

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université De Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou

Faculté De Génie de la construction

Département de génie mécanique



MEMOIRE

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de MASTER 2

Spécialité : Génie mécanique

Option : Construction mécanique

Thème

**Étude et conception d'un outil à suivre d'une patte de
fixation d'une cuisinière ENIEM.**

Proposé par :

Mr M.CHALAL

Dirigé par :

Mr M.HAMOUR

Présenté par :

M^{lle}. SADKI Thiziri

M^{lle}. SI TAYEB Lynda

Année universitaire: 2018/2019

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu le tout Puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, également nous remercions infiniment nos parents, qui nous ont encouragé et aider à arriver à ce stade de notre formation.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de L'ENIEM pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portaient à nos travaux.

Ce travail que nous avons réalisé a été suivi par Monsieur CHALAL.M, et l'équipe d'ingénieurs et de techniciens du secteur moyens productions de l'unité cuisson, que nous tenons à remercier énormément pour leur aide et leur orientation, tout au long de ce travail. Ils ont su nous faire profiter de leurs connaissances techniques, et de leurs méthodes. Ce fut un réel plaisir de travailler avec eux.

Nous tenons à remercier tout particulièrement, notre directeur de recherche Mr.Hamour , qui a encadré au quotidien notre travail. Son expertise, ainsi que ses conseils avisés ont été très formateurs et d'un très grand secours, au cours de ce projet, ce qui nous a aidé et soutenu tout le long de notre travail.

Nous tenons à exprimer nos reconnaissances envers les membres du jury qui ont eu la lourde tâche, d'examiner ce mémoire.

Nous remercions tout l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation, et nous remercions ainsi, l'ensemble d'étudiants du département de Génie mécanique de l'UMMTO, pour leur soutien.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

DÉDICACES

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tous simplement que je dédie ce mémoire à :

Ma chère mère Driffa : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager.

Mon très cher père Ali : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A mon très cher mari Madjid : Tes sacrifices, ton soutien, moral et matériel m'ont permis de réussir mes études.

A mes chers frères : Said, Karim , Ferhat et Mohammed.

A mes chères sœurs : Nora , Nassima , Ouiza , Djedjiga.

Ames chers beaux parents.

A mes chères belles sœurs, mes chers beaux frères.

A ma chère binôme Thiziri.

A mes très chères amies : Katia , Tinhinane , Lydia , lamia , Lyna pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A tous les membres de ma promotion.

A tous les enseignants et professeurs qui m'ont instruit depuis mon premier pas à l'école jusqu'aujourd'hui

Lynda

DÉDICACES

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tous simplement que je dédie ce mémoire à :

Ma chère mère Djamila : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager

Mon très cher père Bachir : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A mes chers frères, Samir et sa femme Faiza et la petite Dyhia, Rachid, Rabah, pour leur appui et leur encouragement.

A ma très chère binôme, Lynda.

A mes chères copines, Saliha, Kathia, Sarah , pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A tous les membres de ma promotion.

A tous les enseignants et professeurs qui m'ont instruit depuis mon premier pas à l'école jusqu'aujourd'hui.

Thiziri

SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des symboles	
Introduction générale.....	1
Présentation de l'entreprise.....	2

Généralité : Matériaux utilisés

1. Introduction	10
2. Définition	11
3. Fer	11
4. Carbone.....	12
5. Différentes familles des aciers.....	12
6. Classification.....	13
6.1. Aciers non alliés	13
6.2. Aciers faiblement alliés.....	13
6.3. Aciers fortement alliés	14
7. Acier doux	14
8. Principales propriétés mécaniques à considérer.....	15
8.1. Dureté.....	15
8.2. Caractéristique de traction.....	15
9. Influence des éléments d'addition.....	15
10. Conclusion	15

Chapitre I : Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

I .1. Introduction.....	16
I .2. Poinçonnage.....	16
I .2.1. Définition	16
I .2.2. Principe	16
I.2.3. Application.....	17
I .2.4. Présentation du poinçon et de la matrice	17
I.2.5. Jeu (entre le poinçon et la matrice).....	18

I.2.6. Effort de poinçonnage.....	19
I.2.7. Avantages et inconvénients du poinçonnage	19
I.3. Pliage.....	20
I.3.1. Définition et principe	20
I.3.2. Différentes techniques de pliage.....	20
I.3.2.1. Pliage en l'air	20
I.3.2.2. Pliage en frappe.....	21
I.3.2.3. Pliage sur élastomère.....	21
I.3.2.4. Pliage en V	21
I.3.2.5. Pliage en U	22
I.3.3. Machines de pliage	22
I.3.3.1. Pliieuse presse universelle.....	22
I.3.3.2. Pliieuse universelle manuelle	22
I.3.4. Analyse de la déformation	23
I.3.5. Position de fibre neutre	23
I.3.6. Jeu de pliage.....	24
I.3.7. Effort mis en jeu durant et après le pliage	24
I.3.8. Rayon minimal de pliage	25
I.3.9. Retour élastique	26
I.3.10. Avantages et inconvénients	26
I.4. Découpage	27
I.4.1. Définition	27
I.4.2 Principe et différents paramètres du découpage	27
I.4.3. Désignation des opérations de découpage	28
I.4.4. Différentes phases d'une opération de découpe	30
I.4.5. Effort de découpage	31
I.4.6. Effort d'extraction.....	31
I.4.7. Vitesse de découpage.....	31
I.5. Conclusion.....	31

Chapitre II : Presses et machines utilisées

II.1. Introduction	32
II.2. Définition	32

II.3. Types de presses	32
II.3.1. Selon le mode de transmission d'énergie	32
II.3.1.1. Presses mécaniques	32
II.3.2. Selon le mode de transmission du mouvement d'une presse	33
II.3.2.1. Système bielle manivelle	33
II.3.2.2. Système excentrique	33
II.3.2.3. Système à genouillère	34
II.3.2.4. Système à came	35
II.3.1.2. Presses hydrauliques	35
II.3.1.2.1. Mécanisme de commande	36
II.3.1.3. Comparaison entre presse mécanique et hydraulique	36
II.3.2. Selon la forme du bâti	37
II.3.2.1. Presses à col de cygne	37
II.3.2.2. Presses à arcade	38
II.3.2.3. Presses à colonne	38
II.3.2.4. Presse à montant droit	39
II.3.2.5. Presse à table mobile et bigorne	39
II.3.3. Selon le nombre du coulisseau	39
II.3.3.1. Presses simple effet	39
II.3.3.2. Presses à double effet	40
II.3.3.3. Presses à triple effet	40
II.4. Critères de choix d'une presse	41
II.5. Alimentation des presses	41
II.6. Sécurité sur les presses	42
II.7. Conclusion	42

Chapitre III : Outils de presses

III.1. Introduction	43
III.2. Éléments principaux des outils	43
III.2.1. Poinçon	43
III.2.2. Matrice	43
III.2.3. Dépouille	44

III.3. Paramètres influents dans le développement d'un outil	44
III.4. Types d'outils de presses	45
III.4.1. Outil à bande	45
III.4.2. Outil suisse	46
III.4.3. Outil avec poste à came.....	47
III.4.4. Outils de reprise	48
III.4.5. Outil de détournage	48
III.4.6. Outil découvert.....	49
III.4.6.1. Outil simple découverte.....	49
III.4.6.2. Outil découvert à butées	49
III.4.7. Outil à Dévétisseur fixe.....	50
III.4.8. Outil d'emboutissage	50
III.4.9. Matériaux d'outillages	51
III.4.10. Montage des outils sur les presses.....	51
III.4.10.1. Petite presse	51
III.4.10.2. Grosse presse	52
III.5. Conclusion	52

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

IV.1. Introduction	53
IV.2. Présentation du logiciel utilisé	53
IV.3. Fonctions de base de logopress3	54
IV.4. Cahier des charges	55
IV.4.1. Définition	55
IV.4.2. Fiche technique de la tôle	55
IV.4.2.1. Dimensions nominales selon la norme NF EN 10143	55
IV.4.2.2. Caractéristiques	55
IV.4.2.3. Aspect de surface	55
IV.4.2.4. Livraison.....	56
IV.4.2.5. Mode de livraison.....	56

IV.4.2.6. Conditions d'emballage	56
IV.5. Etude et conception de la patte de fixation	57
IV.6. Emplacement de la pièce	57
IV.7. Processus de fabrication	58
IV.8. Calcul des efforts.....	59
IV.8.1 Effort de poinçonnage (F_p).....	60
IV.8.2. Effort de pliage	62
IV.8.3. Effort de découpage	63
IV.8.4. Effort du serre flan	64
IV.8.5. Effort total que doit fournir la presse	64
IV.9. Choix des ressorts	65
IV.10. Jeu de découpage	67
IV.11. Calcul et vérification des poinçons à la résistance	67
IV.12. Choix de la machine	70
IV.13. CAO (conception assistée par ordinateur)	71
IV.14. Détail de l'outil	71
IV.14.1. Partie inférieure.....	71
IV. 14.2. Partie supérieure.....	72
IV.15. Etapes de la réalisation de l'outil	75
IV.16. Mise en plan	76
IV.17. Conclusion.....	77
Conclusion générale	78

Liste des figures

Présentation de l'entreprise

Figure I: Organigramme de l'entreprise ENIEM.....	4
---	---

Généralités sur les aciers

Figure 1: Production mondiale d'acier.	10
Figure 2: Acier en état liquide.	11
Figure 3: Acier non allié.	13
Figure 4: Bobines d'acier doux.....	14

Chapitre I : Procédés de mise en forme des pièces mécaniques

Figure I. 1: Procédé du poinçonnage.	17
Figure I. 2.a : Poinçon.....	17
Figure I.2.b : Matrice.....	18
Figure I. 3 : Jeu entre le poinçon et la matrice.....	18
Figure I. 4 : Effort de poinçonnage.....	19
Figure I. 5 : Pliage en l'air.	20
Figure I. 6 : Pliage en frappe.....	21
Figure I. 7 : Pliage en V.	21
Figure I. 8 : Pliage en U.	22
Figure I. 9 : Plieuse universelle manuelle.....	22
Figure I. 10 : Fibre neutre.	23
Figure I. 11 : Jeu de pliage et rayon de la matrice.....	24
Figure I. 12 : Méthodes de pliage.	25
Figure I. 13 : Principe et paramètre de découpage.	27
Figure I. 14 : Poinçonnage.....	28
Figure I. 15 : Découpage.....	28
Figure I. 16 : Crevage.	28
Figure I. 17 : Encochage.....	28
Figure I. 18 : Grignotage.....	29
Figure I. 19 : Détourage.....	29
Figure I. 20 : Soyage.....	29
Figure I. 21 : Différentes phases de la découpe.....	30

Chapitre II : Machines et presses utilisées

Figure II. 1: Presse Mécanique.	33
--------------------------------------	----

Figure II. 2: Système bielle manivelle.	33
Figure II. 3: presse Mécanique excentrique.	34
Figure II. 4: Système a genouillère.	34
Figure II. 5: Système à came.	35
Figure II. 6 : Presse hydraulique.	36
Figure II. 7: Presse à col de cygne.	38
Figure II. 8: Presse à arcade.	38
Figure II. 9: Presse à colonne.	39
Figure II. 10: Principe de fonctionnement de presses double effet.	40
Figure II. 11: principe de fonctionnement de presse à triple effet.	41
Figure II. 12: Ligne automatique d'alimentation.	42

Chapitre III : Outils de presse

Figure III. 1 : Exemple d'un outil.	43
Figure III. 2: Schématisations poinçon matrice.	44
Figure III. 3 : Dimension de la dépouille.	44
Figure III. 4 : Outil à bande fait avec Solidworks.	46
Figure III. 5 : Outil suisse.	47
Figure III. 6 : Outil à came.	47
Figure III. 7 : Outil de reprise.	48
Figure III. 8 : Outil de détournage.	49
Figure III. 9 : Outil simple découvert.	49
Figure III. 10 : Système Outil découvert à butée.	50
Figure III. 11 : Outil d'emboutissage sans serre flan.	51

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

Figure IV. 1 : Patte de fixation.	57
Figure IV. 2 : Emplacement de la pièce.	57
Figure IV. 3 : Différents postes.	58
Figure IV. 4 : Formes à poinçonner.	60
Figure IV. 5: Formes à plier.	62
Figure IV. 6 : Formes à découper.	63
Figure IV. 7 : Schéma de dimensionnement d'un ressort.	66
Figure IV. 8 : Flambement d'une poutre soumise à un effort axial.	67
Figure IV. 9 : Porte matrice.	71
Figure IV. 10 : Différentes matrices.	72
Figure IV. 11 : Colonne de guidage.	72
Figure IV. 12 : Porte poinçons.	73
Figure IV. 13 : Poinçons.	73
Figure IV. 14 : Dévétisseur.	74
Figure IV. 15 : Ressort.	74
Figure IV. 16 : Bague de guidage.	75
Figure IV. 17 : Relève bande.	75

Figure IV. 18 : Outil à bande.	76
-------------------------------------	----

ENIEM : Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménager.

SONELEC

j: jeu (mm).

D: diamètre de la matrice (mm) .

d: diamètre du poinçon (mm).

F : effort (daN).

P : périmètre (mm).

e : épaisseur de tôle (mm).

R_{pg} : résistance pratique du matériau au glissement

K : Coefficient dépend de rapport **R_i / e**

L : longueur de la tôle en (mm).

R_{pg} : résistance pratique du matériau au glissement

R_{mini} : Rayon minimal de pliage.

A : Allongement après rupture.

Z : Coefficient de striction.

P : périmètre (mm).

KN : kilo-newton.

CDC : cahier de charges.

R_e : résistance élastique.

R_m : Résistance à la traction.

A : allongement

T : tonne.

P : le périmètre (mm).

R_{pg} : Résistance pratique au glissement du matériau

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La construction mécanique est un secteur très dynamique qui ne cesse d'évoluer de jour en jour. Elle a pour objectif l'étude, la conception, la fabrication de divers pièces, d'outils, mais aussi, la maintenance et la configuration des réglages multiples.

Grâce à l'évolution rapide de la puissance des moyens de calcul, et suite au développement permanent des logiciels, la conception et la simulation numérique des procédés de mise en forme des pièces mécaniques sont devenus des outils incontournables pour concevoir et fabriquer un produit dans des conditions opératoires optimales et selon un critère de qualité défini.

En se situant au stade de l'avant projet, la simulation numérique permet de vérifier et de valider la faisabilité, elle permet en outre de prédire les paramètres optimaux permettant de réaliser un produit répondant aux critères du cahier des charges et à moindre coût.

Le bureau d'étude de l'unité cuisson de l'entreprise ENIEM; nous a chargé de concevoir un outil qui va servir à fabriquer une pièce avec une géométrie bien déterminée regroupant plusieurs opérations, poinçonnage, pliage et découpage.

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 des pièces mécaniques, le choix des machines, de l'architecteur des outils et qui donnent le meilleur résultat au niveau rentabilité et fiabilité (durée de vie), pour cela, nous avons organisé notre travail comme suit :

Après une introduction générale sur le sujet, vient la quelques généralités sur les matériaux utilisés, puis le premier chapitre qui traite les différents procédés de mise en forme des pièces mécaniques, les divers paramètres qui influent lors de ce dernier ainsi que les efforts et les contraintes qui agissent sur l'outil et pouvant causer son usure.

Le second chapitre abordera la définition, la présentation et la classification des différentes machines (presses) utilisées dans l'industrie pour la fabrication des pièces mécaniques.

Le troisième chapitre est consacré aux différents outils de presses.

Le quatrième chapitre traite le cahier des charges en définissant le besoin et les exigences du produit. Après une présentation de Logopress3, suivie d'une interprétation des résultats de l'étude de la pièce (calcul des efforts de poinçonnage, de pliage et de découpage...) nous nous sommes passés à l'étude et la conception de l'outil.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale sur les travaux décrits dans ce document ainsi que des perspectives sur les suites à donner à notre travail.

Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise

1. Historique

L'entreprise nationale des industries électroménagères (ENIEM) est née après la restructuration de l'entreprise mère la SONELEC, le 02 janvier 1983.

ENIEM est entrée en production (sous le nom de l'entreprise la SONELEC), à partir de janvier 1977, dont l'activité principale est la fabrication et la commercialisation d'appareils électroménagers. [01]

En 1989, l'entreprise a connue une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoqué sa transformation en société par action au capital de 40.000.000 DA, dans le but d'améliorer la recherche et le développement de ses produits, devenu de nos jours, le leader de l'électroménagère en Algérie et cela dans divers domaines tels que :

- Les appareils ménagers domestiques (climatisation, cuisson, réfrigération et conservation à Oued Aïssi).
- Les lampes d'éclairages à Mohammadia (Mascara).
- Les produits sanitaires à Khemis Miliana (Ain Defla).

Avec un capital social de 10.279.800.000 DA détenu en totalité par l'ELEC ELDJAZAIR. Son siège est à TIZI OUZOU. Ses unités de productions et commerciales sont implantées au niveau de la zone industrielle « Aissat Idir ».

2 . Développement et organisation de l'entreprise

2.1 Développement

Pour atteindre ses espérances en matière de développement L'ENIEM a fait appel à l'ensemble de ses unités afin de se restructurer et de s'organiser, de manière à donner et à trouver des solutions les plus fiables pour atteindre un développement durable. Cette entreprise se compose de plusieurs unités d'organisation qui sont :

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

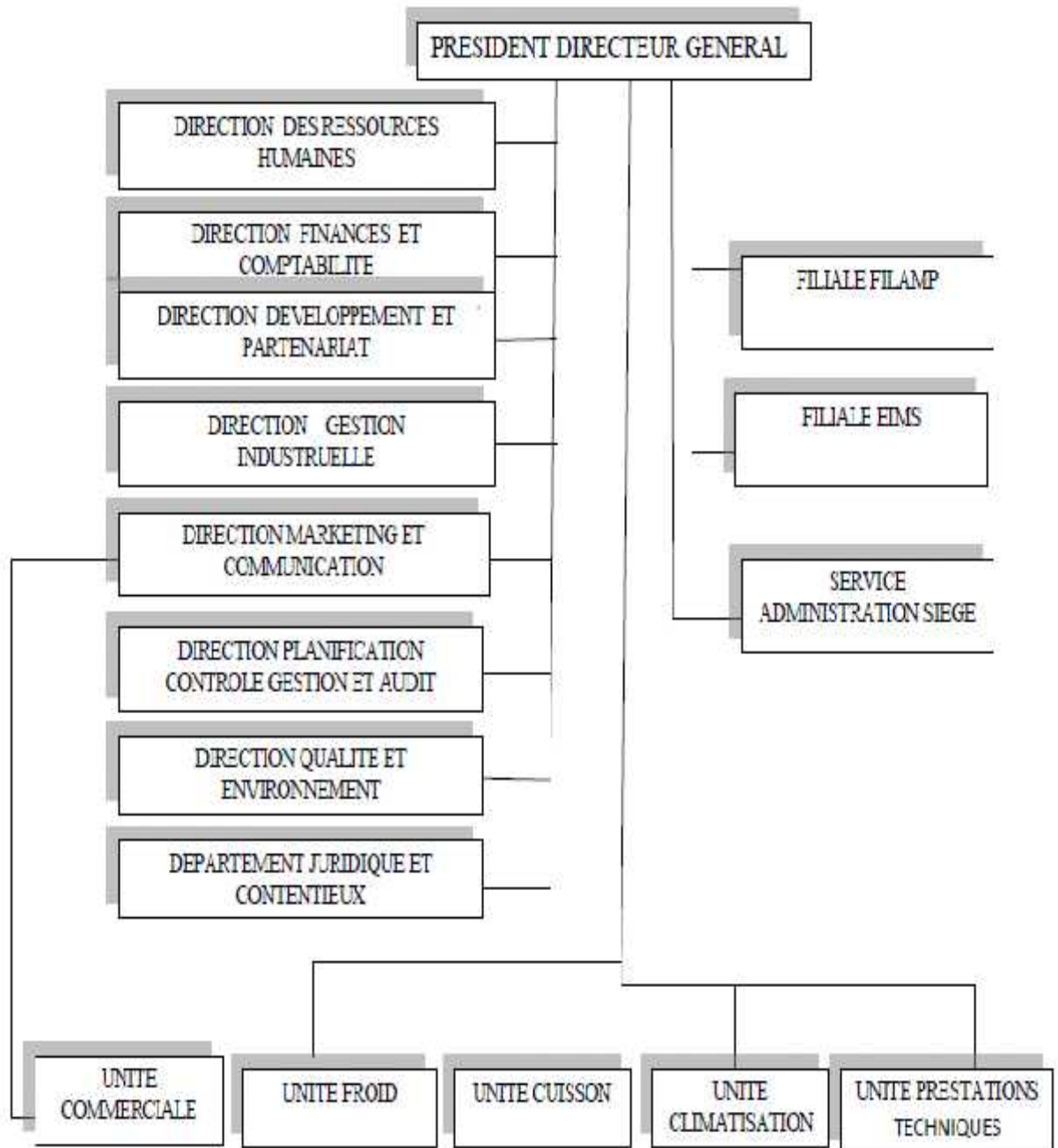


Figure 1: Organigramme de l'entreprise ENIEM.

3 . Missions et activités principales de chaque unité

3.1 Direction générale

La direction générale est une unité responsable de stratégie, du développement de l'entreprise et ce tenant compte de résolution de son conseil d'administration. Elle exerce son autorité hiérarchique, fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités. Le président directeur générale est assisté par les cadres dirigeants chargés des principales fonctions de l'entreprise suivantes:

- ✓ Direction industrielle(DI).
- ✓ Direction développement et partenariat(DDP).
- ✓ Direction central finance et comptabilité(DFC).
- ✓ Direction des ressources humaines(DRH).
- ✓ Direction planification et contrôle de gestion(DPG).
- ✓ Direction marketing et communication(DMC).
- ✓ Direction qualité (DQ).

3.2 Unité froid

Elle est de loin l'unité la plus importante du point de vue effectif, elle produit plusieurs modèles de réfrigérateurs et congélateurs, sa mission globale est de produire et développer les produits de froid domestique.

➤ **Activités :**

-) Transformation de tôle.
-) Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification).
-) Injection plastique et polystyrène.
-) Fabrication de pièces mécanique (condenseur, évaporateur...).
-) Isolation.
-) Thermoformage.
-) Assemblage.

3.3 Unité cuisson

Cette unité est spécialisée dans la production de différents types de cuisinières.

➤ **Activités**

-) Transformation de tôle
-) Traitement et revêtement de surface (émailage, zingage, chromage).
-) Assemblage des cuisiniers.

3.4 Unité climatisation

Comme son nom l'indique, elle est spécialisée dans la fabrication et montage de plusieurs types de climatiseurs.

➤ **Activités**

-) Transformation de tôle.
-) Traitement et revêtement de surface (peinture).
-) Assemblage de climatiseurs.

En plus de ces activités de réalisation, les unités de production(froid, cuisson et climatisation) assurent, en leurs seins respectives, les activités suivantes :

-) Etudes /méthodes de fabrication.
-) Achats.
-) Contrôle (réception, en cours de fabrication, final).
-) Stock (magasin, atelier).
-) Maintenance.
-) Sécurité industrielle.

3.5 Unité prestation techniques

C'est une unité de soutien aux autres unités de production, elle est chargée de la gestion :

-) Des énergies et fluides.
-) De l'entretien des équipements.
-) Des engins roulants.
-) De l'entretien des bâtiments.
-) De fonction informatique au sein du complexe appareil ménager.

3.6 Unité commerciale

Elle est chargée de la commercialisation des produits de l'entreprise, de la gestion du réseau et du service après vente. Sa mission est l'étude du marché national et l'écoulement de tous les produits des unités de production.

➤ **Activités**

) Marketing.

4. Politique de l'entreprise

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

4.1 Politique du 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 a 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 leurs dispositions 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.

4.1.1 Engagement de la direction

Pour mettre en œuvre sa politique, la direction générale de l'ENIEM s'engage à :

-) Se conformer à l'exigence légale et réglementaire en vigueur.
-) Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.
-) Fournir les ressources nécessaires pour atteindre des objectifs.

4.1.2 Objectifs

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

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

4.2 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, 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.

4.2.1 Engagements

- Respecter les exigences légales et réglementaires en vigueur.
- Prévenir et maîtriser les risques de pollutions qui peuvent être générés par ses activités.
- Améliorer la gestion des déchets (papier, emballages, consommables, informatiques, déchets, des processus...)
- Rationaliser les consommations d'énergies.
- Améliorer la communication avec les parties intéressées (interne et externe).
- Continuer la formation pour améliorer la compétence du personnel.
- Continuer l'amélioration de l'efficacité du système de management environnemental.
- Mener des revues de direction.

4.2.2 Objectifs et cibles environnementaux

Dernièrement en 2012, l'ENIEM a fixé des objectifs et cibles environnementaux :

➤ **Objectifs :**

En conformité avec sa politique environnementale, l'ENIEM se fixe pour l'année 2012 les objectifs suivants :

- L'amélioration de la gestion des déchets.
- La rationalisation de la consommation des énergies et fluides.
- La prévention des risques de pollution.
- La sensibilisation des parties intéressées.

➤ **Cibles:**

- Réduire les déchets générés de 1%.
- Elever le niveau de tri des générés de 2%.
- Réduire les stocks morts de 4%.
- Ratio consommation d'eau/Production <20 M3/tonne.
- Ratio consommation d'énergie électrique/production<635 KWh/tonne.
- Ration consommation de gaz /production<1,76 KWh/tonne.
- Mesurer les rejets atmosphériques.
- Former 200 agents sur l'environnement.
- Continuer la sensibilisation des fournisseurs, agents agréés et les sous-traitants sur l'environnement.

Généralité : Matériaux utilisés.

1. Introduction

Les matériaux sont des substances d'origine naturelle ou artificielle utilisés par les hommes et par certains animaux pour confectionner des objets, des habitations, etc. et parmi ces matériaux on trouve les aciers. L'acier jouait un rôle majeur dans notre vie quotidienne. Son intérêt et sa demande le qualifie pour qu'il soit à l'origine de toutes les révolutions scientifiques et industrielles [2].

L'acier a opéré sa révolution technologique pour être aujourd'hui présent dans presque tous les secteurs de l'activité économique. Plusieurs facteurs expliquent cette importance sur le plan mécanique les aciers ont un fort module d'élasticité et une forte limite élastique et à cause de leurs meilleures propriétés aussi physicochimiques que mécanique qu'ils possèdent ils se prêtent facilement à une production en masse. L'acier demeure le seul matériau capable tout à la fois de soutenir des efforts et des charges considérables, de conserver ses vertus à haute et à basse température et résister à la corrosion.

Dans tous les cas, les aciers présentent un très grand nombre de nuances différentes. Les principaux secteurs d'utilisation de l'acier sont :

Le bâtiment 44%.

La construction des machines et des appareillages 22%.

L'automobile 19%.

Les emballages 4% ses utilisations et presque illimitée.



Figure 1: Production mondiale d'acier.

2. Définition

Un acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone (dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse pour le carbone).

C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés de l'acier. Il existe d'autres alliages à base de fer qui ne sont pas des aciers, comme les fontes et les ferroalliages.

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



Figure 2: Acier en état liquide.

3. Fer

L'une des caractéristiques essentielles du fer est de se présenter sous deux formes allotropiques différentes suivant la température au chauffage et au refroidissement, le réseau cristallin du fer change de nature au passage de certaines températures. Le tableau suivant représente les caractéristiques du fer :

Tableau 1 : Caractéristiques du fer.

Symbole	Fe
Nombre atomique	26
Masse atomique	56g /mol
Masse volumique	7.8g/mol
Température de fusion	7.8g/mol Température de fusion 1 538 °C
Formes allotropiques	Jusqu'à 910°C → Fer α de structure cubique centré (cc). De 910-1394 → fer γ de structure cubique à face centrée De 1392-1538°C → fer δ de structure cubique centrée

4. Carbone

C'est un élément non métallique peut abondant (0.1% en masse dans l'écorce terrestre). Il est rare à l'état libre, on le rencontre à l'état combiné dans toutes les substances végétales et animales comme dans le pétrole, le charbon, le bois, la houille etc.

Le carbone dont le point de fusion est supérieur à 3500°C est soluble dans le fer et peut se cristalliser à l'état pur en formant le graphite ou se combiner avec le fer en formant une phase intermétallique Fe₃C appelée cémentite ou carbone de fer [2].

Le tableau suivant représente les caractéristiques du carbone :

Tableau 2 : Caractéristiques du carbone.

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

5. Différentes familles des aciers

Il existe des aciers faiblement alliés, à faible teneur en carbone, et au contraire des aciers contenant beaucoup d'éléments d'alliage (par exemple, un acier inoxydable typique contient 8 % de nickel et 18 % de chrome en masse).

6. Classification

Chaque pays a son mode de désignation des aciers. La désignation européenne se fait selon la norme EN10027. Cette norme distingue trois catégories :

-) les aciers non-alliés d'usage (construction).
-) les aciers faiblement alliés, pour trempe et revenu ; les éléments d'alliage favorisent la trempabilité et permettent d'avoir des structures martensitiques ou bainitiques, donc des aciers à haute dureté, à haute limite élastique, pour les outils, les ressorts, les roulements, etc....
-) les aciers fortement alliés.

6.1. Aciers non alliés

Ils sont destinés à la construction soudée, à l'usinage, au pliage, etc. On distingue :

-) le type S qui correspond à un usage général de base.
-) le type P pour usage dans les appareils à pression.
-) le type L pour les tubes de conduites.
-) le type E pour la construction mécanique.
-) le type R pour les rails.

La désignation de ces aciers comprend la lettre indiquant le type d'usage, suivie de la valeur de la limite élastique minimale (R_e) exprimée en mégapascals (MPa). À noter qu'il s'agit de la valeur à faible épaisseur, les résistances décroissantes avec l'épaisseur.[3]



Figure 3: Acier non allié.

6.2. Aciers faiblement alliés

La teneur en manganèse est inférieure à 1 %, et aucun élément d'addition ne dépasse 5 % en masse. Leur composition est plus précise et plus pure et correspond à des usages définis à l'avance.

Leurs applications courantes sont les forets (perceuses), ressorts, arbres de transmission, matrices (moules) etc. Leur désignation comprend la lettre C suivie de la teneur en carbone multipliée par 100. S'il s'agit d'un acier moulé, on précède la désignation de la lettre G.

Exemples :

- J C45, acier non allié comportant un taux de 0,45 % de carbone ;
- J GC22, acier moulé non allié comportant un taux de 0,22 % de carbone.

6.3. Aciers fortement alliés

Au moins un élément d'addition dépasse les 5 % en masse, destinés à des usages bien spécifiques, on y trouve des aciers à outils, réfractaires, ont une très grande résistance à l'usure.

Exemple de ces aciers : X30 Cr 13 avec 0.3% de carbone, 13% de Chrome.

7. Acier doux

Acier dont la teneur en carbone varie de 0,15 % à 0,2 % et dont la résistance à la traction est de l'ordre de 400 MPa. Correspond aux aciers courants de construction (profilés, tôles) et à certaines armatures de béton armé.

L'acier doux a une faible résistance à la corrosion, est aussi le moins cher des matériaux perforés.



Figure 4: Bobines d'acier doux.

8. Principales propriétés mécaniques à considérer

8.1. Dureté

La dureté caractérise la résistance à la déformation : elle peut se mesurer par différentes méthodes, mais nous parleront principalement des essais de pénétration qui sont les plus importants. Ils consistent à imprimer dans la pièce ou essayer un pénétrateur et à mesurer sa pénétration. Trois méthodes de ce type sont normalisées par AFNOR :

- Essai de dureté (brinell de l'acier)
- Essai de dureté (Rockwell de l'acier)
- Essai de dureté (Vickers de l'acier)

8.2. Caractéristique de traction

Par ailleurs, il est également possible de passer de la dureté à la résistance à la traction en utilisant la norme AF A03-173 mais il convient de rappeler qu'il ne s'agit que d'une approximation. Pour avoir une valeur correcte de cette dernière, il convient de la mesurer, en utilisant la méthode décrite dans la norme AF 03-15.[2]

9. Influence des éléments d'addition

Les éléments addition sont en générale des métaux surtout dans les aciers mais ce peut être non métaux ou des gaz

Les éléments d'addition ajoutés à l'acier, jouent un rôle primordial sur la caractéristique générale, et leur introduction aboutis à des modifications très importantes du diagramme d'équilibre fer –carbone. Dans le fer pur, le passage de fer α au fer γ se produit à une température définie comme on 'a vu dans les paragraphes précédents. La présence d'un élément d'addition entraîne l'apparition d'un domaine plus au moins dans lequel les deux variétés allotropiques du fer (CC) et (CFC) peuvent coexister en équilibre, les éléments d'addition sont nombreux, ces éléments ont une action spécifique dans les aciers.

10. Conclusion

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

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

Chapitre I:

**Procédés de mise en forme des pièces mécaniques
(poinçonnage, pliage et découpage).**

Chapitre I : Procédés de Mise en Forme des Pièces Mécaniques

I.1. Introduction

Les procédés de mise en forme de tôle mécanique en produit fini a une importance considérable dans de nombreuses industries. Parmi ces procédés on distingue :

Le poinçonnage, le pliage, le découpage ...

I.2. Poinçonnage

I.2.1. Définition

Le poinçonnage est une opération de découpage qui consiste à exécuter un trou dans le métal à l'aide d'un poinçon qui enlève la matière en totalité d'un seul coup.

