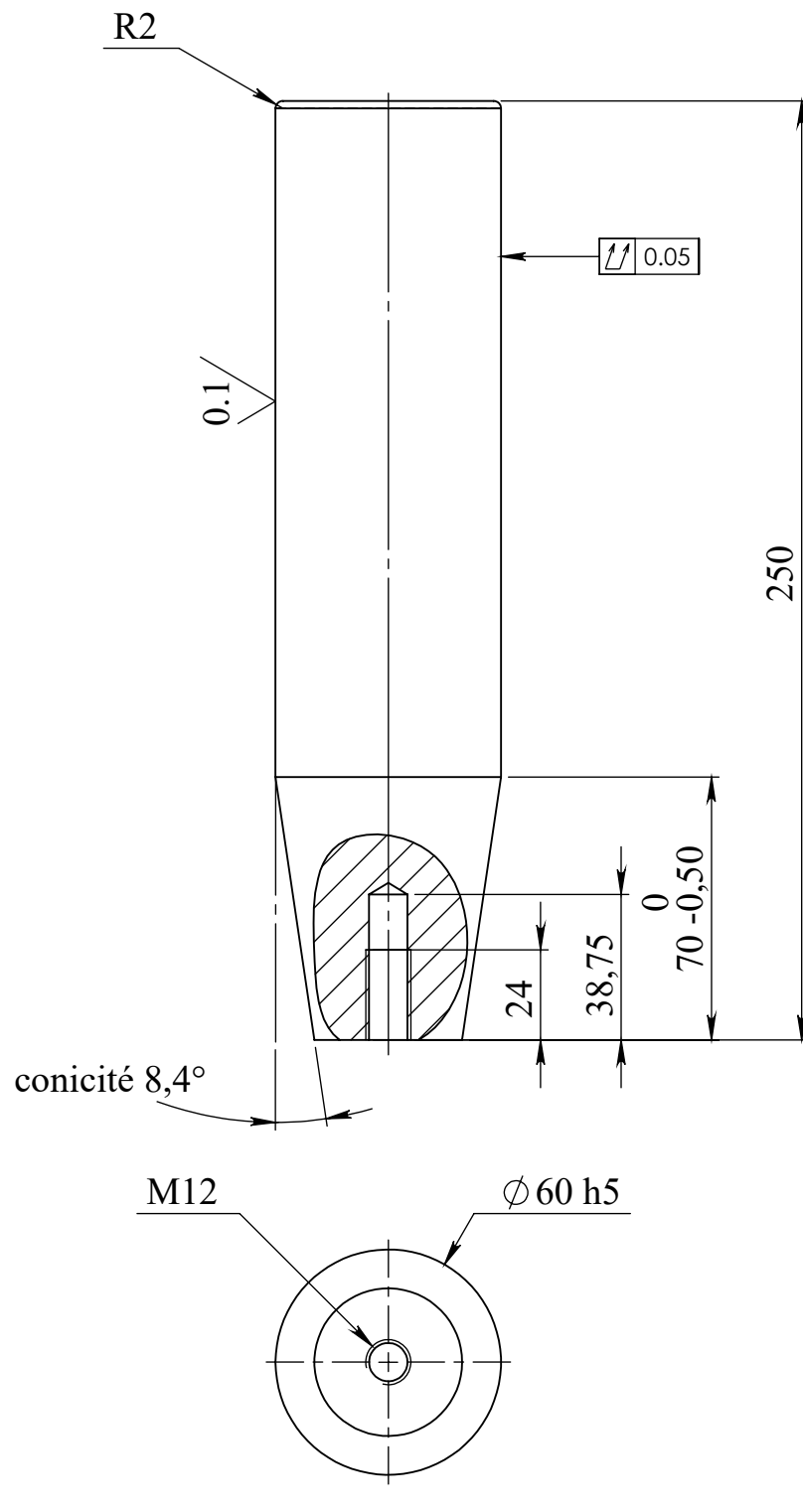
20	04	BAGUE SUPERIEURE	BRONZE	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 6.3
Planche N°: 20				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II

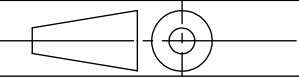


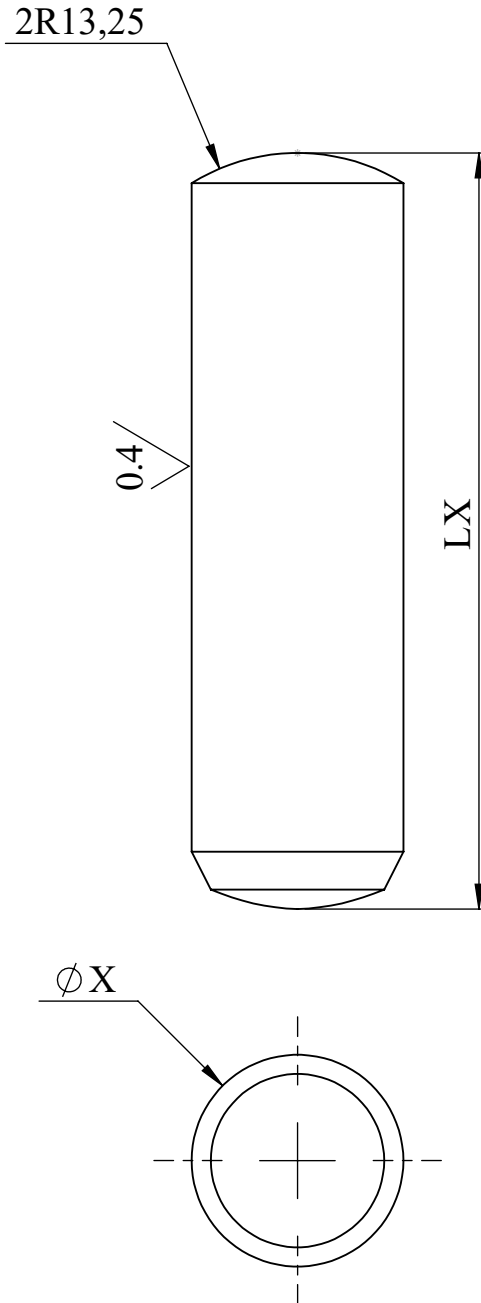
COUPE A-A

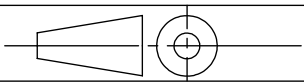


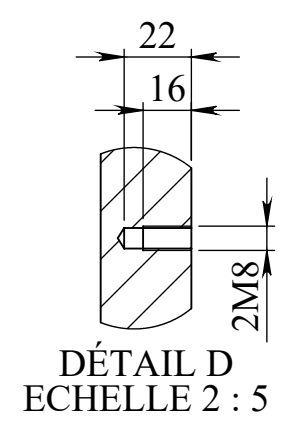
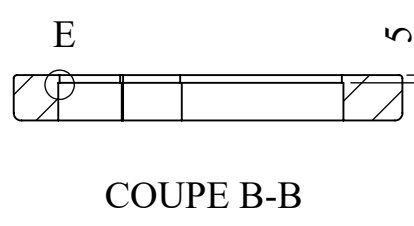
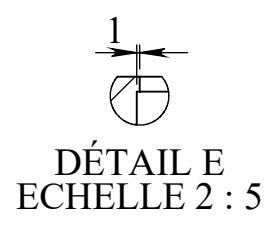
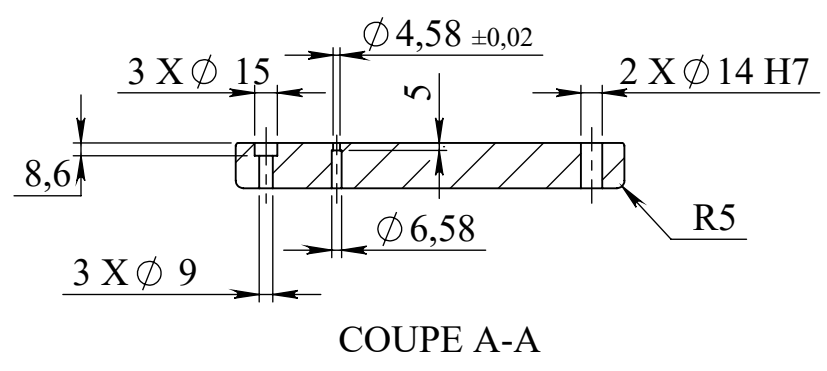
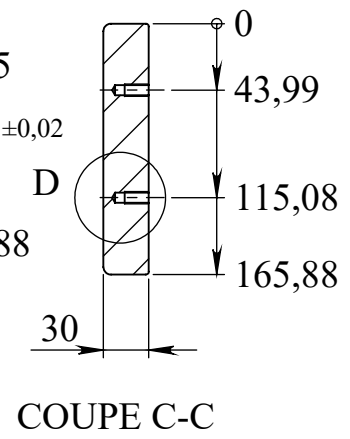
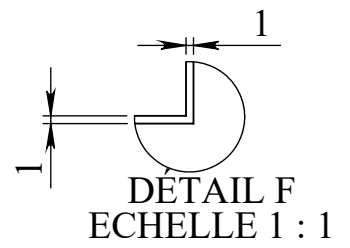
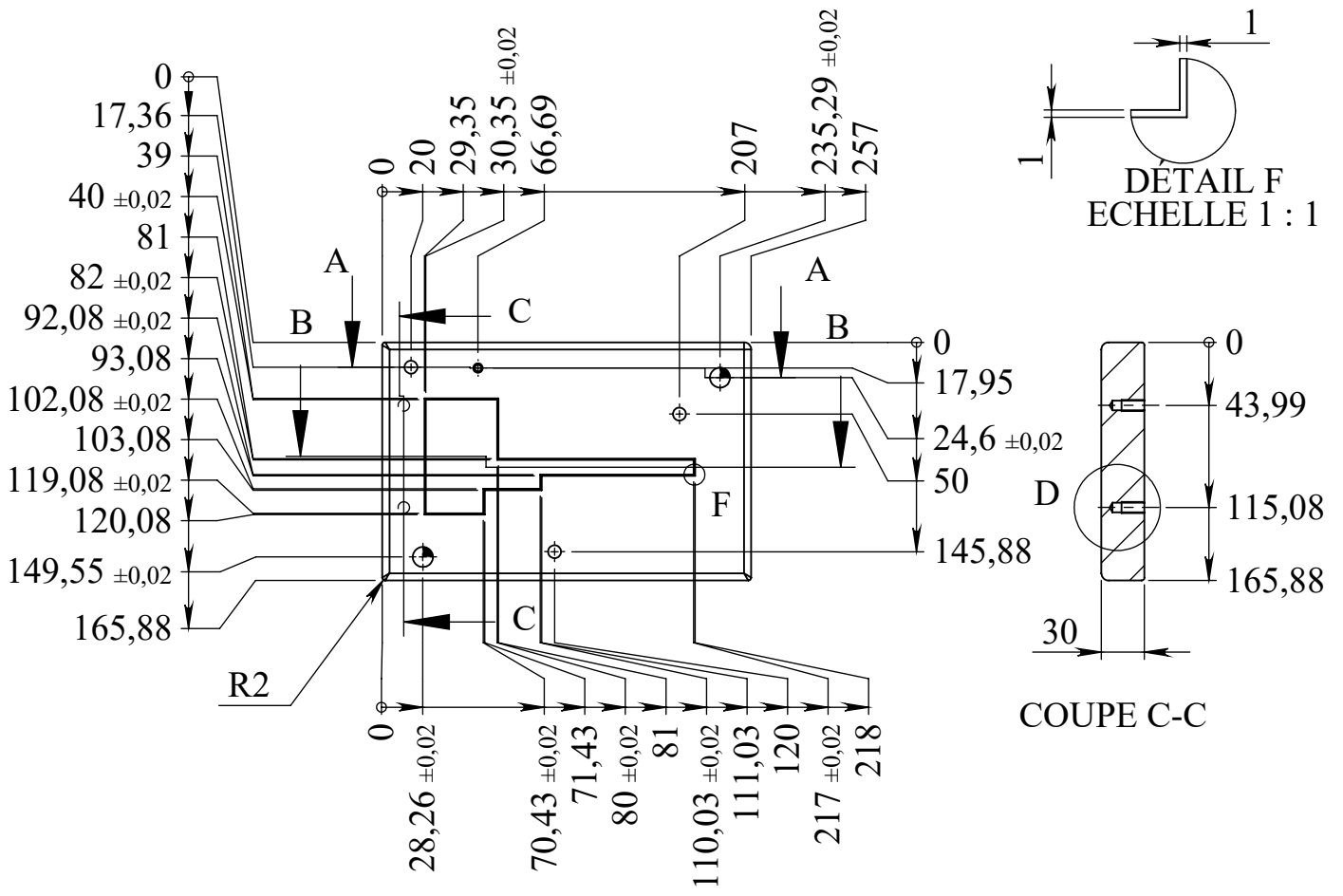
02	02	BUTÉE FIN DE COURCE	C 45	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche N°: 02				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



04	04	COLONNE DE GUIDAGE	NF E63-121 ISO 9182	Trampe à coeur 62/64 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 0.4 ✓
Planche N°: O4				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II

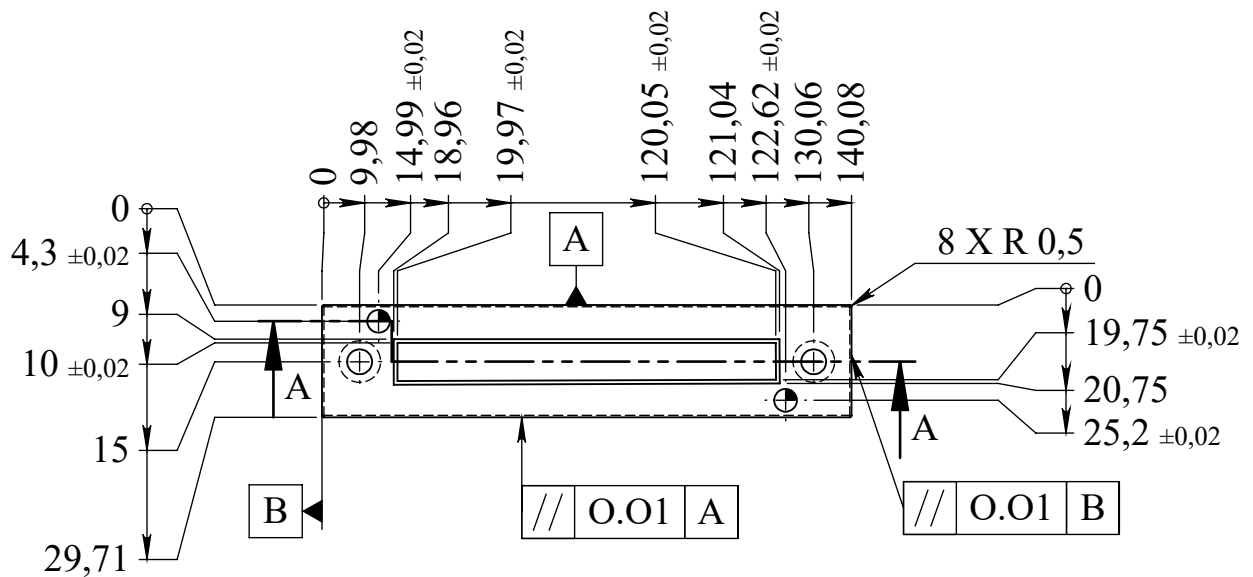
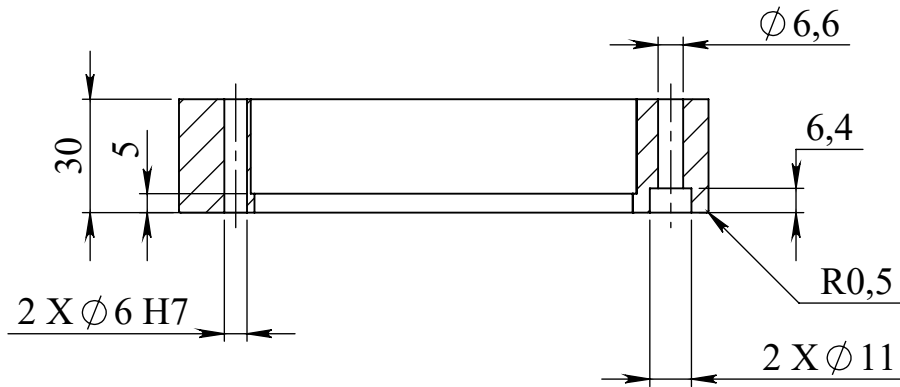


21	02	GOUPILLE CYLINDRIQUE	6	50
	02	GOUPILLE CYLINDRIQUE	12	50
	14	GOUPILLE CYLINDRIQUE	14	50
Ref	Nbr	Désignation	ØX	LX
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface 0.4 ✓	
Planche N°: 21				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

