

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



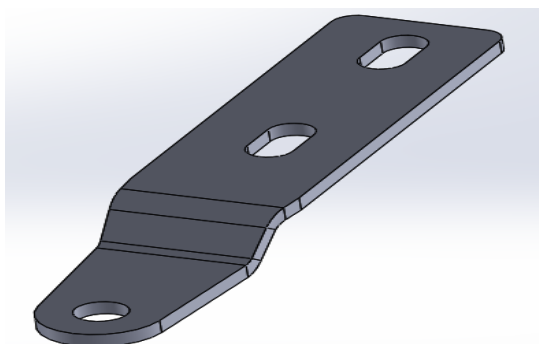
Memoire de fin d'études



*EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER ACADEMIQUE EN GENIE MECANIQUE
OPTION : CONSTRUCTION MECANIQUE*

Thème

*Étude et conception d'un outil à bande pour
la réalisation de la Charnière inférieure de
réfrigérateur B-C 50*



Réalisé par:

INGRACHEN Hamza
GUILALI Said

Dirigé par:

M^r k. HACHOUR

Copromoteur:

M^r Y.DIFALLAH

Promotion 2017-2018

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné la foi et le courage pour accomplir ce projet.

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

Nous exprimons notre reconnaissance à tout le personnel de l'unité de prestation technique (UPT) de l'ENIEM Oued Aissi, pour nous avoir dirigé et orienté pendant toute la durée de notre stage au sein de l'ENIEM.

Nos plus vifs remerciements vont aussi à tous les membres de jury pour avoir accepté d'honorer par leur jugement notre travail. Sans oublier nos parents qui ont sacrifié jusqu'aujourd'hui, aussi leurs encouragements incessants tout le long de notre parcours.

Enfin, nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Dédicaces

Il m'est agréable de saisir cette occasion pour

Dédier ce travail à toute ma famille:

Mes parents.

Mes frères et sœurs.

Tous mes amis (es) et tous ceux qui mon aidé de près

ou de Loin.

Said

*Je tiens très respectueusement à dédier
ce modeste travail :*

*A mes très chers parents qui sont la source de
mon éducation, mon savoir et mes principes.*

*A ma grand-mère, mes frères et sœurs pour leur
soutien.*

*A tous les gens que j'aime et dont je n'ai pas cité
les noms.*

Hamza

Sommaire

Introduction générale	01
Présentation de l'entreprise.....	03
Chapitre I : Procédés de mise en forme des tôles minces	
I-1) Introduction	06
I.2) Procédés d'obtention des tôles	06
I.2.1) Le laminage	06
• Le laminage à chaud	06
• Laminage à froid	07
• Laminage quarto	07
I. 3) Emboutissage	08
I. 3.1) Principed emboutissage.....	09
I. 3.2) Différents types d'emboutissages.....	11
I. 3.2.1) Emboutissage à froid	11
I. 3.2.2) Emboutissage à chaud	11
I.4) Le jeu entre le poinçon et la matrice	11
➤ Le rayon sur la matrice	11
➤ Le rayon sur le poinçon (Rp)	13
I.5) Effort d'emboutissage	13
➤ Vitesse d'emboutissage.....	13
➤ Effort de serre flan	14
➤ Effort de poinçon	15
I.6) Découpage	16
I.6.1) Principe de l'opération	17

I.6.2) Différents types de découpage	17
a. Cisailage	17
b. Encochage	18
c. Crevage	18
d. Grignotage.....	19
e. Ajourage	19
f. Détourage	19
g. Soyage	20
h. Le poinçonnage.....	20
➤ Le processus de poinçonnage	21
I.6.3) Les paramètres influençant sur l'opération de découpage	21
I.6.4) Jeu entre matrice et poinçon.....	22
I.6.5) Les paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse	23
a. Le serre flan	23
b. Pénétration du poinçon dans la matrice	23
c. Vitesse de découpage	23
I.6.6) L'effort appliqué lors du poinçonnage	24
➤ Contrainte sur le poinçon	24
I.7) Le pliage	26
I.7.1) Rayon de pliage	26
I.7.2) L'effort du pliage	27
I.7.3) Différents techniques de pliage	28
a. Pliage en frappe	28
b. Pliage en l'air	28
c. Pliage sur élastomère	29
I.7.4) Quelques exemples de travaux réalisés sur presse plieuse.....	30