Le poinçonnage est, selon le corps de métier, une marque ou poinçon laissés sur un objet ou une perforation occasionnée par une poinçonneuse. Il s'exécute soit à la main, pour des travaux unitaires et peu précis, à l'aide de petit poinçon manuel ou bien à la machine pour les travaux de grandes séries et de bonne précision dimensionnelle. Cette opération fera l'objectif de notre travail [02].

I.2.2. Principe

On appelle poinçonnage, le cisailage sur un contour fermé, effectué par un poinçon agissant sur une matrice. Le principe reste le même que pour le cisailage. La rupture s'effectue donc après un effort de traction.

Généralement, le poinçonnage est utilisé en tôlerie pour réaliser des trous et découper des flans de formes complexes parfois non rectangulaires, donc difficiles ou impossibles à réaliser par cisailage. Utilisé aussi en construction métallique pour percer les profilés.

Il existe trois modes possibles de poinçonnage :

- ✓ Poinçonnage classique : enlèvement de matière par simple réalisation de trous.
- ✓ Grignotage : qui consiste à découper un contour intérieur ou extérieur par des multiples coups de poinçon.
- ✓ Découpage à la presse : découpe du flan à l'aide d'un outillage spécifique [02].

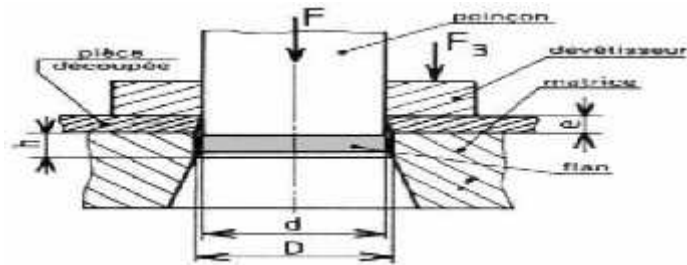


Figure I. 1: Procédé du poinçonnage.

I.2.3. Application

Ce Procédé est simple et rapide. Le poinçonnage permet la réalisation des pièces très diverses, il peut être couplé à des opérations d'emboutissages et d'assemblages, il est réservé aux grandes séries.

I.2.4. Présentation du poinçon et de la matrice

a- Poinçon

Il est composé de plusieurs parties :

- Le corps du poinçon: possède une longueur variable pour monter et serrer l'outil.
- La tête : porte les arêtes tranchantes.
- La mouche(ou téton) : utile pour positionner l'outil dans les coups de pointeaux, préalablement réalisés à cet effet. Ils ont été effectués dans l'axe du trou à réaliser.
- Un angle de dépouille (entre 2 à 3°) : pour limiter les frottements.



Figure I. 2.a : Poinçon.

-Remarque

Sur les presses et les grignoteuses, les outils ne possèdent pas forcément l'angle de dépouille.

b- Matrice

Elle est le support d'empreinte du poinçon. À son axe elle comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètres.

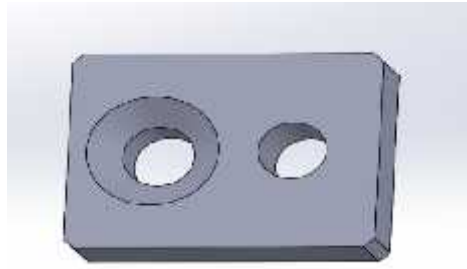


Figure I.2.b : Matrice.

I.2.5. Jeu (entre le poinçon et la matrice)

Tout comme en cisailage, un jeu est nécessaire entre les arêtes des outils. Ce jeu diminue l'effort de poinçonnage et l'écrouissage de la zone poinçonnée. Ce jeu de poinçonnage sera proportionnel à l'épaisseur poinçonnée et dépendra de la résistance du métal, Il permet également de garantir une coupe nette est franche.[02]

Donc :

$$2j = D - d \dots\dots\dots(I.1)$$

Tels que:

j: jeu (mm) .

D: diamètre de la matrice (mm) .

d: diamètre du poinçon (mm).

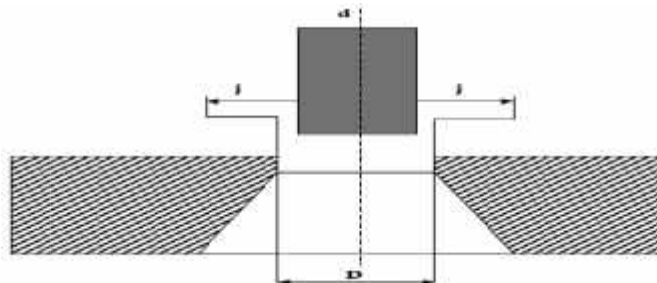


Figure I. 3 : Jeu entre le poinçon et la matrice.

- pour le découpage le jeu est à prendre sur le poinçon.
- pour le poinçonnage le jeu est à prendre sur la matrice.

La valeur du jeu s'évalue en fonction de l'épaisseur de la bande :

- Laiton et acier doux : 1/20^{ème} de l'épaisseur de la bande.
- Acier dur : 1/15^{ème} de l'épaisseur de la bande.
- Aluminium : 1/10^{ème} de l'épaisseur de la bande.

I.2.6. Effort de poinçonnage

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur, du périmètre de la section du trou, de la résistance du métal, et les frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils. Par conséquent, la section minimale de poinçonnage dépend de l'effort de poinçonnage, de la forme et de la surface de la section poinçonnée et aussi de la longueur de flambage de l'outil. Voici la formule générale de calcul des efforts de poinçonnage :

$$F = P * e * R_{pg} \dots\dots\dots(I.2)$$

Tel que:

F : effort de poinçonnage (daN).

P : périmètre du poinçon (mm).

e : épaisseur de tôle (mm).

R_{pg} : résistance pratique du matériau au glissement (7 daN/mm²).

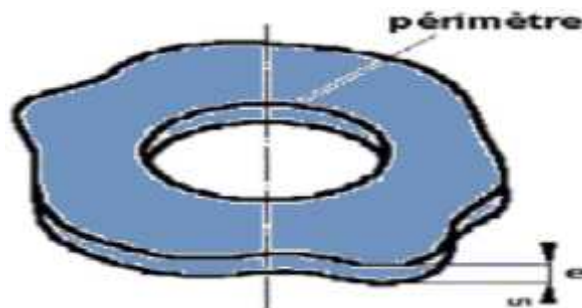


Figure I. 4 : Effort de poinçonnage.

I.2.7. Avantages et inconvénients du poinçonnage

Avantages

➤ Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous.

➤ Par rapport au découpage à la presse, le grignotage sur commande numérique permet de changer de série en minimisant les couts d'outillages et de découper de grands formats, et d'utiliser des outils simples et peu onéreux.

Inconvénients

- Limité dans les épaisseurs.
- Section minimale du poinçon limitée.

I.3. Pliage

I.3.1. Définition et principe

Plier une tôle, c'est relever une partie de celle-ci de façon à former un angle dont l'arête est rectiligne et plus ou moins arrondie. Le pliage peut être considéré comme un cintrage de faible rayon [03].

C'est une opération de mise en forme à froid de tôles planes qui est réalisée suivant deux étapes : la conformation, puis le retrait des outils.

La conformation est utilisée pour atteindre des déformations irréversibles en vue de donner à la pièce les spécificités attendues.

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

Le pliage s'obtient par un effort de flexion provoqué sur toute la longueur du pli soit :

- Manuellement par pression ou par chocs
- Mécaniquement sur plieuse ou sur presse plieuse.

I.3.2. Différentes techniques de pliage

I.3.2.1. Pliage en l'air

La matrice est composée de deux points d'appuis sur lesquels prend position la tôle. Le poinçon ne se déplace pas jusqu'en fond de matrice, il s'arrête en un point en air préalablement défini. Cette technique est utilisée dans le cas de pliage des tôles épaisses [03].

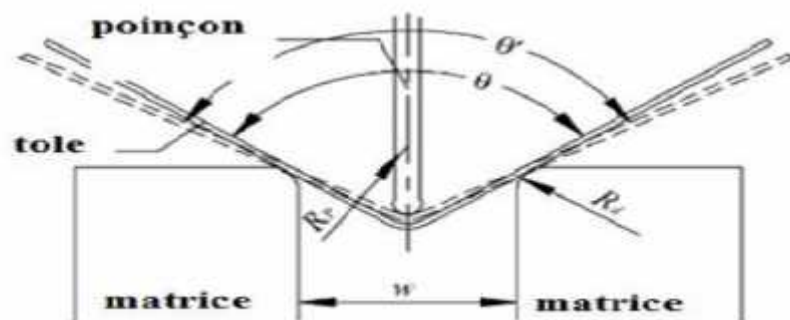


Figure I. 5 : Pliage en l'air.

I.3.2.2. Pliage en frappe

C'est une opération qui s'effectue en deux phases :

- J **Phase (1)** : un pliage en air jusqu'à l'obtention de l'angle désiré.
- J **Phase (2)** : la tôle subit une frappe rapide par le poinçon et marque la carre de la tôle jusqu'à réduire voire éliminer totalement le retour élastique. Cette technique est utilisée dans le cas de pliage des tôles d'épaisseur inférieure à 1.5

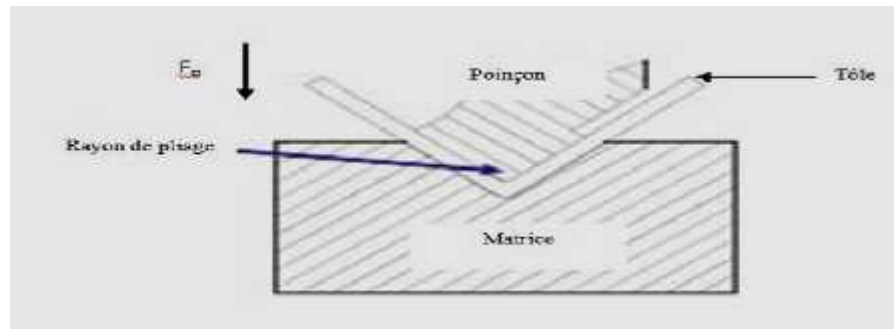


Figure I. 6 : Pliage en frappe.

I.3.2.3. Pliage sur élastomère

Ce procédé consiste à remplacer la matrice en métal par un coussin élastique en caoutchouc enchâssé dans un support métallique.

Le pliage à l'aide d'un outil élastique convient particulièrement à la mise en œuvre des tôles minces ayant reçues un traitement superficiel. Cette technique a l'avantage de ne jamais marquer la tôle, et nécessite des efforts très importants [03].

I.3.2.4. Pliage en V

Outillage simple, le poinçon est fixé sous le coulisseau de presse, la matrice sur la table.

- ✓ Un éjecteur facilite la récupération de la pièce et drageoir positionne le flan sur la matrice.

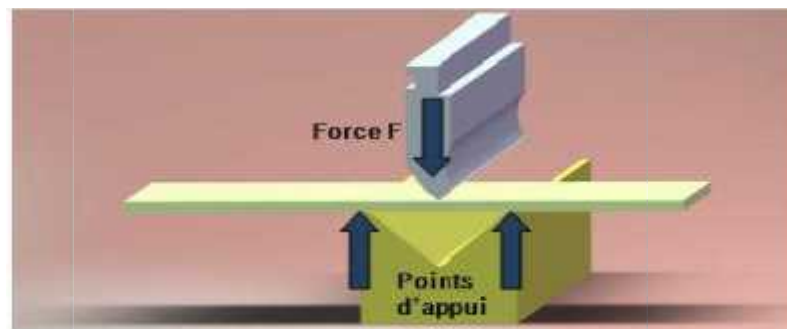


Figure I. 7 : Pliage en V.

I.3.2.5. Pliage en U

Ce type de pliage 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.

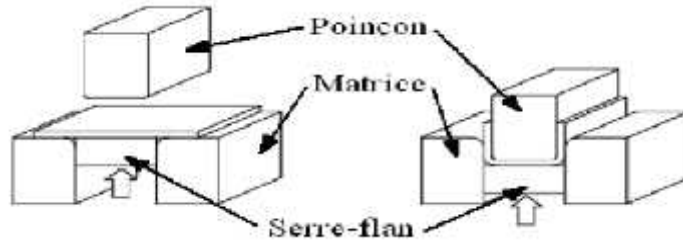


Figure I. 8 : Pliage en U.

I.3.3. Machines de pliage

I.3.3.1. Plieuse presse universelle

La presse-plier est une machine qui applique les lois de la flexion pour plier des tôles. Les tôles sont placées sur une matrice (ou vé), appuyée contre des butées réglées auparavant. En actionnant une pédale, l'opérateur fait descendre le poinçon (ou contre-vé) et va grâce à une force, plier la tôle jusqu'à un degré choisi. Les réglages s'effectuent en fonction de l'épaisseur, du matériau, des longueurs à plier et des outils choisis. Les limites des presse-plieres sont surtout la longueur de pliage et la force de pliage [03].

I.3.3.2. Plieuse universelle manuelle

Cette machine est utilisée pour les petites séries, elle permet des pliages assez complexes pour des tôles de dimension importantes, avec une qualité et précision moyenne.

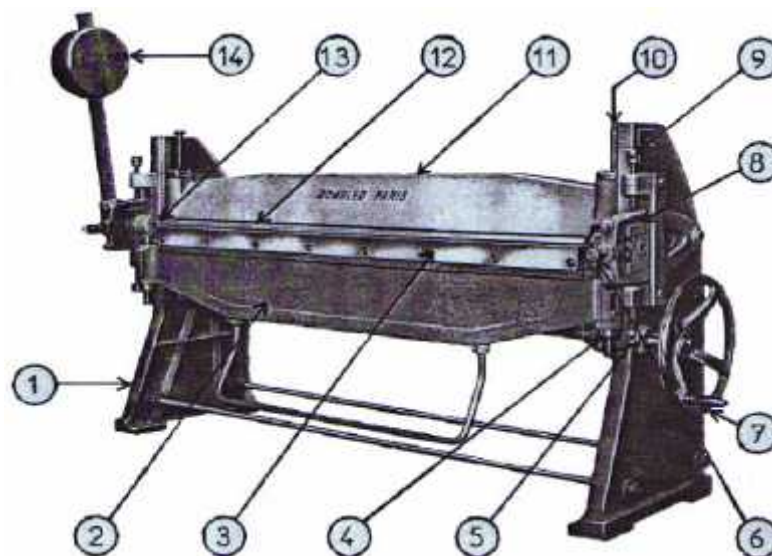


Figure I. 9 : Plieuse universelle manuelle.

Les éléments constitutifs:

- 1-Bâti : maintient les différents organes.
- 2-Tablier : tient et dirige la règle pendant son mouvement.
- 3-Règle : guide la carre du pli pendant sa formation.
- 4-Vis : règle la position du Tablier.
- 5-Vis : règle la montée /descente de l'étrier de désaxage.
- 6-Vis : règle l'écartement du Tablier.
- 7-Volant : permet la montée/descente du sommier.
- 8-Étrier : permet le désaxage de la rotation du Tablier.
- 9-Vis : maintien en position l'Étier de désaxage.
- 10-Vis : guide la montée/descente du Sommier.
- 11-Sommier : guide la pince et serre fortement la tôle sur la table.
- 12-Pince : limite la carre du pli pendant sa formation.
- 13-Tourillon : axe de rotation du Sommier.
- 14-Contre poids : limite l'effort de l'opérateur en équilibrant le mouvement à vide.

I.3.4. Analyse de la déformation

Sous l'action du poinçon, la zone de déformation de la pièce est soumise à des contraintes de compression pour les fibres intérieures (en contact avec le poinçon) et à des contraintes de traction pour les fibres extérieures. Ces contraintes s'annulent sur la fibre non déformée dénommée la fibre neutre [03].

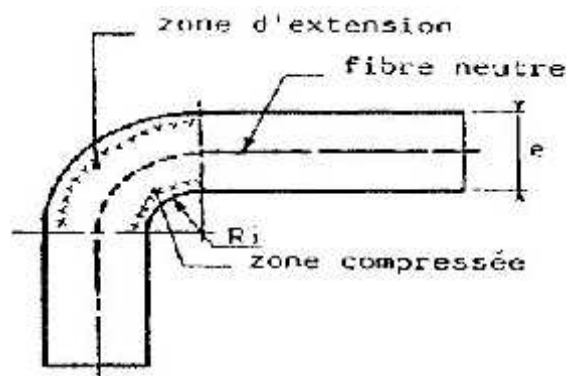


Figure I. 10 : Fibre neutre.

I.3.5. Position de 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 :

$$R_f = R_i + K \times e \dots \dots \dots (I.3)$$

K : Coefficient dépend de rapport **R_i / e** donné par le tableau suivant :

Tableau I.1 : Coefficient de proportionnalité.

R_i / e	> 0.65	>1.00	>1.50	>2.40	>3.80
K	0.30	0.35	0.4	0.45	0.50

I.3.6. Jeu de pliage

Lors de la réalisation de la matrice de pliage, on doit prévoir un jeu entre l'arrête verticale extérieure du poinçon et l'arrêt intérieur de la matrice. Le jeu sera égal à l'épaisseur de la tête plus la tolérance maximale [03].

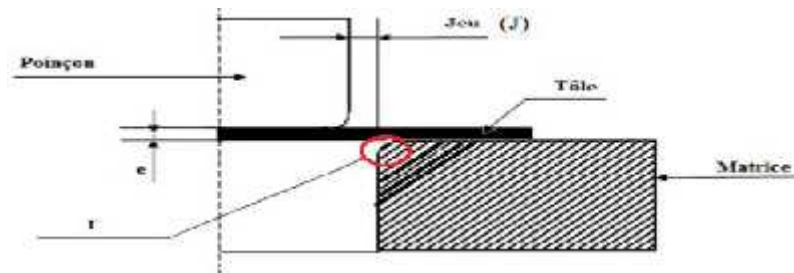


Figure I. 11 : Jeu de pliage et rayon de la matrice.

I.3.7. Effort mis en jeu durant et après le pliage

L'effort qu'on doit mettre en jeu lors de l'opération de pliage est donné par la relation suivante:

$$F_p = (L \times e \times R_{pg}) / 10 \dots \dots \dots (I.4)$$

Avec :

L : longueur de la tôle à plié en (mm).

e : épaisseur de la tôle en (mm).

F : l'effort de pliage.

R_{pg} : résistance pratique du matériau au glissement (daN/mm²).

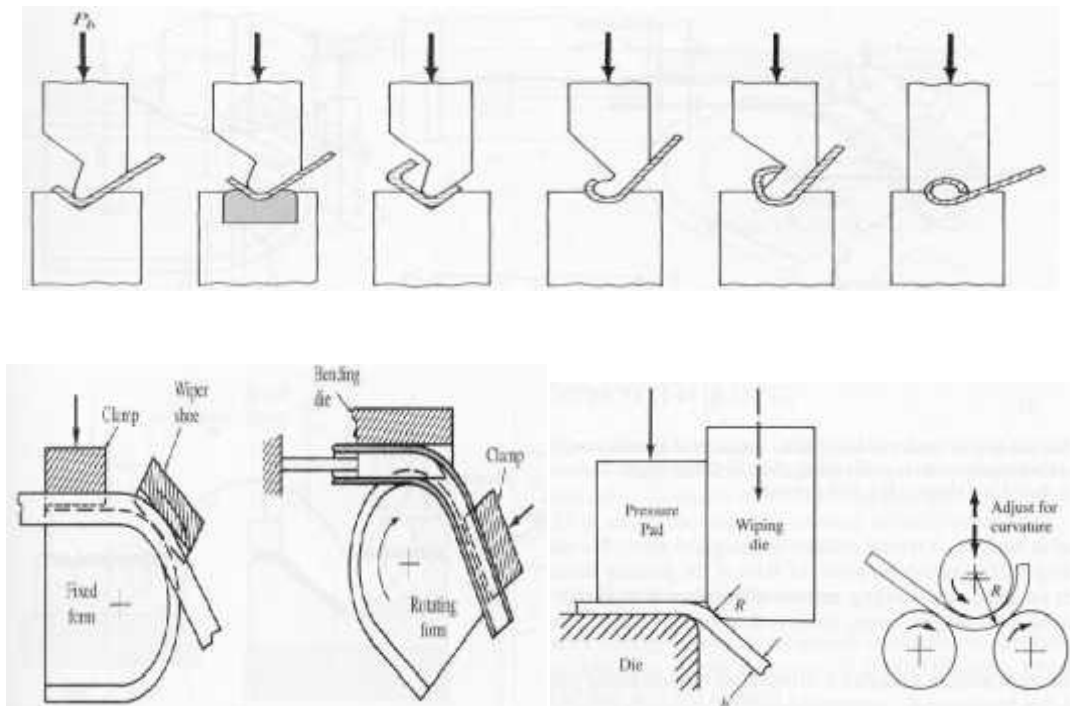


Figure I. 12 : Méthodes de pliage.

I.3.8. Rayon minimal de pliage

Le rayon intérieur de pliage ne doit jamais être vif, car il constituerait une fatigue exagérée du métal et aurait un amincissement trop important qui pourrait amener une cassure.

Ce rayon dépend :

- ✓ de la nature du métal (acier, aluminium, cuivre...).
- ✓ de l'épaisseur à plier.
- ✓ de l'état de malléabilité. (recuit, trempe, écroui).
- ✓ de l'orientation des fibres linéaires (sens de laminage) pour les alliages d'aluminium.

On adopte généralement, sur l'acier doux et l'aluminium, un rayon intérieur minimal égal à l'épaisseur de la tôle à plier.

Exemple de choix de rayon minimum en fonction du pourcentage d'allongement de la matière.

$R_i = e$ si A % 33 %	- $R_i = 4 e$ si A % 12 %
$R_i = 2 e$ si A % 20 %	- $R_i = 5 e$ si A % 8 %
$R_i = 3 e$ si A % 14 %	- $R_i = 6 e$ si A % 7 %

Le rayon minimal peut être déterminé par la formule suivante :

$$\frac{R_{\text{mini}}}{e} = \frac{1}{\left[\frac{A-4}{1-Z} \right] \times \left[\frac{A-4}{(1-Z)} + Z \right]}$$

Avec :

R_{mini} : Rayon minimal de pliage.

e : Epaisseur de la tôle.

A : Allongement après rupture.

Z : Coefficient de striction.

I.3.9. Retour élastique

Lors de pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du V \acute{e}), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon. L'angle final f obtenu diffère de celui imposé par l'outillage i de la valeur correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend aussi de l'épaisseur de la tôle à plier [03].

Remarque :

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.

I.3.10. Avantages et inconvénients

Avantages

- Outillage simple.
- Pièces réalisées de formes complexes.
- Cintrage de tôles de forte épaisseur (faibles plis régulièrement espacés).

Inconvénients

- Longueur de pli limité à la longueur des machines.
- Elasticité résiduelle difficilement contrôlable.

I.4. Découpage

I.4.1. Définition

Le découpage mécanique fait partie des procédés de transformation à froid des métaux. Ce type de procédé est de loin le plus pratiqué dans le domaine industriel. Il est effectué sur presse et, intervient notamment pour une large part dans la fabrication des composants dédiés à l'industrie électronique. Parmi tous les procédés industriels de mise en forme, le découpage de tôles est une opération particulière, car contrairement à l'emboutissage et au pliage par exemple qui ont pour but de déformer plastiquement la matière des tôles, le découpage sollicite celle-ci jusqu'à la rupture finale [04].

I.4.2 Principe et différents paramètres du découpage

Le découpage consiste à obtenir des pièces par cisailage de tôles. Il consiste à séparer en deux parties, une tôles généralement suivant un profil fermé. L'organe principal du procédé est un outil constitué de deux éléments principaux.

- Une matrice : qui porte l'empreinte correspondante à la forme de la découpe souhaitée.
- Un poinçon : il porte une forme complémentaire à celle de l'empreinte, qui est généralement animé d'un mouvement de translation.

Deux autres éléments principaux entrent en jeu, lors du découpage :

- Une tôle ou bande de matière à découper,
- Un serre-flan qui sert au maintien de la tôle (bande de matière) au cours du découpage.

Généralement, la matrice est la partie de l'outil qui est fixée sur la table de la presse et, les poinçons sont animés d'un mouvement alternatif, transmis par le coulisseau. A chaque course de l'ensemble, un ou plusieurs découpages sont effectués.

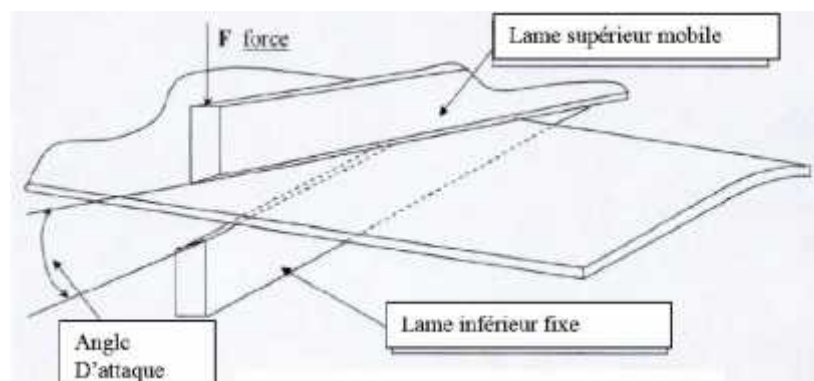


Figure I. 13 : Principe et paramètre de découpage.

I.4.3. Désignation des opérations de découpage

➤ **Poinçonnage**

Trous de petit diamètre, le déchet est appelé débouchur.



Figure I. 14 : Poinçonnage.

➤ **Découpage**

Le produit obtenu est un flanc (récupéré pour emboutissage ou pliage).



Figure I. 15 : Découpage.

➤ **Crevage**

Le crevage est une opération d'un découpage partiel, suivant un contour sans enlèvement de matière, il consiste à ne pas détacher complètement la chute de la pièce, cette opération se fait sur des pièces épaisses[05].



Figure I. 16 : Crevage.

➤ **Encochage**

Découpage débouchant sur un contour [05].



Figure I. 17 : Encochage.

➤ **Grignotage**

Poinçonnage partiel par déplacement progressif de la pièce ou du poinçon [05].



Figure I. 18 : Grignotage.

➤ **Détourage**

C'est une opération d'ébavurage, qui consiste à découper les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement emboutie à la presse [05].



Figure I. 19 : Détourage.

➤ **Soyage**

C'est un collet (relevage des bords d'un trou) obtenu soit, après poinçonnage d'un trou, soit à l'aide d'un poinçon épaulé qui poinçonne le trou dans le vide et relève la paroi de ce dernier en même temps [05].

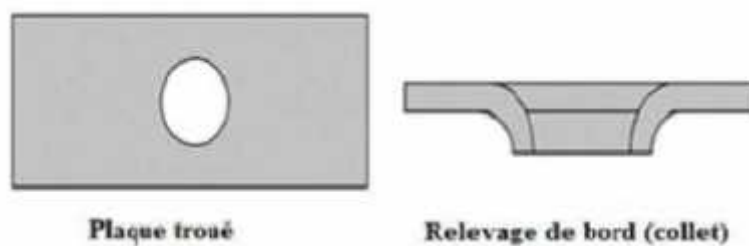


Figure I. 20 : Soyage.

I.4.4. Différentes phases d'une opération de découpe

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. Cette pénétration du poinçon, doit être minimale afin d'éviter sa détérioration.

Le mouvement de découpe peut être décomposé en quatre phases principales suivantes :

- **Phase(1)** : phase d'allongement, la tôle se déforme sans se rompre.
- **Phase(2)** : phase de fissuration, le poinçon poursuit sa course et des fissures apparaissent au voisinage des arêtes coupantes, coté matrice et poinçon.
- **Phase(3)** : phase de la découpe, les fissures se rejoignent et la pièce est découpée.
- **Phase(4)** : phase d'évacuation, le poinçon descend toujours et pousse la pièce dans la matrice avant qu'elle soit évacuée.

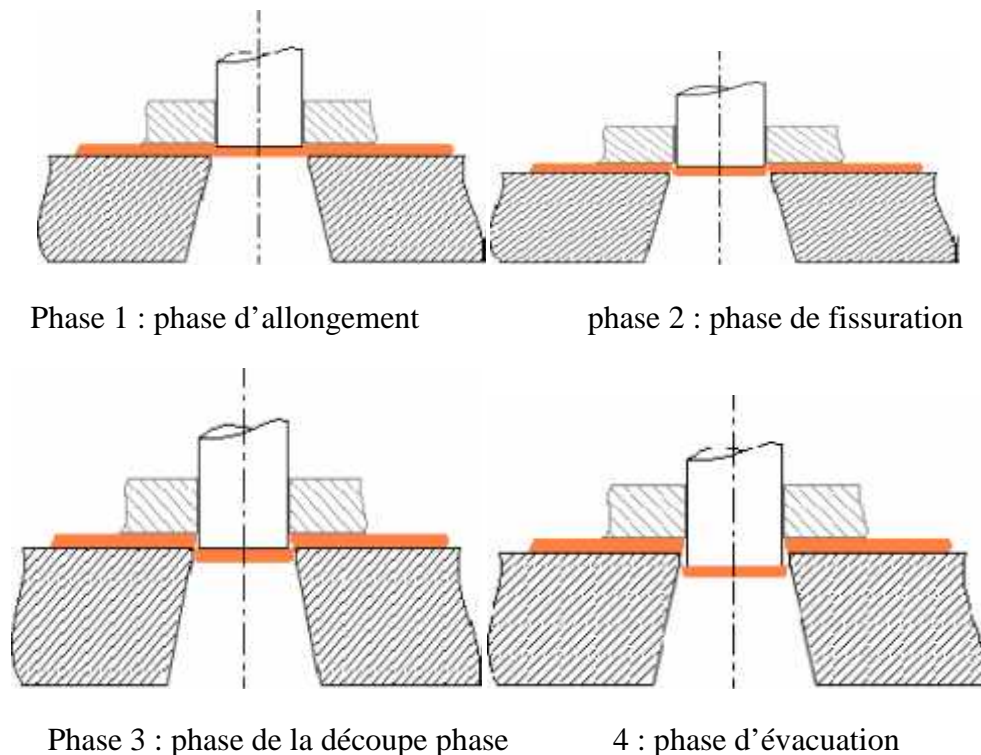


Figure I. 21 : Différentes phases de la découpe.

I.4.5. Effort de découpage

Les efforts de découpage dépendent de l'épaisseur, du périmètre de la section à cisailer et aussi, de la résistance du métal. La lubrification est souvent conseillée pour éviter l'usure rapide de l'outil. La force à appliquer est donnée par la relation suivante :

$$F = P \times e \times R_{pg} \dots\dots\dots (I.6).$$

Avec :

P : périmètre de la découpe.

e : l'épaisseur de la tôle.

R_{pg}: résistance pratique du matériau au glissement.

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

Tableau I.2 : Résistance au cisaillement Rc de quelques matériaux.

Matériaux	Rc (daN/mm ²)
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
Acier doux	40
Aluminium	10

I.4.6. Effort d'extraction

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

) 7% effort de découpage en pleine tôle.

) 2% si la chute de découpage est faible.

I.4.7. Vitesse de découpage

C'est la vitesse de propagation des deux lames dans la matière, laquelle, ne doit pas dépasser : 0.06 m/s pour les aciers, et 0.10 m/s pour les aciers doux.

I.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents procédés de mise en forme des métaux en feuilles entrant dans la fabrication de notre pièce; soient le poinçonnage, le pliage et le découpage.

Dans le prochain chapitre, nous présenterons les différentes machines (presses) utilisées dans l'industrie selon les différents critères.

Chapitre II : Les Presses et Machines Utilisées.

Chapitre II : Presses et machines utilisées.

II.1. Introduction

Pour la transformation des tôles, l'industrie a besoin des machines spécifiées dans le cas de coupe. Les machines utilisées sont généralement des presses.

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.

II.2. Définition

Les presses sont des machines qui permettent de changer la forme d'une pièce en appliquant une pression. Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et d'une partie fixe (bâti) qui porte la matrice.

La classification des presses se fait en fonction de plusieurs particularités :

-) Leur mode de transmission d'énergie : hydraulique, mécanique.
-) le nombre de coulisseaux.
-) la forme du bâti.

II.3. Types de presses

II.3.1. Selon le mode de transmission d'énergie

Selon cette particularité on distingue deux types de presses :

II.3.1.1. Presses mécaniques

Les mouvements des presses mécaniques sont commandés mécaniquement. Dans ce type de presses l'énergie fournie par le moteur est emmagasinée dans un volant d'inertie (volant en rotation) sous forme d'énergie cinétique, elle est ensuite transmise au coulisseau en mouvement de translation par un volant et un mécanisme approprié.



Figure II.1 : Presse Mécanique.

II.3.2. Selon le mode de transmission du mouvement d'une presse

Ils permettent de transformer le mouvement circulaire uniforme du moteur en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau, parmi lesquels nous citons :

II.3.2.1. Système bielle manivelle

Le pied de bielle attaque le coulisseau sur une articulation à rotule pour les petites presses ou sur un axe soit directement, soit par l'intermédiaire d'un cylindre glissant dans un fourreau fixé au bâti pour diminuer les réactions sur les glissières du coulisseau [8].