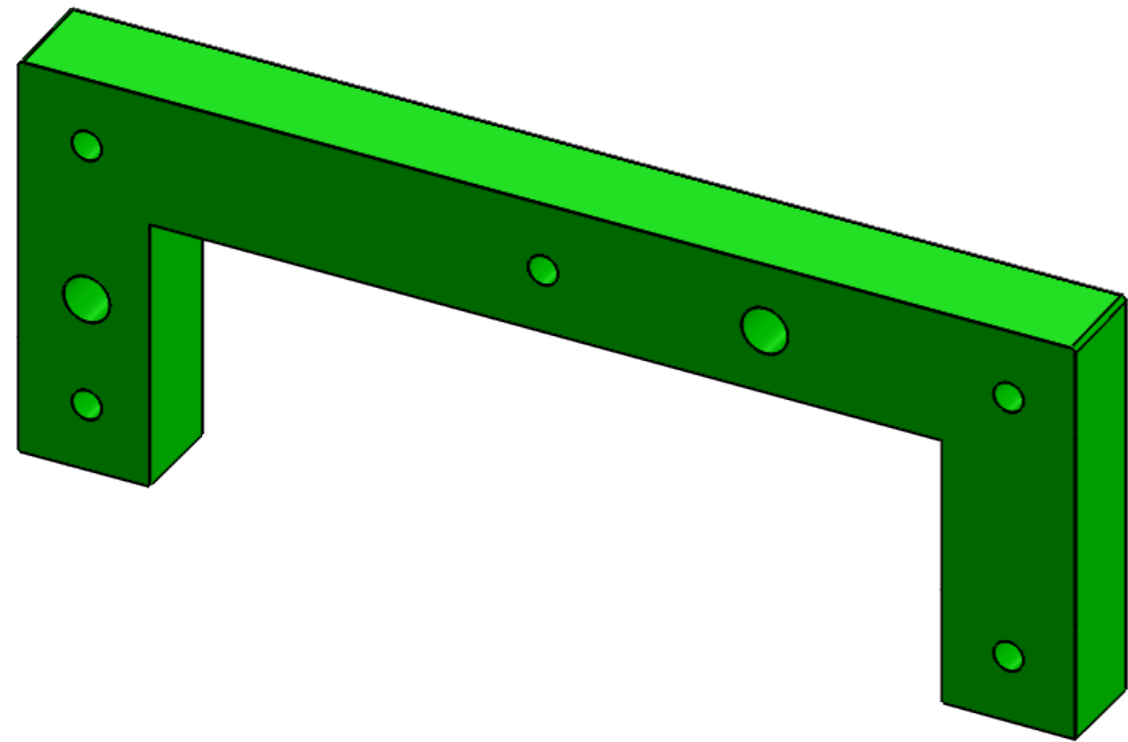
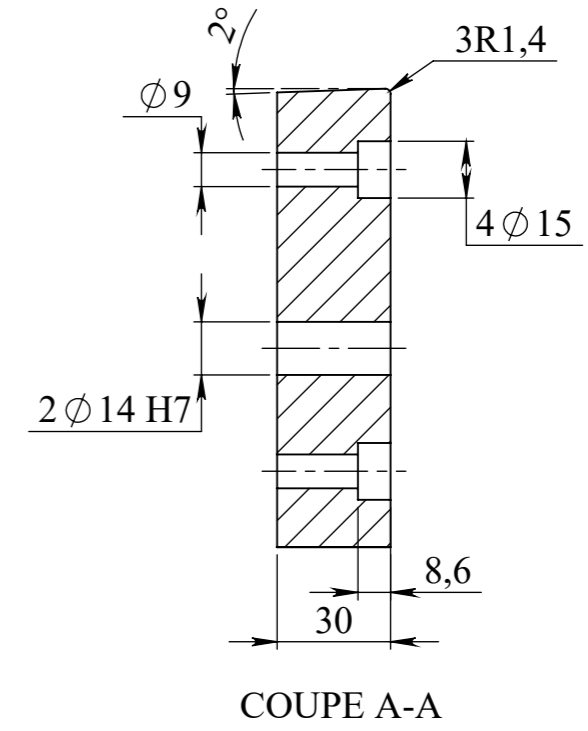
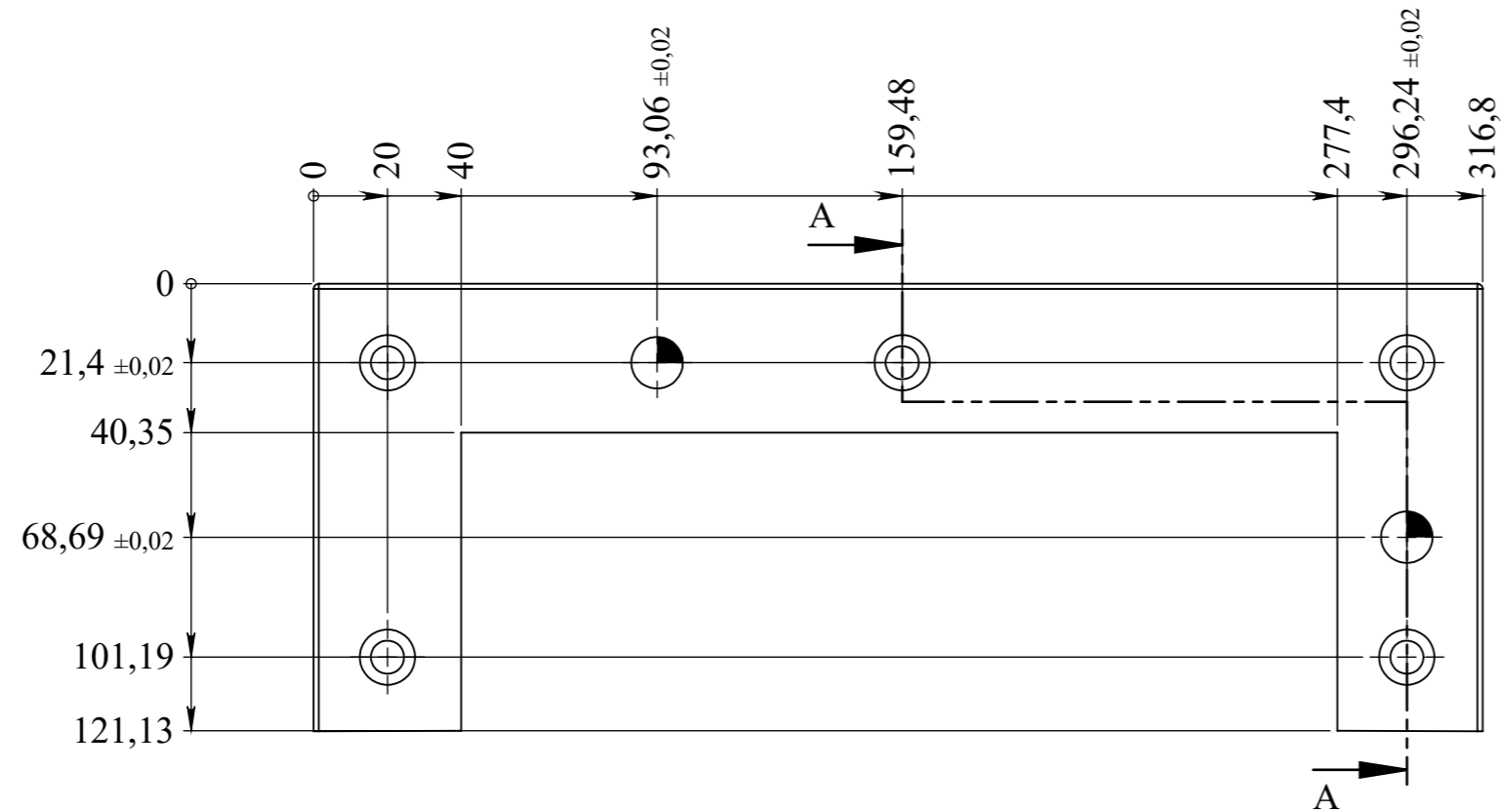


05	02	MATRICE GRUGEAGE	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5	Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière			Etat de surface 1.6
Planche N°: 05	Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba			Promo 2022/2023
A4	FGC DGM UMMTO			Master II

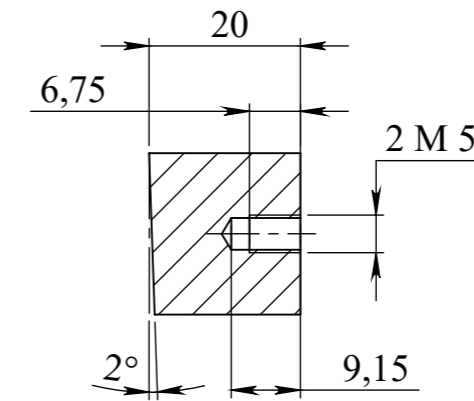
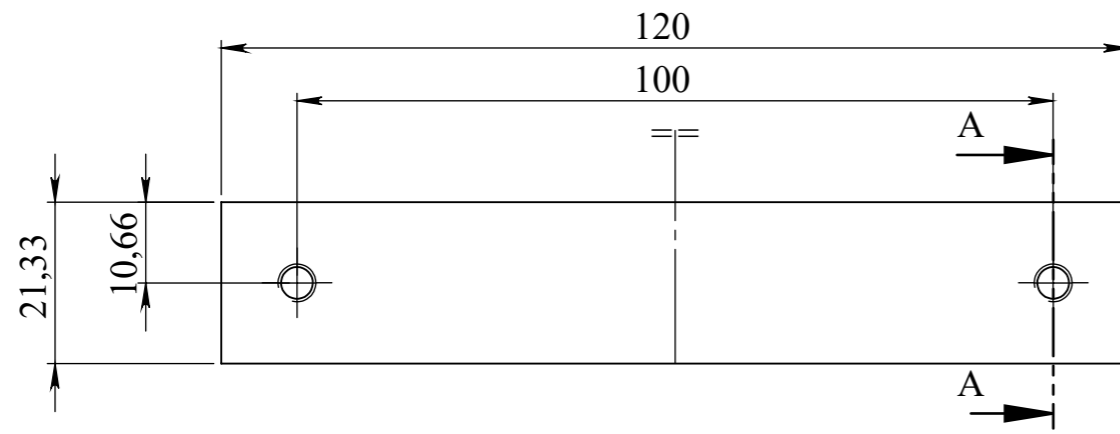
COUPE A-A



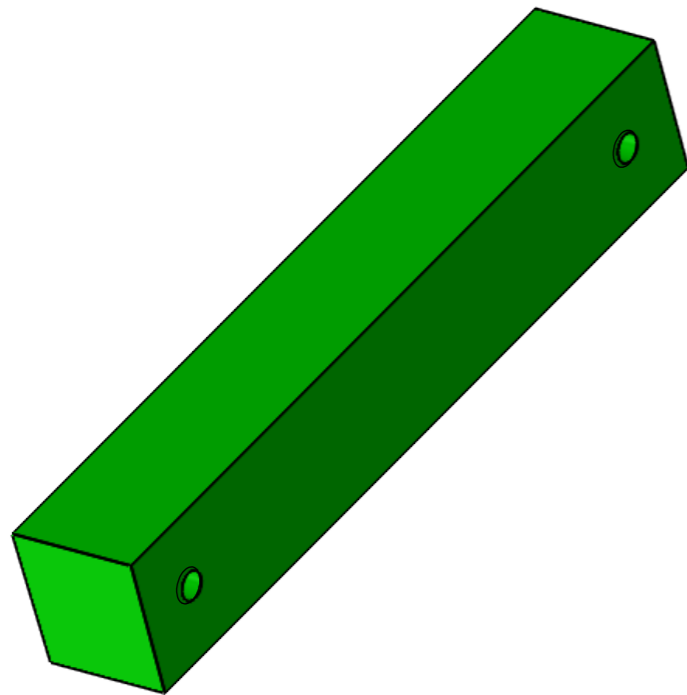
06	01	MATRICE DECOUPAGE	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface 1.6/	
Planche N°: 06				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	



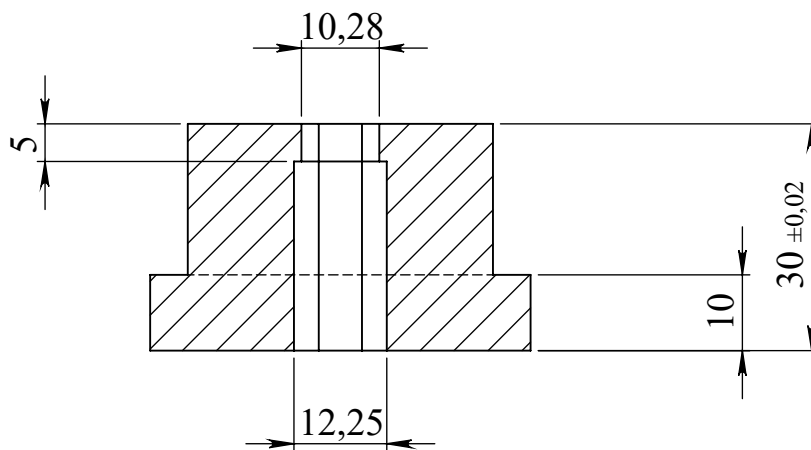
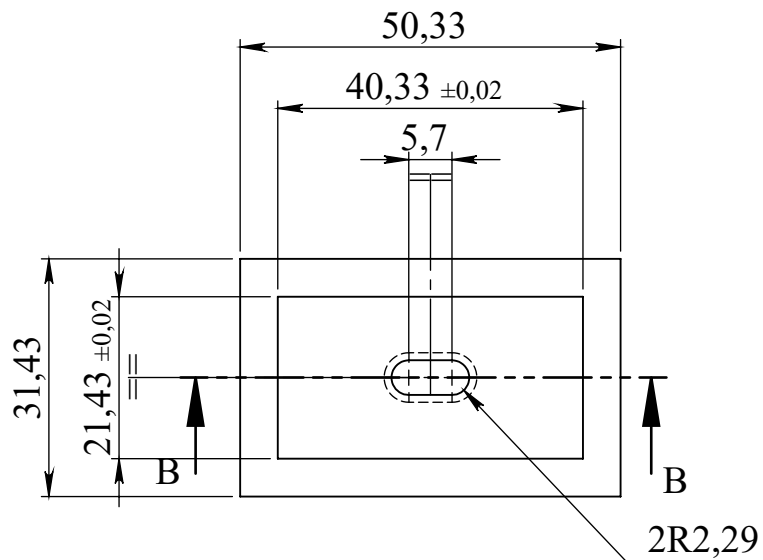
07	01	MATRICE PLIAGE 2	XC 48	Tr+Rv 40/45 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface 1.6/	
Planche n°: 07				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo : 2022/2023	
A3		FGC DGM UMMTO	Master II	



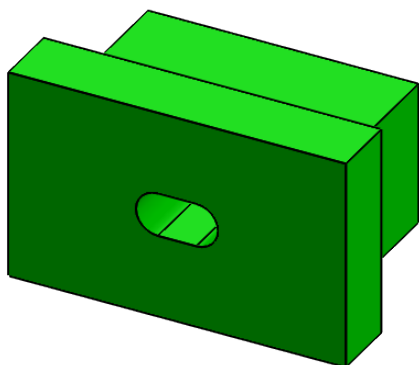
COUPE A-A



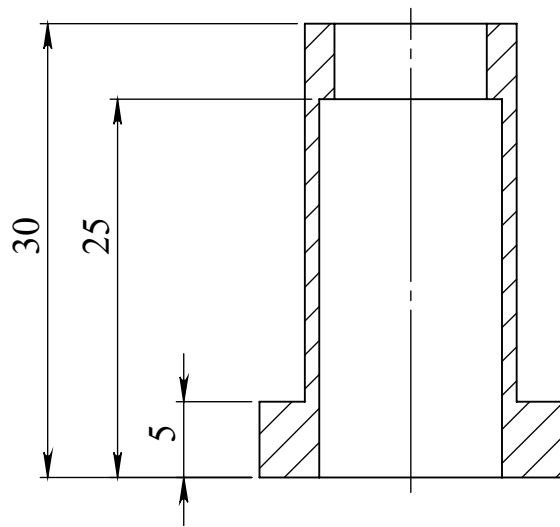
08	02	MATRICE PLIAGE 1	XC 48	Tr+Rv 40/45 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface 1.6/	
Planche n°: 08				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo : 2022/2023	
A3		FGC DGM UMMTO	Master II	



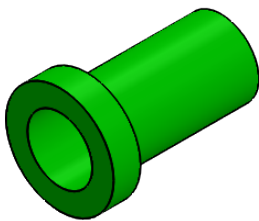
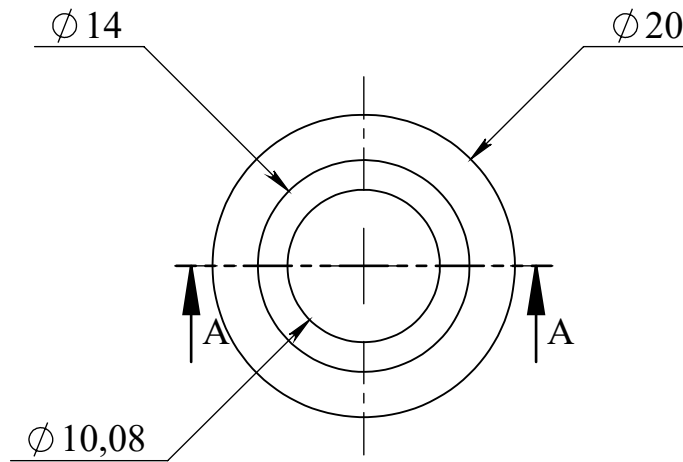
COUPE B-B