I.7.5) Rayon minimale de pliage.....	30
I.7.6) Rayon et Angle du poinçon à utilisé en pliage.....	32
a. Rayon de poinçon	32
b. Angle de poinçon	33
I.7.7) Calcul de l'effort de pliage.....	34
I.8) Conclusion.....	34

Chapitre II les machines utilisées

II.1) Introduction.....	35
II.2) Paramètres de distinction des presses	35
III.3) différentes presses.....	35
III.3.1) selon le mode de transmission d'énergie.....	35
III.3.1.1) les presses mécaniques	35
III.3.1.1.1) Mécanismes de commandes	36
- Système bielle-manivelle	36
- Système excentrique	37
- Système à genouillère	37
- Système a came	38
III.3.1.1.2) Embrayage	39
- Embrayage par friction	39
- Embrayage automatique par clavette	40
III.3.1.2) les presses hydrauliques	40
III.3.1.2. 1)Mécanismes de commandes	41
III.3.1.3) Avantages et inconvénients des presses.....	42

hydrauliques et mécanique

II.3.2) Selon la forme du bâti	43
II.3.2.1) Presse à col de cygne	43
II.3.2.2) Presse à montant droit.....	44
- Presses à deux montants.....	44
- Presses à quatre montants	44
II.3.2.3) Presses à arcade.....	45
II.3.2.4) Presse à table mobile et bigorne.....	46
II.3.3) Selon le nombre de coulisseaux	47
II.3.3.1) Presses simple effet.....	47
II.3.3.2) Presses double effets	47
II.3.3.3) Presses triple effets	48
II.4) Critères de choix d'une presse	49
II.5) Sécurités sur les presses	50
II.5)Conclusion	51

Chapitre III :Les outils des presses

III.1) Introduction	52
III.2) Les éléments principaux des outils	52
III.2.1) Le poinçon	53
III.2.2.)la Matrice	53
III.2.3) Dépouille	53
III.3) Paramètres influents dans le développement d'un outil	54
a) La pièce à fabriquer	54
b) La gamme de mise en forme.....	54

c) La technologie de l'outil	55
d) Le type d'outil.....	55
III.4) Types d'outil de presse	55
III.4.1)Outil à bande.....	55
III.4.2) Outil suisse	56
III.4.3) Outil avec poste à came	57
III.4.4) Les outils de reprise	58
III.4.5) Outils de détournage	59
III.4.6) Outil découvert	60
- Outil simple découverte	60
- Outil découvert à butées.....	61
III.4.7)Outil à devétisseure fixe	62
III.4.8)Outils à dévetisseur élastique	62
III.4.9) les outils de cambrage	63
- Outil cambrage en V	63
- Outil cambrage en équerre	64
- Outil de cambrage en U	65
III.4.10) Outil d'emboutissage	65
a) Outils d'emboutissage sans serre flan.....	65
b) Outil d'emboutissage à serre flan	66
- Outil placé sur une presse à simple effet	66
- Outil placé sur une presse à double effet	67
III.4.11) Outil de finition (ou repassage)... ..	67
III.4.12) Matériaux d'outillage	67
a) Bonnes propriétés liées à la tenue en service	67

b) Bonnes propriétés liées à la mise en œuvre	68
III.5) Montage des outils sur les presses	68
III.5.1) Petite presses.....	69
- Partie inférieure de l’outil	69
- Partie supérieure de l’outil	70
III.5.2) Grosse presses.....	70
III.6) Graissage des outils	71
III.7) Conclusion	71