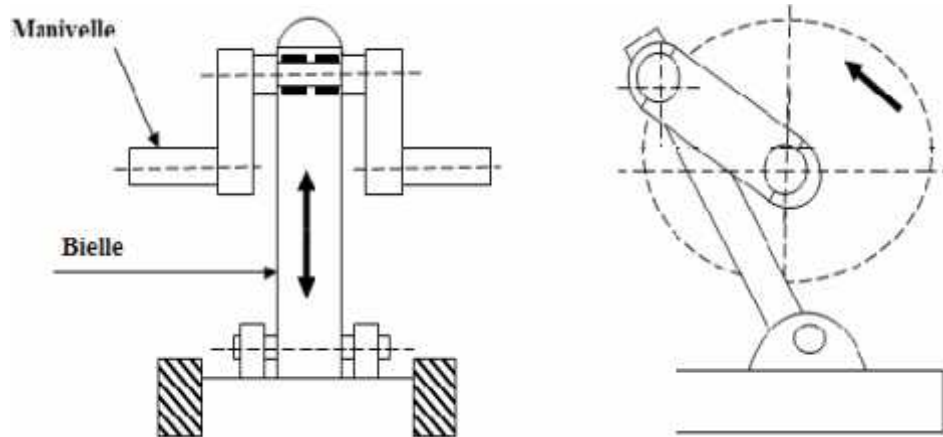


Figure II.2 : Système bielle manivelle.

II.3.2.2. Système excentrique

Lors du desserrage de l'écrou, la bague d'immobilisation est repoussée par des ressorts. Lorsque les crabots et la douille excentrique sont entièrement dégagés, on obtient la

variation et par rotation de la douille excentrique. Ce type est utilisé quand une longue course est demandée. Toutes les caractéristiques de la presse à double engrenage sont aussi présentes pour ce genre de presse, néanmoins, la presse à arbre excentrique assure plus de précision [8].

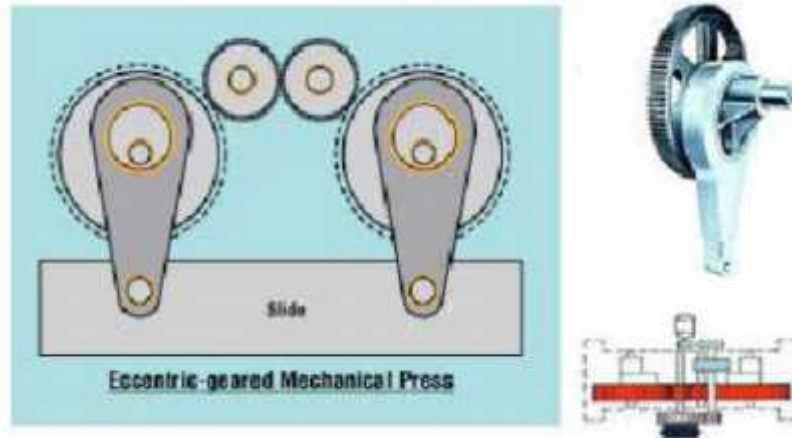


Figure II.3 : presse Mécanique excentrique.

II.3.2.3. Système à genouillère

Une genouillère est un dispositif mécanique composé de deux biellettes articulées. Une bielle entraînée par un vilebrequin, exerce une traction sur l'axe d'articulation commun aux deux genouillères (1) et (2). La rotation du vilebrequin a pour effet d'amener les deux genouillères en ligne droite et, aux extrémités inférieure de la genouillère on trouve les axes fixés, l'un est lié au coulisseau, descend. Ce mécanisme est un amplificateur d'effort [8].

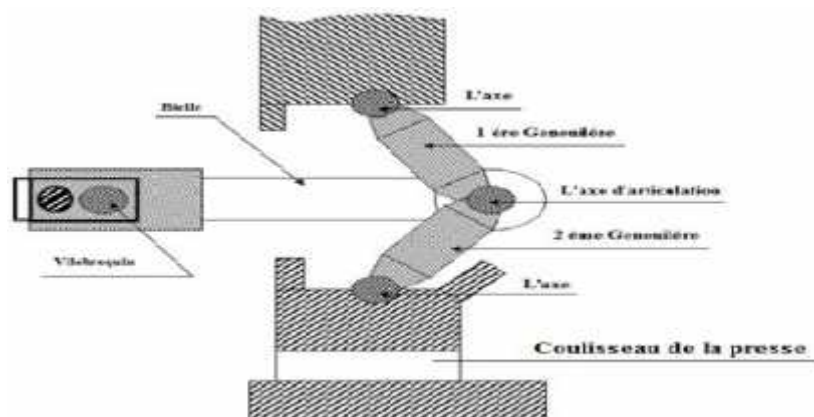


Figure II.4 : Système a genouillère.

II.3.2.4. Système à came

L'excentrique à came est un système constitué de deux objets, l'un menant, nommé «came », constitué d'un solide généralement en rotation, et l'autre mené, animé d'un mouvement alternatif de translation, contraint par le solide menant Figure (III.5).Le nom vient du système cinématique le plus courant, constitué d'une came en forme de section ovale, placé sur un arbre en rotation [8].

Il existe plusieurs types de cames :

- Came à profil extérieur,
- Came à profil intérieur,
- Came à rainure,
- Came à transmission radiale,
- Came à transmission axiale...etc .

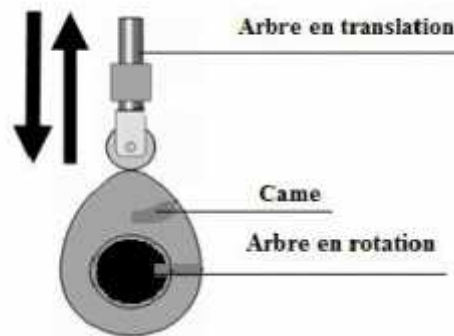


Figure II.5 : Système à came.

Et pour que le mouvement circulaire du moteur soit toujours transformé en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau, cette transformation nécessite un mécanisme approprié entre le moteur et le mécanisme de commande du coulisseau qu'est l'embrayage.

II.3.1.2.Presses hydrauliques

Ses structures comparables à celles des presses mécaniques, elles se différencient par le mode d'action du coulisseau et par le moyen de production de l'énergie [9].

Il existe deux types de presse hydraulique :

- Presses à eau.
- Presses à l'huile.

L'énergie fournie par le moteur électrique est emmagasinée sous forme hydraulique dans un fluide sous pression. Cette énergie est obtenue par la pression d'un liquide. Cette énergie entraîne le coulisseau par un intermédiaire qui est le vérin.

Le cycle d'une opération peut alors se décomposer de la façon suivante :

- Avance rapide jusqu'au contact avec la tôle.
- Arrêt du coulisseau.
- Emboutissage à une vitesse constante et aussi faible qu'on le désire.
- Retour rapide.

II.3.1.2.1. Mécanisme de commande

Parmi les mécanismes de commande employés dans les circuits hydrauliques nous citons :

- **Pompe** : elle permet d'obtenir une pression adéquate avec un débit variable.
- **Piston** : un ou plusieurs pistons supportent le coulisseau.
- **Cerveau moteur** : il s'agit d'un amplificateur mécanique destiné à produire un effet supplémentaire il s'adapte indifféremment sur les presses mécaniques et se situe sous la table de la presse.



Figure II.6 : Presse hydraulique.

II.3.1.3. Comparaison entre presse mécanique et hydraulique

Le tableau suivant représente la différence entre presse mécanique et hydraulique :

Tableau II.1 : Comparaison entre presse mécanique et hydraulique.

Presses	Presses mécaniques	Presses hydrauliques
Avantages	Plus rustique. Moins couteuses. Destinés pour les travaux de grandes séries.	Modification de la course du coulisseau. Obtention de très longues courses. Vitesse de réglage et de travail lente. Vitesse d'approche et de retour rapide. Très souples. Réglage de la pression exercée sur le coulisseau d'emboutissage. Arrêt du coulisseau à n'importe quelle position de travail. Pas de risque de déformation du bâti en cas de surcharge. Contrôler constamment la pression et la vitesse de descente des coulisseaux.
Inconvénients	Réglage d'approche du coulisseau difficile. Difficulté d'arrêt du coulisseau encas de danger. Le bâti et l'outil risque de casser en cas de surcharge.	Plus fragile que les presses mécaniques. Risque de pannes (joints, pompes...etc..). Moins rapides dans les cadences élevées.

II.3.2. Selon la forme du bâti

II.3.2.1. Presses à col de cygne

La forme de ces presses rend la table et le coulisseau très accessible et sont inclinés de 30° en arrière lui permet l'évacuation aisée des pièces par gravité

Ce type de presse est employé pour tous les travaux de découpage, d'ajourage, de pliage et souvent pour des petites pièces et des grandes séries.

Elles peuvent supporter au maximum 2000 KN d'effort, sous charge le bâti se déforme élastiquement et provoque un déplacement angulaire des deux parties de l'outil, ce qui justifie l'utilisation des tirants (bretelles) pour permettre au bâti une plus grande rigidité, mais réduit l'accessibilité de la table.



Figure II.7 : Presse à col de cygne.

II.3.2.2. Presses à arcade

Ces machines présentent une rigidité maximale parce qu'elles ont un bâti mono-bloc coulé ou parfois soudé ce qui lui permet de supporter des efforts beaucoup plus importants, tout en assurant une plus grande précision dans le guidage des outils. Elles peuvent être simple ou à double effets.

Elles peuvent travailler avec des capacités supérieures ou inférieures à 1000 KN pour l'emboutissage, la découpe rapide (400 coups/min).

Néanmoins, il devient courant de rencontrer des presses, avec un bâti monobloc capable de développer plus de 10000 KN.



Figure II.8 : Presse à arcade.

II.3.2.3. Presses à colonne

Elles sont employées pour le forgeage et le matriçage, et elles sont équipées de quatre glissières liant le sommet supérieur et inférieur. Leur puissance peut aller jusqu'à 6000 KN.



Figure II.9 : Presse à colonne.

II.3.2.4. Presse à montant droit

Le bâti est du type «assemblé» c'est-à-dire que la table, les montants et le chapiteau sont reliés par quatre forts tirants en acier serrés à chaud (donc précontraints). Ces presses, très robustes, peuvent atteindre de très grandes dimensions. Elles peuvent développer une force au maximum 10000 KN [9].

Les distances entre les montants et la distance entre le chapiteau et la table sont choisies en fonction du travail à exécuter.

II.3.2.5. Presse à table mobile et bigorne

Elles sont équipée d'une table mobile, réglable en hauteur, autorise le montage d'outils très hauts, la table est éolisable par simple rotation, ce qui permet l'utilisation de la bigorne. La bigorne montée à la place de la table, permet le poinçonnage latéral de gros emboutis.

II.3.3. Selon le nombre du coulisseau

II.3.3.1. Presses simple effet

Elles ne comportent qu'un seul coulisseau actionné, suivant sa taille, par 1, 2 ou 4 bielles et elles couvrent toute la gamme des efforts de 10 à 30 000 KN.

Elles sont spécifiquement destinées aux opérations de reprise mettant en œuvre l'emboutissage ou le pliage, et pour cette raison sont équipées d'un coussin inférieur destiné à assurer l'effet de serre-flan. D'une façon générale, ces machines n'acceptent qu'un seul outil ou, au maximum, deux l'exécution d'une pièce en plusieurs passes nécessite l'utilisation de plusieurs presses.

II.3.3.2. Presses à double effet

Ces presses comportent deux coulisseaux, un coulisseau serre-flan guidé par le bâti en arcade et guidant le coulisseau plongeur qui supporte le poinçon.

Le coulisseau serre-flan doit entrer en contact le premier avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon ne commence sa phase de travail. Il doit rester immobile pendant toute la durée de travail du plongeur. Les deux coulisseaux sont en prise sur le même arbre moteur et cela conduit à deux cinématiques différentes pour le coulisseau serre-flan et pour le plongeur.

La commande du coulisseau plongeur est identique à celle des presses simple effet, la commande du serre-flan est différente car, du fait que l'on se trouve dans l'impossibilité d'obtenir l'arrêt complet du serre-flan dans de bonnes conditions, on réalise une immobilisation approchée en utilisant une combinaison de genouillères...etc.

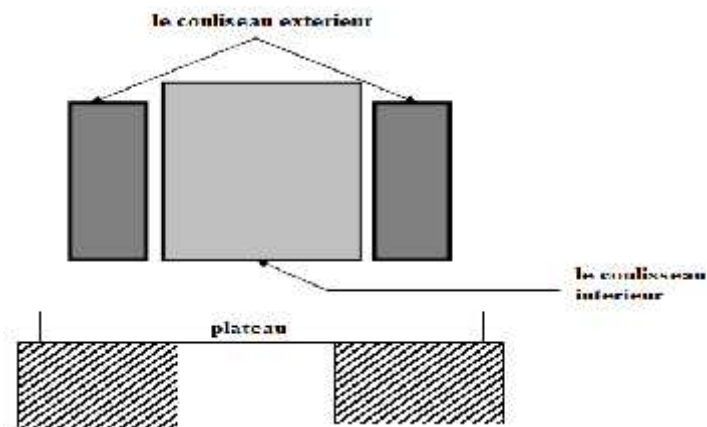


Figure II.10 : Principe de fonctionnement de presses double effet.

II.3.3.3. Presses à triple effet

De conception similaire aux presses double effet, elles sont équipées d'un coulisseau inférieur qui possède sa propre cinématique.

Ce type de presse est presque exclusivement utilisé pour la carrosserie qui nécessite souvent des contre-emboutis peu profonds. Ces presses permettent d'éviter une opération de reprise sur une autre presse [8].

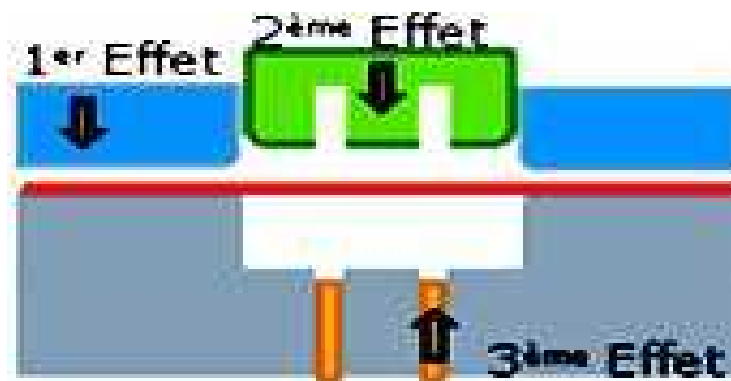


Figure II.11 : principe de fonctionnement de presse à triple effet.

II.4. Critères de choix d'une presse

Pour sélectionner une presse, nous devons considérer les principaux facteurs suivants :

-) type de travail à faire.
-) la capacité de la presse dépend de l'effort nécessaire pour la réalisation des opérations.
-) les dimensions de l'outil et de la pièce.
-) la longueur de déplacement des coulisseaux.
-) la cadence de production.
-) entretien et mise en œuvre.

II.5. Alimentation des presses

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

On peut distinguer deux types d'alimentation des presses :

Les aménages qui alimentent l'outil à partir de bobines ou de boudes.

Les cabots ou manipulateurs qui transportent les pièces d'un poste ou d'une presse à l'autre.

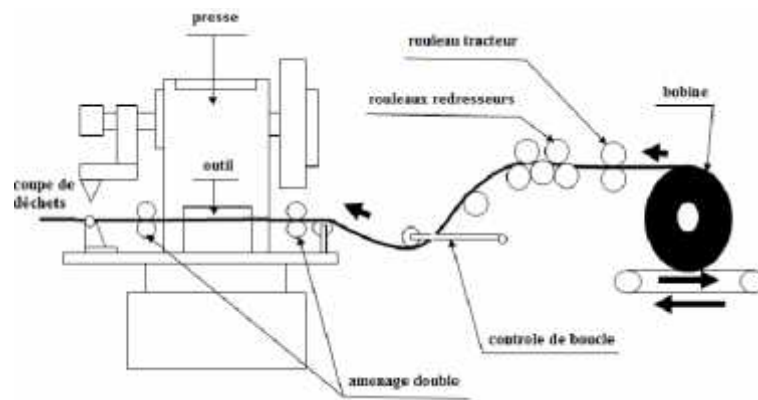


Figure II.12 : Ligne automatique d'alimentation.

II.6. Sécurité sur les presses

La sécurité au sein de l'atelier est un paramètre très important qui permet de travailler en toute sécurité. Les constructeurs des machines ont mis divers dispositifs de protection parmi les quels nous citons :

Protection optique : la machine s'arrête automatiquement si la main de l'opérateur traverse

les rayons lumineux.

Protection par appareil à bracelets : protection efficace pour les mains dans la mesure où aucun risque d'accrochage n'est possible.

Protection bi manuelle : la commande du coulisseau nécessite l'action simultanée sur deux boutons.

Alimentation automatique : le dispositif d'alimentation automatique est indispensable lorsqu'il s'agit de satisfaire aux impératifs de sécurité et de la productivité.

protection à l'aide d'une cage qui isole l'opérateur de la zone dangereuse.

II.7. Conclusion

Une fabrication économique nécessite l'utilisation des moyens de production adéquats. L'utilisation des presses mécaniques est souvent la solution la plus économique, surtout lorsqu'il s'agit de petites séries.

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents types de presses utilisées dans l'industrie, nous avons aussi définie les différentes machines (presses) selon trois critères, soit par le mode de transmission de l'énergie (presse mécanique ou hydraulique), ou bien par nombre de coulisseaux (simple effet, double effets et triple effets), ou alors selon la forme de leurs bâti (presses a col de cygne, presses a colonnes...).

Chapitre III:

outils de presses .

Chapitre III : Outil de presses

III.1. Introduction

Le travail des métaux en feuille, destinées à un assemblage, est un procédé très utilisé pour fabriquer de nombreux éléments de nos objets quotidiens: voitures, meubles, appareils électroménagers, etc. Ce travail se réalise généralement à partir des presses dotées d'outils spécifiques.

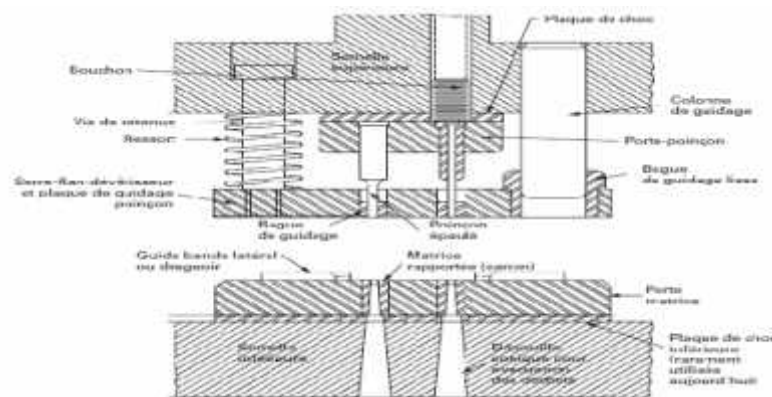


Figure III. 1 : Exemple d'un outil.

III.2. Éléments principaux des outils

Les principaux éléments d'un outil de presse sont composés de deux blocs essentiels :

-) Bloc mobile : il porte le poinçon.
-) Bloc fixe : il porte la matrice.

III.2.1. Poinçon

Les poinçons ont le plus souvent la forme de la pièce à découper sur toute leur hauteur. Il est nécessaire de vérifier les poinçons à la compression et au flambement. Toutefois, quand leur profil est délicat au présente des partie fragiles, ils sont renforcés à leur partie supérieure, on maintient alors le profil sur 8 à 15 mm de hauteur.

III.2.2. Matrice

La matrice est une pièce qui porte l'empreinte qui représente la forme à crée, elle sert d'appui à la tôle. Réalisée dans un bloc de matière, dans certains cas la matrice est montée

dans porte matrice. On prévoit un jeu de quelque deuxième millimètre entre le poinçon et le trou de la matrice et une dépouille pour le dégagement du poinçon et des chutes.

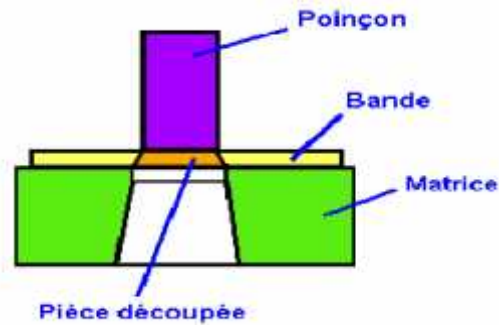


Figure III. 2: Schématisations poinçon matrice.

III.2.3. Dépouille

Pour éviter le bourrage des flans dans la matrice (bourrage pouvant occasionner la rupture de matrice), on donne à la partie inférieure des ouvertures pratiques dans les matrices de dimensions plus fortes qu'à la partie supérieure, le dégagement ainsi obtenu.

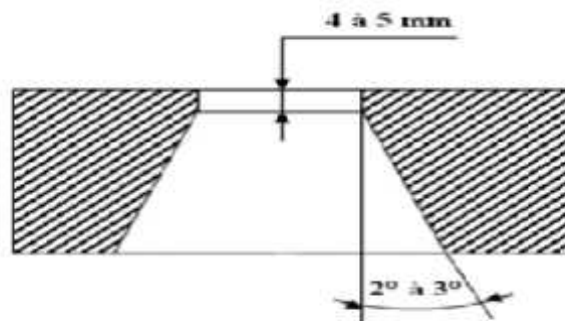


Figure III. 3 : Dimension de la dépouille.

III.3. Paramètres influents dans le développement d'un outil

Les paramètres influents sur les caractéristiques de l'outil peuvent être classés en quatre catégories principales :

a) Pièce à fabriquer

- **Choix de la matière :** matériau plus ou moins formable, avec ou non une forte résistance et ayant une précision géométrique, notamment en épaisseur, plus ou moins forte.

-Niveau de tolérances demandées : les Tolérances géométriques des outils dépend de rôle de la pièce dans l'outil, par exemple les tolérances demandé sur les poinçons et la matrice son plus précise par rapport à la semelle.

b) Gamme de mise en forme

La gamme de mise en forme choisie n'est pas l'unique chemin pour obtenir la pièce à réaliser. Cette gamme peut être imaginée de différentes manières en fonction de l'expérience du développeur, tout en respectant une logique de développement cohérente.

Elle dépend des contraintes :

- liées aux moyens de production, par exemple, la taille de la presse et son tonnage pourront limiter la taille de l'outil et le nombre d'opérations pouvant être réalisées.
- économiques, le coût de l'outil il doit être le plus bas possible.

c) Technologie de l'outil

Technologie des outils, aura une influence non négligeable sur sa productivité et sur les phases de mise au point et de maintenance de celui-ci.

d) Type d'outil

Le type d'outil, il dépend de la pièce a fabriqué. Une partie de la gamme de mise en forme choisie (par exemple, il donne possibilité ou non de réaliser plusieurs pièces au coup de presse), la technicité mise en jeu (guidage dans la bande ou sur la pièce en reprise) [10].

III.4. Types d'outils de presses

III.4.1. Outil à bande

Cet outil, encore appelé « outil à suite » ou « outil progressif » (figure 4), permet de réaliser à chaque coup de presse une pièce (ou plusieurs) terminée au sens de sa mise en forme. Dans ce cas, toutes les étapes de la mise en forme de la pièce (découpage, emboutissage, pliage) sont réalisées successivement avec le même outil et sur la même bande. Dans le cas de tôle faible épaisseur l'outil se monte sur une presse automatique équipée d'un dispositif de déroulage de bobine de tôle, d'un redresseur pour engager dans l'outil une bande plate et d'un aménagement permettant l'avance, à la cadence de la presse, de la bande dans l'outil. La précision de l'avance de la bande étant relative (de l'ordre de 0,05 à 0,2 mm, selon le type de matériel utilisé), un recentrage final de celle-ci doit être assuré.

Celui-ci est, en général, assuré par des pilotes intégrés à l'outil. L'entrée de la tôle dans l'outil est assurée par des guides-bande latéraux dont l'objet est d'assurer le positionnement en ligne de celle-ci sur toute la longueur de l'outil, ou partiellement selon le type de conception.

Les différents postes de l'outil transforment la matière par poinçonnage, découpage, pliage... le dernier poste est toujours une opération de séparation qui détache la ou les pièces finies du squelette de la bande. Une coupe déchet ou un passage au travers assure l'évacuation de la chute. L'évacuation automatique des pièces est, le plus souvent, réalisée en utilisant la force de gravité (poids des pièces), L'évacuation peut être également assurée manuellement, pour les pièces fragiles ou encombrantes.

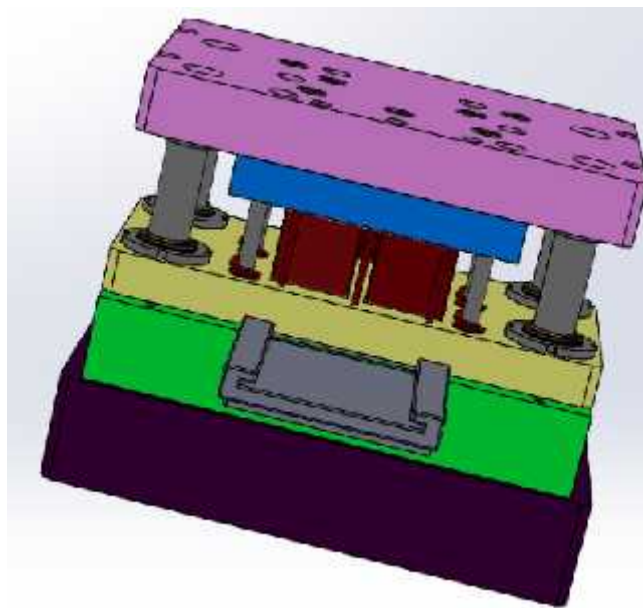


Figure III. 4 : Outil à bande fait avec Solidworks.

III.4.2. Outil suisse

Outil inversé c'est –à-dire le poinçon est à la partie inférieure, la matrice à la partie supérieure, appelé aussi outil bloc. L'outil Suisse est un système combiné de découpe où poinçon. Concerne essentiellement les pièces plates de précision, de faible ou de forte épaisseur. La particularité de cet outil est que plusieurs opérations de découpage et poinçonnage sont réalisées, sur le même coup de presse et sur le même poste, sans nécessiter l'avance de la bande. Dans ce cas, un coup de presse sur le même poste réalise l'ensemble de la pièce, Cela a pour avantage l'obtention de cotes de poinçonnage et de détournage plus précises. En effet, ces cotes ne dépendent que des cotes outils et en a un meilleur équilibre des efforts de découpage. Le problème de ce type d'outil est l'évacuation

des pièces et des déchets. En effet, l'évacuation de la pièce à travers la matrice n'est plus possible figure III.5).

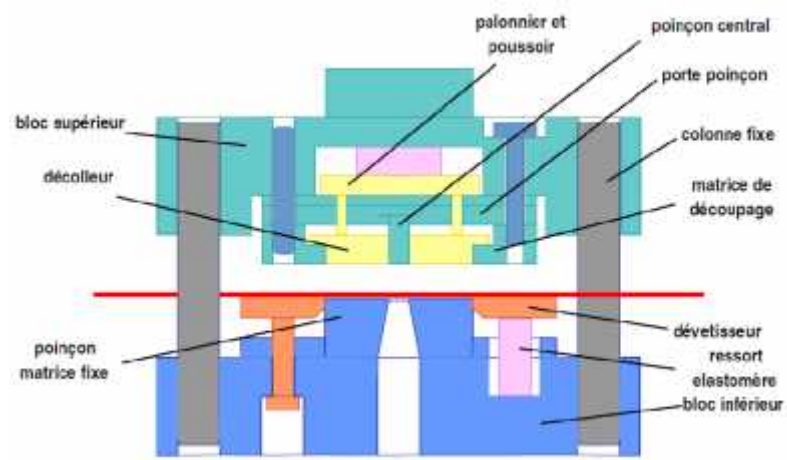


Figure III. 5 : Outil suisse.

III.4.3.Outil avec poste à came

L'outil avec poste à came représenté dans la (figure 6) peut se trouver sur un outil à suivre ou combinés lorsque plusieurs opérations sont simultanées. Il ne s'agit donc pas ici, à proprement parler, d'un véritable type d'outil. Cette conception permet d'ajouter un mouvement particulier dans l'outil dont la direction est différente de la direction verticale du coulisseau de la presse. Un mouvement vertical, qui est repris par une came (Figure 58) qui pousse à son tour un coulisseau propre à l'outil dans la direction perpendiculaire au mouvement du coulisseau de la presse.

La présence de poste à came dans un outil alourdit de manière sensible le prix de ce dernier et entraîne une maintenance plus importante et plus fréquente de l'outil [10].

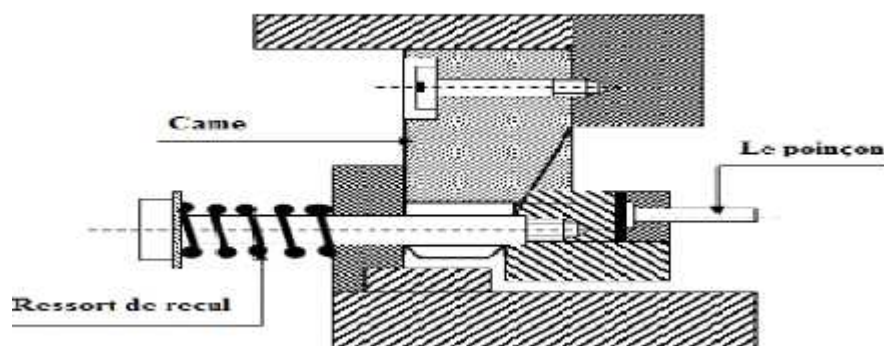


Figure III. 6 : Outil à came.

III.4.4. Outils de reprise

L'outil de reprise fait partie d'un ensemble de plusieurs outils. Chacun d'eux réalise une ébauche de mise en forme de la pièce à fabriquer. Ces ébauches se 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 des 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 [10].

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

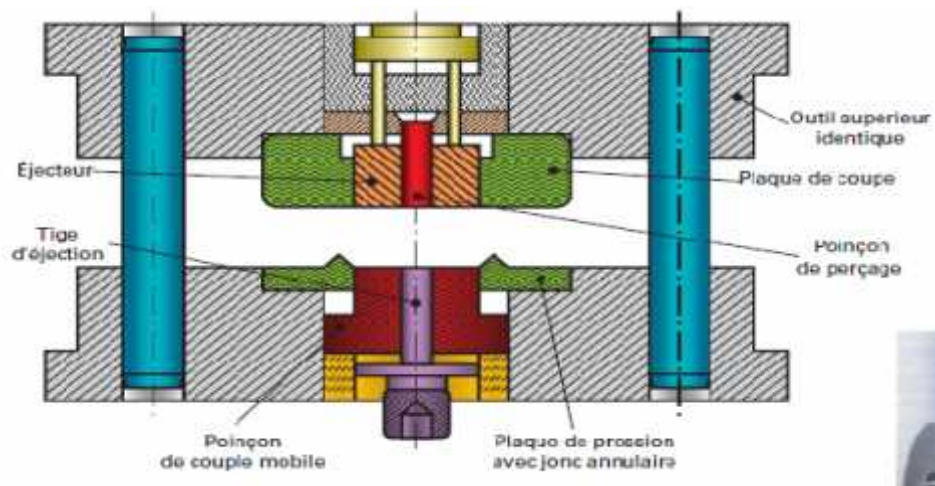


Figure III. 7 : Outil de reprise.

III.4.5. Outil de détourage

L'outil de détourage (figure 8) est un outil destiné à couper l'excédent d'une pièce précédemment mise en forme.

C'est le plus souvent un outil découvert simple inversé, le poinçon est à la partie inférieure et porte un dispositif de centrage de la pièce à détourer et la matrice à la partie supérieure, un éjecteur actionné soit par ressorts, soit par la presse, éjecte la pièce de la matrice après l'opération .

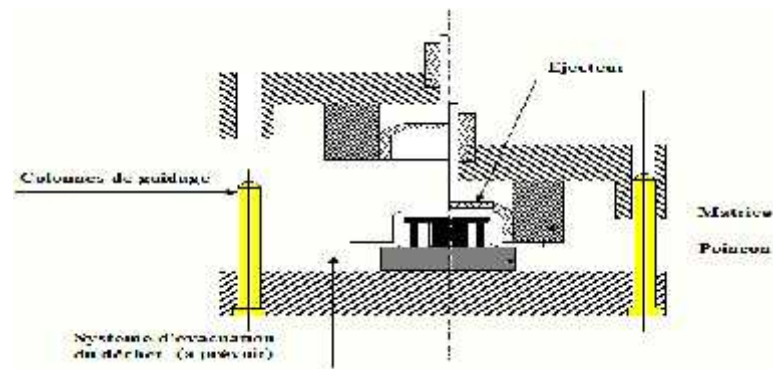


Figure III. 8 : Outil de détourage.

III.4.6. Outil découvert

III.4.6.1. Outil simple découvert

Cet outil porte un seul poinçon et une matrice (figure 9), c'est le moins cher et le plus rapidement exécuté des outils à découper. Le dégagement de la matrice permet le découpage dans les bands ou dans les déchets de forme diverses. Il n'est pas destiné pour les travaux de série; au retour, le poinçon entraîne avec lui le flan.