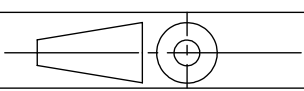


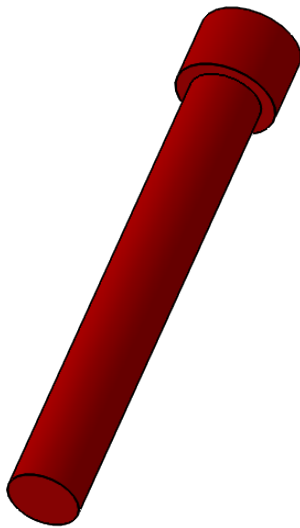
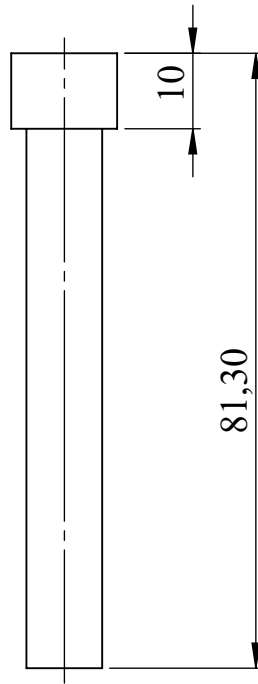
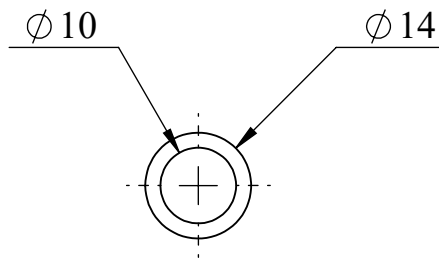
09	02	MATRICE RAINURE	Z200C12	Tr+Rv 58/60HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Etat de surface 1.6/√
Planche N°: 09				
		FGC DGM UMMTO	Promo 2022/2023	
A4				Master II

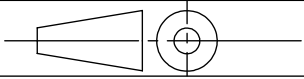


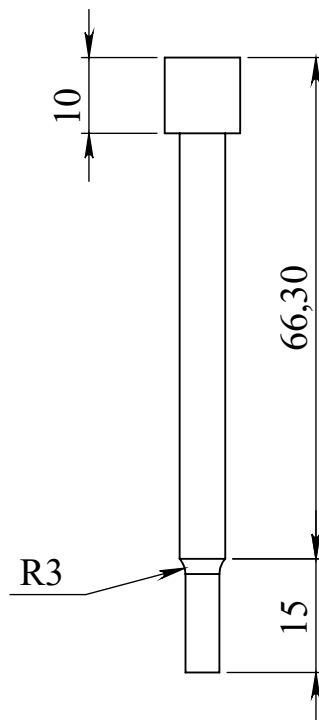
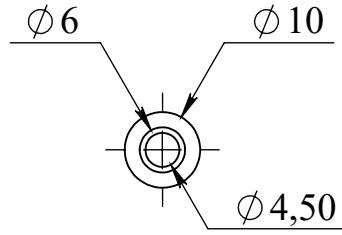
COUPE A-A



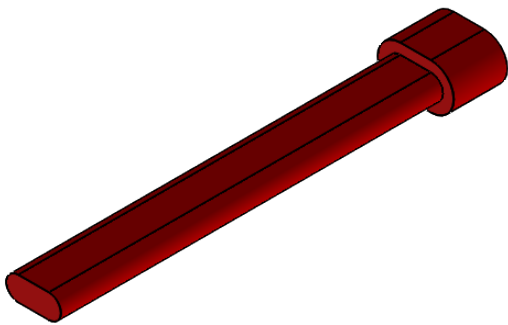
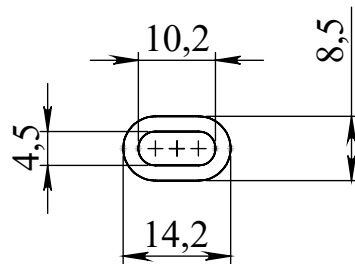
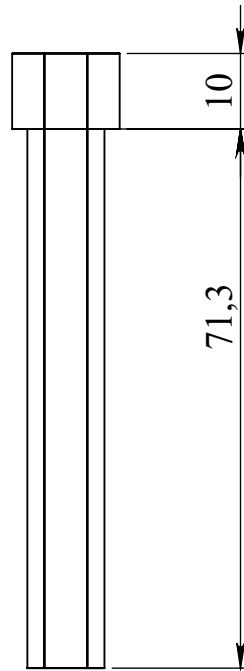
03	08	CANON DE PERÇAGE	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/√
Planche N°: 03				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II

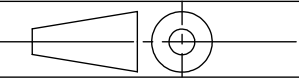


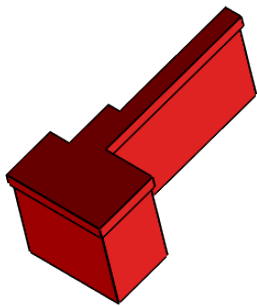
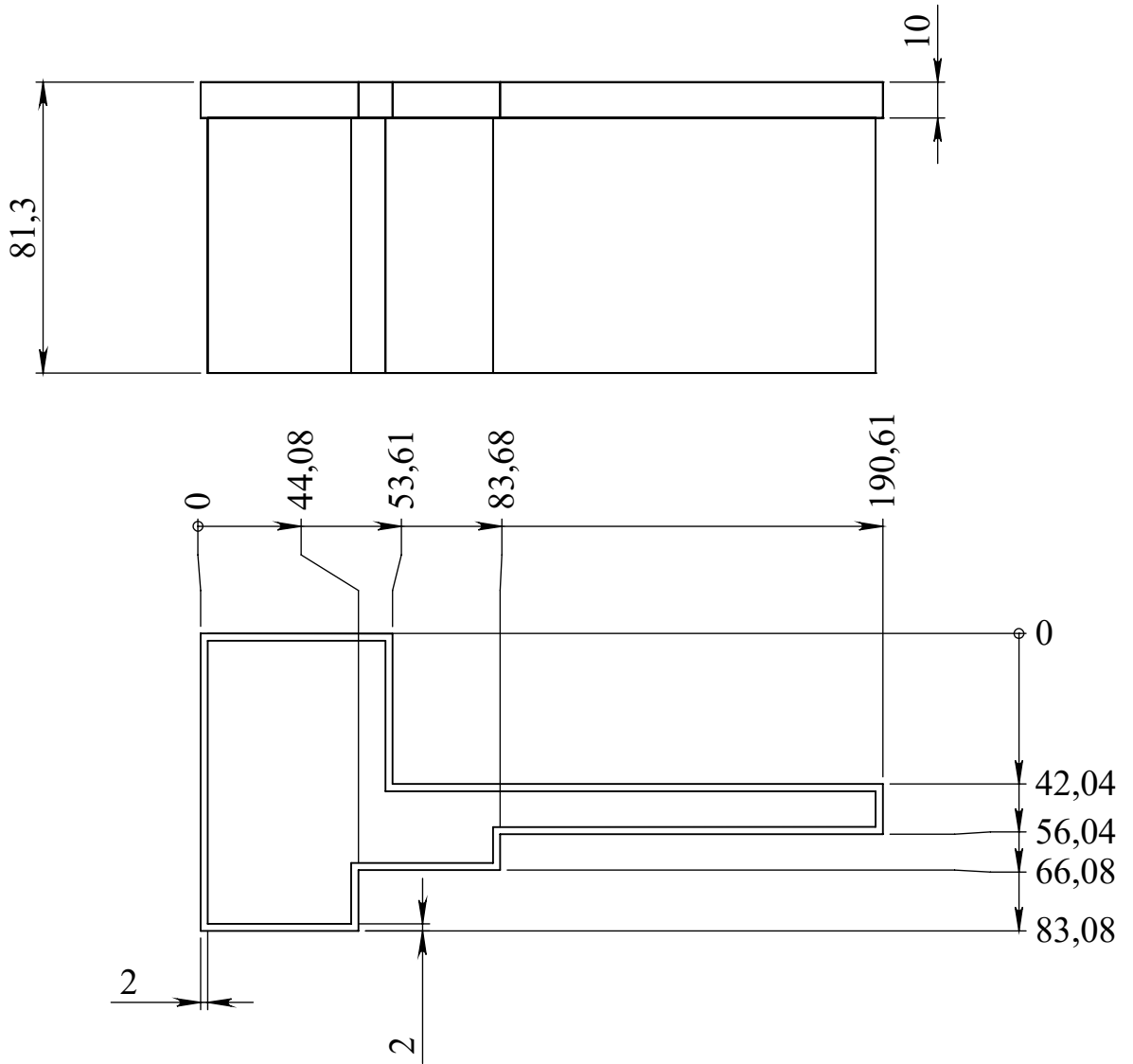
22	08	POINÇON ϕ 10	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface	
Planche N°: 22			1.6/	
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

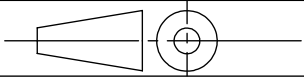


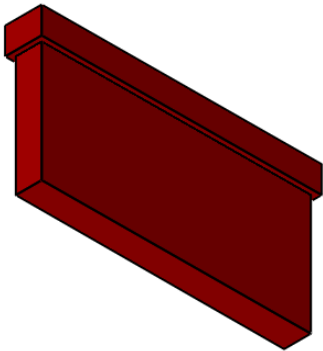
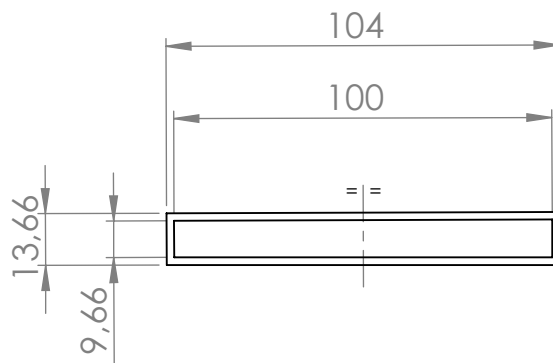
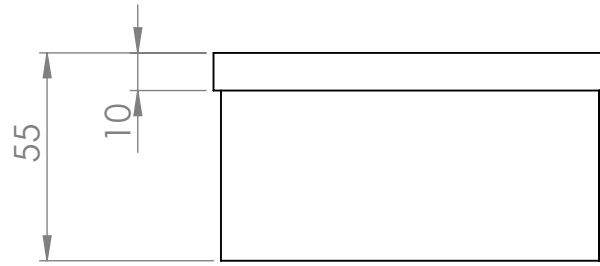
23	02	POINÇON ϕ 4.5	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface 1.6/	
Planche N°:23				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

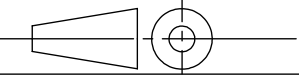


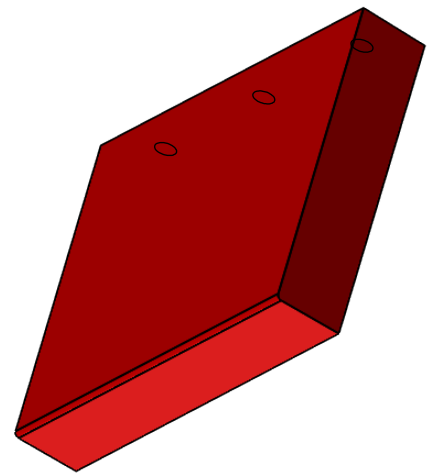
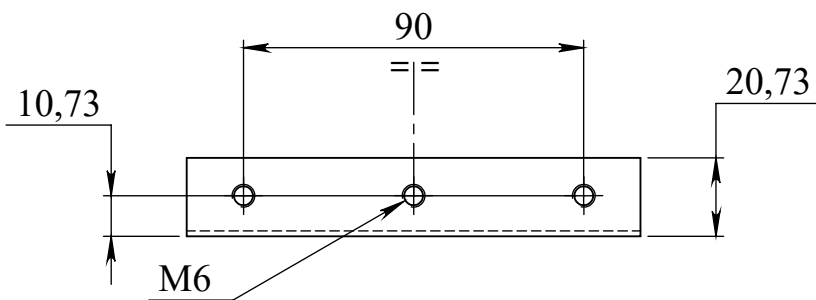
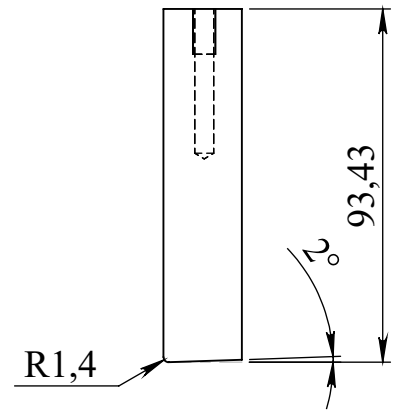
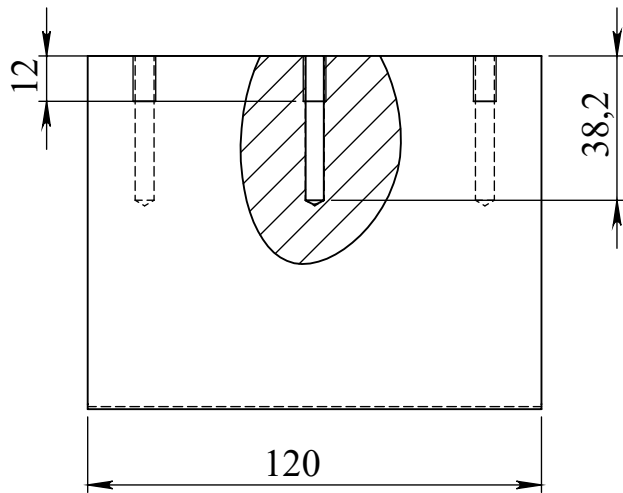
27	02	POINÇON RAINURE	Z200C12	Tr+Rv 58/60 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/√
Planche N°: 27				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II

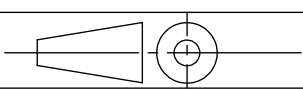


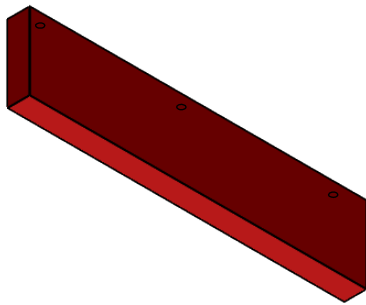
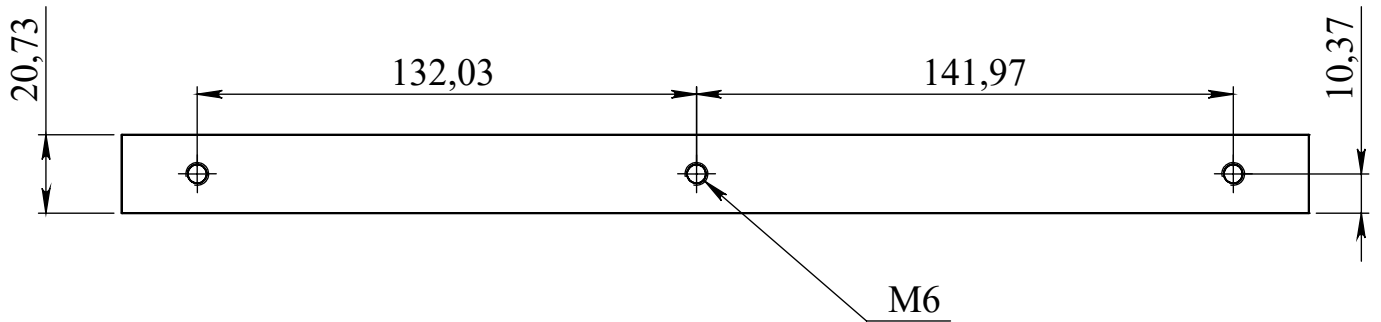
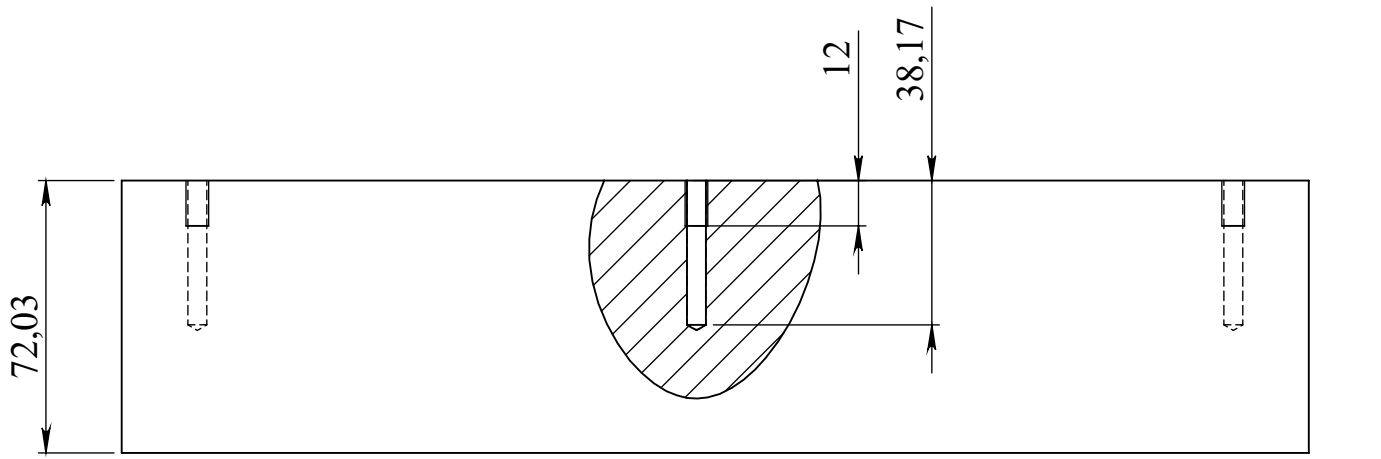
24	02	POINÇON GRUGEAGE	Z200C12	Tr +Rv 58/60HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface	
Planche N°: 24			1.6/	
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