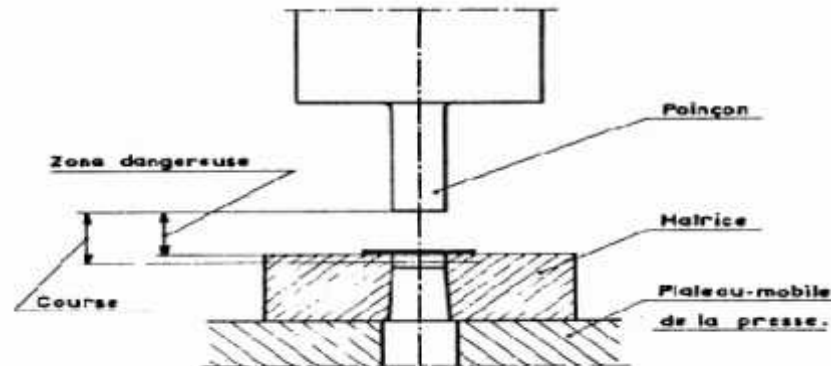


Figure III. 9 : Outil simple découvert.

III.4.6.2. Outil découvert à butées

Utilisé pour le découpage de flans circulaire. Il comporte deux butées, une pour assure le guidage de la bonde est l'autre contrôle l'avance.les deux guide sont placés sur la matrice de manière a formé entre eux un couloir guide la bande à découper. Le découpage des flans tangents entre eux, sépare les déchets. Cet outil ne se monte que sur les presses avec une grande précision sans aucun jeu ou défaut dans les glissières.

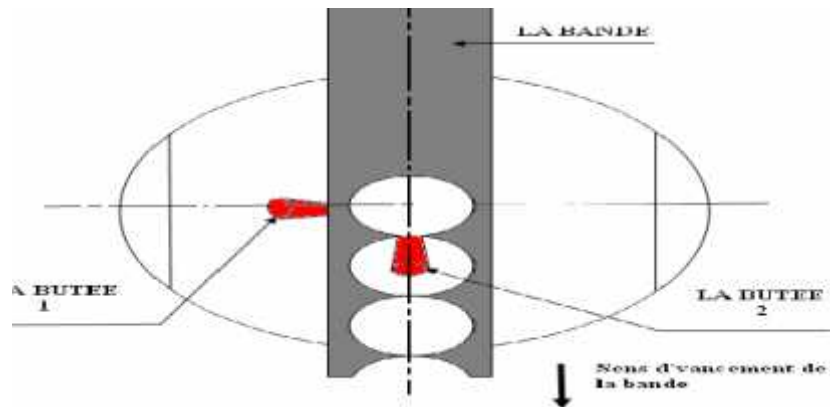


Figure III. 10 : Système Outil découvert à butée.

III.4.7. Outil à Dévétisseur fixe

Ce type d'outils appelés également outil parisien, à contre-plaque, une plaque fixée à la matrice ou au support de la matrice, sert de guidage à la partie supérieure qui porte les poinçons. Elles diminuent les risques de flambage dans le cas de poinçons de faible diamètre. Un engreneur ou un couteau assure le contrôle de l'avance de la bande à chaque coupe de presse [10].

III.4.8. Outil d'emboutissage

L'outil d'emboutissage nous permet de former et laisser une empreinte creuse sur un flan par déformation plastique des métaux en feuille [11].

On distingue deux types d'outils d'emboutissage :

a) Outils d'emboutissage sans serre flan

Le plus simple se compose d'un poinçon et d'une matrice. Le poinçon a la forme et les dimensions intérieure de la pièce à produire, la matrice comporte un ajourage aux dimensions extérieure, les parois verticales de cet ajourage sont terminées par une arête vive au-dessous de laquelle le poinçon amène toute la pièce. Celle-ci, ayant subi une contraction élastique pendant l'opération, tend à augmenter de diamètre et à la remontée du coulisseau, est décollée du poinçon par l'arrête de la matrice la pièce tombe donc sous l'outil, d'où le nom donné à l'outil de passe à travers [11].

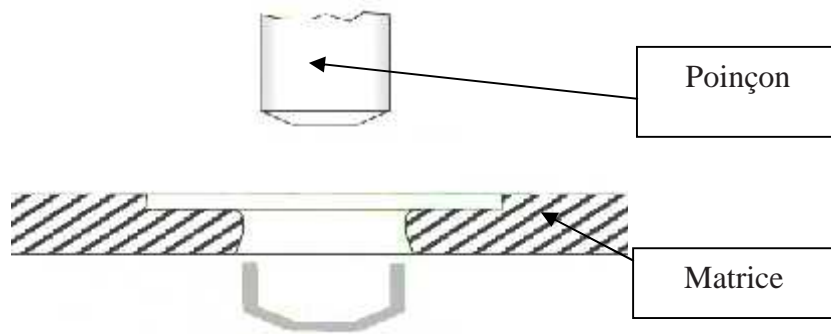


Figure III. 11 : Outil d'emboutissage sans serre flan.

b) Outil d'emboutissage à serre flan

Il existe deux genres d'outil à serre flan, suivant qu'il est destiné à une presse simple effet ou une à une presse double effet [11].

III.4.9. Matériaux d'outillages

Les matériaux utilisés pour la conception des outils surtout les parties actives doivent avoir satisfaire à deux groupes d'exigences :

a) Bonnes propriétés liées à la tenue en service

- résistance à l'usure.
- résistance aux chocs.
- ténacité (capacité d'absorption de fortes charges sans rupture brutale).

b) Bonnes propriétés liées à la mise en œuvre

- usinabilité.
- absence de déformation et de tapures au traitement thermique.

II.4.10. Montage des outils sur les presses

III.4.10.1. 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.

- 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.

III.4.10.2. 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.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents outils qui existent dans l'industrie, ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil. La connaissance des outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problèmes qui pourraient se poser au cours d'un projet.

Dans le chapitre suivant nous allons concevoir un outil dédié à la réalisation de la pièce demandée en prenant compte des connaissances acquises dans ce présent chapitre afin d'optimiser son dimensionnement et adapté son architecture.

Chapitre IV :

Etude et Conception de l'outil.

Chapitre IV : Etude et conception de l'outil

IV.1. Introduction

Dans le domaine de l'industrie, le but d'un bureau de méthode est l'étude complète de la réalisation et la faisabilité de pièces mécaniques ayant un minimum de déchets afin de réduire le coût de production et le temps de production. Pour cela il doit procéder au calcul des efforts de coupes de toutes les opérations à réaliser, pour un bon choix des machines. Parmi les logiciels commerciaux de simulation numérique spécialisés dans le domaine de la mise en forme des pièces mécaniques, nous pouvons citer par exemple : Ls-dyna, Abaqus, Autoform, logopress3,...etc. Dans le chapitre suivant, nous allons utiliser toute la puissance du logiciel Solidworks accouplé à logopress3 pour l'étude et la conception d'un outil à bande destiné à la fabrication d'une patte de fixation d'une rampe sur une cuisinière ENIEM.

Nous commençons par le calcul des efforts de poinçonnage, pliage et découpage ainsi, l'effort total nécessaire pour réaliser ces opérations en tenant compte des différents paramètres de ces procédés de mise en forme des matériaux. Ce dernier nous permettra de choisir la machine qui convient.

Ainsi nous allons définir les pièces formant notre outil et on clôture notre chapitre par la mise en plan de ces dernières.

IV.2. Présentation du logiciel utilisé

Depuis 25 ans, la société logopress3 concentre ses activités sur le développement d'application CAO dédiée à l'industrie de la tôle, ainsi que de logiciels permettant la détermination de la mise à plat pour tous types de pièces.

Logopress3 est aujourd'hui diffusé dans plus de 30 pays dans le monde. Logopress est une société du groupe DIMECO ALIPRESS.

IV.3. Fonctions de base de logopress3

Logopress3 se décompose en trois modules :

-) La mise à plat et/ou le désemboutissage de pièces 3D volumiques ou surfaciques provenant de la majorité des systèmes CAO.

-) La mise en bande qui va permettre aux concepteurs et réalisateurs d'outil à bande pour modéliser le processus de l'outillage et d'en contrôler sa cohérence et sa validité.

-) La création de l'outil qui automatise, accélère et simplifie la construction et le montage de l'outil.

IV.4. Cahier des charges

IV.4.1. Définition

Parfois abrégé en CDC, il doit être respecté lors de la conception d'un projet, il prend la forme d'un document pouvant contenir toutes sorte d'éléments permettant d'explicitier précisément les exigences liées au projet (plans, contraintes techniques respect des normes ...)

La pièce à réaliser est une : «**Patte de fixation d'une rampe sur une cuisinière ENIEM** » dont les caractéristiques géométriques sont présentées au dessin de définition.

IV.4.2. Fiche technique de la tôle

Les informations ci-dessous ont été fournies par l'ENIEM dans leur fiche technique :

Tôle en acier doux galvanisée à chaud et en continu pour formage à froid.

Selon la Norme NF EN 10143.

IV.4.2.1. Dimensions nominales selon la norme NF EN 10143

Tableau IV.1 : Dimensions Nominales.

N°	Code	Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
01		2	

IV.4.2.2. Caractéristiques

IV.4.2.2.1. Caractéristiques mécaniques

-Résistance élastique $R_p = 140 \text{ N/mm}^2$,

-Allongement $A_{80}(\text{min}) = 20\%$,

- Résistance du matériau au glissement $R_{pg} = 7 \text{ daN/mm}^2$,

IV.4.2.3. Aspect de surface

- Qualité de finition A.
- La masse de revêtement en zinc est de 200 g/m^2 .

IV.4.2.4. Livraison

Les produits devront être fournis huilés des deux faces avec une couche d'huile neutre non siccativante, exempte de corps étrangers et répartie de façon uniforme, de manière que dans des conditions normales d'emballage, de transport, de manipulation et de stockage, les Produits ne présentent pas de corrosion dans un délai de 06 mois.

IV.4.2.5. Mode de livraison

La tôle devra être livrée en bobine:

- ❖ Poids de la bobine mère : <10 T,
- ❖ Diamètre intérieur : 490 à 510 mm,
- ❖ Diamètre extérieur : <1800 mm.

IV.4.2.6. Conditions d'emballage

Châssis en bois, papier imperméable protégé par deux flasques pour éviter d'abîmer les flancs de la bobine, l'emballage doit protéger la qualité du produit qui ne doit en aucun cas se détériorer lors du transport, la manutention et le stockage pour une période de 06 mois et une Température qui varie de -05°C à +55°C.

En outre chaque bobine devra porter le numéro de coulée et le poids. Le fournisseur est tenu de joindre les documents de contrôle des matériaux dans lesquels on pourra lire la composition chimique sur l'échantillon de la coulée, les caractéristiques mécaniques et le numéro de la coulée.

IV.5. Etude et conception de la patte de fixation

L'étude concerne un problème rencontré par les ouvriers au niveau du montage d'une table de travail d'une cuisinière ENIEM, où ces derniers perdent un temps considérable à stabiliser la table posée sur une rampe non fixée. Afin d'y remédié à faciliter ce montage et à gagner du temps qui est l'objectif primaire de chaque industrie ; Une solution a été proposée, qui est de fixé par une patte de fixation la rampe.

Le travail qui nous a été confié consiste à concevoir en premier lieux la pièce, en suite la réaliser via un outil de forme (poinçonnage, pliage et découpage). Les caractéristiques géométriques de la patte sont présentées sur la figure ci-dessous:

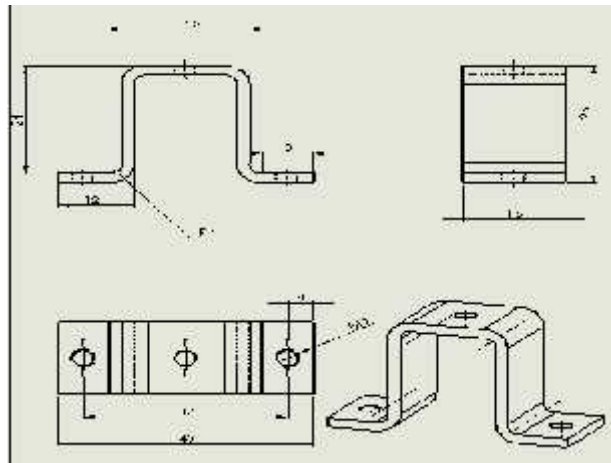


Figure IV. 1 : Patte de fixation.

IV.6. Emplacement de la pièce

La patte de fixation sert à fixer la rampe sur une cuisinière ENIEM à fin de faciliter le montage de la table de travail. La figure IV.1 illustre l'emplacement de cette pièce.



Figure IV. 2 : Emplacement de la pièce.

IV.7. Processus de fabrication

Le processus de fabrication de cette pièce doit passer par 5 étapes :

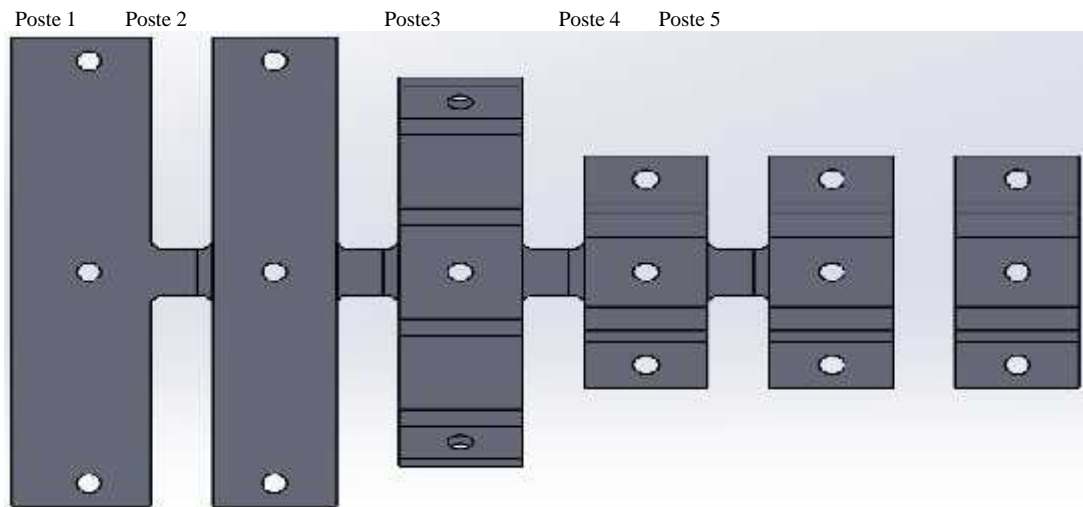


Figure IV. 3 : Différents postes.

➤ Poste 1 :

Au niveau de ce poste la tôle reçoit trois poinçonnages simultanés dont un pour le pilotage et les deux autres pour le poinçonnage de la pièce.

➤ Poste 2 :

Ensuite la pièce subit un grugeage de deux cotés.

➤ Poste 3 :

Dans ce poste, la bande sera pliée à 45°.

➤ Poste 4 :

Même principe que le poste précédent mais avec un pli de 90°.

➤ Poste 5 :

La pièce passe au découpage, un poinçon de découpage libère la pièce avec les dimensions souhaitées.

Logopress3 intègre les fonctions clés à la mise en bande :

-) Gestion des pièces multiples
-) Optimisation du placement
-) Feuille Excel intégrant les données
-) Action Glisser/Déposer
-) Insertion/Suppression de pas
-) Information matière
-) Calcul des efforts
-) Détermination du centre de tous les efforts
-) Création automatique des poinçons internes à la pièce
-) Puissant assistant pour la définition des poinçons attachés au squelette de bande et répétition de poinçons.

IV.8. Calcul des efforts

Le calcul des efforts est automatique après spécification des matériaux (bande, poinçon, matrice). Les efforts sont donnés pour chaque poinçon et leur somme pour chaque poste. Une somme des efforts de tous les postes est aussi calculée pour la détermination de l'effort total qui doit être exercé par la machine.

Le tableau suivant résume les efforts de tous les poinçons pour tous les opérations.

Tableau IV.2. : Résumé des efforts pour chaque poste

Poste	Nombre de poinçon	Effort total du poste (en tonne)
Poste 1(Poinçonnage)	3	0,34
Poste 2(Grugeage)	2	0,26
Poste 3(Pliage 45°)	2	0,4
Poste 4(Pliage 90°)	2	0,4
Poste 5(Découpage)	1	2,21
Effort total des postes = 5 T		

IV.8.1 Effort de poinçonnage (F_p)

La figure ci-dessous représente 05 formes à poinçonner :

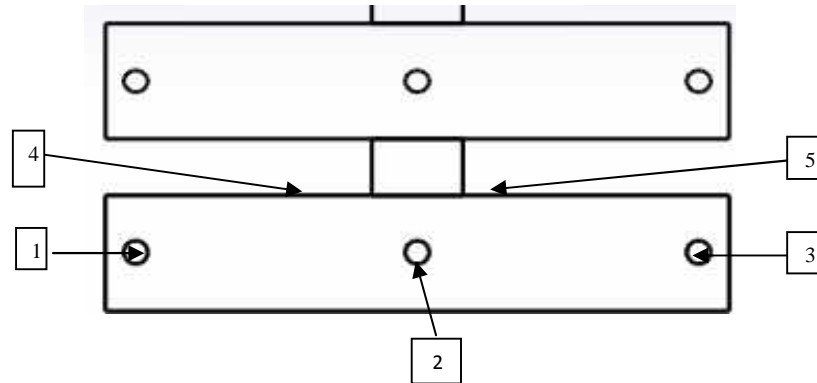


Figure IV. 4 : Formes à poinçonner.

Pour obtenir chacune de ces formes, nous sommes tenus d'exercer des efforts simultanément :

F_{p1} : effort de poinçonnage (forme 1),

F_{p2} : effort de poinçonnage (forme 2),

F_{p3} : effort de poinçonnage (forme 3),

F_{p4} : effort de poinçonnage (forme 4 grugeage),

F_{p5} : effort de poinçonnage (forme 5 grugeage).

➤ **Remarque :**

Les formes (1), (2) et (3) ont un même rayon $R= 3,40\text{mm}$.

Le calcul de l'effort de poinçonnage est calculé comme suit :

$$F_p = P \times e \times R_{pg}$$

Avec :

F_p : Effort de poinçonnage,

P : Périmètre à poinçonner,

e : Epaisseur de la tôle (2 mm),

R_{pg} : Résistance pratique au glissement du matériau (7daN/mm^2).

❖ Le contact du poinçon avec la pièce nous donne une forme circulaire (Formes 1,2 et 3) :

Calcul des périmètres des formes 1 ,2 et 3:

$$P_{1,2,3} = 2 \times \times R$$

$$P_{1,2,3} = 2 \times 3,14 \times 3,40$$

$$\mathbf{P_{1,2,3} = 21,4 \text{ mm}}$$

Calcul des efforts appliqués lors du poinçonnage :

La tôle est soumise au cisaillement lors de l'opération du poinçonnage. Pour découper cette tôle, on doit appliquer une contrainte de cisaillement et il faut que la résistance suivante soit vérifiée :

$$= F / S$$

$$F_{p(1,2,3)} = P_{1,2,3} \times e \times R_{pg}$$

AN:

$$F_{p(1,2,3)} = 21,4 \times 2 \times 7$$

$$\mathbf{F_{p1,2,3} = 299,6 \text{ daN}}$$

Le même travail sera appliqué pour les formes 4 et 5 :

Calcul des périmètres des formes 4 et 5 :

$$\text{On a : } P_4 = P_5$$

Le périmètre de la forme 4 est calculé par la formule suivante

$$P_4 = l_1 + l_2 + l_3$$

Avec

$$l_1 = 8 \text{ mm}; \quad l_2 = 38 \text{ mm}; \quad l_3 = 38 \text{ mm}$$

$$P_4 = 8 + 38 + 38$$

$$\mathbf{P_{4,5} = 84 \text{ mm}}$$

Calcul des efforts appliqués :

$$F_{p(4,5)} = P_{4,5} \times e \times R_{pg}$$

$$F_{p(4,5)} = 84 \times 2 \times 7$$

$$\mathbf{F_{p(4,5)} = 1176 \text{ daN}}$$

) L'effort total de poinçonnage est calculé comme suit

$$F_{\text{total p}} = (F_{p4,5}) \times 2 + (F_{p1,2,3}) \times 3$$

$$F_{\text{total p}} = (1176) \times 2 + (299,6) \times 3$$

$$F_{\text{total p}} = 3250,8 \text{ daN}$$

IV.8.2. Effort de pliage

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

La figure ci-dessous représente les différentes formes à plier suivant les angles 45° et 90°.

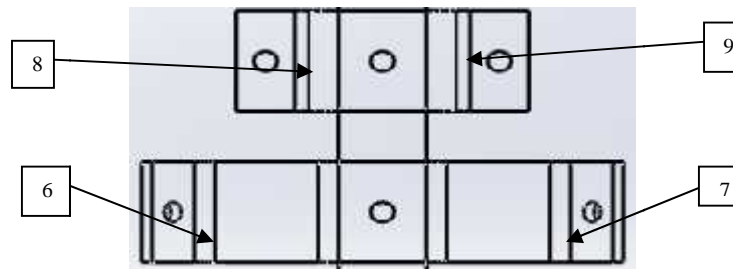


Figure IV. 5: Formes à plier.

Le calcul de l'effort du pliage est calculé par la formule suivante :

$$F_p = l \times e \times R_{pg} / 10$$

Avec :

e : épaisseur de la tôle, en (mm),

l : (périmètre) la longueur de la ligne de cambrage, en (mm),

R_{pg} : résistance pratique de la tôle au glissement en (daN/mm²).

Avec :

$$l = 80,85 \text{ mm} ; \quad e = 2 \text{ mm} ; \quad R_{pg} = 7 \text{ daN / mm}^2$$

$$F_p = \frac{80,85 \times 2 \times 7}{10}$$

$$F_p = 113,19 \text{ daN}$$

On a:

$$F_{p6} = F_{p7} = F_{p8} = F_{p9} = 113,19 \text{ daN}$$

) Calcul de l'effort total de pliage

$$F_{\text{total p}} = F_p \times 4$$

$$F_{\text{total p}} = 113,19 \times 4$$

$$F_{\text{total p}} = 464 \text{ daN}$$

IV.8.3. Effort de découpage

La figure ci-dessous représente la forme à découper :

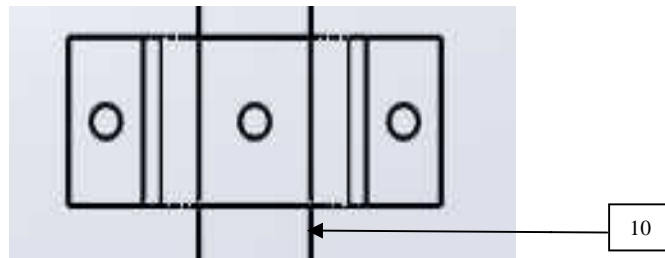


Figure IV. 6 : Formes à découper.

Pour le calcul de l'effort de découpage, on utilise la formule suivante :

$$F_d = P \times e \times R_{pg}$$

Avec :

F_d : effort de découpage en daN,

P : le périmètre à découper,

e : l'épaisseur de la tôle (2mm),

R_{pg} : résistance pratique au glissement (7 DaN/mm),

Calcul du périmètre de la pièce à découper :

$$P_{10} = 8 \times 8$$

$$P_{10} = 64 \text{ mm}$$

Calcul des efforts :

$$F_d = P_{10} \times e \times R_{pg}$$

$$F_d = 64 \times 2 \times 7$$

$$F_d = 896 \text{ daN}$$

) Calcul de l'effort total F_t :

$F_t = \text{effort total du poinçonnage} + \text{effort total de pliage} + \text{effort de découpage}$

$$F_t = F_{\text{total p}} + F_d + F_{\text{total p}}$$

$$F_t = 3250 + 464 + 896$$

$$\mathbf{F_t = 4610 \text{ daN}}$$

Logopress3 intègre des données supplémentaires dans une feuille Excel, résumé dans le tableau

Tableau IV.3 : Mise en bande

Pas	24 mm
Largeur de la bande	80 mm
Epaisseur de la bande	2 mm
Effort total	5 T
Effort de découpage total	2 T
Nombre de poste	5

IV.8.4. Effort du serre flan

C'est l'effort nécessaire pour dégager les pionçons de la bande après découpage ou poinçonnage, il est égal à 7% de l'effort total F_t

$$F_{\text{serre flan}} = 7\% \times F_t$$

$$F_{\text{serre flan}} = 7\% \times 4610$$

$$\mathbf{F_{\text{serre flan}} = 322,7 \text{ daN}}$$

IV.8.5. Effort total que doit fournir la presse

La source de production de la force est la presse, elle doit produire un effort supérieur à la somme des efforts calculés ci-dessus.

$$\mathbf{F_{pr} = F_t + F_{\text{serre flan}}}$$

Avec :

F_{pr} : Effort de la presse,

F_t : Effort total de découpage-poinçonnage-plier,

$F_{serre\ fl an}$: Effort de serre flan,

$$F_{presse} = F_t + F_{serre\ fl an}$$

AN :

$$F_{presse} = 4610 + 322,7$$

$$F_{presse} = 4932,7 \text{ daN}$$

Donc le choix de la presse se fait selon la force suivante : $F_{presse} > 4,9$ tonnes.

IV.9. Choix des ressorts

La raideur des ressorts doit assurer le dévêtissage. Nous avons utilisé 6 ressorts. La raideur doit assurer cette condition :

$$F_{c\ ressort} > F_{R\ ressort}$$

$F_{c\ ressort}$: force du ressort calculée

$F_{R\ ressort}$: force du ressort réel

AN :

$$F_{c\ ressort} = F_{serre\ fl an} \div 6$$

$$F_{c\ ressort} = 2853,4 \div 6$$

$$F_{c\ ressort} = 475,57 \text{ N}$$

Pour effectuer le travail, on doit choisir un ressort du tableau ci-dessous suivant la valeur de l'effort calculé.

Tous les ressorts sont à charge forte. En fixant la charge et la course pour une durée de vie optimale, Logopress3 se charge de trouver le ressort qui convient en rajoutant le diamètre et la longueur tout en restant dans le rayon des ressorts à forte charge, comme l'indiqué la figure IV.6

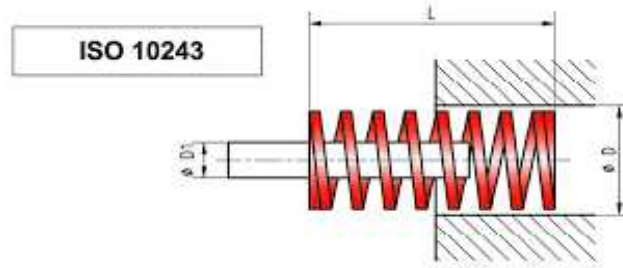


Figure IV. 7 : Schéma de dimensionnement d'un ressort.

On prend le ressort ayant les caractéristiques suivantes :

La longueur $L = 203$ mm.

La charge $K = 35,7$ daN.

$D = 25$ mm.

$D1 = 12,5$ mm.

$A = 40,6$ mm, (course du ressort comprimée)

$F_{\text{ressort}} = 1453$ N.

Le tableau ci-dessous montre les différentes caractéristiques des ressorts à charge forte.

Tableau IV.5 : Caractéristiques mécaniques des ressorts à forte charge.

D	D1	L	K	20%	
Mm	Mm	Mm	DaN	N	Mm
25	12,5	25	375	1875	5
		32	297	1901	6,4
		38	219	1664	7,6
		44	187	1646	8,8
		51	156	1591	10,2
		64	123	1574	12,8
		76	99	1505	15,2
		89	84	1495	17,8
		102	73	1489	20,4
		115	65	1495	23
		127	57,7	1468	25,4
		139	52,7	1465	27,8
		152	47,8	1453	30,4
		178	41	1460	35,6
		203	35,8	1453	40,6
305	22,9	1397	61		

IV.10. Jeu de découpage

Le jeu est choisi de façon à ce que les fissures soient obliques pour qu'elles se rejoignent et que la tranche de la pièce découpée soit propre. Il est important de prévoir un jeu entre le poinçon et la matrice. Selon le type d'opération à effectuer le jeu est pris soit sur la matrice ou bien sur le poinçon. Pour le découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon, et pour le poinçonnage il est à prendre sur la matrice. La nature des matériaux à découper détermine ce jeu. Pour les aciers doux, le jeu est de $1/20$ de l'épaisseur de la tôle à découper.

$$J = 1 / 20 \times e$$

AN :

$$J = 1 / 20 \times 2$$

$$J = 0,03 \text{ mm}$$

IV.11. Calcul et vérification des poinçons à la résistance

Les poinçons de petites sections risquent de flamber lors de l'application de l'effort, un calcul de vérification s'impose.

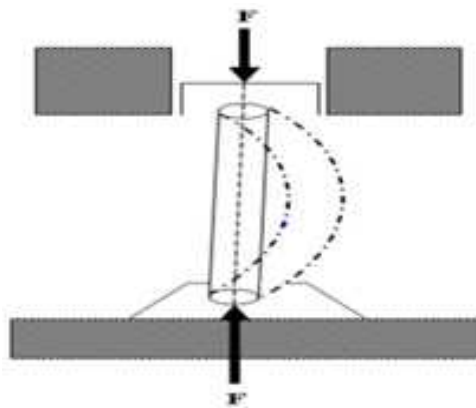


Figure IV. 8 : Flambement d'une poutre soumise à un effort axial.

Les poinçons sont assimilés à des poutres chargées axialement. Le flambement se produit pour une certaine valeur de charge appelée charges critiques.

Si :

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

Avec :

F : effort de découpage,

F_{cr} : charge critique d'Euler, qui se calcule comme suit :

$$F_c = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L^2}$$

Avec :

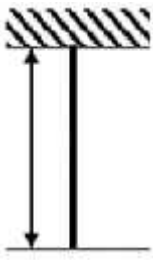
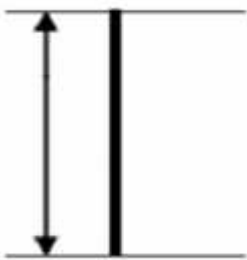
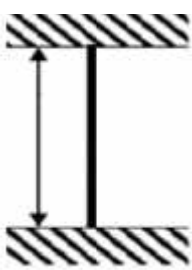
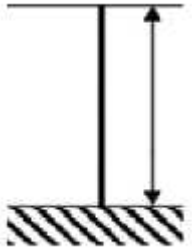
E : module de Young,

I : moment d'inertie,

L : longueur réelle.

La longueur libre du flambage est donnée en fonction du type d'appui. Le tableau suivant répertorie les différents cas possibles :

Tableau IV.5 : Valeurs de la longueur l du flambage en fonction de la longueur réelle L .

Longueurs libres du flambage				
Type de liaisons	Encastré en A et libre en B	Liaisons pivotantes en A et en B	Encastré en A et en B	Encastré en A et pivots en B
Valeur de l	 $l = 2L$	 $l = L$	 $l = L/2$	 $l = 0,7L$

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

➤ **Poinçon 1 :**

$$I_1 = \frac{\pi \times D^4}{64}$$

$$I_1 = 5,47 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr1} = \frac{\pi^2 \times E \times I_1}{L^2}$$

$$F_{cr1} = 3,14^2 \times 210000 \times 5,47 / (2 \times 90)^2$$

$$F_{cr1} = 32400 \text{ N}$$

$$F_{cr1} = 3240 \text{ daN}$$

$F_{p1} < F_{cr1}$: la condition est vérifiée, donc le poinçon résiste, la condition est aussi vérifiée pour les deux autres poinçons 2 et 3, car ils ont les mêmes caractéristiques.

➤ **Poinçon 2 :**

$$I_2 = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$I_4 = 35,2 \times 8^3 / 12$$

$$I_4 = 1501,87 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr2} = \frac{\pi^2 \times E \times I_2}{L^2}$$

$$F_{cr2} = 3,14^2 \times 210000 \times 1501,87 / (2 \times 90)^2$$

$$F_{cr2} = 95976,67 \text{ N}$$

$$F_{cr2} = 9597,66 \text{ daN}$$

$F_{p4} < F_{cr2}$: la condition est vérifiée, donc le poinçon résiste. Cette condition est aussi vérifiée pour le poinçon 5, car ils ont les mêmes caractéristiques.

➤ **Poinçon 3 :**

$$I_3 = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$I_3 = 12 \times 8^3 / 12$$

$$I_3 = 512 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr3} = \sigma^2 \times E \times I/L^2$$

$$F_{cr3} = 3271,26N$$

$$F_{cr3} = 327,12 \text{ daN}$$

$F_{p10} < F_{cr3}$: la condition est vérifiée, donc le poinçon va résister.

IV.12. Choix de la machine

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. Dans notre cas, il s'agit du poinçonnage, pliage et découpage, une presse mécanique est mieux indiquée.

Après avoir calculé l'effort total de découpage (4,9 tonnes) ainsi qu'après avoir vérifié les dimensions de l'outil par rapport à celle de la table de travail de la presse, nous avons conclu, avec la coopération du service outillage (de l'unité cuisson), d'utiliser une presse T36 mécanique excentrique qui a les caractéristiques suivantes :

- Capacité de la presse..... 150 (tonnes).
- Dimension de la table (longueur et largeur)1300 (mm).
- Distance entre le (PMH) et le (PMB)320 (mm).
- Course du coulisseau140 (mm).

Partie 02 : Conception de l'outil

IV.13. CAO (conception assistée par ordinateur)

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriqués [6].

Les logiciels de la CAO permettent au concepteur d'exprimer et de modéliser un grand nombre de contraintes (fonctionnalités, matériaux, capacité d'assemblage...). Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « SolidWorks » accouplé du logiciel logopress3.

IV.14. Détail de l'outil

L'outil à réaliser est un ensemble d'éléments assemblé avec précision pour assurer un bon fonctionnement. L'outil de poinçonnage, pliage et découpage est composé de deux parties essentielles qu'on peut définir comme suit :

IV.14.1. Partie inférieure

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

-Plaque porte matrices

Le rôle principal de cette plaque est de porter les différentes matrices, elle occupe toute la longueur de l'outil. La plaque supporte les efforts de compression du serre-flan et son cout de revient est modéré du fait qu'elle est en acier C40.

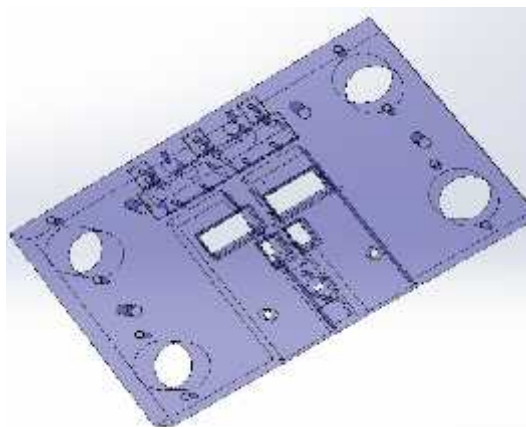


Figure IV. 9 : Porte matrice.

- Matrices

L'outil comporte plusieurs matrices toutes faites en Z200C12 en raison des efforts à supporter. Selon le type d'opération à effectuer [13].

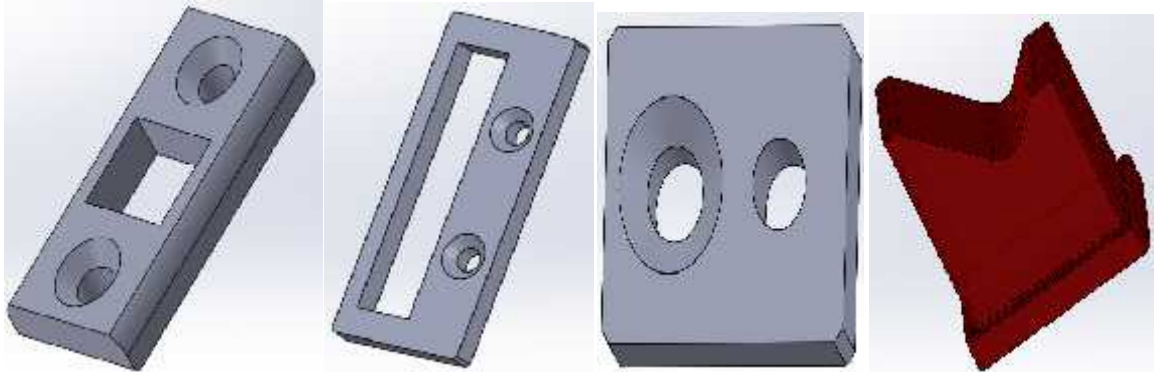


Figure IV. 10 : Différentes matrices.

- Colonnes de guidage

Servent à guider l'outil, elles coulisent dans les embases supérieures et fixées dans les embases inférieures.



Figure IV. 11 : Colonne de guidage.

IV. 14.2. Partie supérieure

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

-Porte poinçons

Il sert à fixer et guider les différents poinçons dans leurs positions.

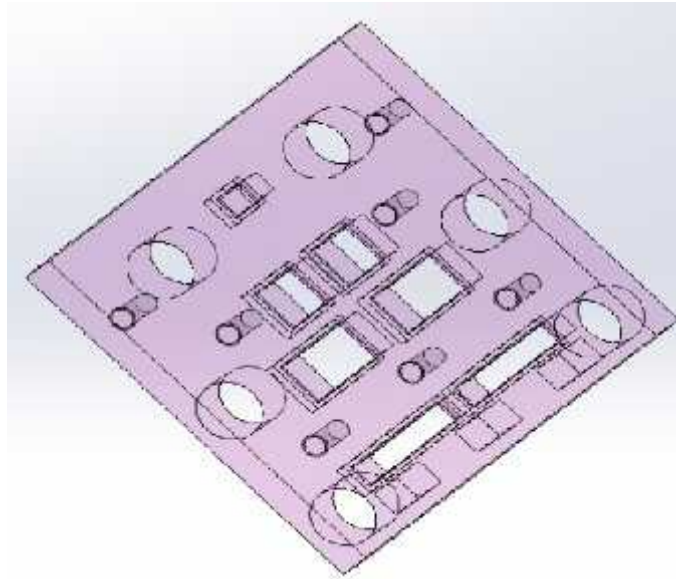


Figure IV. 12 : Porte poinçons.

-Poinçons

Sont tous faits du même matériau(Z200C12). Les poinçons de petites dimensions comme ceux réservés au poinçonnage sont susceptibles de flamber [13].

Afin d'effectuer le poinçonnage, pliage et le découpage, nous avons besoin de 10 poinçons, 3 pour le poinçonnage, 2 pour le grugeage, 2 pour le pliage à 45°, 2 pour le pliage à 90° et 1 pour le découpage, sont représentés par la figure ci-dessous.

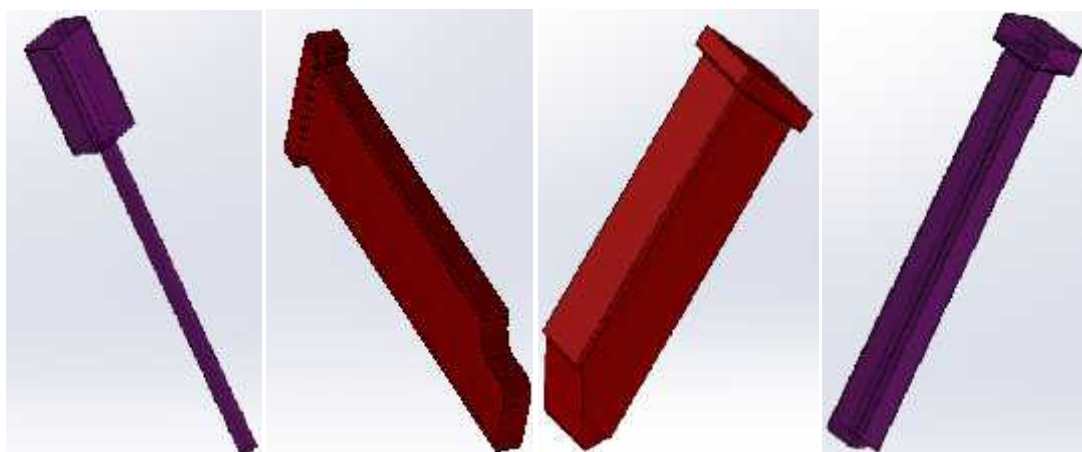


Figure IV. 13 : Poinçons.

Le tableau suivant représente les caractéristiques de ces poinçons :

Tableau IV.6 : Caractéristiques des poinçons.

Pièce d'outillage	Observation	Matière
Les Poinçons	<ul style="list-style-type: none"> - Acier fortement allié à 2% de carbone et de 12% de chrome. - Bonne résistance à l'usure, aptitude à la trempe, et faible déformation en travail. - Bonne résistance aux chocs ($R_m = 218 \text{ daN/mm}^2$) HRC = 61-62	X200Cr12 Z200C12

-Dévétisseurs

Il sert au guidage des poinçons et fixer la tôle, il est fixé à l'intérieur du bâti supérieur.

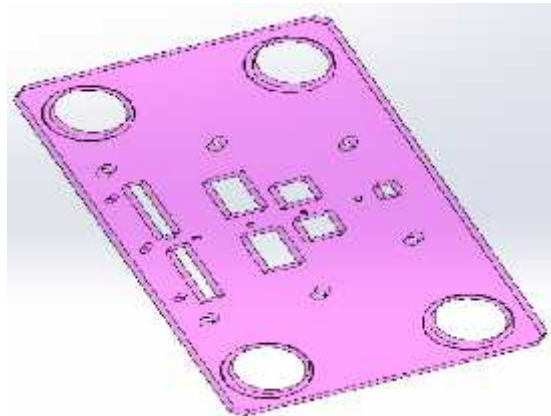


Figure IV. 14 : Dévétisseur.

-Ressorts

C'est les éléments qui assurent le dévêtissage. On a 6 ressorts dans notre conception



Figure IV. 15 : Ressort.

-Bagues de guidage

C'est des éléments dans lesquels les colonnes de guidage pénètrent [11].

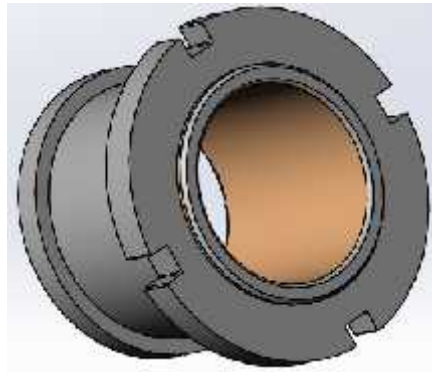


Figure IV. 16 : Bague de guidage.

-Relève bande

Le relève bande sert à remonter la bande après exécution des poinçons.

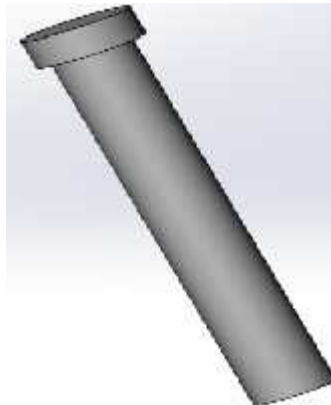


Figure IV. 17 : Relève bande.

IV.15. Etapes de la réalisation de l'outil

Parmi les opérations nécessaire pour assembler cet outil, la conception de la pièce à réaliser à partir de l'outil : pour la création de cette dernière via solidworks on devra utiliser la fonction tôlerie, où nous aurons à réaliser quatre plis sur une tôle de 2 mm d'épaisseur après-quoi la réalisation de trois perçages de diamètre 3,40, puis l'enregistrer sous-format (.SLDPRT) dans un dossier choisis ou préalable.

Après la réalisation de cette pièce on accède au logopress3 qui est un complément de solidworks, d'où on essayera d'ouvrir la pièce déjà enregistrée. A partir delà l'enchaînement de la création de l'outil se fera selon les étapes suivantes :

- Ouvrir la pièce,
- Insérer des balises d'étapes, (déplier...),
- Enregistrer,
- Faire une configuration dont on créer des postes,
- Créer la bande à partir de la forme désirée et les postes correspondant,
- Importer des poinçons, des matrices...(de la bibliothèque logopress3)
- Après avoir terminé toute les composantes de notre outil, on l'enregistre, puis on passe au mise en plans de tout ces dernières.

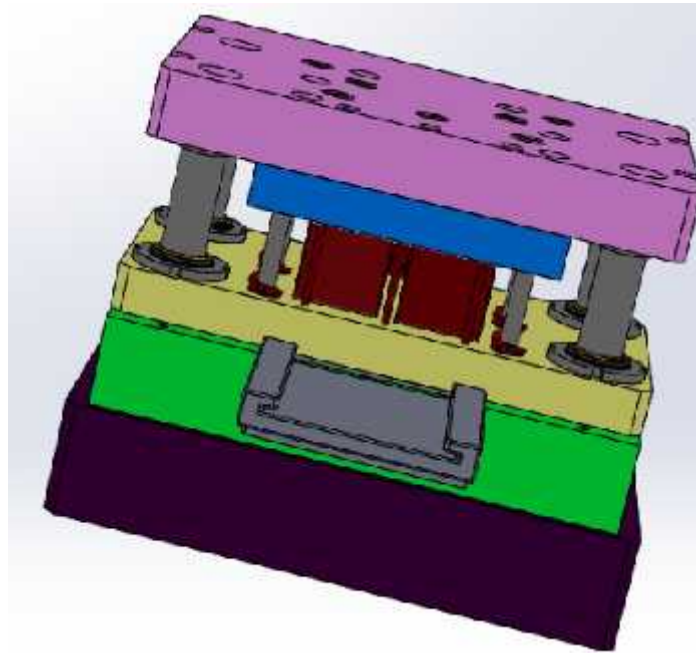


Figure IV. 18 : Outil à bande.

IV.16. Mise en plan

Les différentes pièces constituant notre outil sont représentées par des planches à l'aide du logiciel SolidWorks.

Planche 01 : Patte de fixation de rampe.

Planche 02 : Poinçon de poinçonnage.

Planche 03 : Poinçon détournage.

Planche 04 : Poinçon pilotage.

- Planche 05 : Poinçon de pliage 45°.
- Planche 06 : Poinçon de pliage 90°.
- Planche 07 : Poinçon de séparation.
- Planche 08 : Matrice de poinçonnage.
- Planche 09 : Matrice de pliage 45°.
- Planche 10 : Matrice de pliage 90°.
- Planche 11 : Ejecteur 01.
- Planche 12 : Ejecteur 02.
- Planche 13 : Porte matrice.
- Planche 14 : Serre-flan.
- Planche 15 : Porte poinçon.
- Planche 16 : Semelle supérieure.
- Planche 17 : Bague de guidage.
- Planche 18 : Serre-flan.
- Planche 19 : Colonne de guidage.
- Planche 20 : Bride.

IV.17. Conclusion

La mise à plat de la pièce avec logopress3 nous permis d'avoir les dimensions du flan et les zones fragiles lors des trois procédés de mise en formes de la pièce sans avoir recours aux essais expérimentaux, ce qui représente un gain de temps.

Le module de mise en bande nous a offert plusieurs avantages, tel que l'optimisation du placement des poinçons, le calcul de tous les efforts...

Nous avons conçus notre outil de manière à être fiable (choix des matériaux), précis (guidage de l'acheminement de la bande), rentable (cadence élevée, regroupe toutes les opérations en réduisant ainsi la charge travail).

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire est pour nous l'occasion d'aborder un des domaines d'actualité qui est la conception d'outillage assistée par ordinateur (CAO) et la simulation informatique des phénomènes physiques qui se produisent lors de la mise en forme des métaux en feuilles .

Après avoir effectuée un stage pratique au sein de l'entreprise électroménagère ENIEM, qui est une expérience bénéfique pour nous, nous avons découvert que le procédé de fabrication des pièces en tôlerie dans l'industrie est connu depuis longtemps, et qui ne cesse de se développer au fil des dernières années, parce que sa nécessité est toujours croissante.

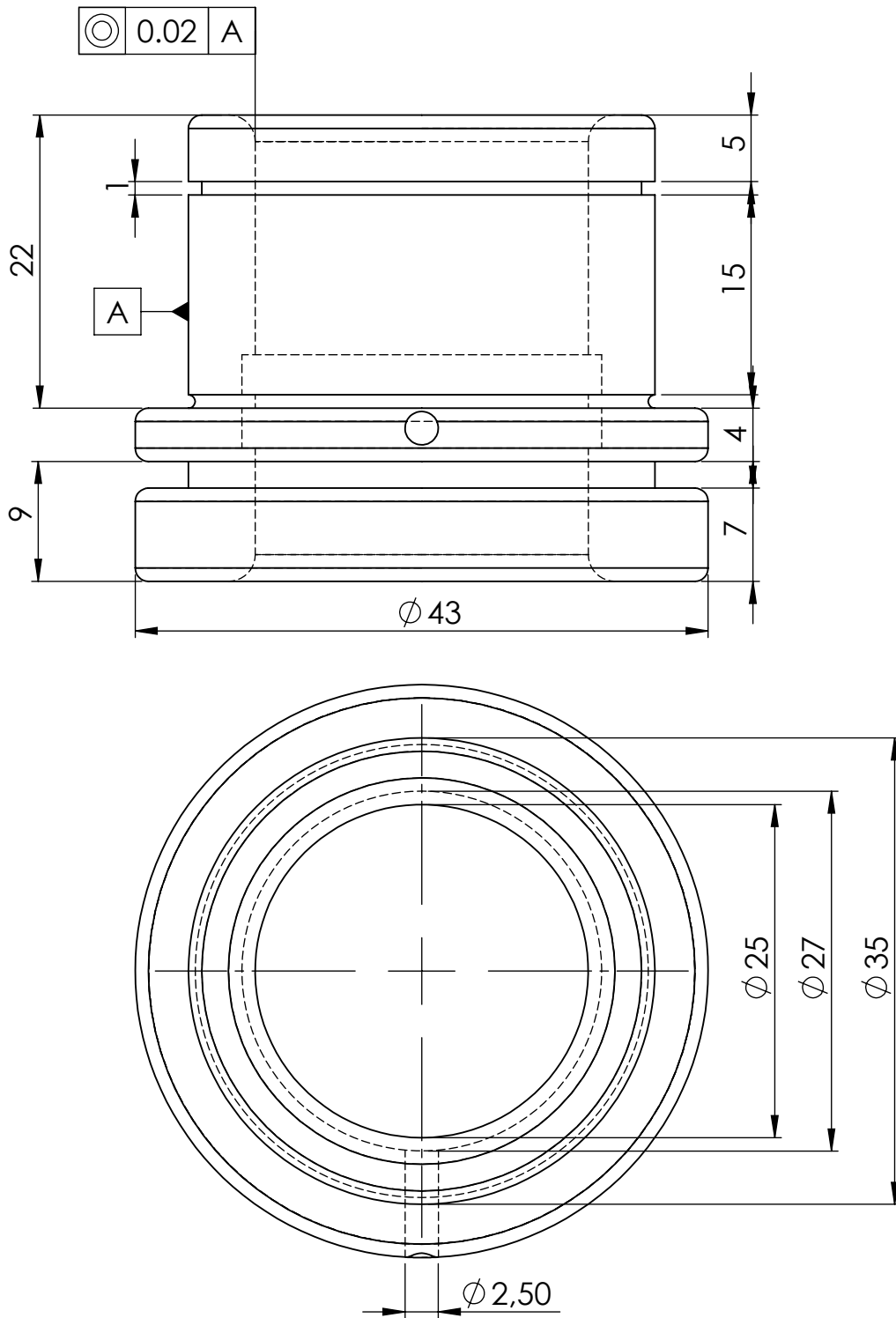
À l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (SolidWorks), qui nous à permet d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques de différentes composantes de l'outil (poinçonnage, pliage et découpage), ce logiciel nous à aidé à concevoir l'outil de manière à être fiable, précis et rentable. Cette étude nous a permet de réaliser la conception (dessins d'ensemble et les dessins de définition) de l'outil et ces organes, cette dernière est faite d'un choix d'une solution parmi tant d'autres et d'une manière à faciliter la réalisation du produit et ainsi diminuer son prix de revient.

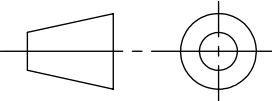
Malgré nos efforts pour mener à bien cette étude, nous ne prétendons jamais que ce travail est parfait, par conséquent il reste ouvert au critiques et propositions allant dans le sens de son éventuel amélioration et nous souhaitons qu'il sera enrichi et approfondi à l'avenir

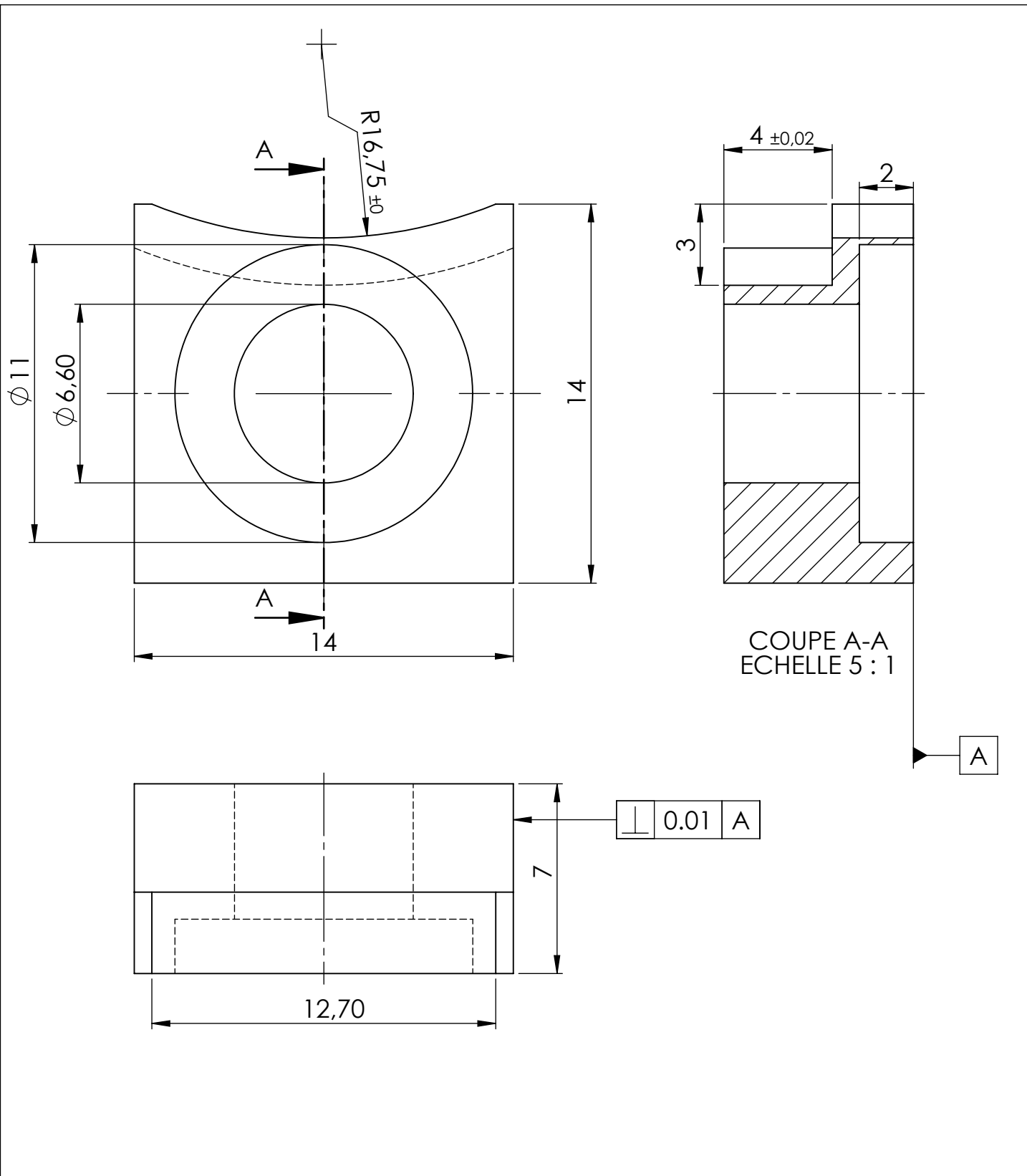
Références Bibliographiques

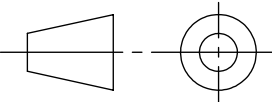
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

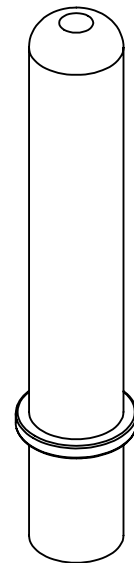
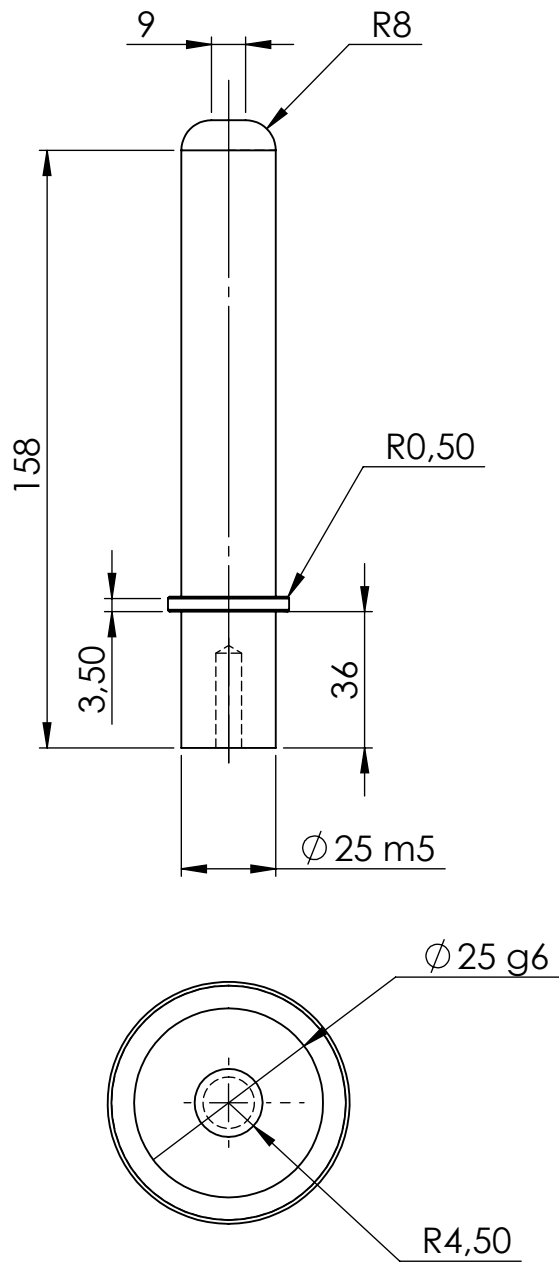
- [01] : ENIEM Tizi-Ouzou ; Base de documentation E.N.I.E.M ; Z.I ; *AISSAT Idir* ; Oued Aissi; Tizi-Ouzou ;Algérie ; *Tél* : +213.26.41.32.14 ; Fax : +213.26.20.04.24.
- [02] : BELHOCINE Zohra, Etude et conception pièce (autonettoyant) pour cuisinière E.N.I.E.M, Mémoire de master II en construction mécanique, UMMTO, 2015.
- [03] : B.WASSILIEFF, *Emboutissage, Règles principales, Calcul*, Edition Dunod, Paris 1970.
- [04] : Ressources internet.
- [05] : L.AIT AMRANE, DJERDIA, Étude et conception d'un outil de pliage pour la réalisation.
- [06] : BELHOCINE Zohra Etude et conception d'un outil de détournage et poinçonnage d'une pièce (autonettoyant) pour la cuisinière ENIEM.
- [07] : Documents E.N.I.E.M.
- [08] :SAADI Toufik « **Étude et conception d'un outil à suivre à bande** », mémoire de master II en fabrication mécanique, UMMTO 2014.
- [09] : Presses mécaniques pour le travail à froid des métaux amélioration de la sécurité sur les presses. Institut national de recherche et de sécurité (inrs) deuxième Edition 2004 (Edition INRS ED 782).
- [10] : R.QUATREMER « **Déformation plastique des tôles** », édition DELAGRAVE1981.
- [11] : Guide de dessin industriel « Chevalier », 2004.
- [12] : Composants standard pour moule et outillage, Rabourdin industrie.



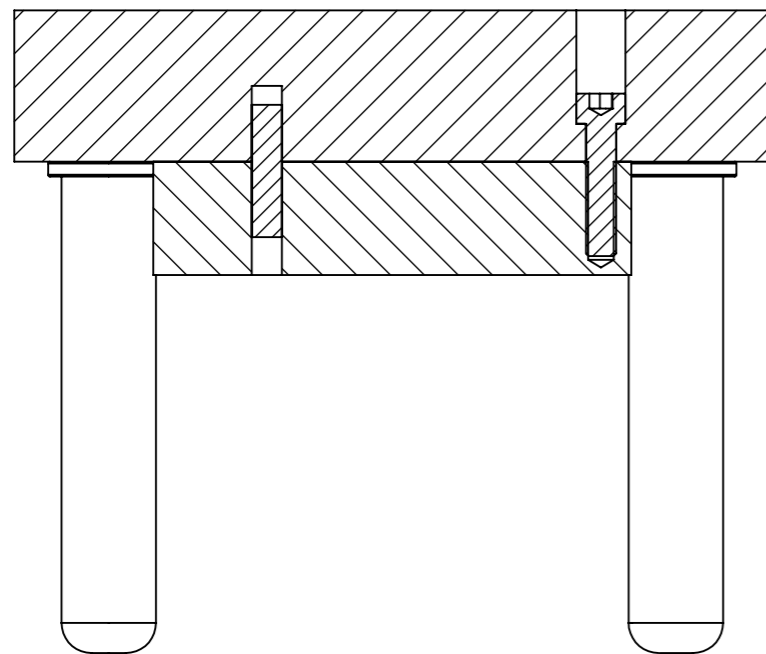
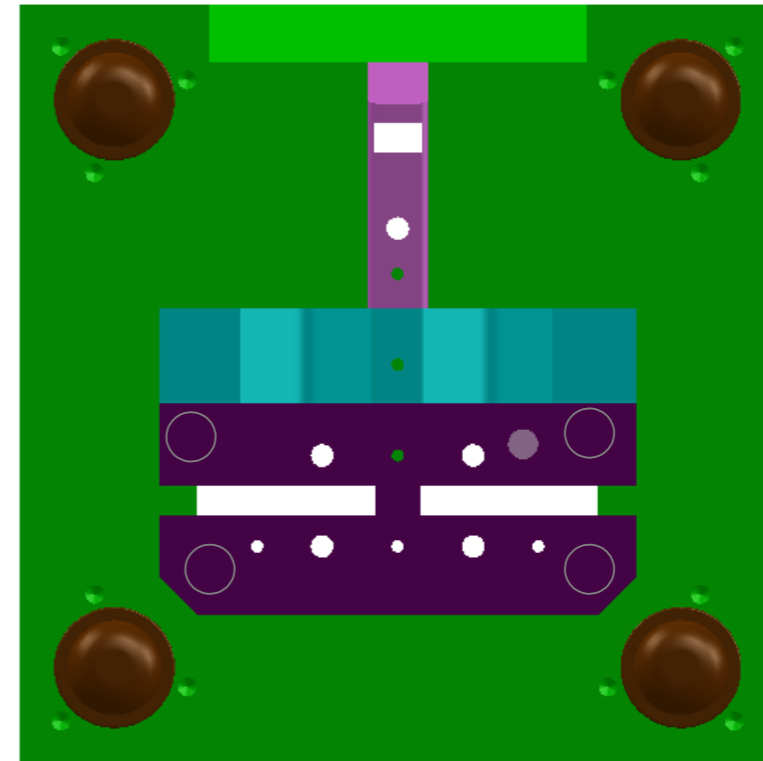
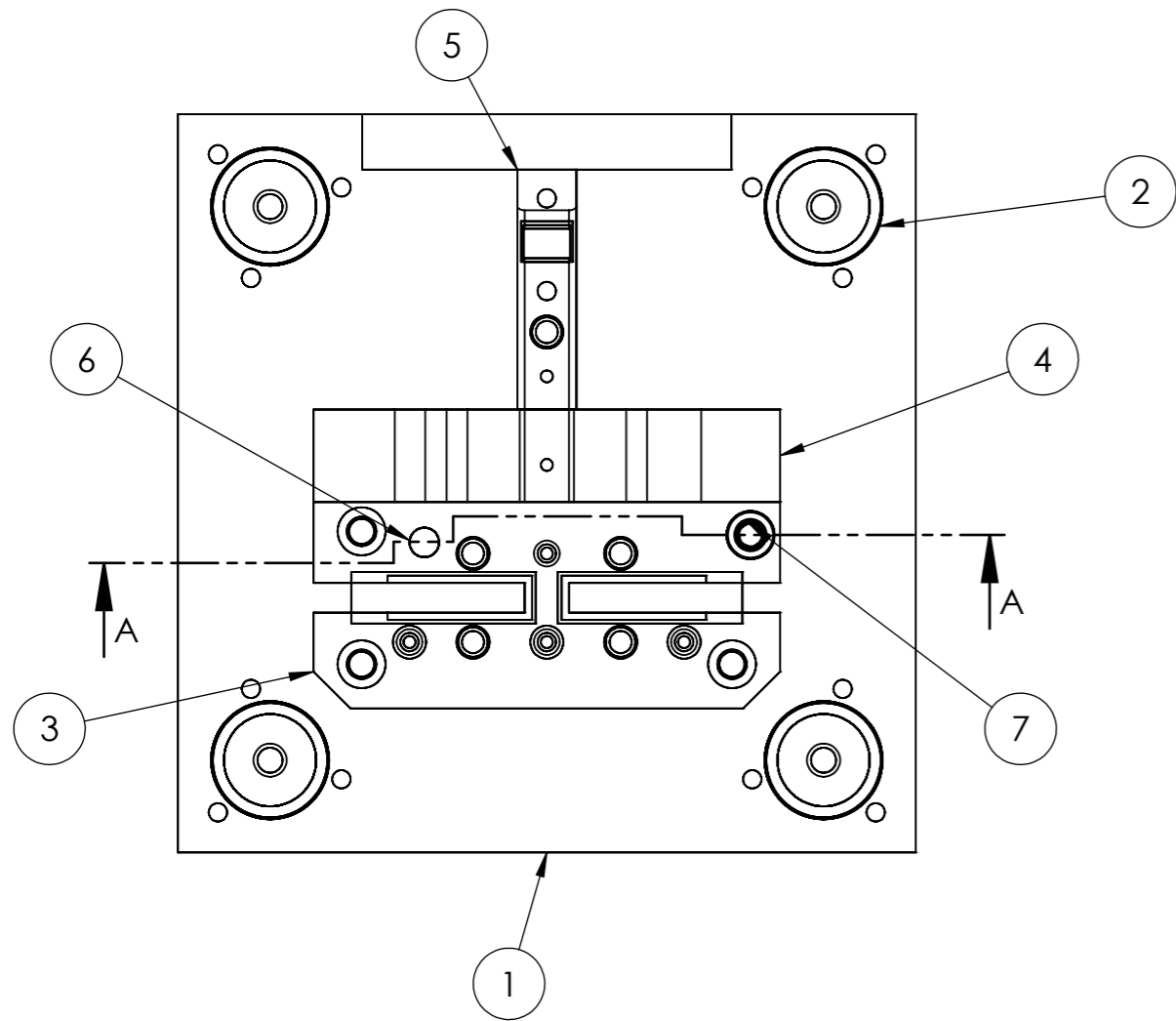
O8		bague de guidage	Bronze	
Nbr Rep		Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2/1	<p style="text-align: center;">OUTIL A BANDE</p>			- SADKI Thiziri - SI TAYEB Lynda
				Planche :
A4	UMMTO-FGC-GM-CM			Promo: 18/19