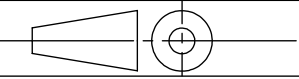


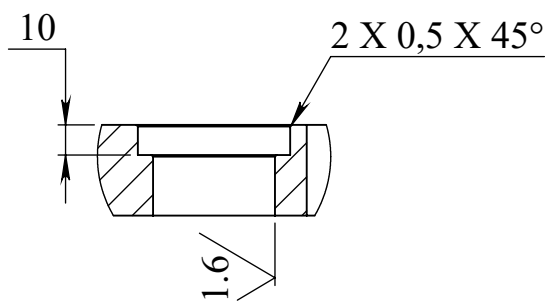
33	01	POINÇON DÉCOUPAGE	Z200C12	Tr +Rv 58/60HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche N°: 33				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



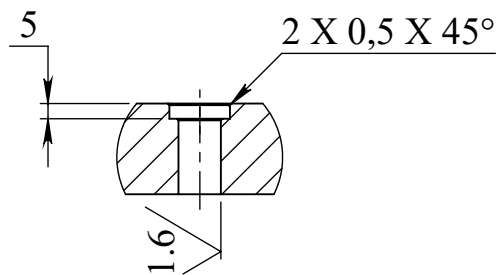
25	02	POINÇON PLIAGE 1	XC 48	Tr+Rv 40/45 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface	
Planche N°: 25			1.6/	
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	



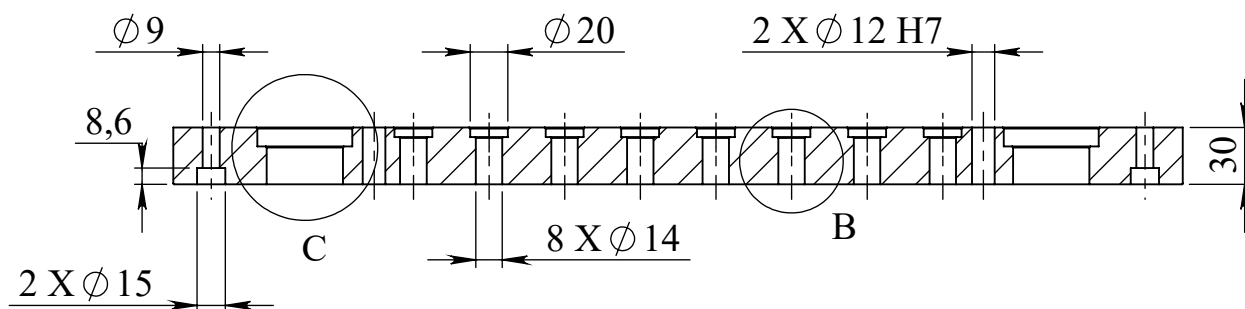
26	01	POINÇON PLIAGE 2	XC 48	Tr+Rv 40/45 HRC
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Etat de surface 1.6/√
Planche N°: 26				
		FGC DGM UMMTO	Promo 2022/2023	
A4				Master II



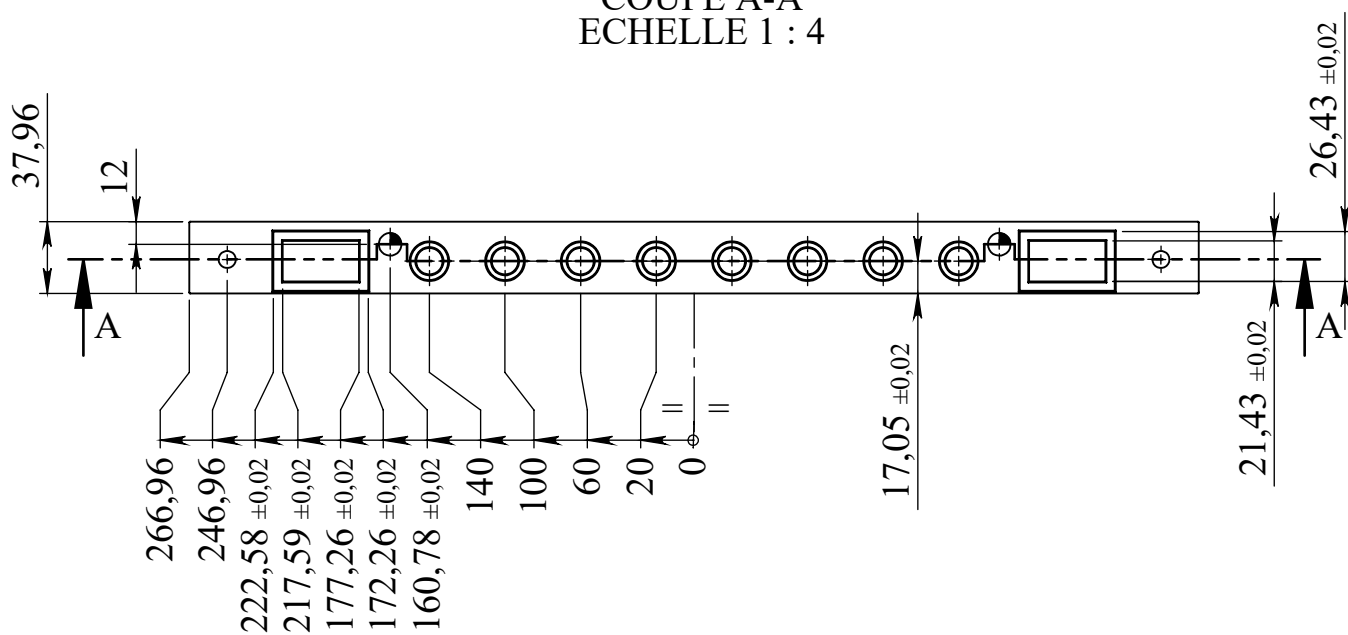
DÉTAIL C
ECHELLE 2 : 5

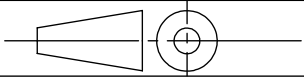


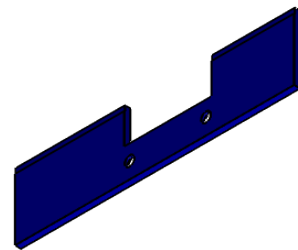
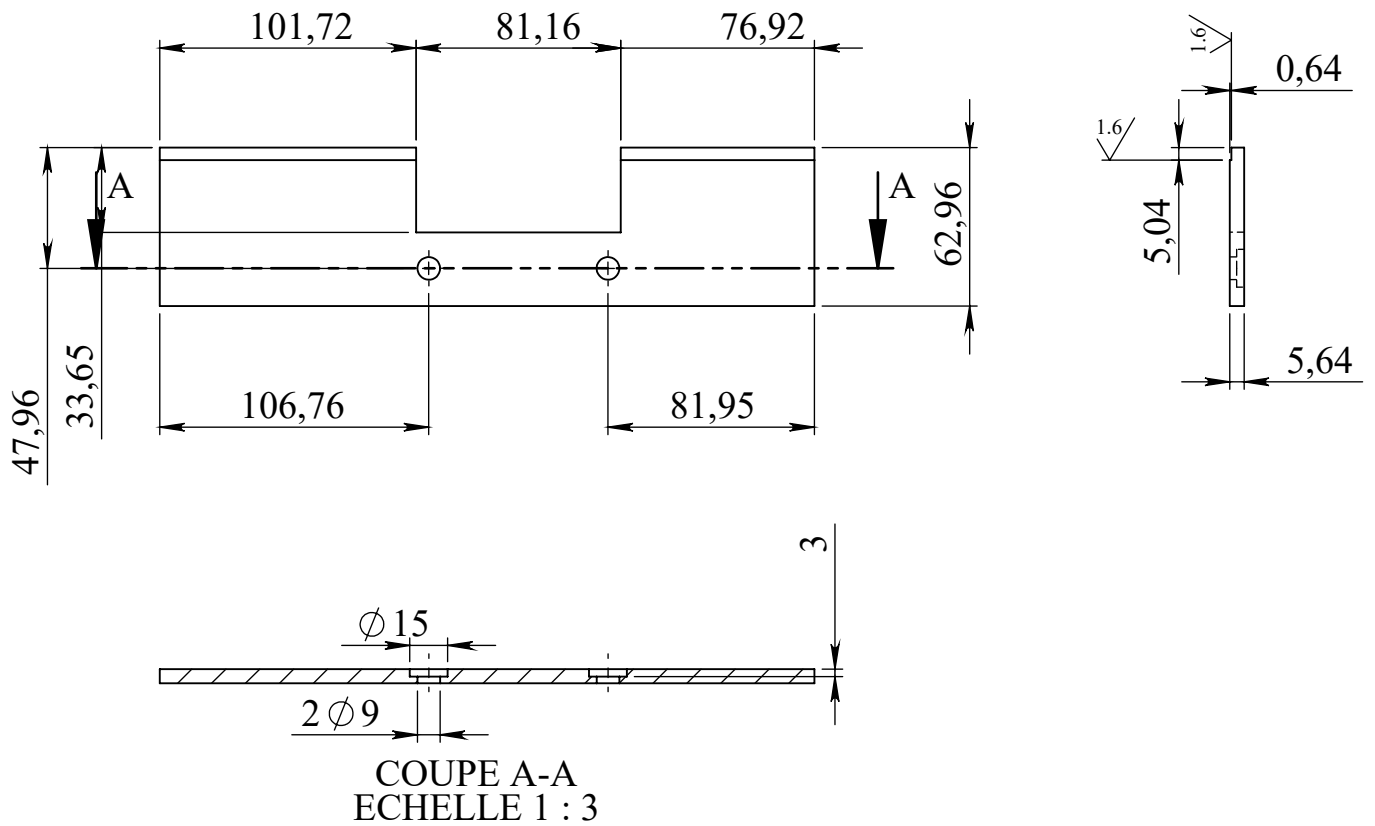
DÉTAIL B
ECHELLE 2 : 5

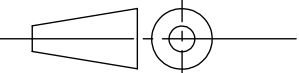


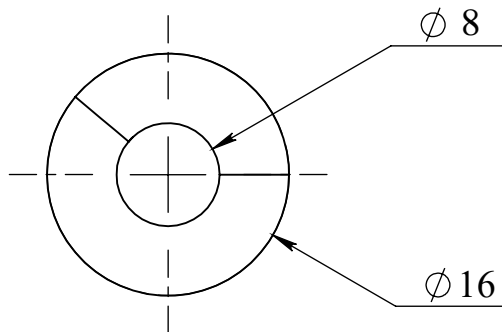
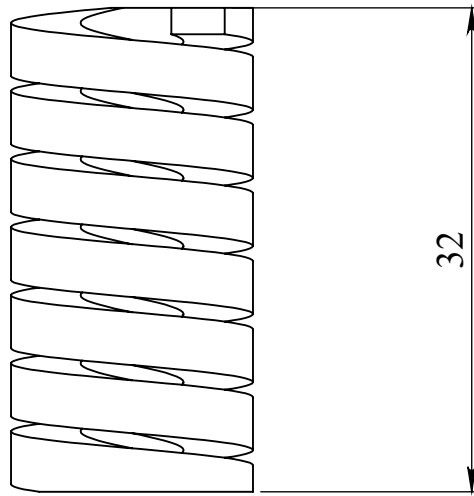
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 4

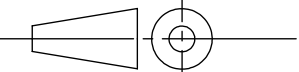


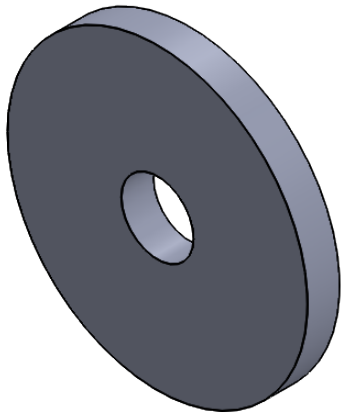
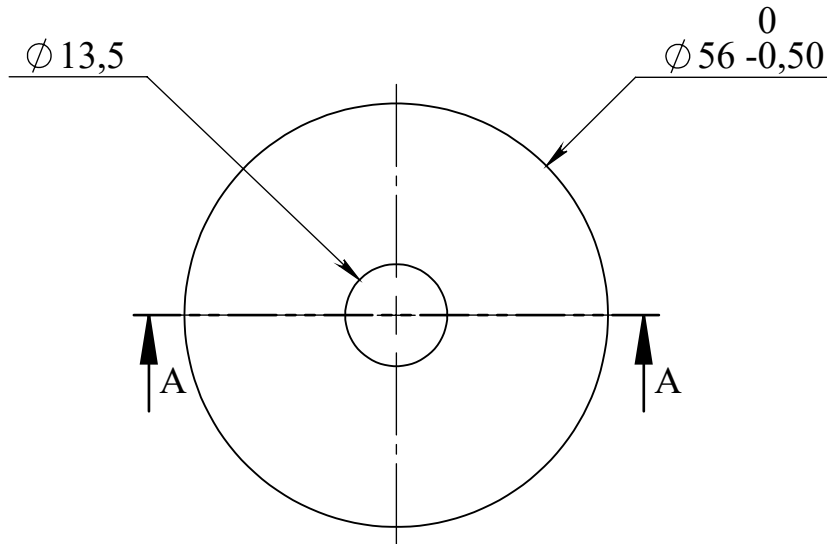
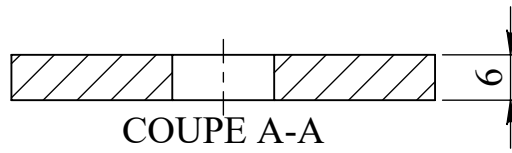
11	01	PORTE CANONS	XC 48	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:4		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface 3.2/	
Planche N°: 11				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	

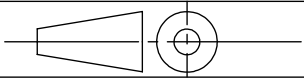


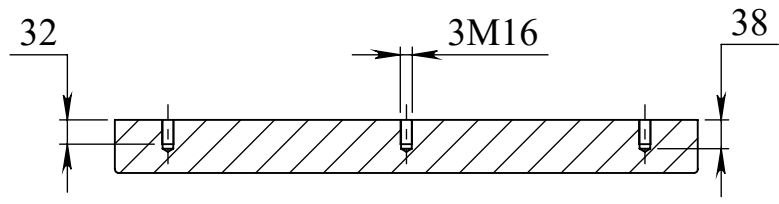
12	02	REGLETTE	XC 38	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 3.2/
Planche N°: 12				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Master II	



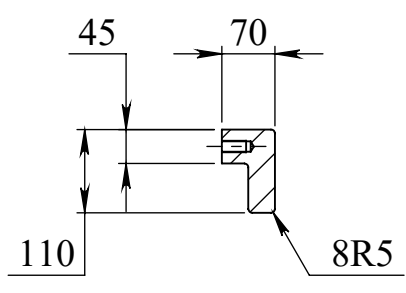
13	10	RESSORT Ø 16 X 32 CHARGÉ HYPER FORTE	Acier au chrome silicium	ISO 10243
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface
Planche N°: 13				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



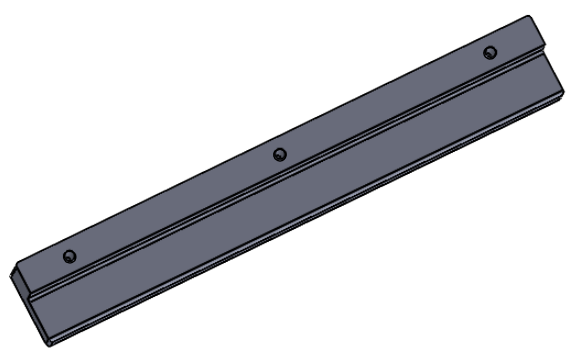
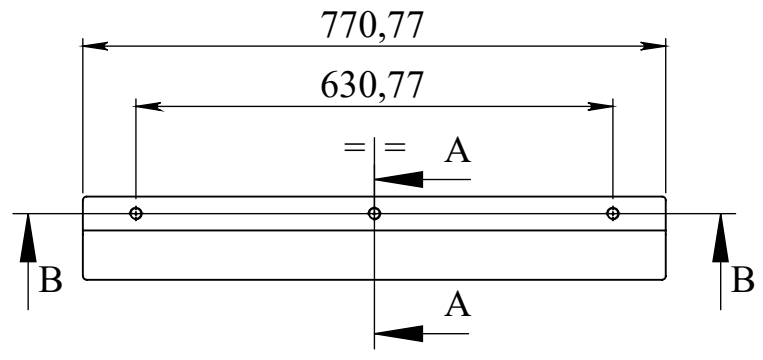
14	04	RONDELLE DE FIXATION	ISO 9182	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/√
Planche N°:14				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



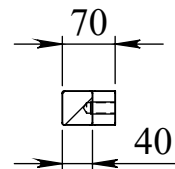
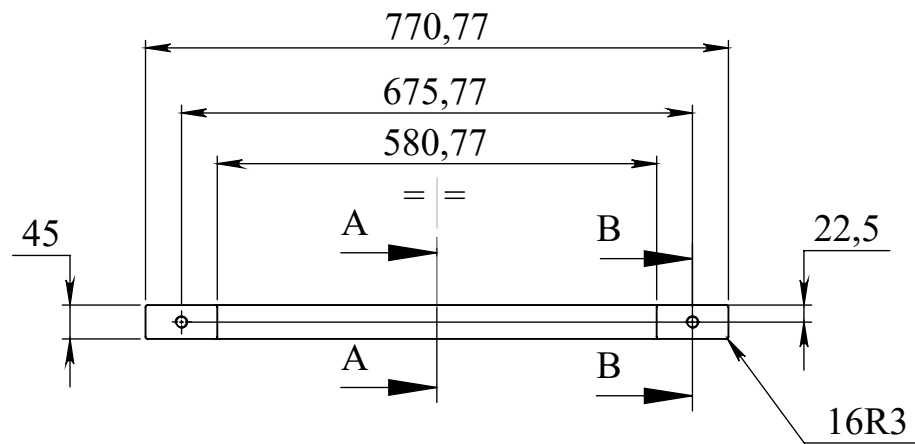
COUPE B-B



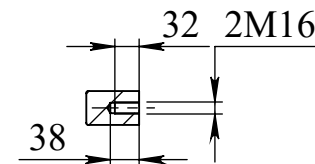
COUPE A-A



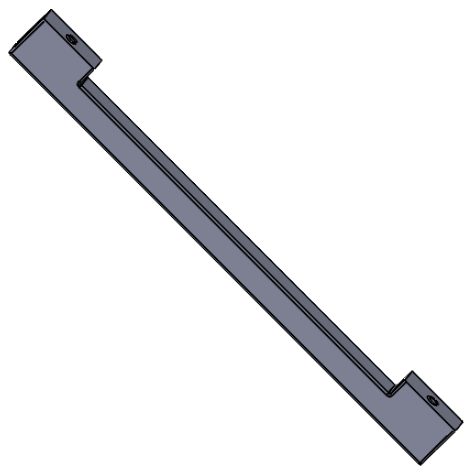
17	02	TASSEAU LATERAL	XC 38	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:10		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 6.3/√
Planche N°: 17				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II

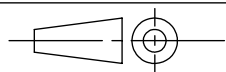


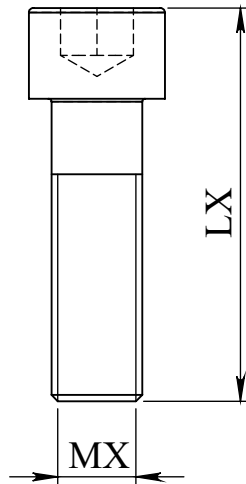
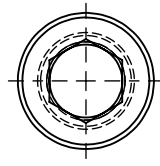
COUPE A-A



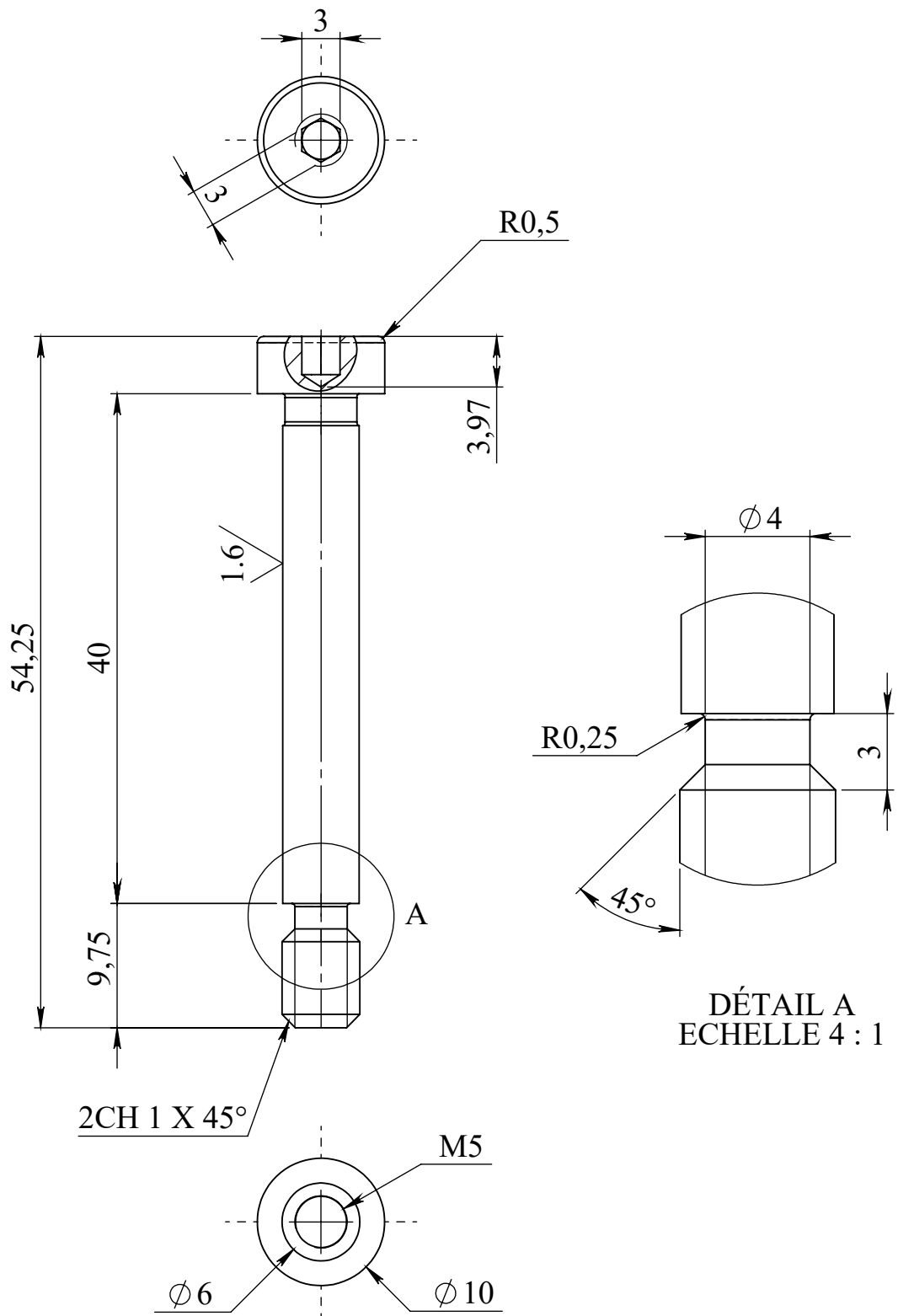
COUPE B-B

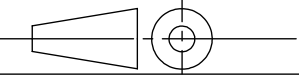


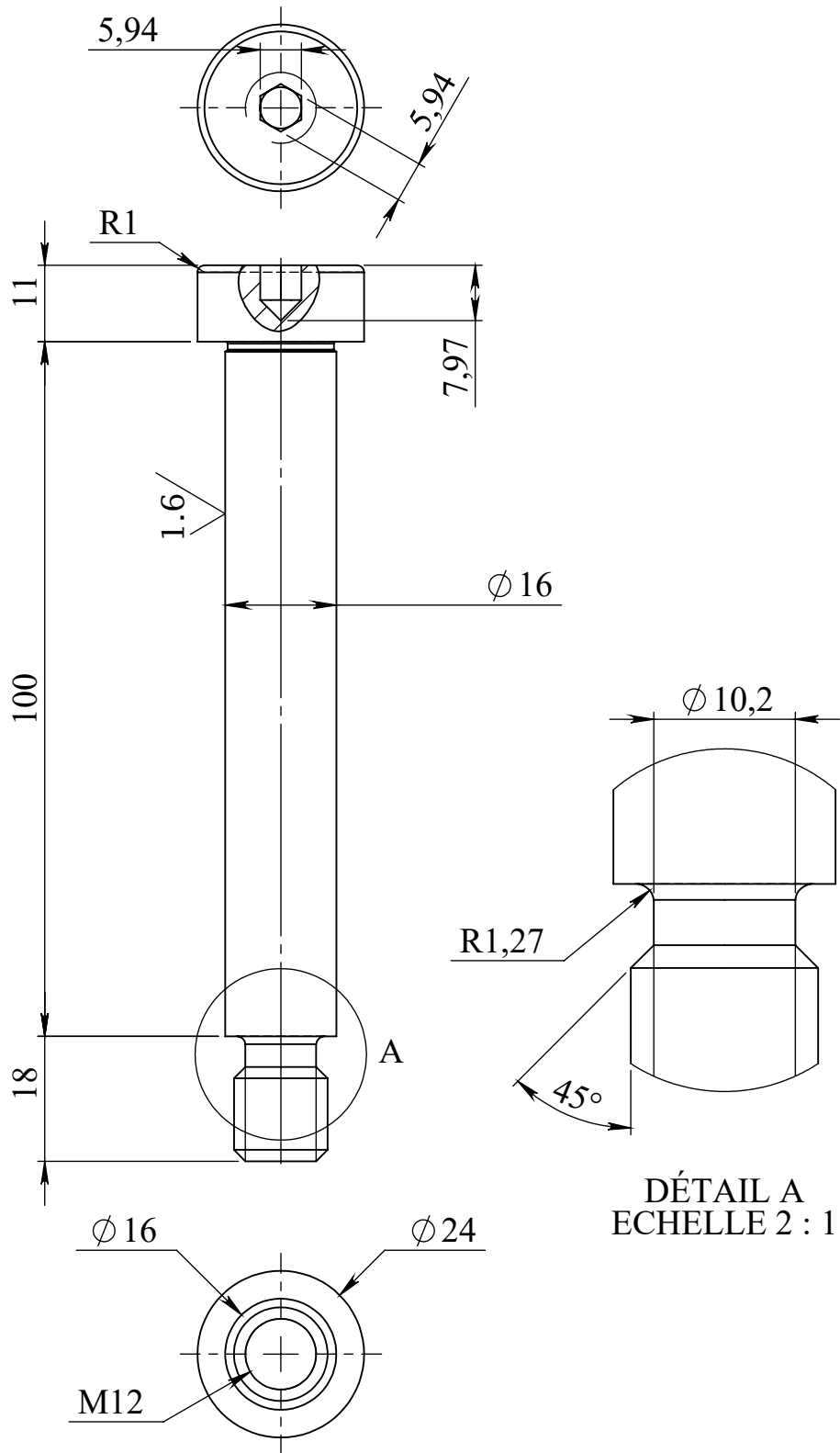
16	01	TASSEAU CENTRAL	XC 38	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:10		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 6.3 ✓
Planche N°:16				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo : 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Maste II

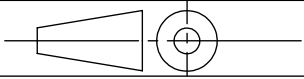


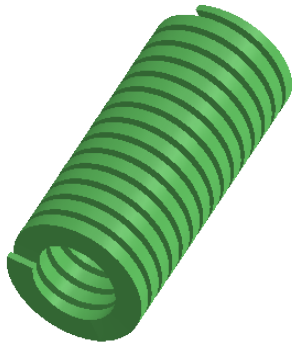
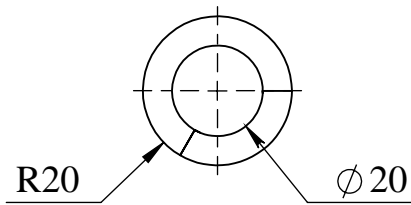
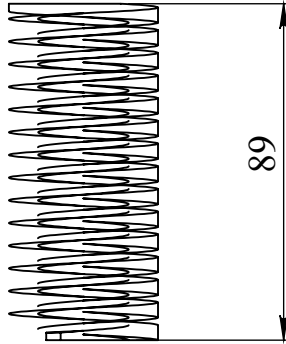
18	08	Vis CHc	M16	112
	02	Vis CHc	M12	167
	04	Vis CHc	M12	62
	04	Vis CHc	M12	40
	12	Vis CHc	M8	64
	17	Vis CHc	M8	47
	04	Vis CHc	M8	28
	09	Vis CHc	M6	53
	02	Vis CHc	M6	45
	12	Vis CHc	M6	28
Ref	Nbr	Désignation	MX	LX
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface	
Planche N°: 18				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo 2022/2023	
A4			Master II	

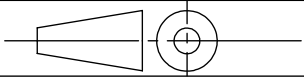


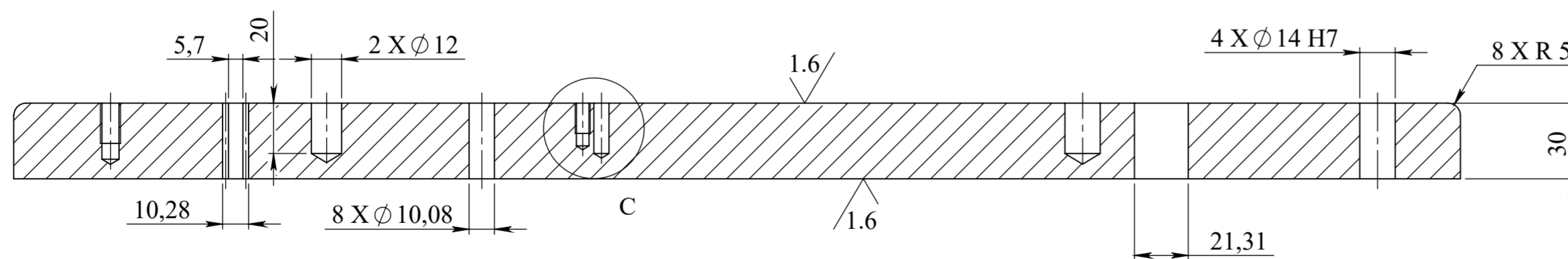
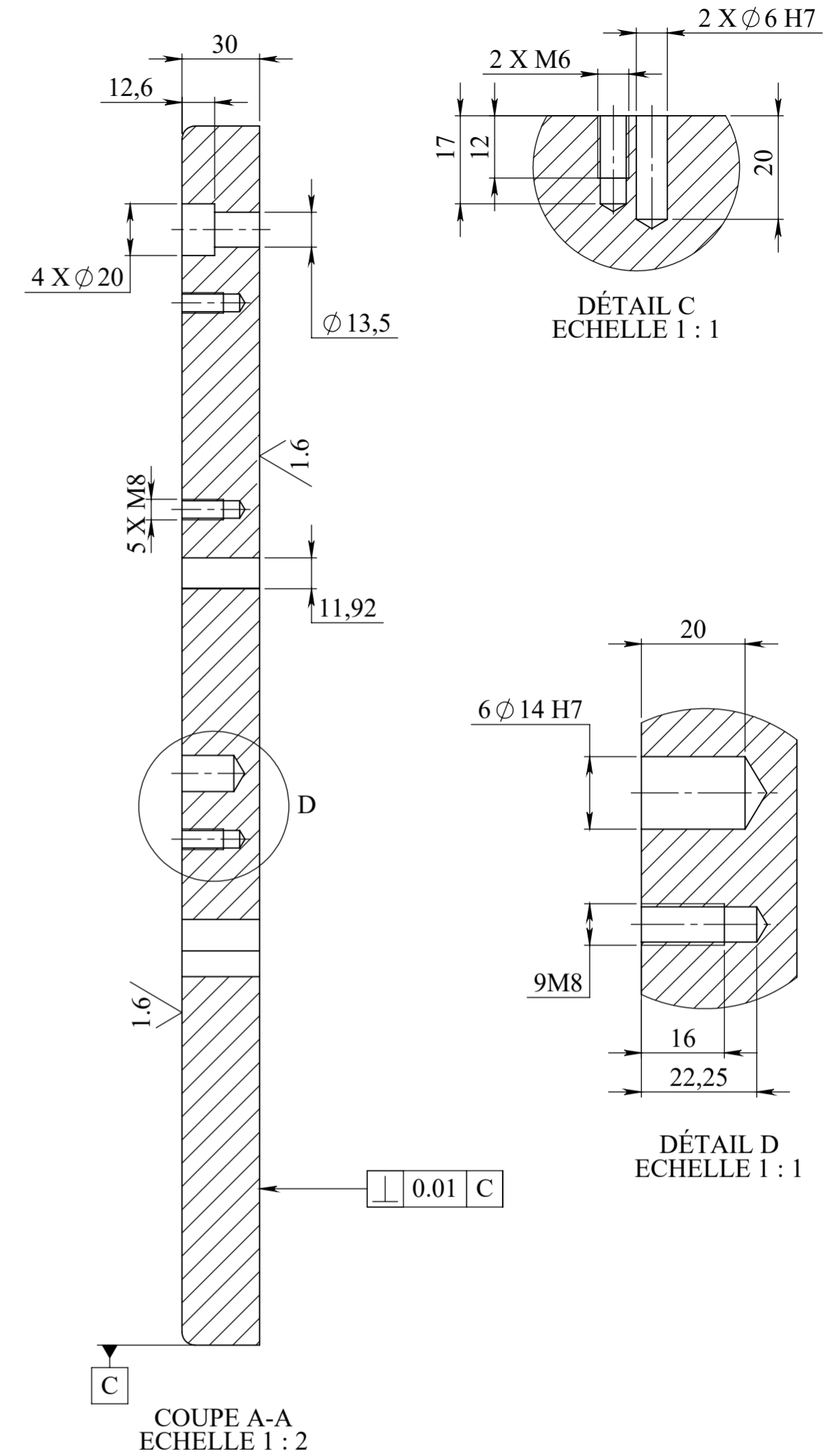
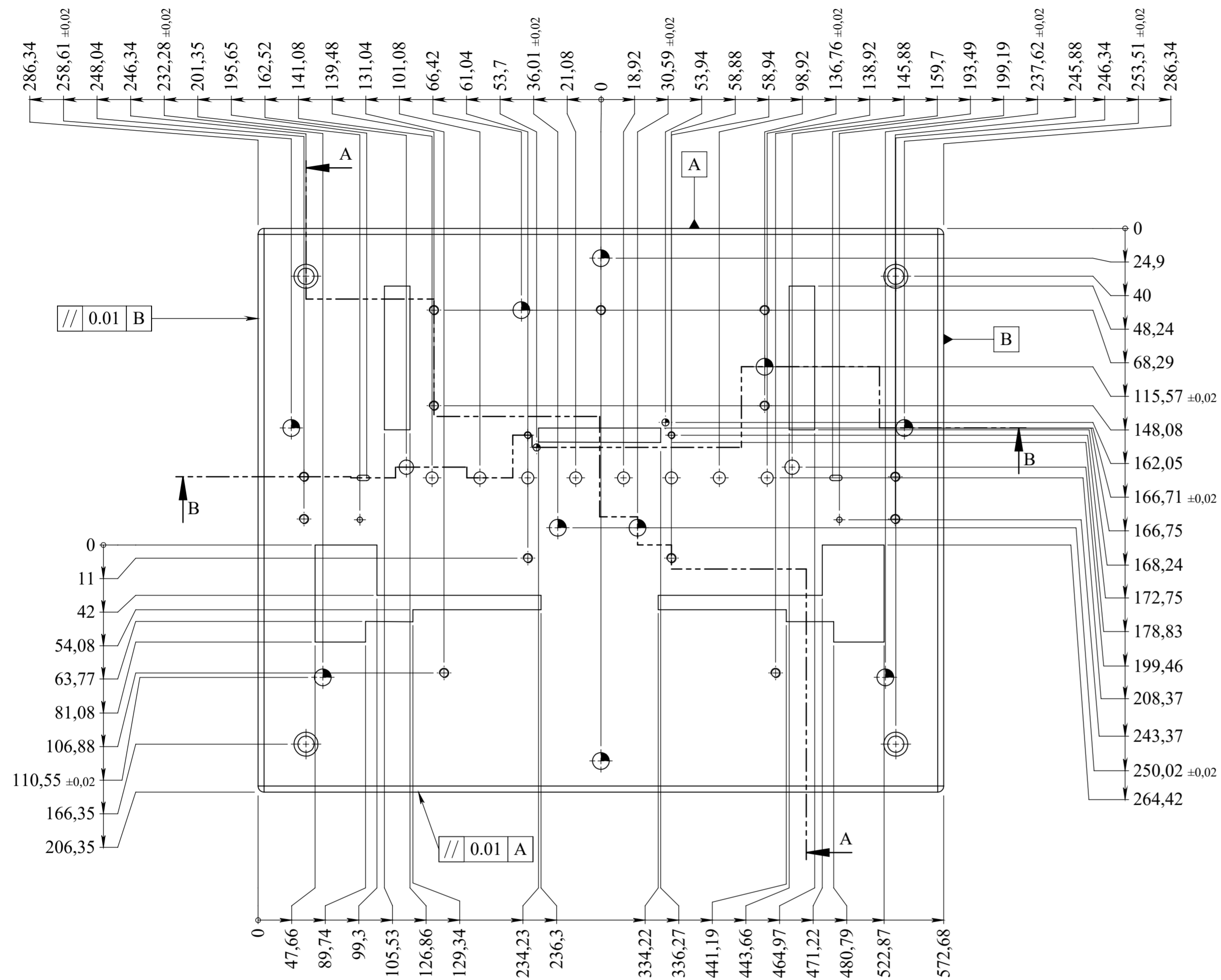
19	04	VIS DE RAPPEL MATRICE	-	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche N°: 19				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