	04	Bride de serre flan		
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 5:1		OUTIL A SUIVRE	- SADKI Thiziri - SI TAYEB Lynda	
			Planche :06	
A4	GM - FGC - UMMTO - CM		Promo:18/19	

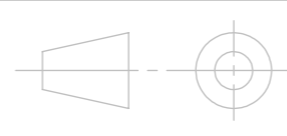


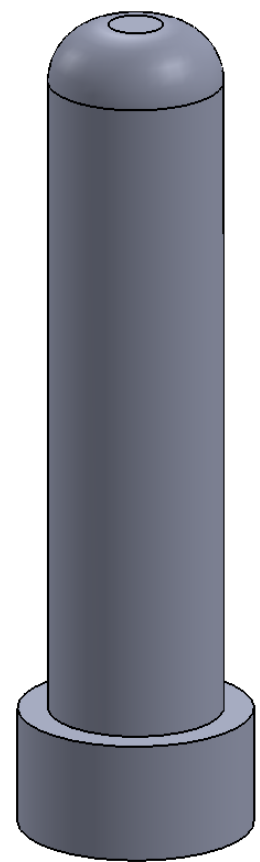
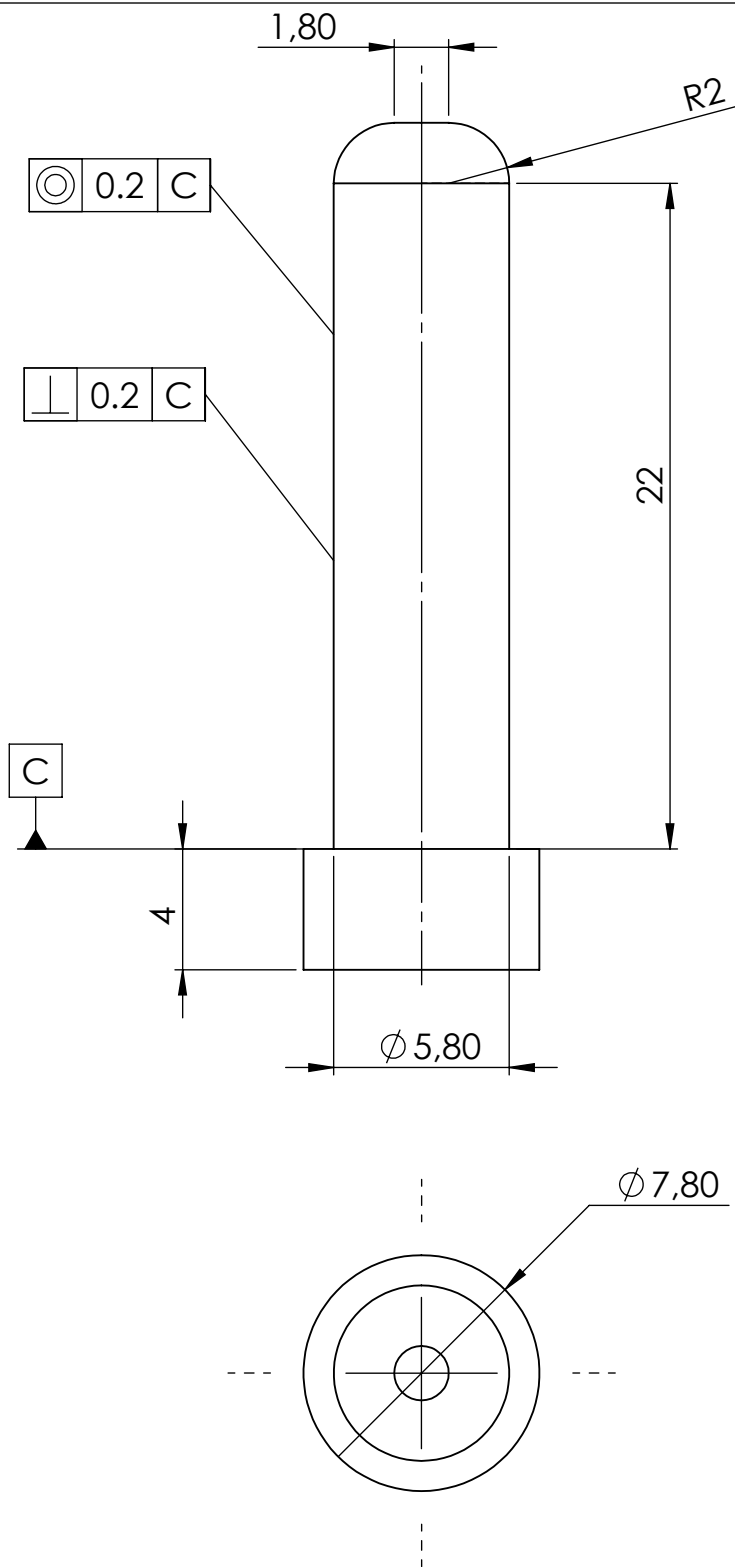
	04	colonne de guidage		
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		OUTIL A SUIVRE	-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri	
A4			UMMTO -FGC-CM	2018/2019



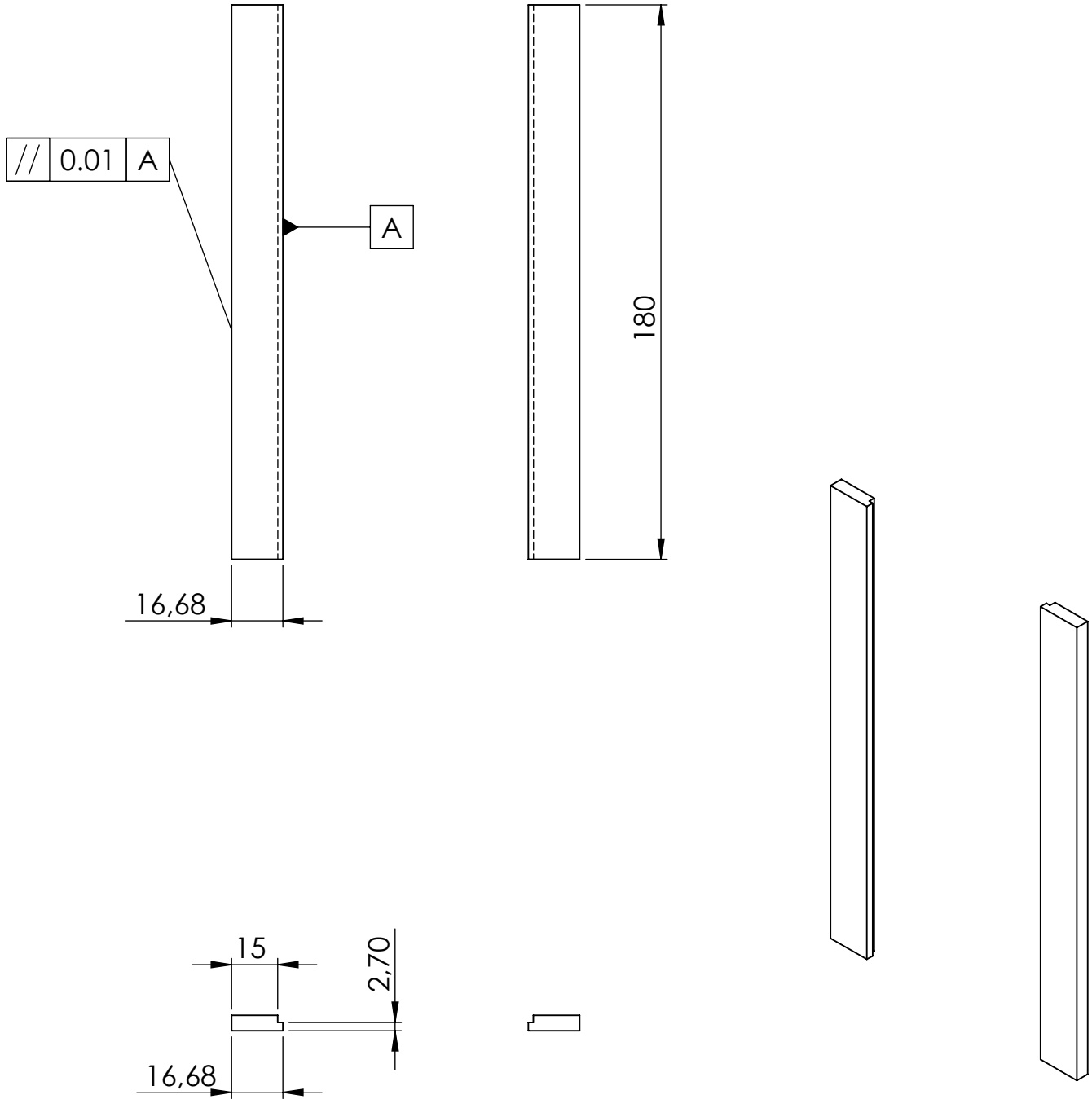
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 2

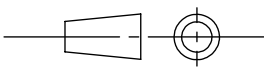
No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	porte matrice		1
2	colonne de guidage		4
3	Matrice de detourage		1
4	Matrice de pliage 45°		1
5	Matrice de pliage 90°		1
6	GOUPILLE		1
7	ISO 4762 M8 x 35 --- 35N		1

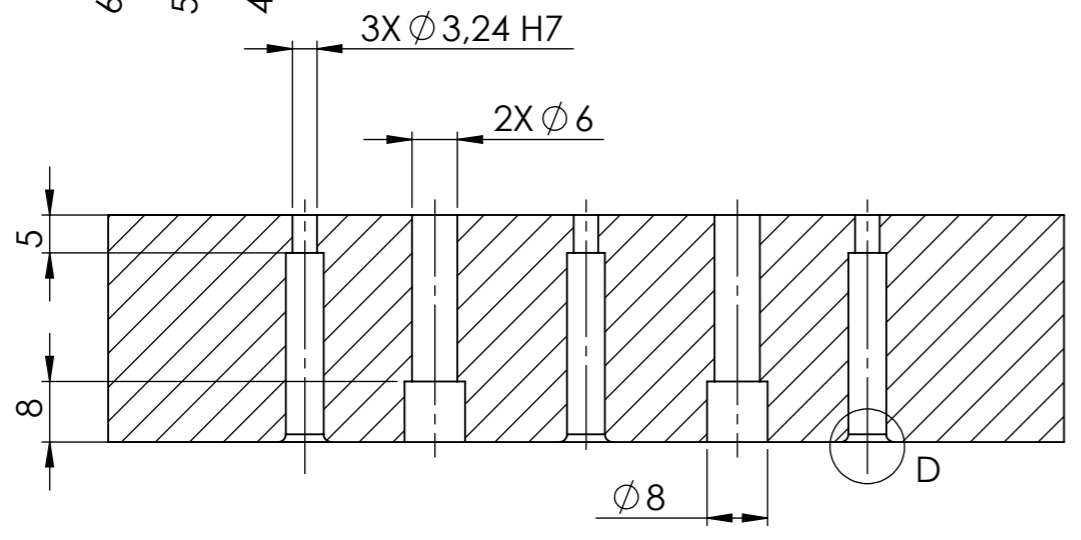
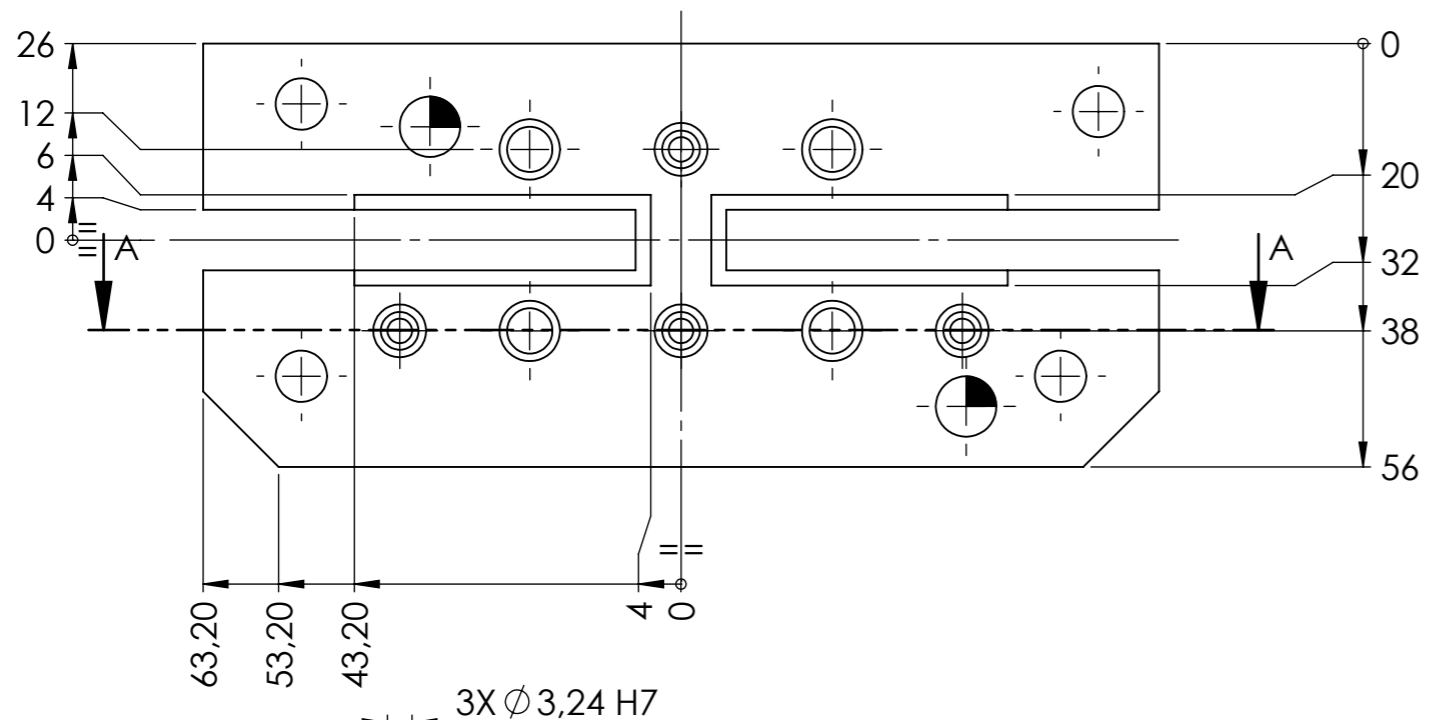
Nbr	Rpe	Désignation	Matiere	Observation
Echelle:		OUTIL A SUIVRE		-Sadki thiziri -Si tayeb lynda
				Planche:
A3			UMMTO-FGC-GM-CM	Prom:2018/2019



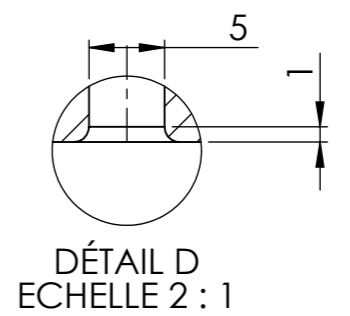
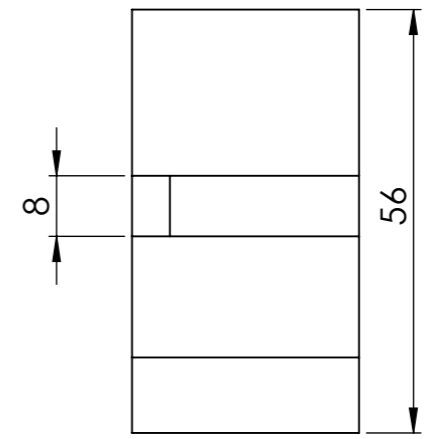
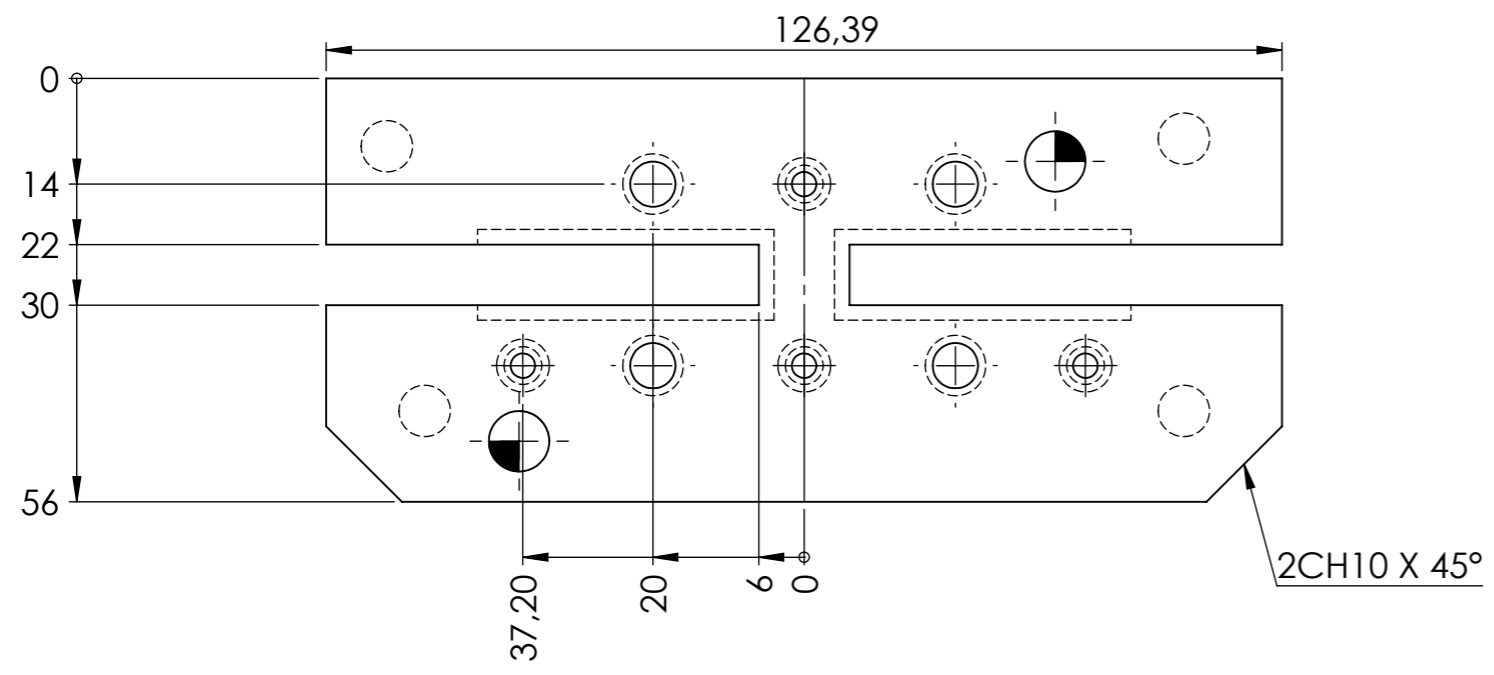
		Ejecteur pièce	Acier ordinaire	
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:4		OUTIL A SUIVRE		-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri
				Planche:
A4	UMMTO -FGC-CM		2018/2019	



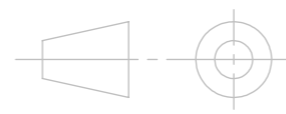
02		Guide tole	Acier ordinaire	
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:2		OUTIL A SUIVRE	-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri	
				
A4		UMMTO -FGC-CM	2018/2019	

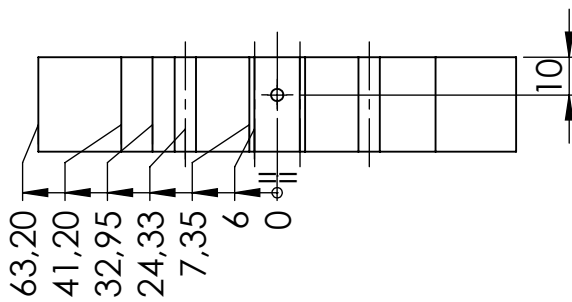
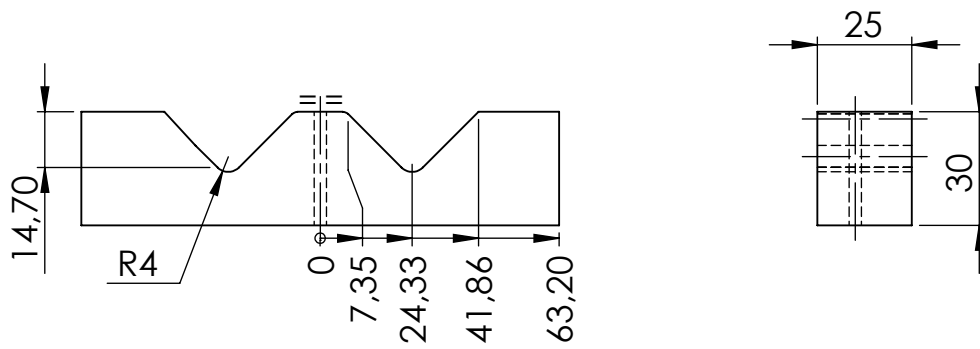


COUPE A-A

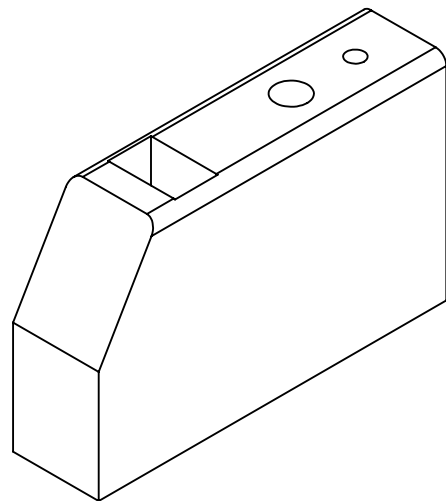
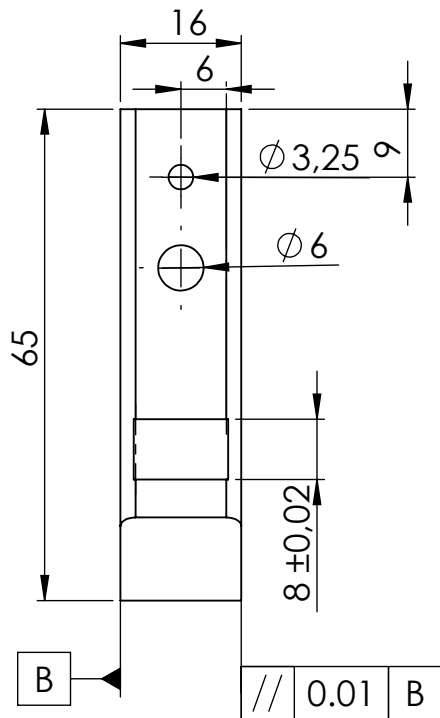
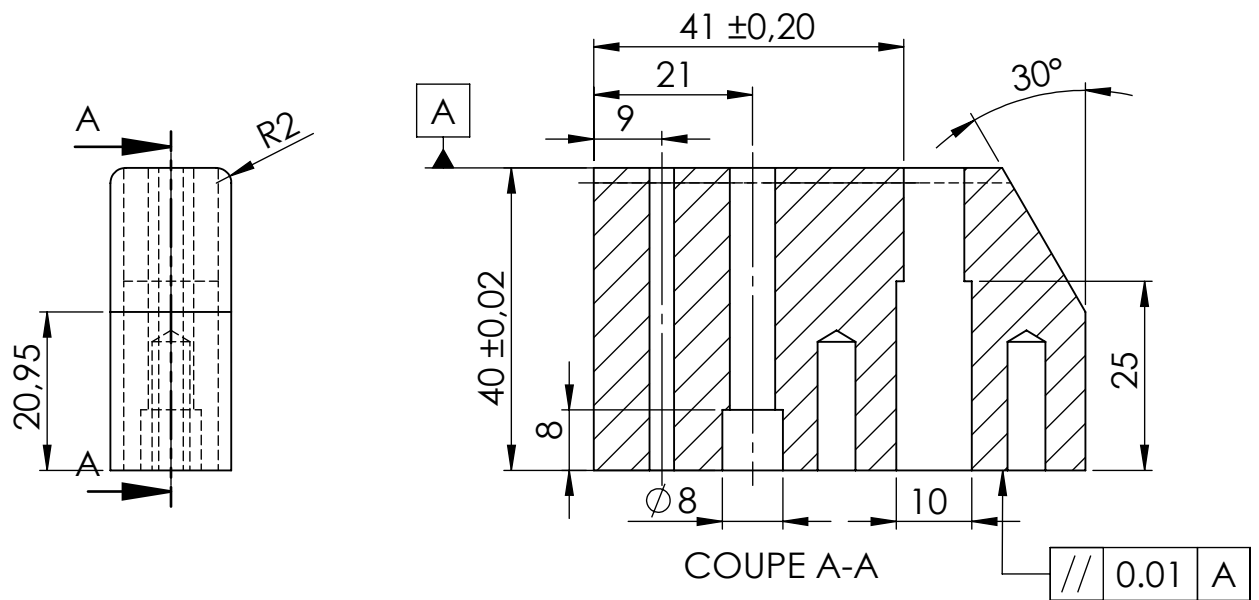


DÉTAIL D
ECHELLE 2 : 1

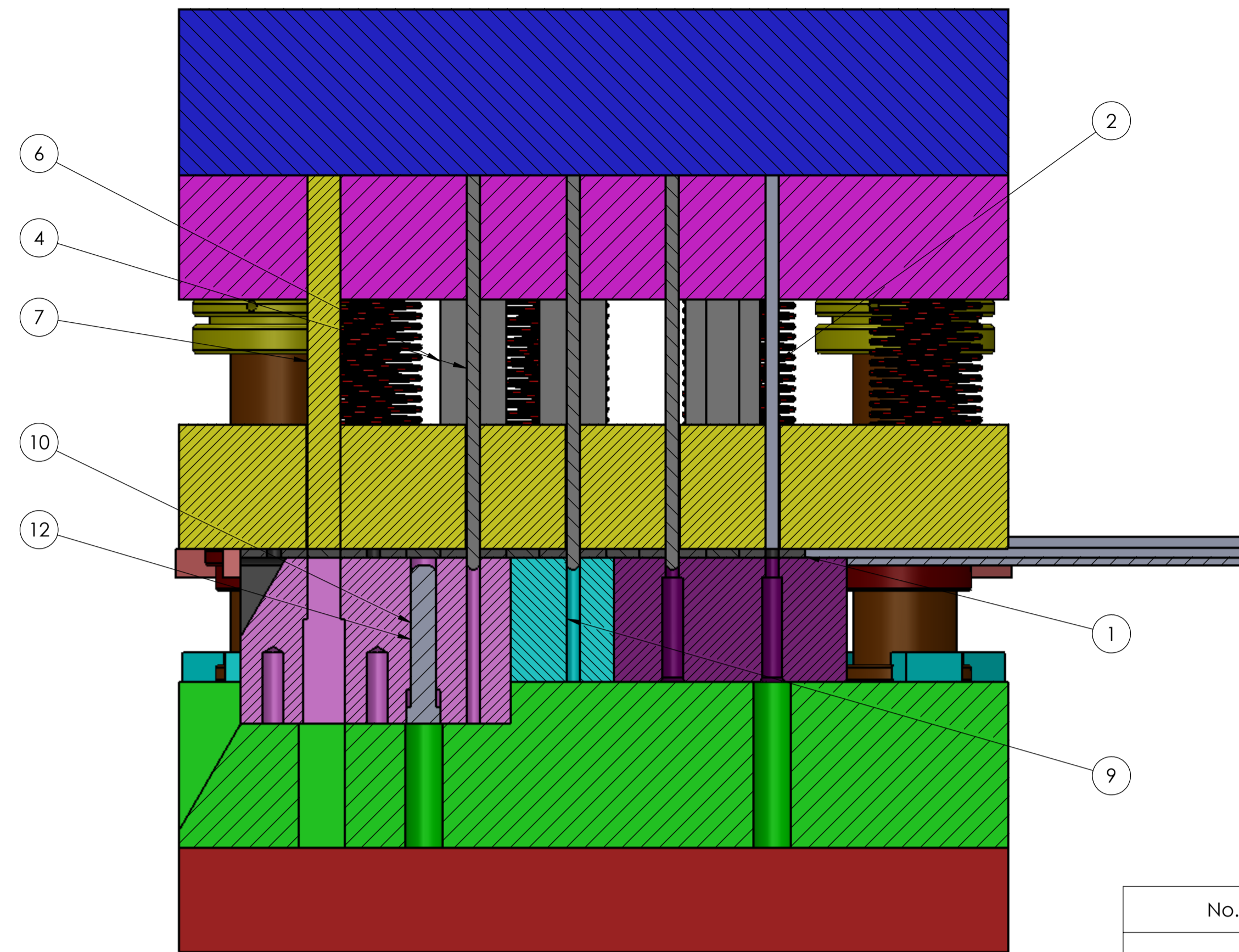
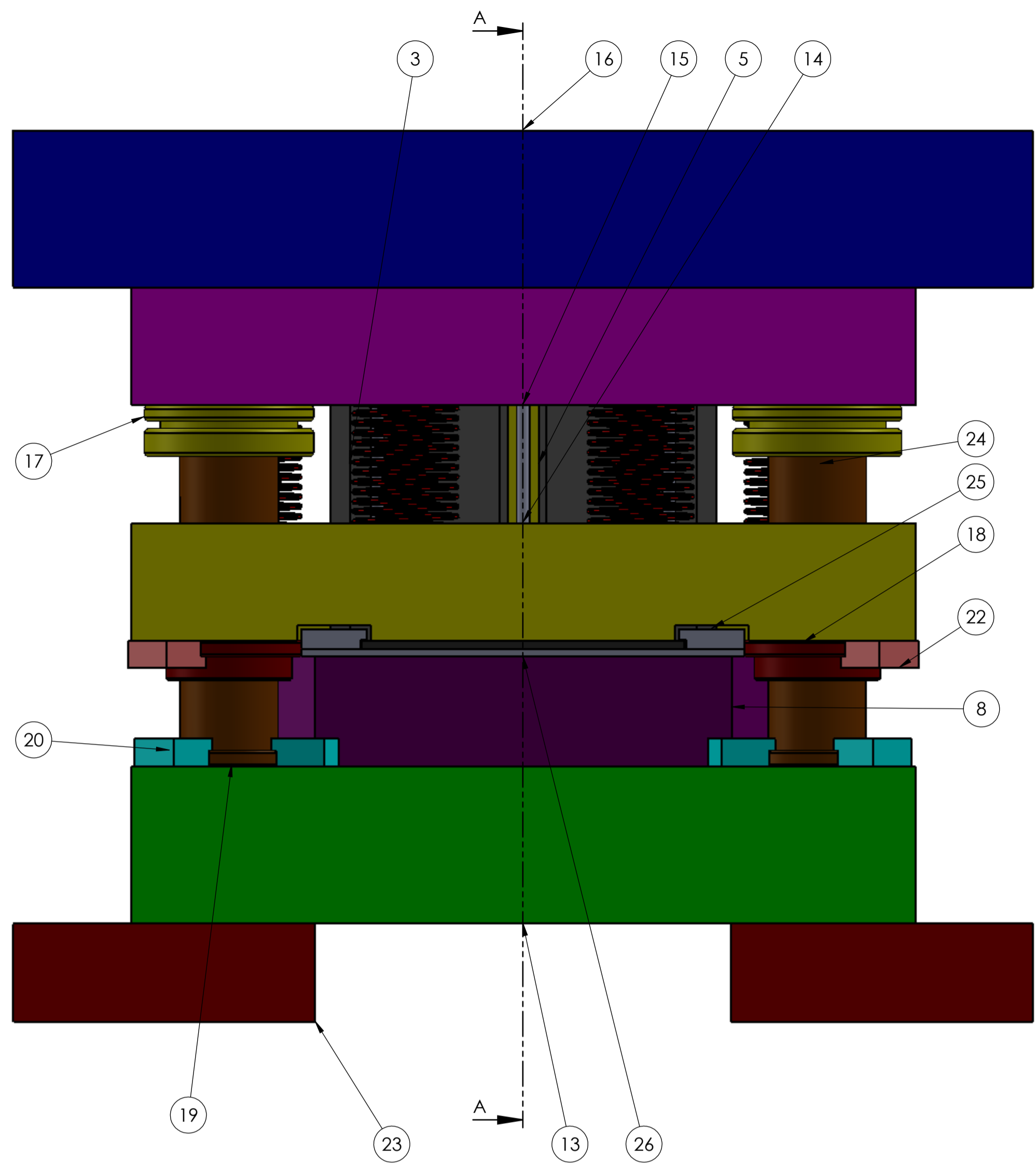
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
		Matrice détourage		
Echelle:		OUTIL A SUIVRE		
				