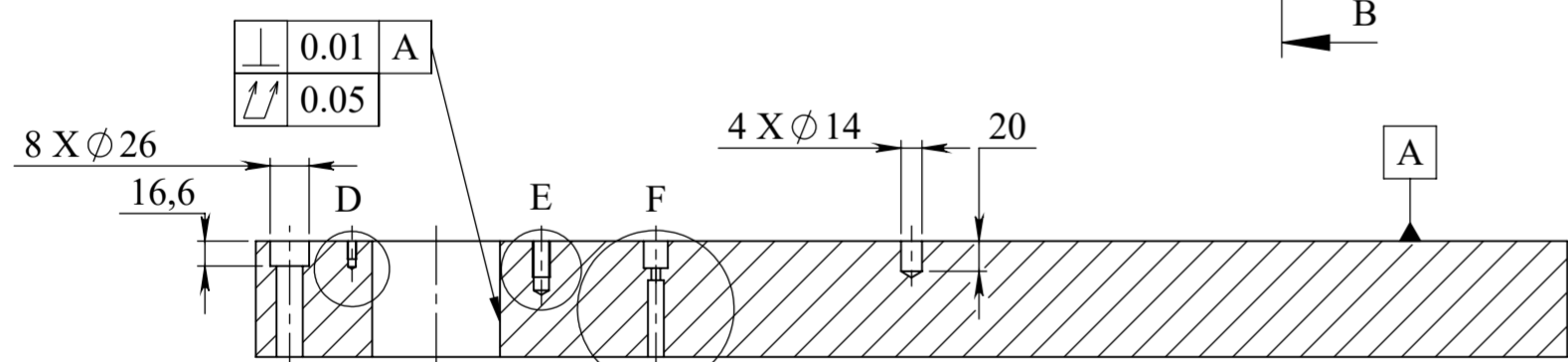
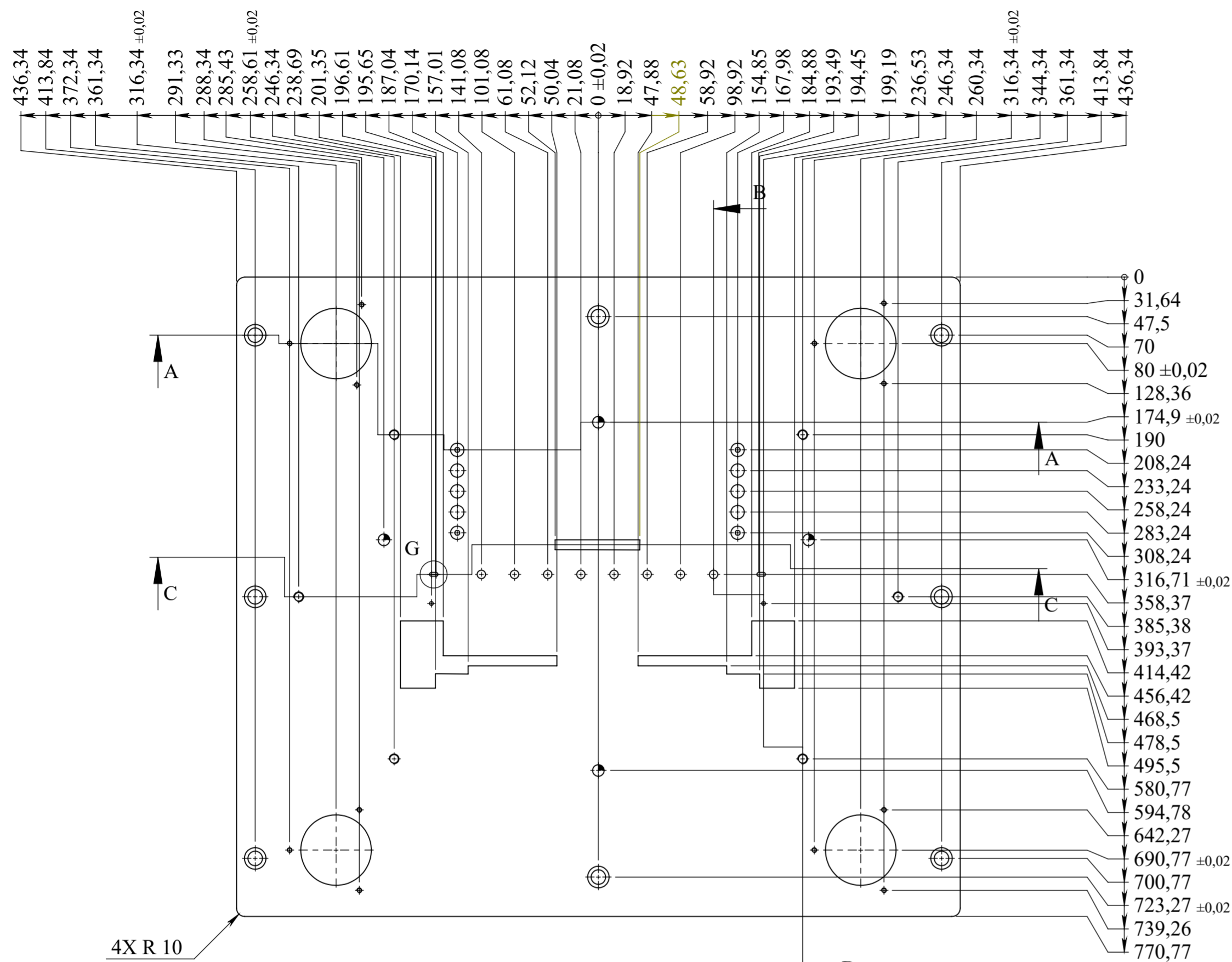
32	06	VIS DE RAPPEL	-	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche N°: 32				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



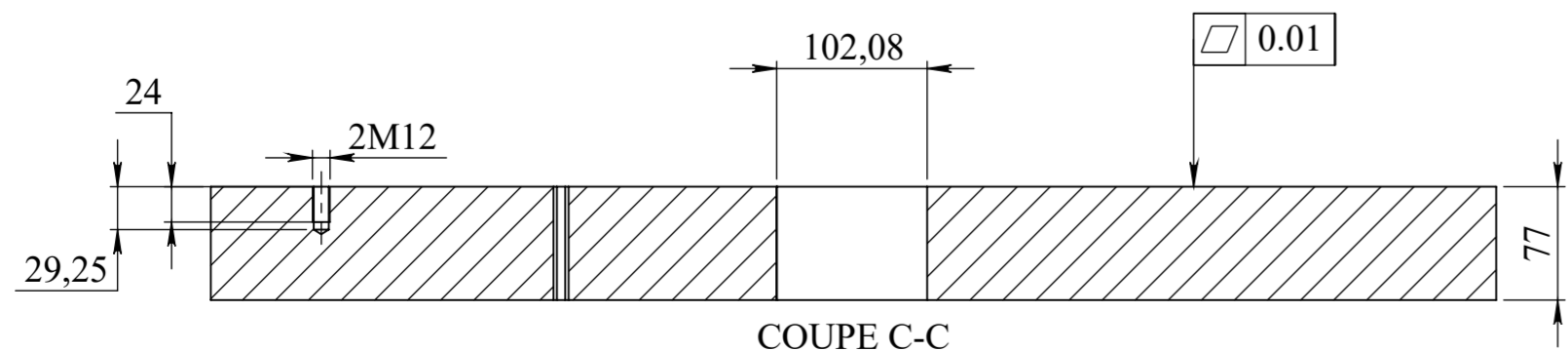
29	12	RESSORT ϕ 40 X 89 charge légère	Acier au chrome sillicium	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/ √
Planche N°: 29				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo 2022/2023
A4		FGC DGM UMMTO		Master II



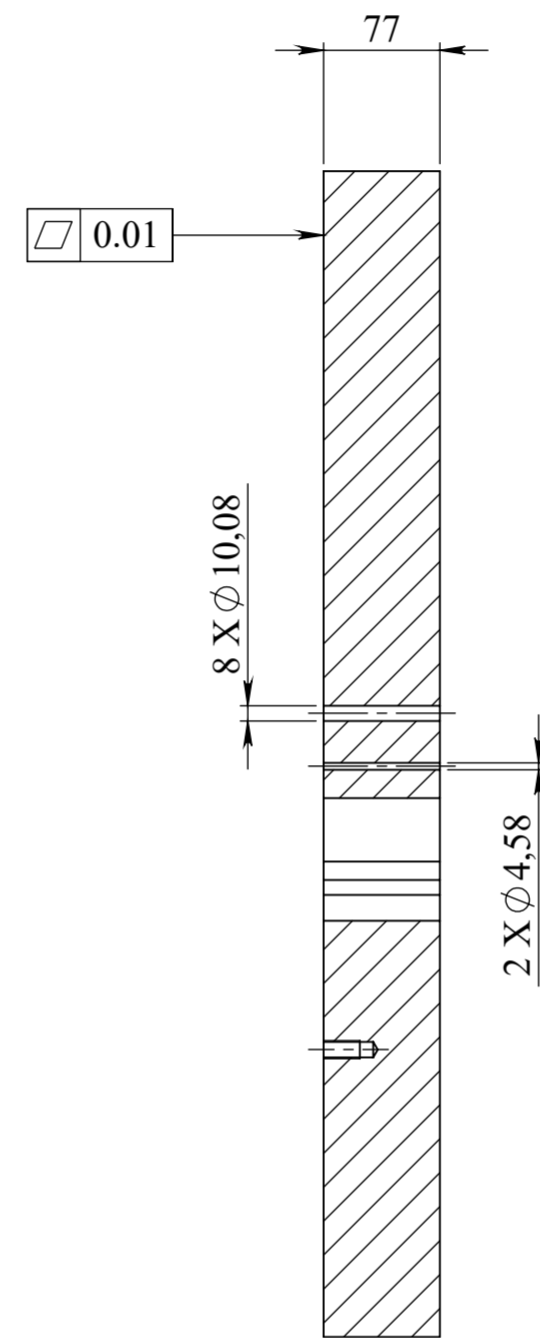
10	01	PORTE MATRICES	XC 38	-
Ref Nbr		Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 3.2/
Planche n° :10				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo : 2022/2023
A2		FGC DGM UMMTO		Master II



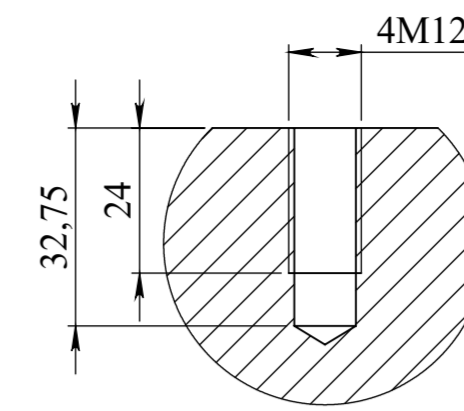
COUPE A-A



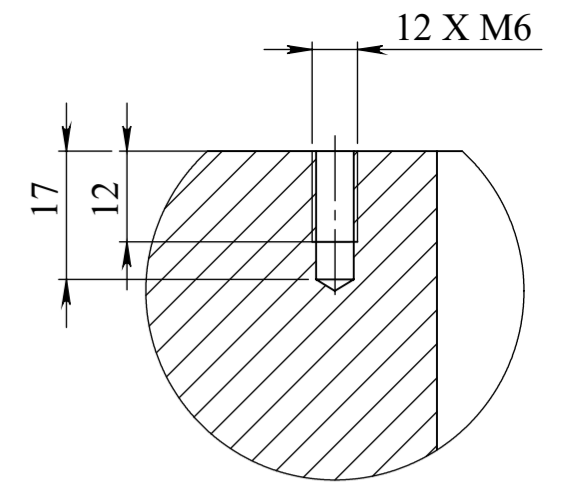
COUPE C-C



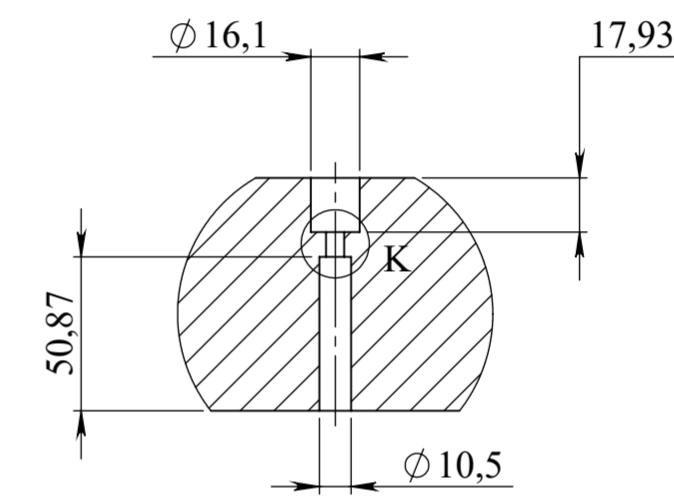
COUPE B-B



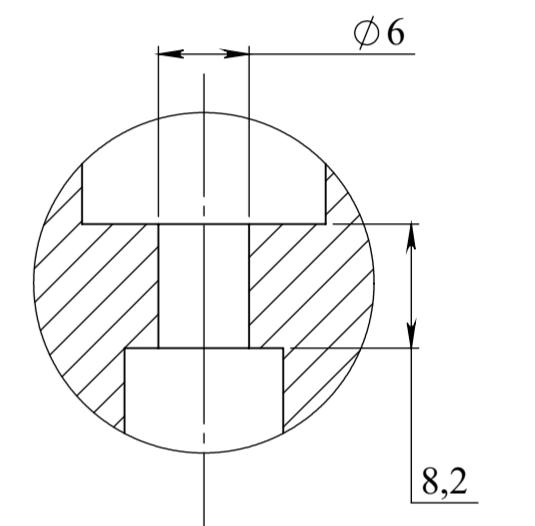
DÉTAIL E
ECHELLE 2 : 2.5



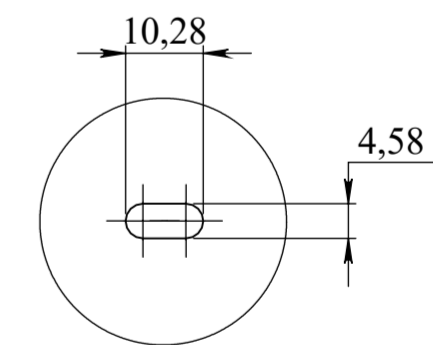
DÉTAIL D
ECHELLE 1 : 1



DÉTAIL F
ECHELLE 2 : 5

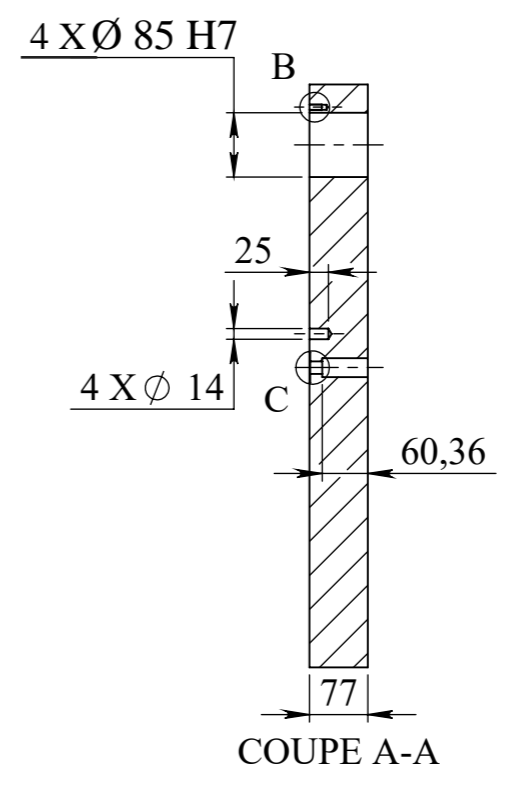
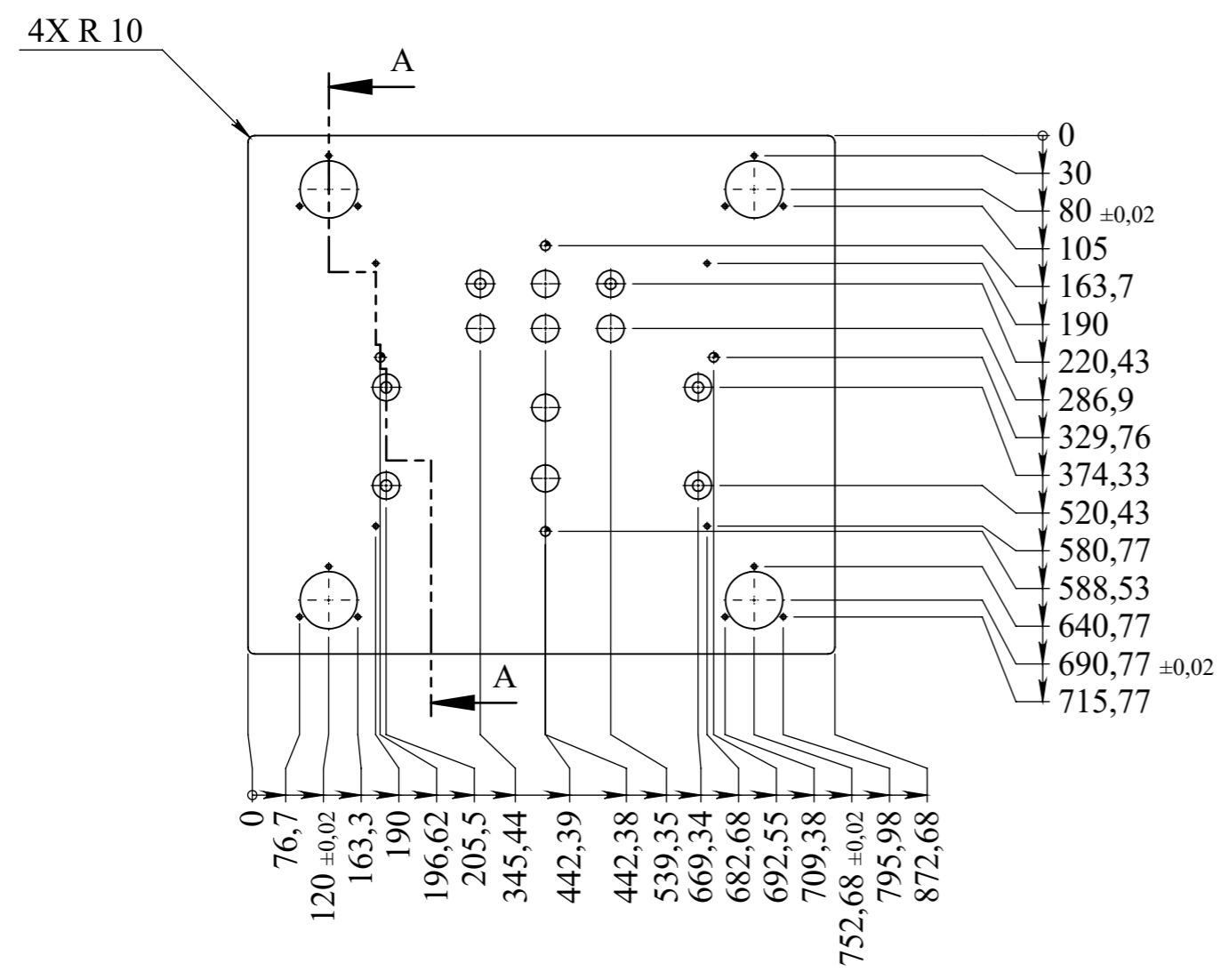
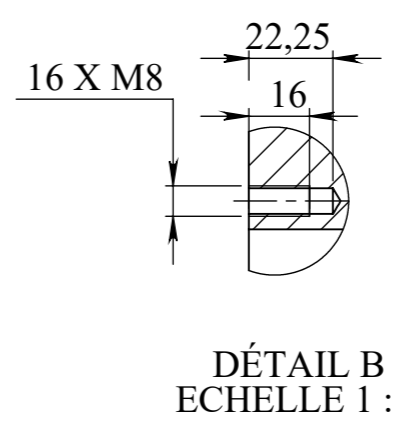
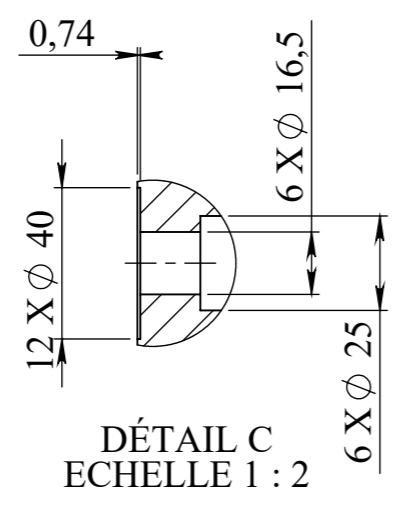


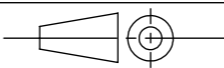
DÉTAIL K
ECHELLE 2 : 1

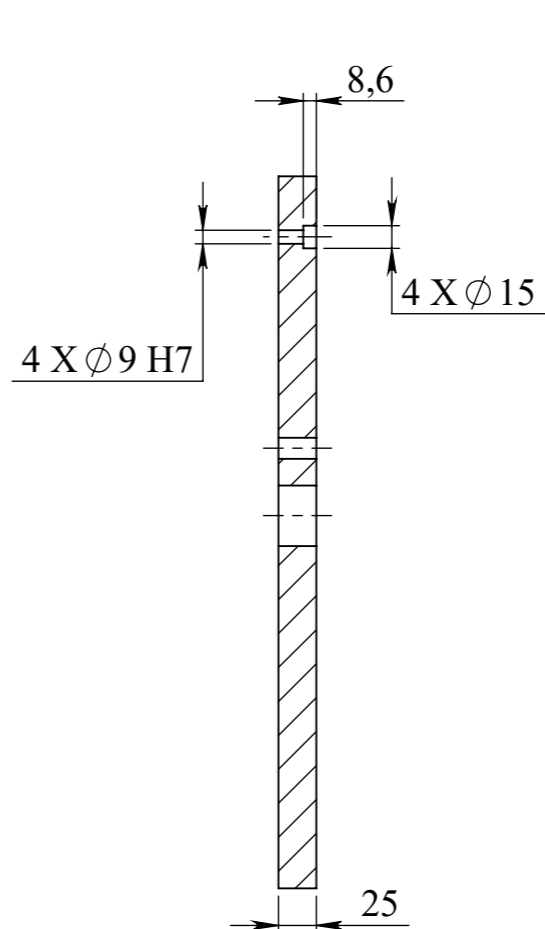
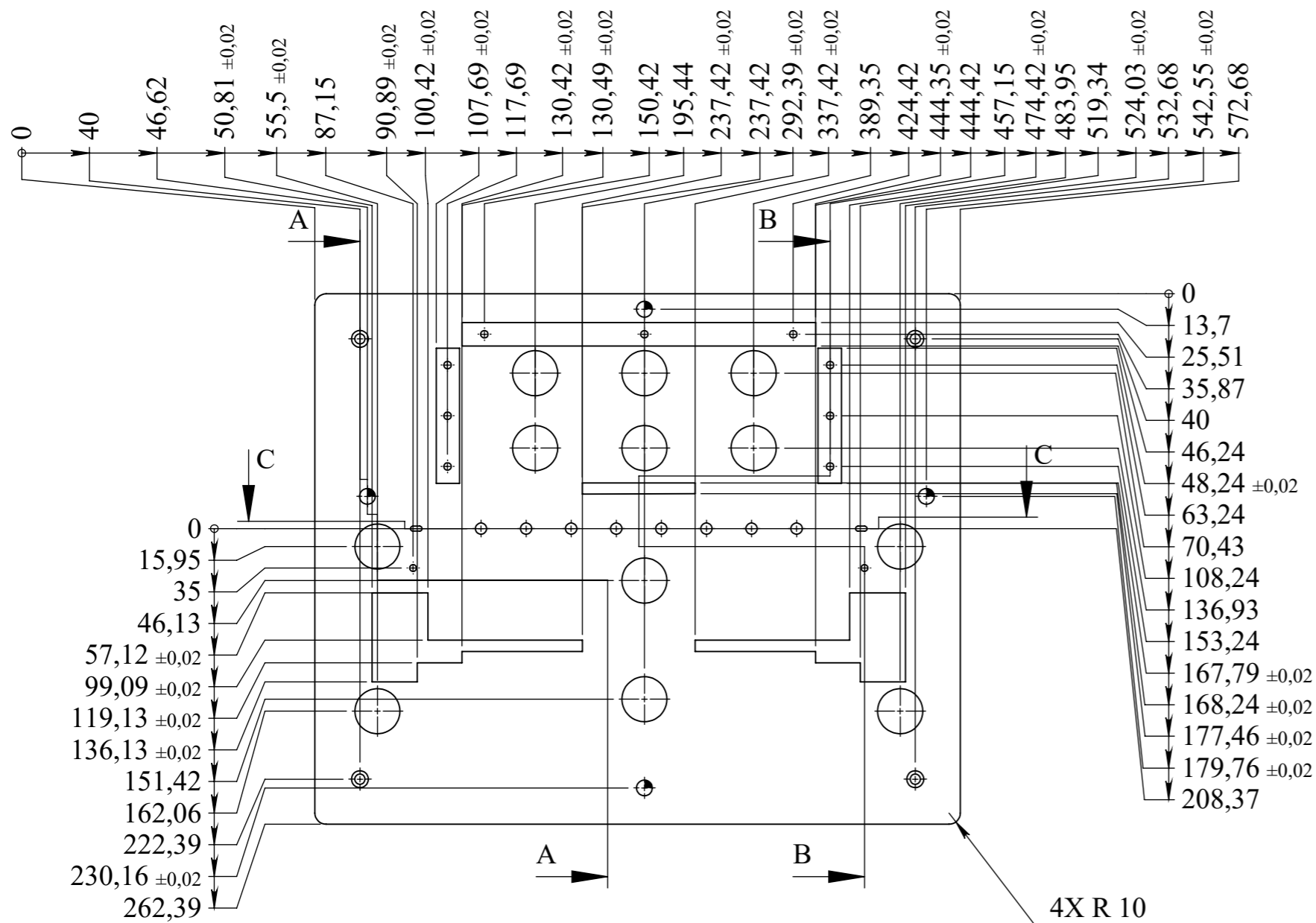


DÉTAIL G
ECHELLE 1 : 1

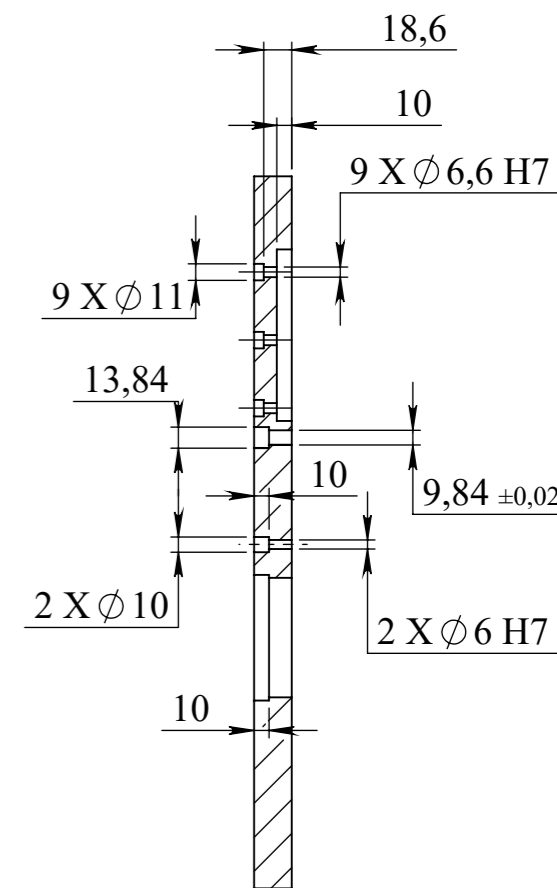
15	01	SEMELLE INFERIEURE	FT 30	
Ref Nbr		Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche n° :15				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo : 2022/2023
A2		FGC DGM UMMTO		Master II



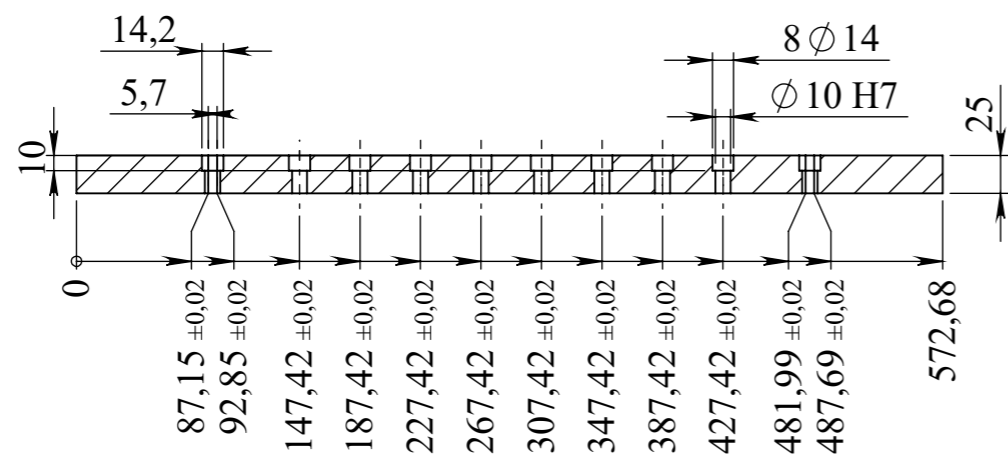
30	01	SEMELLE SUPERIEURE	FT 30	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:10		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche n°:30				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo : 2022/2023
A3		FGC DGM UMMTO		Master II