A3			UMMTO-FGC-GM-CM	Promo:18/19



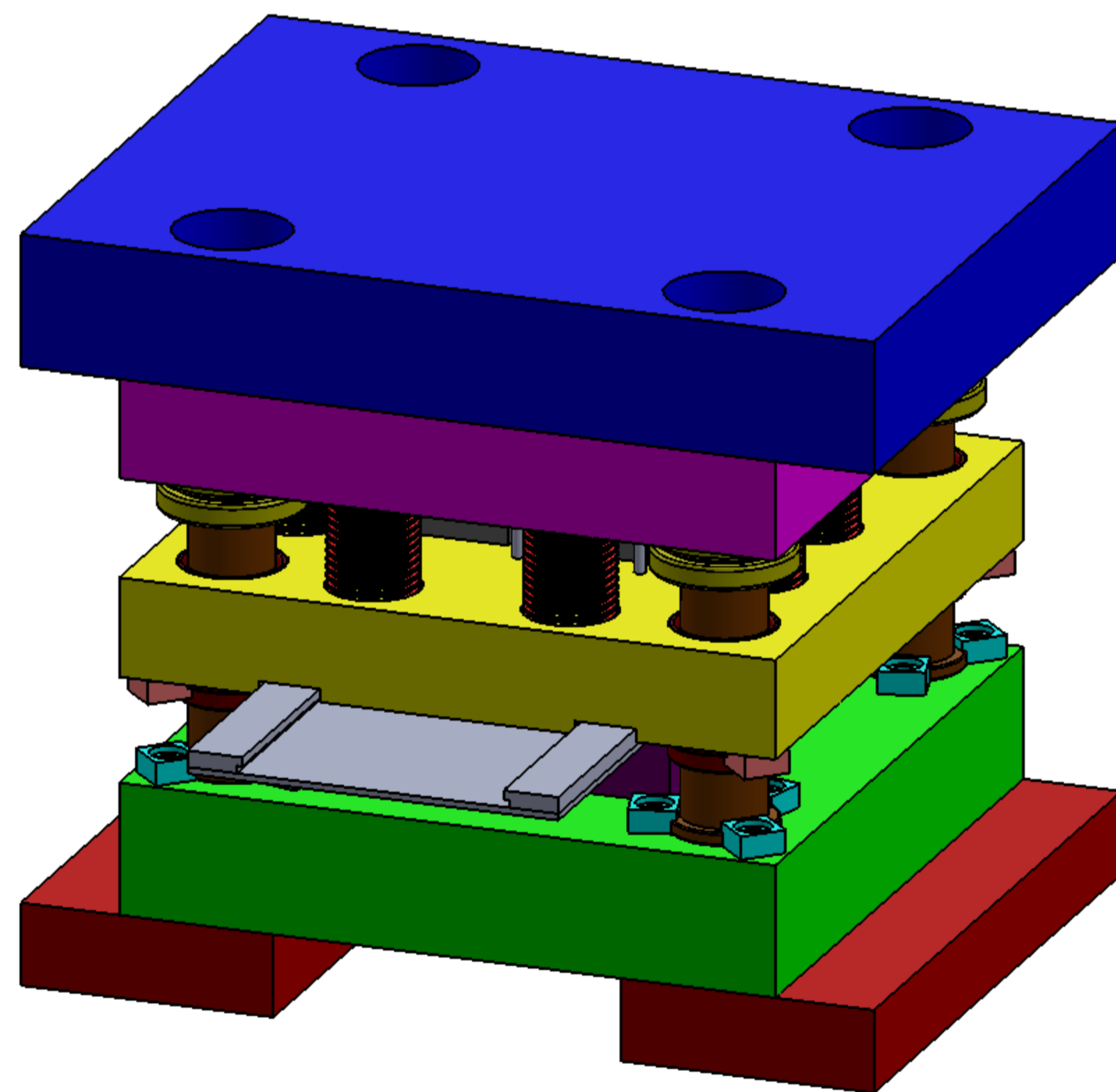
02		Matrice de pliage 45°	Z200 C12	
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:2		OUTIL A SUIVRE	-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri	
			Planche:	
A4			2018/2019	



01	08	Matrice depliage 90°	Z200 C12	58/60 HRC
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		OUTIL A SUIVRE	-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri	
			Planche:	
A4			2018/2019	
		UMMTO -FGC-CM		

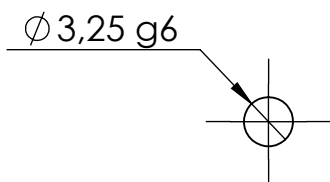
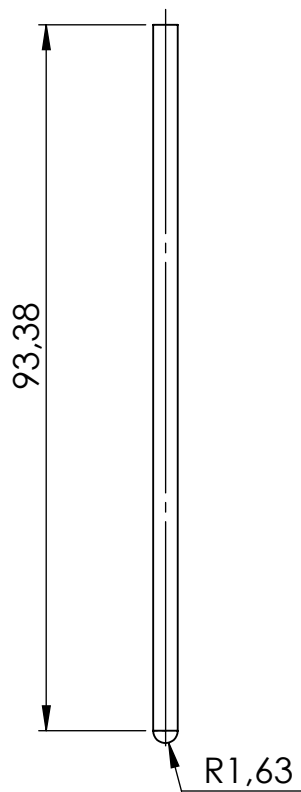


COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPION	QTE
1	patte de fixation de rempe 16		1
2	poinçon D3.5X90^outil pate de fixation		1
3	Poinçon defourage		1
4	poinçon pilote D3.25		3
5	poinçon de pliage 45°		1
6	Poinçon de pliage 90°		1
7	Poinçon de separation		1
8	Matrice de defourage		1
9	Matrice de pliage 45°		1
10	Matrice de pliage 90°		1
11	Ejecteur pièce		4
12	Ejecteur pièce 2		1
13	porte matrice		1
14	serre flan		1
15	porte poinçons		1
16	pièce 2		1
17	bague de guidage		4
18	bague de guidage serre flan		4
19	colonne de guidage		4
20	bride		12
21	socket head cap screw_iso_ISO 4762 M6 x 16 - 16N		1
22	bride de serre flan		10
23	fassaut		1
24	resort D25 X40		8
25	Gude de tole		1
26	support tole		1

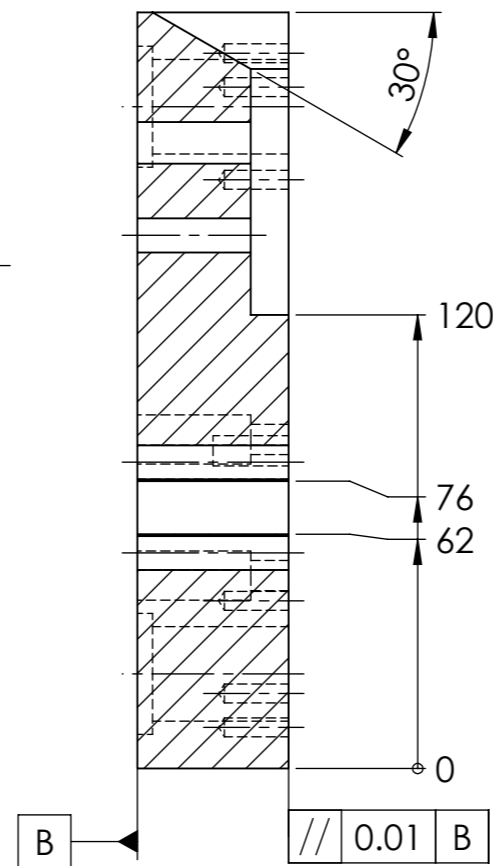
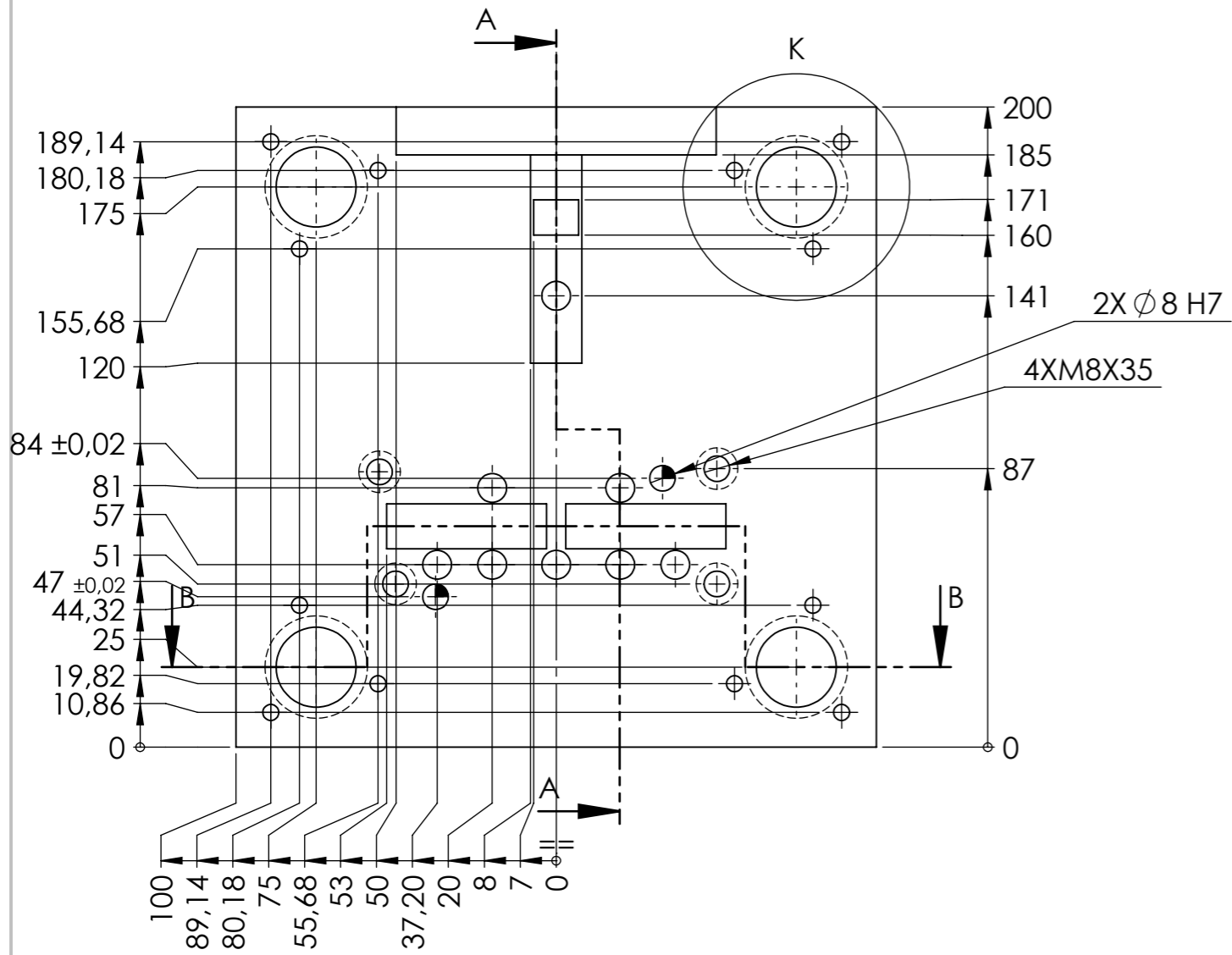
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
OUTIL A BANDE				
Echelle:00		UMMTO-FGC-CM		
A1		Sadki Thiziri - Si tayeb Lynda		Pro:2019 Master II



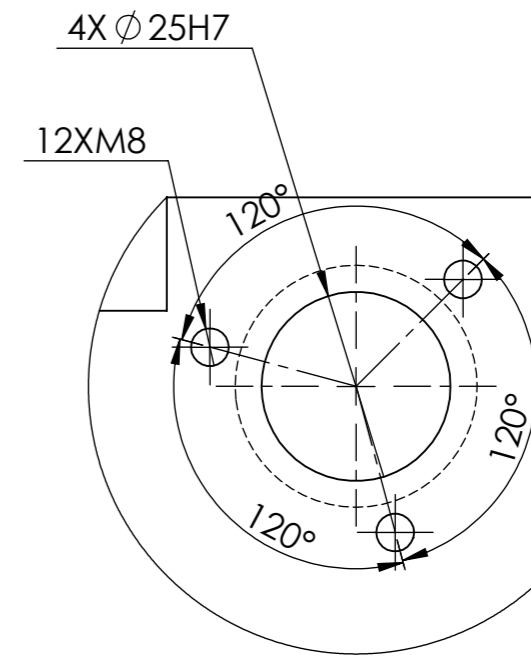
Ra=3,2



		Poinçon pilote	Z200 C12	58/60
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		OUTIL A SUIVRE	-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri	
			Planche:	
A4		UMMTO -FGC-CM	2018/2019	

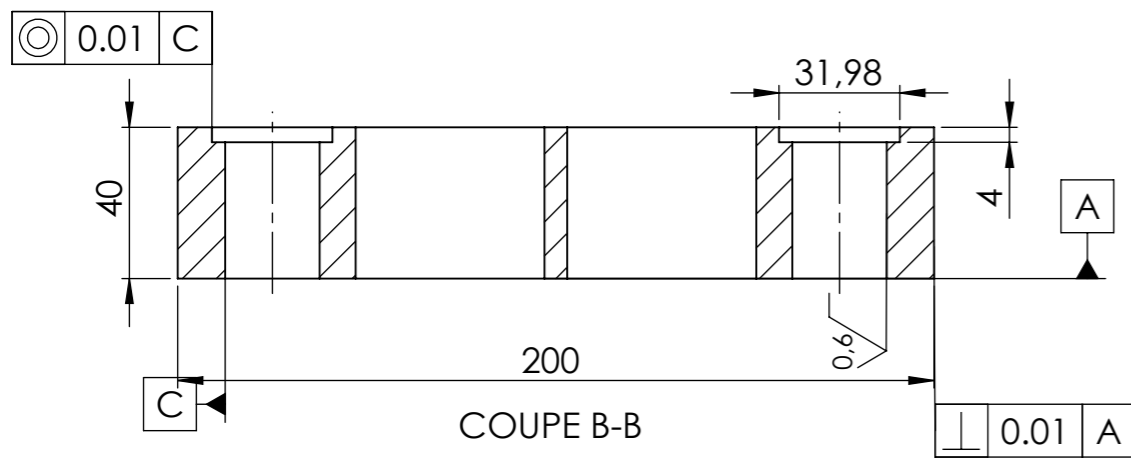


COUPE A-A

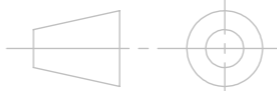


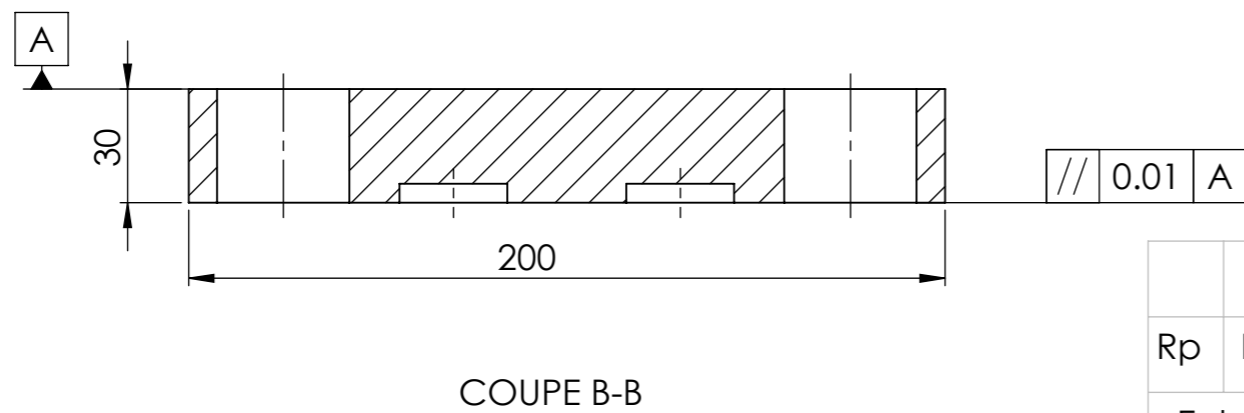
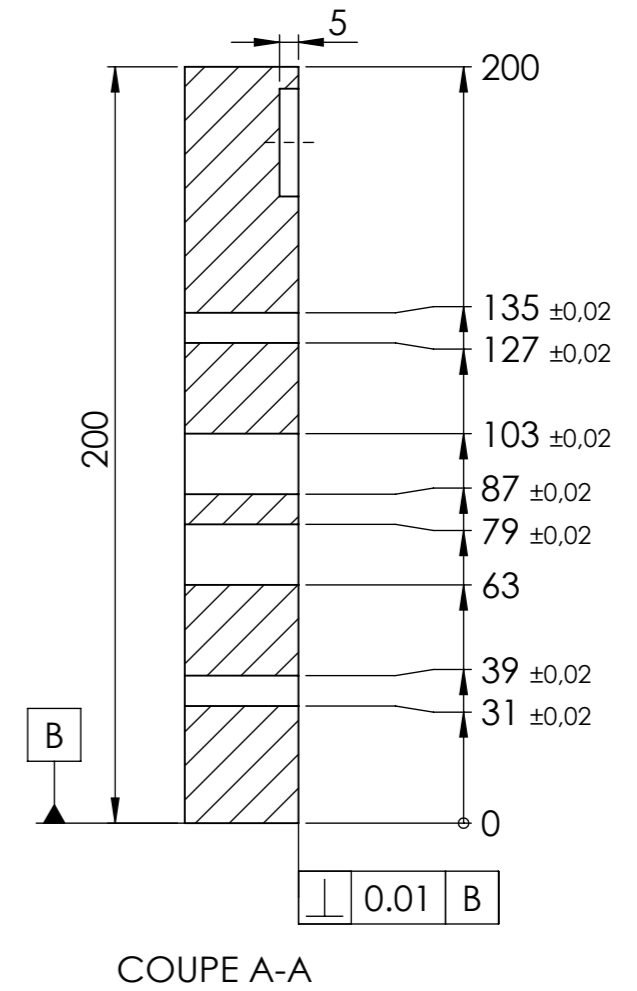
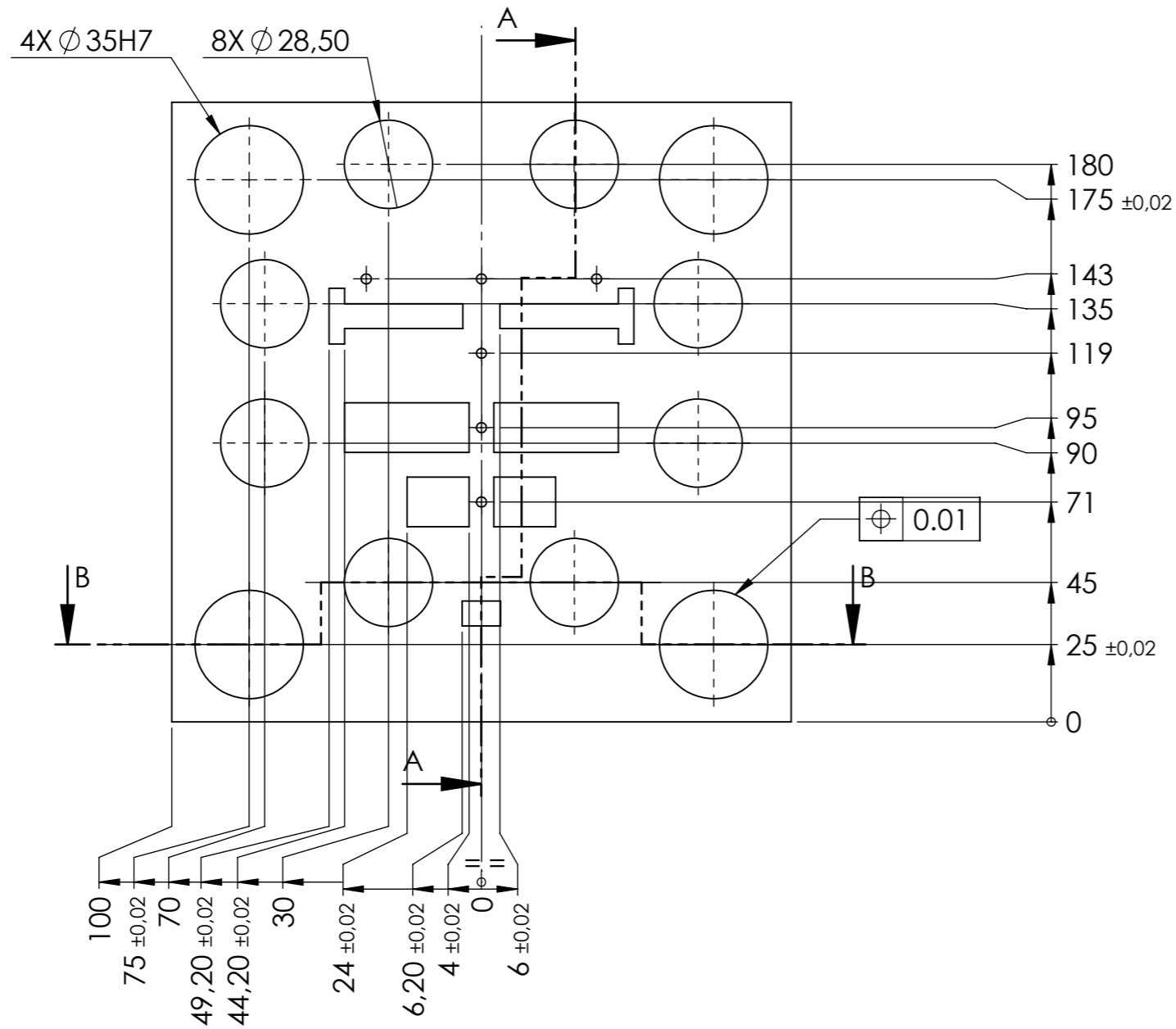
DÉTAIL K
ECHELLE 1 : 1

Ra=3,2



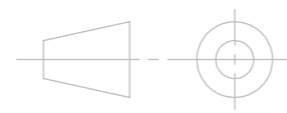
COUPE B-B

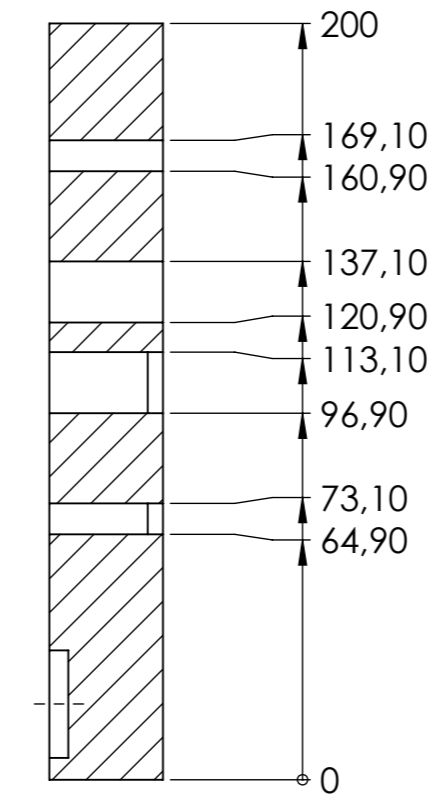
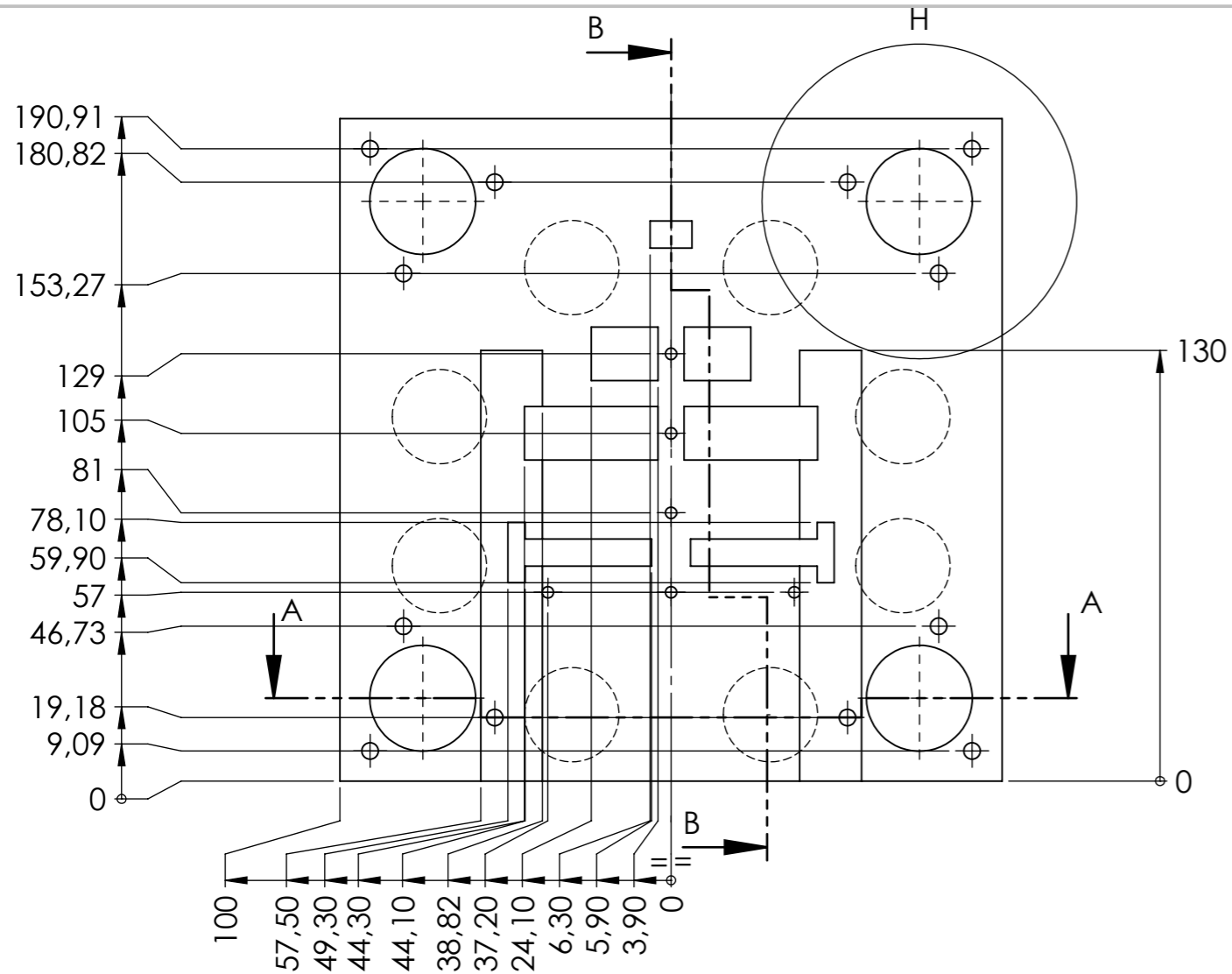
01		Porte matrice	C40	
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle:		OUTIL A SUIVRE		
				
A3				
		UMMTO-FGC-GM-CM		Planche:
				Promo:18/19



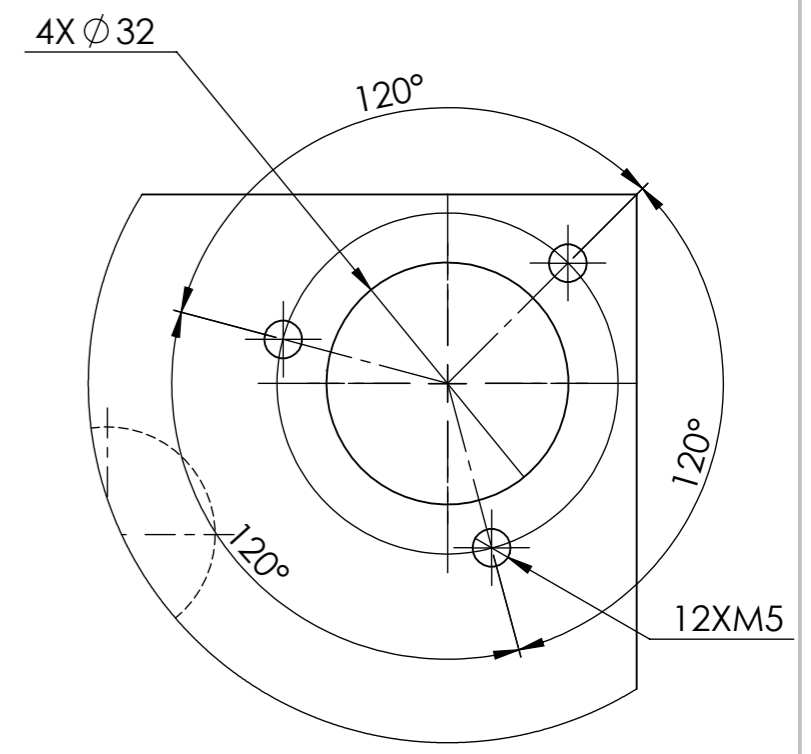
Tolérance général = 0,01

$Ra=3,2$

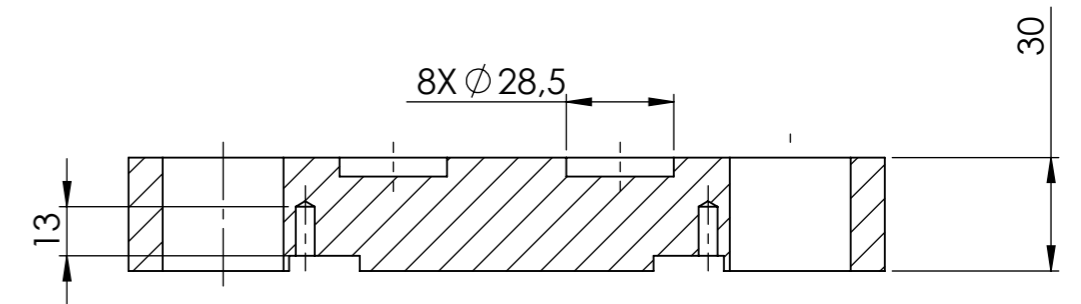
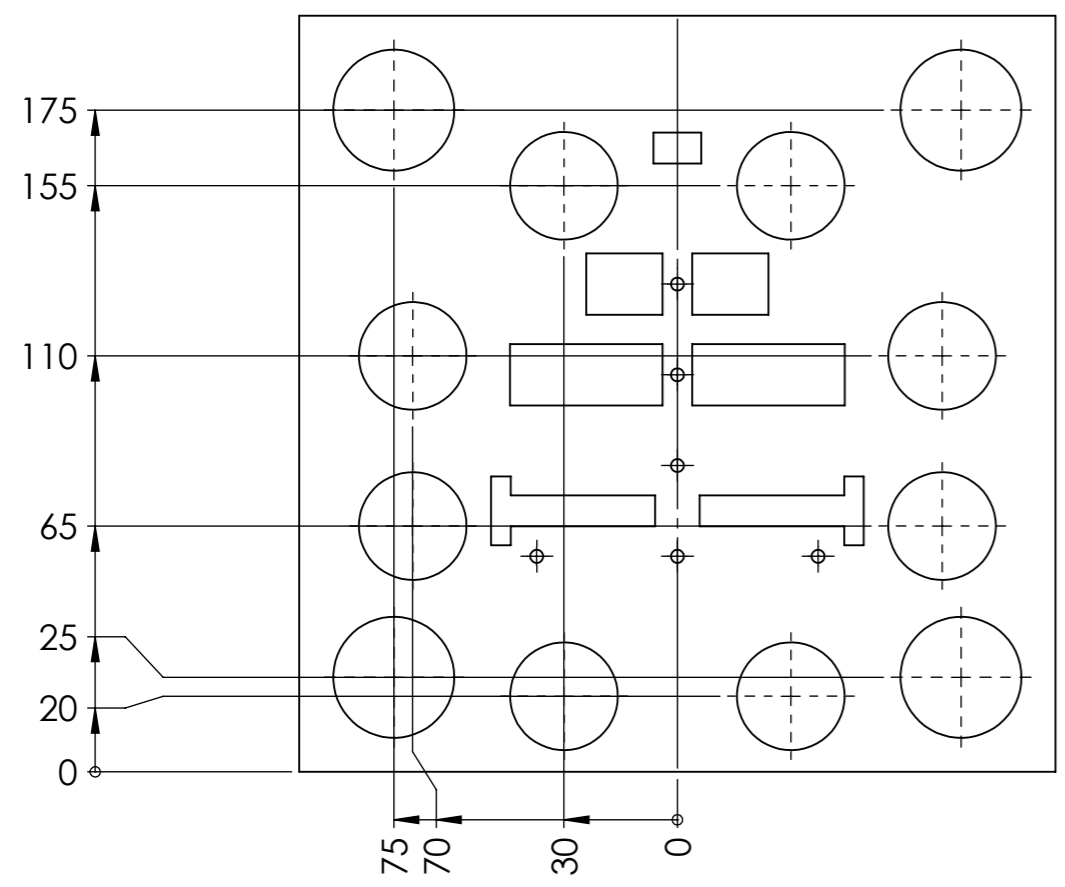
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
		Porte poinçon		
Echelle:		OUTIL A SUIVRE		-Sadki thiziri
				-Si tayeb lynda
A3				Planche:
		UMMTO-FGC-GM-CM		Promo:18/19




COUPE B-B

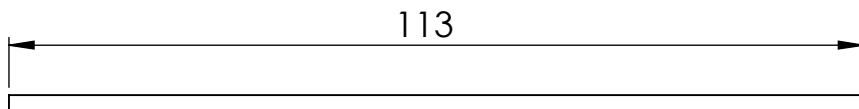
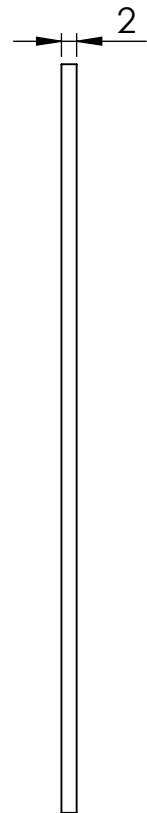
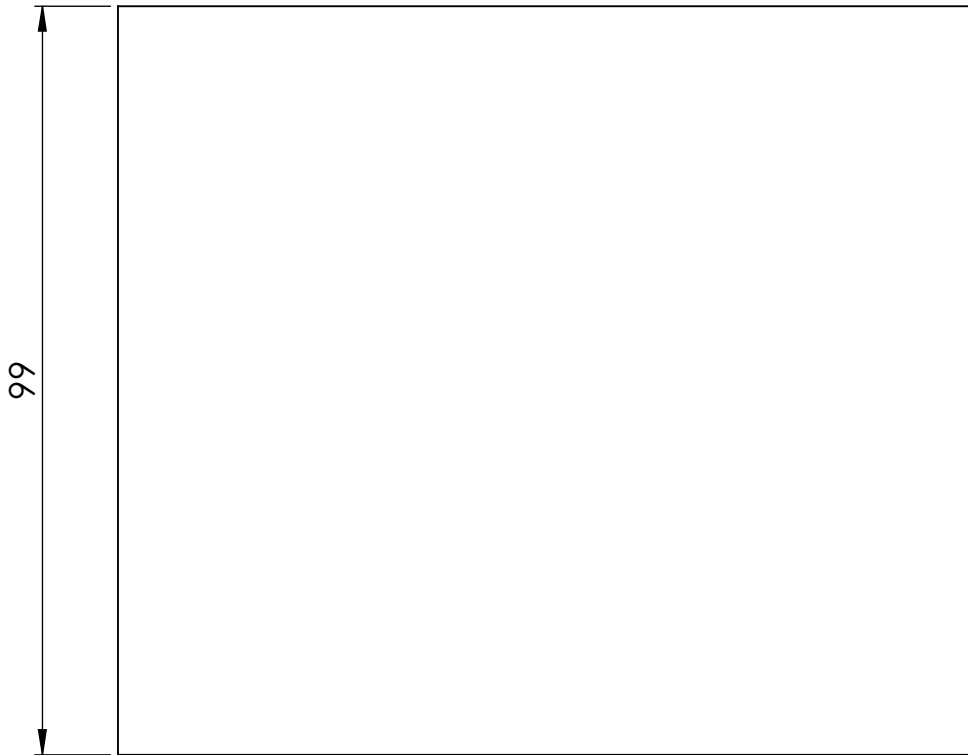


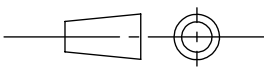
DÉTAIL H
ECHELLE 1 : 1

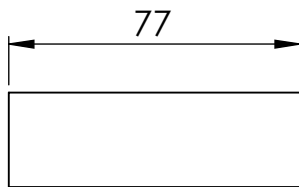
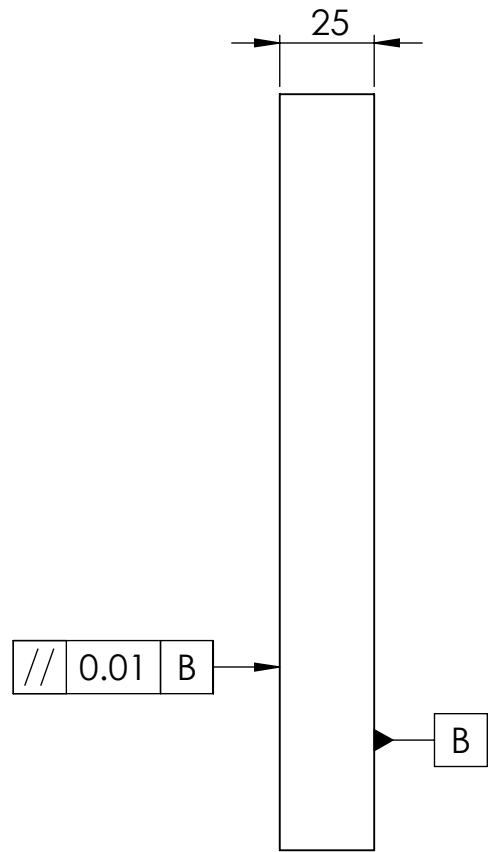
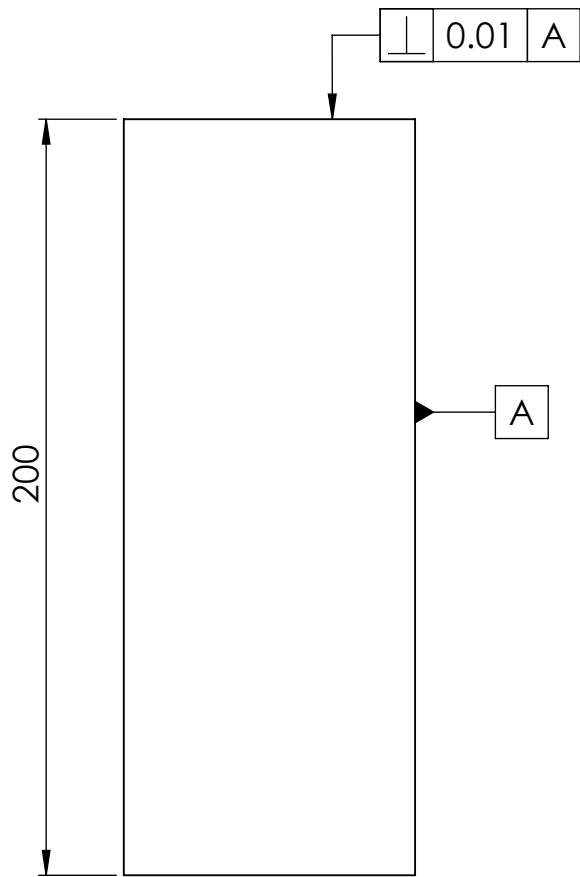


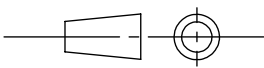
COUPE A-A

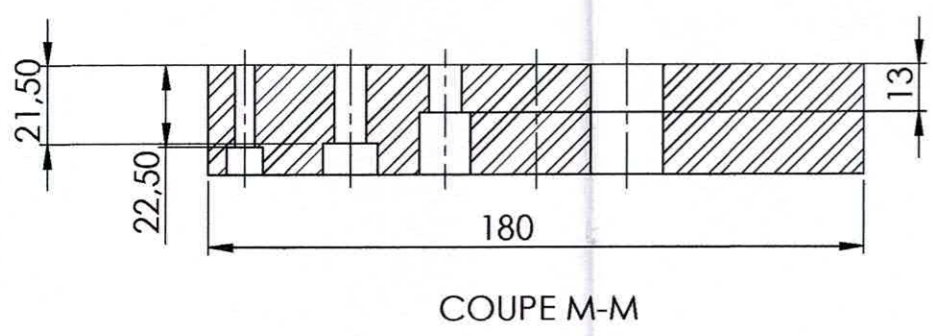
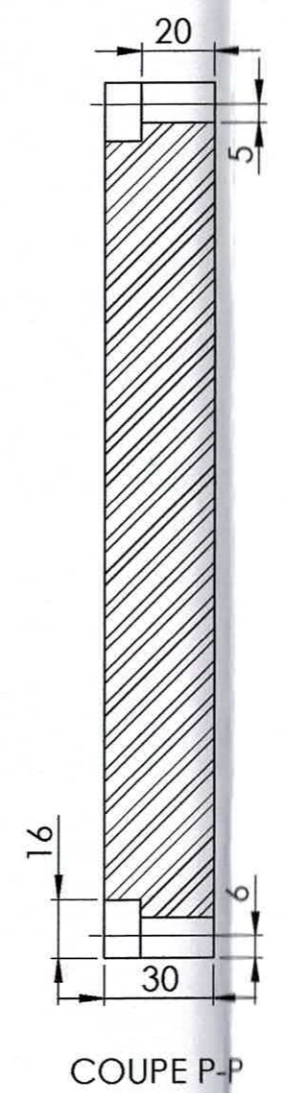
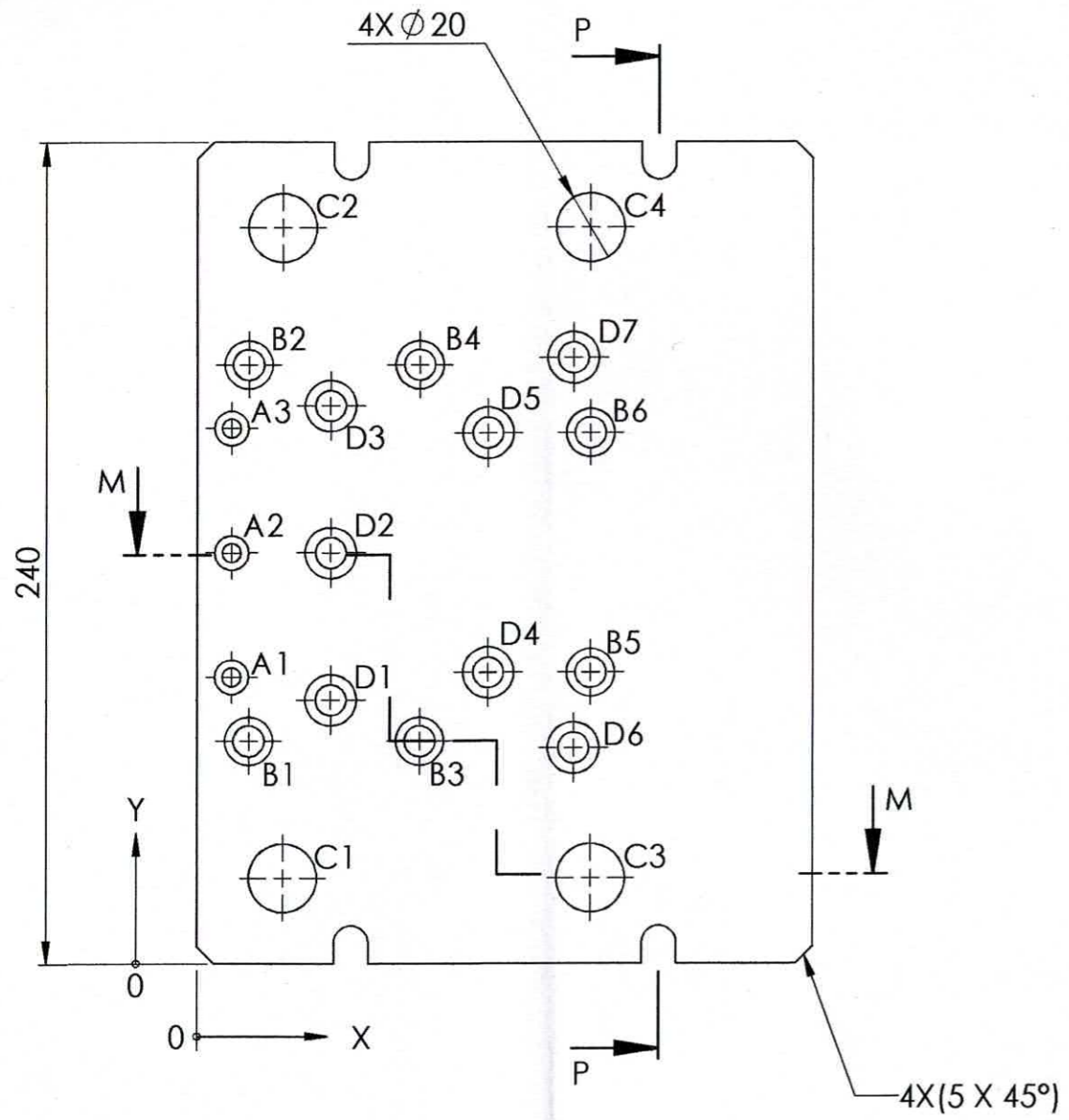
		Serre flan		
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2			OUTIL A BANDE	-Sadki thiziri
A3				-Si tayeb Lynda
				Planche:
		UMMTO-FGC-GM-CM		Promo:18/19



01		Support tole	Acier ordinaire	
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		OUTIL A BANDE		-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri
				Planche:
A4		UMMTO -FGC-GM-CM		2018/2019



02		Tasseau	Acier ordinaire	
Nbr	Rep	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		OUTIL A BANDE		-SI TAYEB Lynda -SADKI Thiziri
				Planche:
A4		UMMTO -FGC-GM-CM		Prom: 18/19

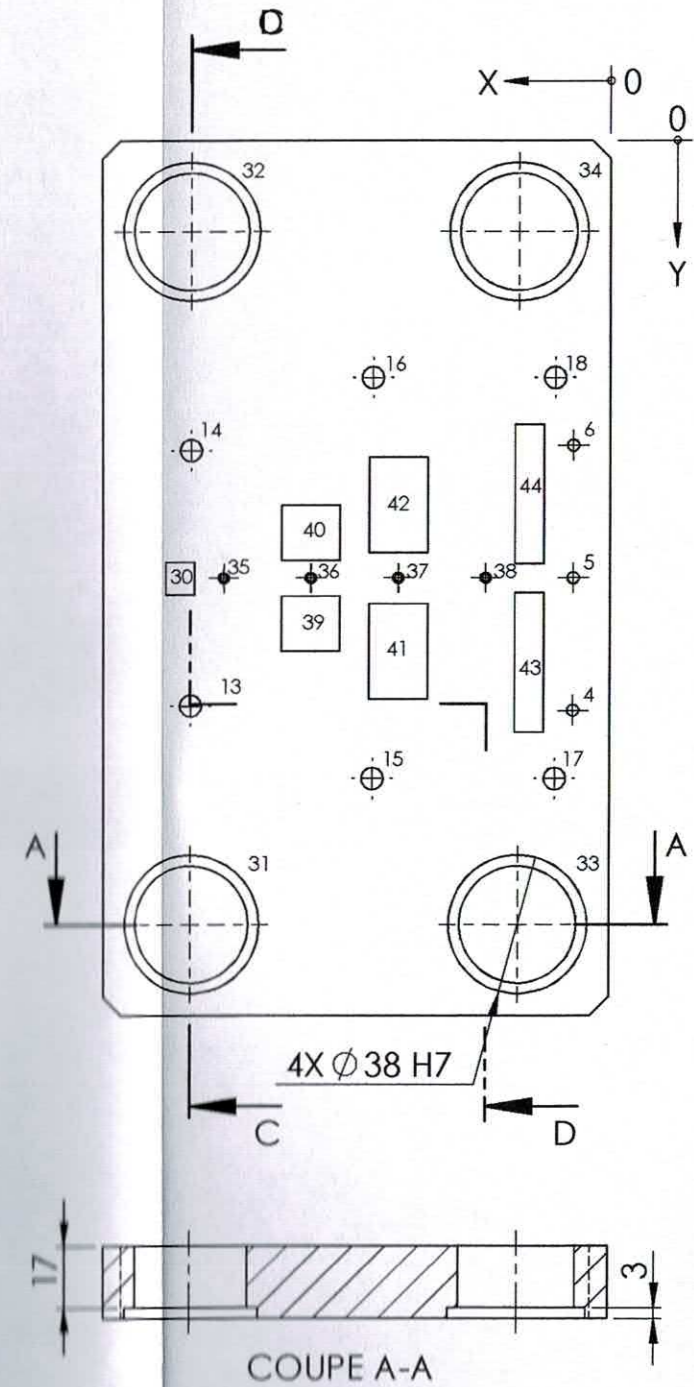
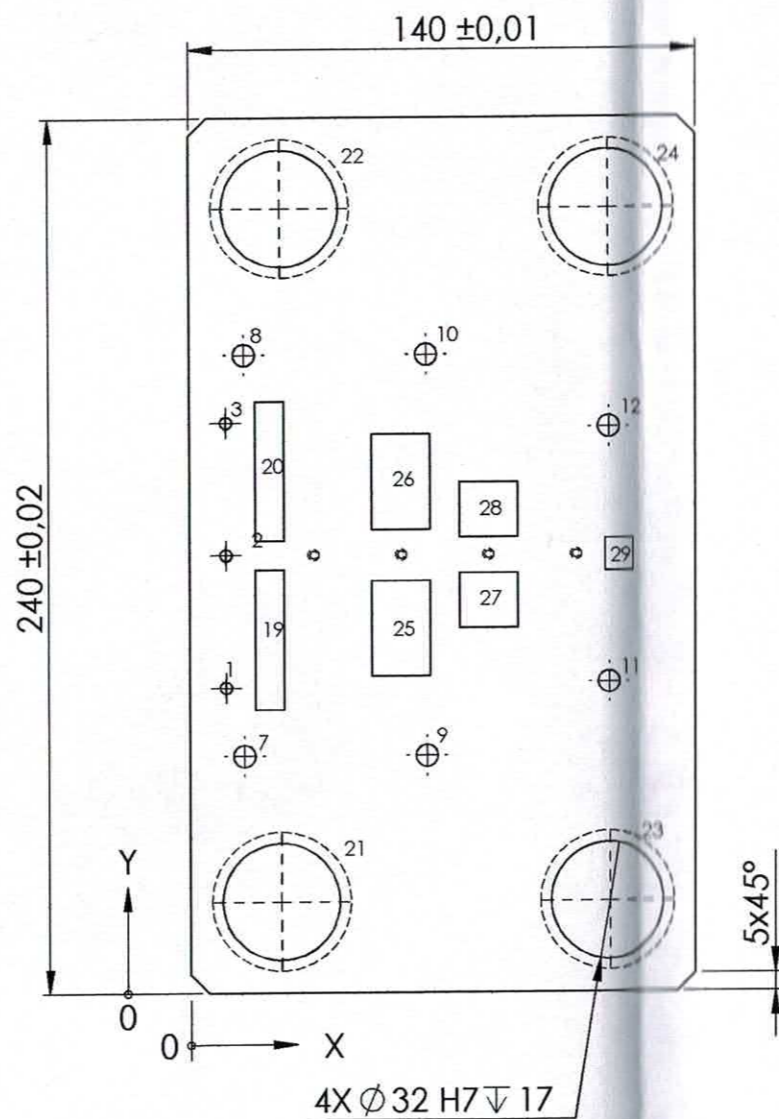


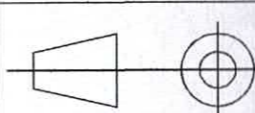
3.2

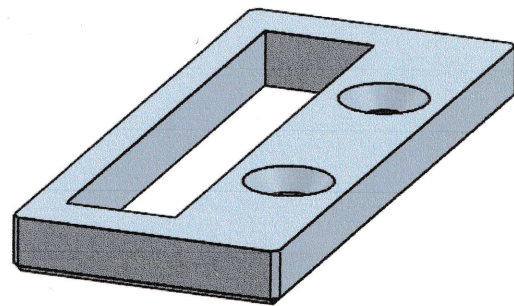
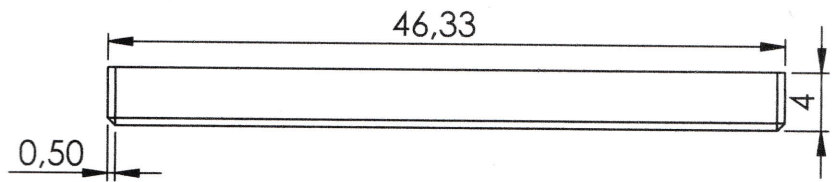
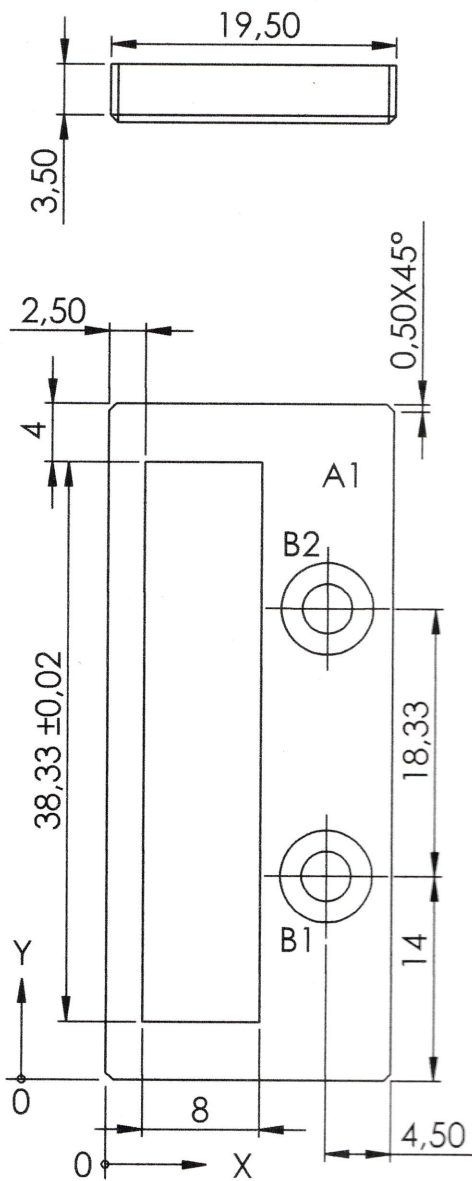
REPERE	POSITION X	POSITION Y	TAILLE
A1	10	83,67	∅ 5,50 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 10 ∇ 7,50
A2	10	120	∅ 5,50 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 10 ∇ 7,50
A3	10	156,33	∅ 5,50 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 10 ∇ 7,50
B1	15	65	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 14 ∇ 17
B2	15	175	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 14 ∇ 17
B3	65	65	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 14 ∇ 17
B4	65	175	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 14 ∇ 17
B5	115	85	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 14 ∇ 17
B6	115	155	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 14 ∇ 17
C1	25	25	∅ 20 A TRAVERS TOUT
C2	25	215	∅ 20 A TRAVERS TOUT
C3	115	25	∅ 20 A TRAVERS TOUT
C4	115	215	∅ 20 A TRAVERS TOUT
D1	39	77	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50
D2	39	120	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50
D3	39	163	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50
D4	85	85	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50
D5	85	155	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50
D6	110	63	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50
D7	110	177	∅ 9 A TRAVERS TOUT └─┘ ∅ 15 ∇ 8,50

03	01	Semelle supérieure		
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		OUTIL A BANDE		SADKI Thiziri
				SI TAYEB Lynda
A3		UMMTO-FGC-GM-CM		Planche: 18
				PROMO: 18/19

REPÈRE	POSITION X	POSITION Y	TAILLE
1	10	83,67	Ø 3,25 A TRAVERS TOUT
2	10	120	Ø 3,25 A TRAVERS TOUT
3	10	156,33	Ø 3,25 A TRAVERS TOUT
4	10	156,33	Ø 3,25 A TRAVERS TOUT
5	10	120	Ø 3,25 A TRAVERS TOUT
6	10	83,67	Ø 3,25 A TRAVERS TOUT
7	15	65	Ø 6 A TRAVERS TOUT
8	15	175	Ø 6 A TRAVERS TOUT
9	65	65	Ø 6 A TRAVERS TOUT
10	65	175	Ø 6 A TRAVERS TOUT
11	115	85	Ø 6 A TRAVERS TOUT
12	115	155	Ø 6 A TRAVERS TOUT
13	115	155	Ø 6 A TRAVERS TOUT
14	115	85	Ø 6 A TRAVERS TOUT
15	65	175	Ø 6 A TRAVERS TOUT
16	65	65	Ø 6 A TRAVERS TOUT
17	15	175	Ø 6 A TRAVERS TOUT
18	15	65	Ø 6 A TRAVERS TOUT
19	22	96,84	
20	22	143,16	
21	25	25	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
22	25	215	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
23	115	25	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
24	115	215	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
25	58	99,90	
26	58	140,10	
27	82	107,50	
28	82	132,50	
29	118	120	
30	118	120	
31	115	215	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
32	115	25	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
33	25	215	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
34	25	25	Ø 32 A TRAVERS TOUT □ Ø 38 ∇ 3
35	106	120	□ Ø 3 ∇ 1,50
36	82	120	□ Ø 3 ∇ 1,50
37	58	120	□ Ø 3 ∇ 1,50
38	34	120	□ Ø 3 ∇ 1,50
39	82	132,50	
40	82	107,50	
41	58	140,10	
42	58	99,90	
43	22	143,16	
44	22	96,84	

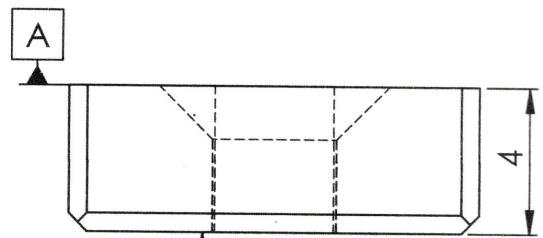
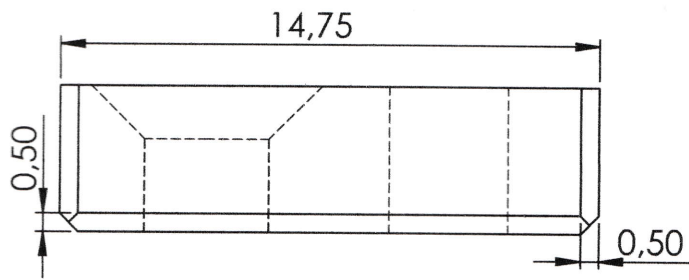


01	01	Dévevitresseuse	XC48	
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2			OUTIL A BANDE	SADKI Thiziri
A3				SI TAYEB Lynda
				Planche:05
		UMMTO-FGC-GM-CM		PROMO:18/19

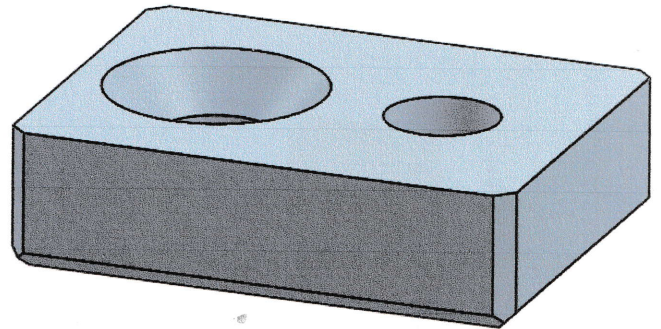
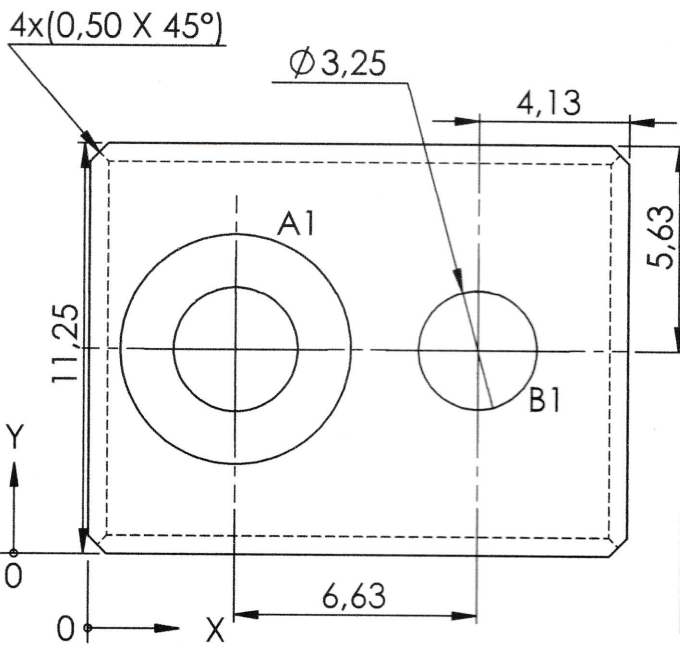


REPÈRE	POSITION X	POSITION Y	TAILLE
A1	6.50	23.17	
B1	15	14	∅ 3,40 A TRAVERS TOUT ∠ ∅ 6,30 X 90°
B2	15	32,33	∅ 3,40 A TRAVERS TOUT ∠ ∅ 6,30 X 90°

32	02	Matrice de grugeage	Z200 C12	58/60 HRC
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle:2:1		OUTIL A BANDE		SADKI Thiziri
				SI TAYEB Lynda
				Planche:08
A4		UMMTO-FGC-GM-CM		PROMO:18/19

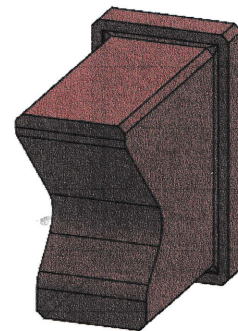
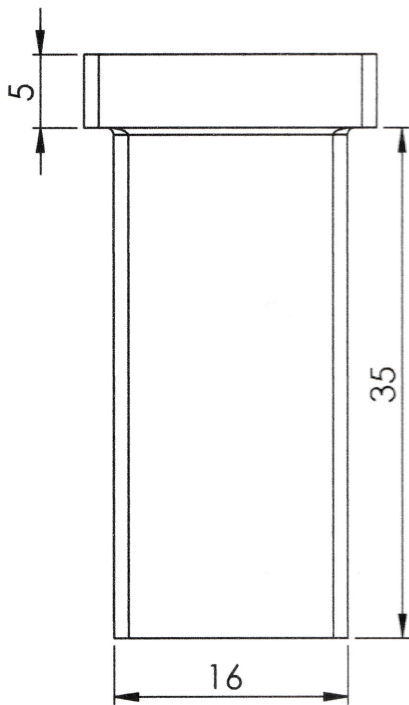
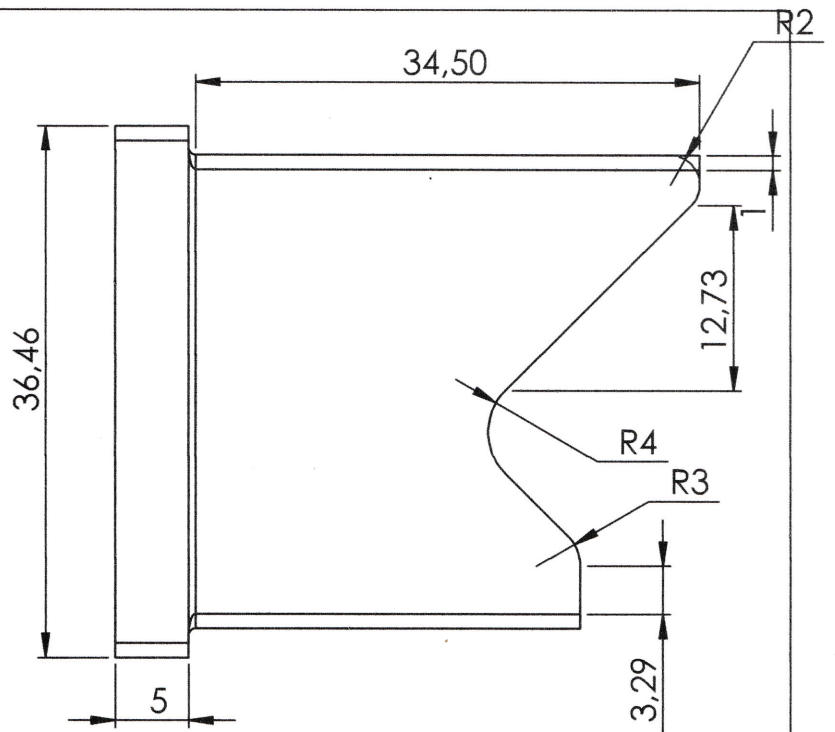
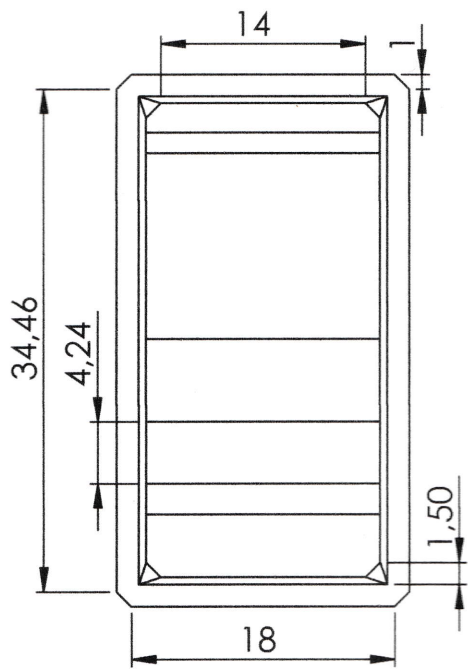


// 0.01 A



REPERE	POSITION X	POSITION Y	TAILLE
A1	4	5,63	\varnothing 3,40 A TRAVERS TOUT \sphericalangle \varnothing 6,30 X 90°
B1	10,63	5,63	\varnothing 3,25 A TRAVERS TOUT

31	03	Matrice de poinçonnage	Z200 C12	58/60 HRC
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle:5:1		OUTIL A BANDE	SADKI Thiziri	
			SI TAYEB Lynda	
A4		UMMTO-FGC-GM-CM	Planche:10	
			PROMO:18/19	



3.2

06	02	Matrice de pliage 45°	Z200 C12	58/60 HRC
Rp	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle:2:1		OUTIL A BANDE	SADKI Thiziri	
			SI TAYEB Lynda	
			Planche:09	
A4		UMMTO-FGC-GM-CM	PROMO:18/19	