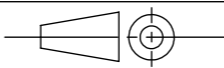
COUPE A-A

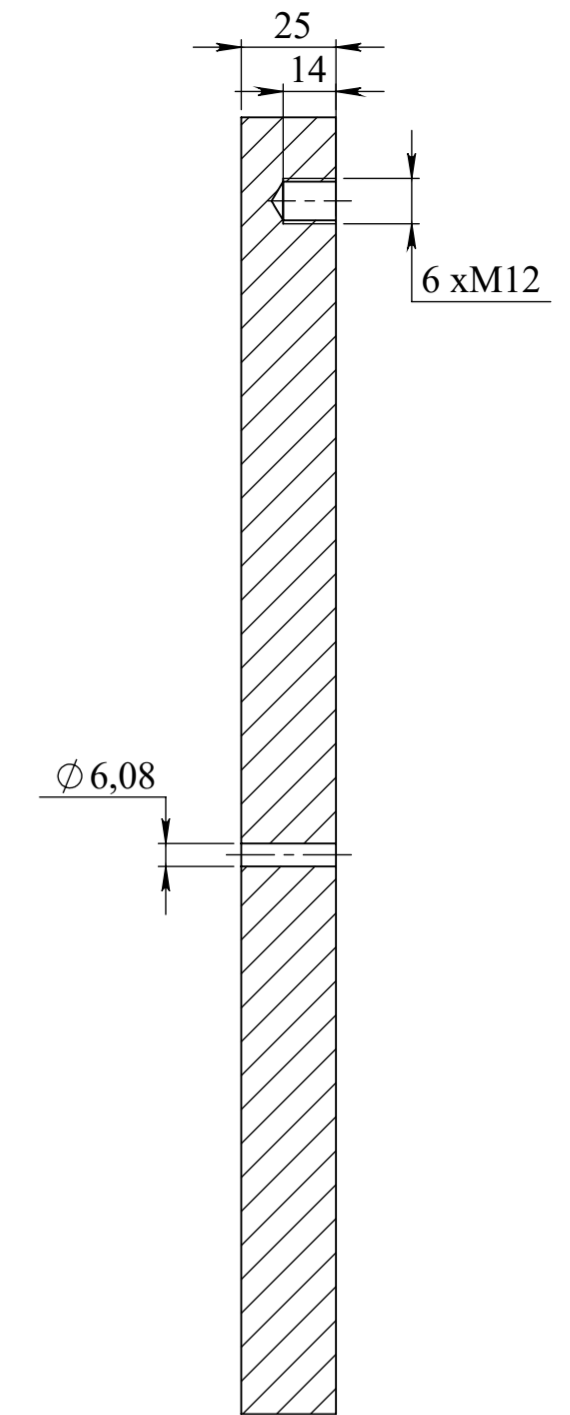
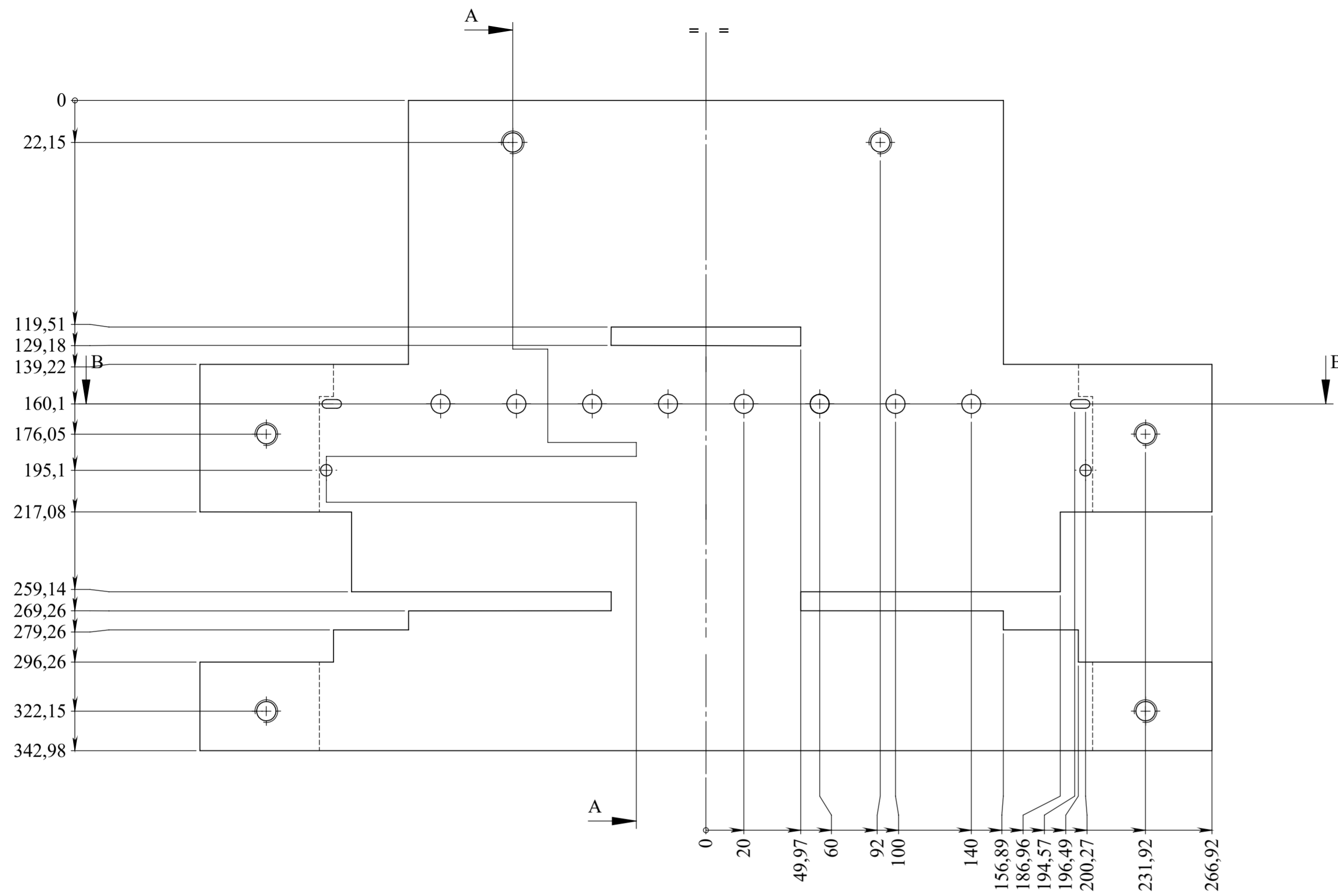


COUPE B-B

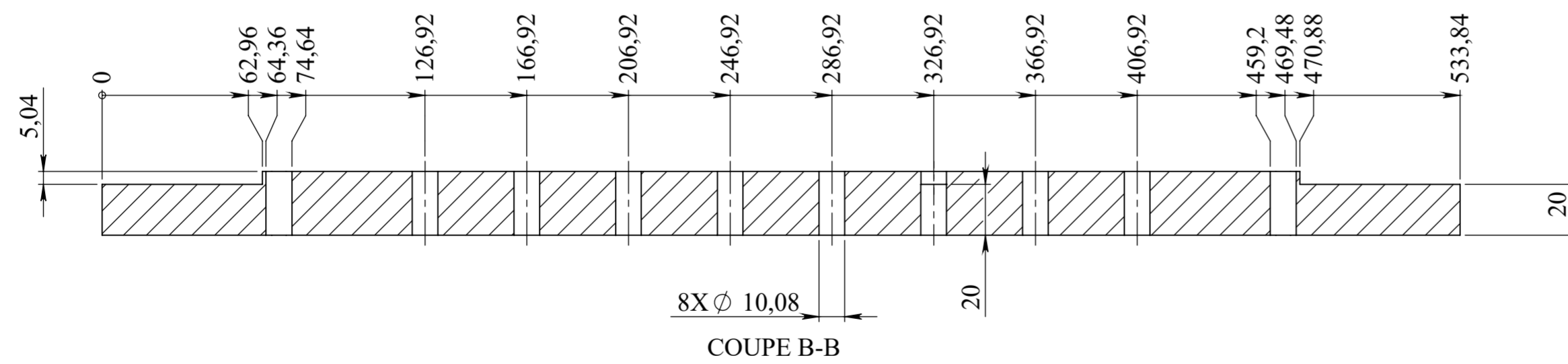


COUPE C-C

28	01	PORTE POINÇONS	XC 48	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:5		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6
Planche n°:				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo : 2022/2023
A3		FGC DGM UMMTO		Master II

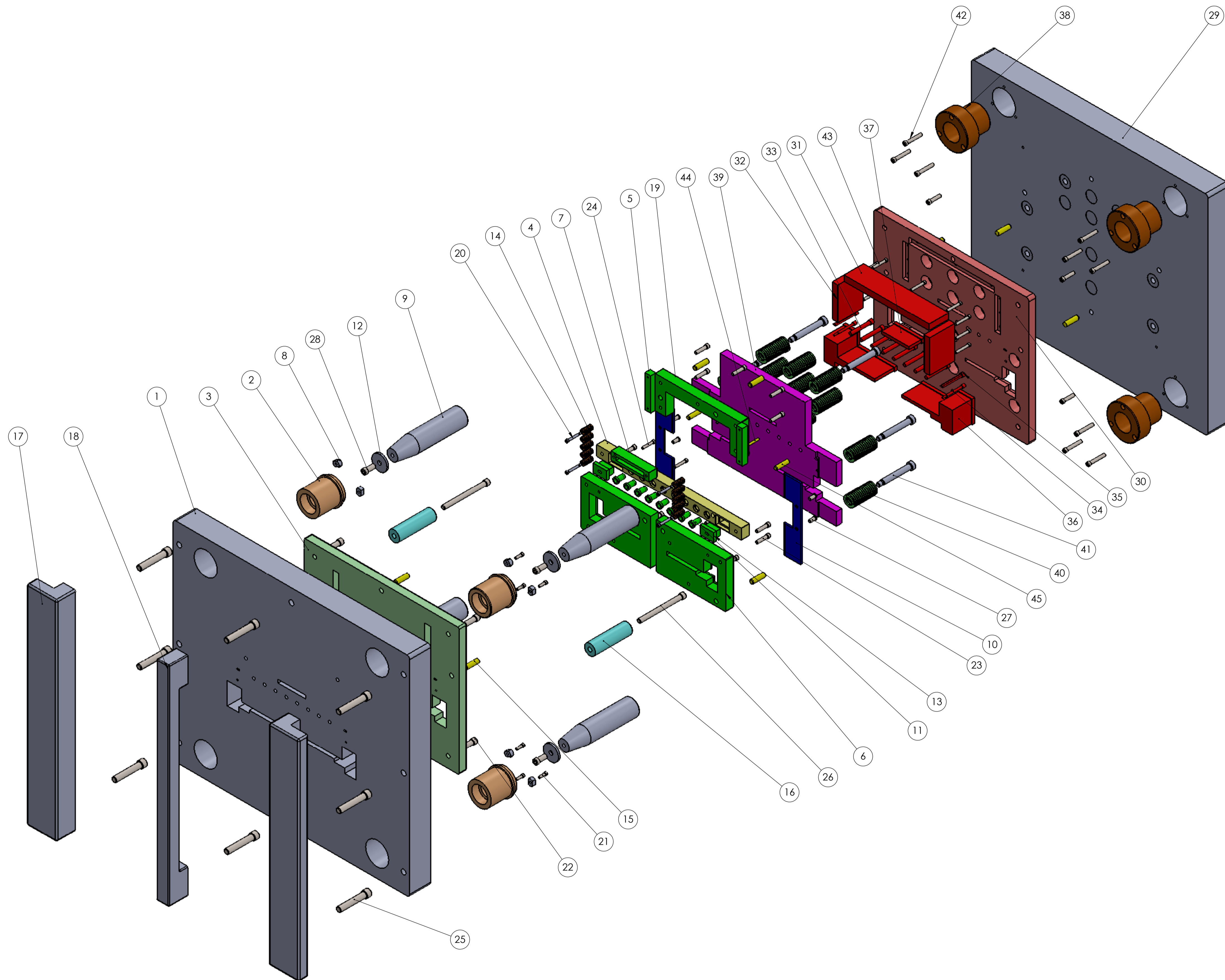


COUPE A-A

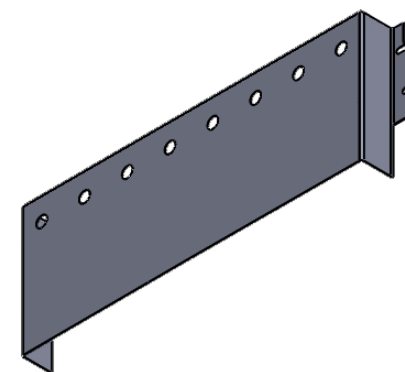
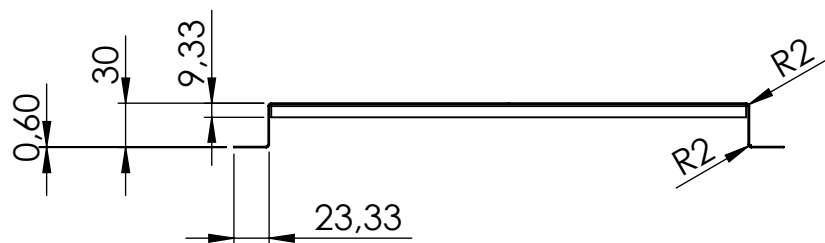
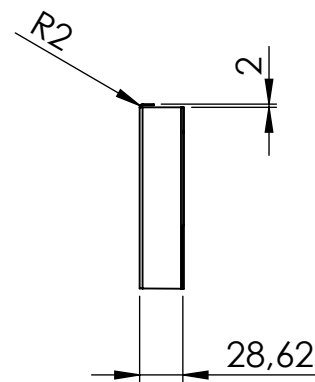
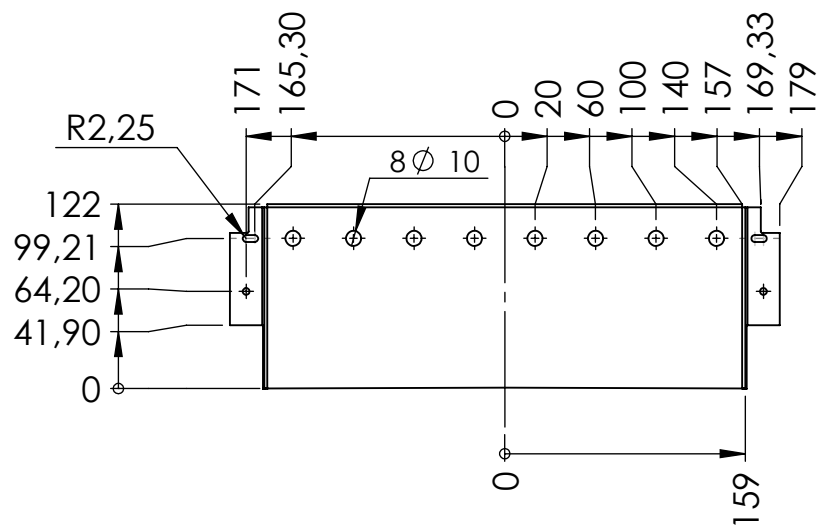


COUPE B-B

31	01	SERRE FLAN	XC 48	
Ref Nbr		Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière		Etat de surface 1.6/
Planche n° :31				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba		Promo : 2022/2023
A2		FGC DGM UMMTO		Master II



45	Goupille \varnothing 12 X 50	2
44	Goupille \varnothing 6 X 50	2
43	Vis CHc M6 X 53	9
42	Vis CHc M8 X 64	12
41	Vis de rappel M12 X \varnothing 16 X 100	6
40	Ressort vert \varnothing 40 X 89 ISO 10243	12
39	Serre flan	1
38	Bague superieure	4
37	Poinçon découpage	1
36	Poinçon grugeage	2
35	Poinçon rainure	2
34	Poinçon \varnothing 4.5	2
33	Poinçon \varnothing 10	8
32	Poinçon pliage 1	2
31	Poinçon pliage 2	1
30	Porte poinçons	1
29	Semelle superieure	1
28	Vis CHc M12 X 40	4
27	Vis CHc M8 X 28	4
26	Vis CHc M12 X 167	2
25	Vis CHc M16 X 112	8
24	Vis CHc M6 X 45	2
23	Vis CHc M8 X 47	17
22	Vis CHc M12 X 62	4
21	Vis CHc M6 x 28	12
20	Vis de rappel matrice M5 X \varnothing 6 X 40	4
19	Matrice pliage 2	1
18	Tassaut central	1
17	Tassaut latéral	2
16	Butée fin de course	2
15	Goupille \varnothing 14 X 50	10
14	Ressort bronze \varnothing 16 X 32 ISO 10243	10
13	Matrice Rainure	2
12	Rondelle de fixation ISO 9182	4
11	Canon	8
10	Reglette	2
9	Colonne de guidage NF E 63-12 ou ISO 9182	4
8	Element de fixation NF E 63/125 ou ISO 9448	12
7	Matrice découpage	1
6	Matrice grugeage	2
5	Matrice pliage 1	2
4	Porte canons	1
3	Porte matrices	1
2	Bague inferieure	4
1	Semelle inferieure	1
Ref	Désignation	Nbr
Echelle : 1:5	Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface
Planche n°: 34		Promo : 2022/2023
	Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	
A1	FGC DGM UMMTO	Master II



-	-	CONVOYEUR DE FUMÉE	DX51D+Z140	-
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:5		Outil Poinçonnage Découpage et Pliage Convoyeur De Fumée Cuisinière	Etat de surface	
Planche n°:				
		Bourbia Ghiles - Boukhelef Juba	Promo : 2022/2023	
A4		FGC DGM UMMTO	Maste II	