Chapitre VI :Etude et conception de l’outil

IV.1) Introduction	72
IV.2) Cahier des charges.....	72
IV.2.1) Emplacement de la pièce.....	73
IV.3) Outil proposé	75
IV.4)Processus de fabrication	76
IV.5) Calcul des efforts	78
IV.5.1) Calcul de l’effort de découpage et poinçonnage	78
IV.5.2) Calcul de l’effort de pliage.....	81
IV.5.3) Effort de dévêtissageF _{dév}	82
IV.5.4) Calcul de l’effort total que doit fournir la presse	83
IV.6) Choix de ressort	83
IV.7) choix de la presse à utiliser.....	85
IV.8) Jeu de découpage	86
IV.9) Calcul des poinçons à la résistance	86
IV.10) Position adéquate de l’outil sur la presse (centre d’inertie)	90

IV.11) Conception de l’outil	93
IV.11.1) Partie inférieur	93
IV.11.2) Partie supérieure	95
IV.12) Conclusion.....	97
Conclusion générale	98

Liste des figures

Figure 1: Organisation générale de l'entreprise	06
Figure 2 : Train de laminage	07
Figure3 : Schéma d'une cage quarto de laminage.....	08
Figure 4 : Emboutissage	09
Figure 5 : Phase 1 d'emboutissage	09
Figure 6 : Phase 2 d'emboutissage	09
Figure 7 : Phase 3 d'emboutissage	10
Figure 8 : Phase 4 d'emboutissage	10
Figure 9: Variation de l'arrondi sur la matrice.....	12
Figure 10: Rayon de pliage	13
Figure 11 : Direction des efforts F_e et F_s	15
Figure 12 : Principe de l'opération.....	17
Figure 13 : cisailage des tôles	18
Figure 14 : Encochage.....	18
Figure 15 : Crevage	19
Figure 16 : Grignotage	19
Figure 17 : Ajourage	19
Figure 18 : Détourage.....	20
Figure 19 : Soyage.....	20
Figure 20 : Pièce poinçonnée	20
Figure 21 : Jeu de coupe.....	22
Figure 22 : Le jeu entre poinçon et matrice.....	22

Figure 23 : Contrainte de compression sur le poinçon.....	25
Figure 24 : État du flambement d'un poinçon	26
Figure 25 : Procédé de pliage	26
Figure 26 : Position de la fibre neutre	27
Figure 27 : Pliage en frappe	28
Figure 28 : Pliage en air	29
Figure 29 : Pliage sur élastomère	29
Figure 30 : Opérations réalisées sur une presse plieuse	30
Figure 31 : Phénomène du retour élastique	32
Figure 32 : Pliage en V sur presse plieuse.....	33
Figure 33 : Angle de poinçon	33
Figure 34 : Presse mécanique.....	36
Figure 35: Système bielle-manivelle.....	37
Figure 36 : Système excentrique	37
Figure 37 : Système à genouillère	38
Figure 38: Système à came	39
Figure 39 : Système d'embrayage à friction à commande électropneumatique.....	39
Figure 40 : Embrayage automatique par clavette	40
Figure 41 : Principe de pascal	41
Figure 42 : Presse hydraulique	41
Figure 43 : Presse à col de cygne	43
Figure 44 : Presse à deux montants.....	44
Figure 45: Presse à quatre montants.....	45
Figure 46: Presse à arcade	46

Figure 47: Presse à table mobile et bigorne	47
Figure 48 : Presse à double effets.....	48
Figure 49 : Presse triple effets.....	49
Figure 50 : Principe des presses a triple effets	49
Figure 51 : Dispositifs de sécurité des presses	50
Figure 52: Les noms des pièces et les dispositifs de la sécurité des presses.....	51
Figure 53 : Exemple d'un outil	52
Figure 54 : Schématisations poinçon matrice	53
Figure 55 : Dimension de la dépouille	54
Figure 56 : Outil à bande fait avec Solidworks	56
Figure 57 : Outil suisse.....	57
Figure 58 : Schéma de principe d'un poste à came dans un outil	58
Figure 59: Outil à came	58
Figure 60 : Outil de reprise	59
Figure 61 : Outils de détournage	60
Figure 62 : Outil simple découvert.....	61
Figure 63 : Système Outil découvert à butées.....	61
Figure 64 : Outil à dévêtisseur fixe	62
Figure 65: Outils à dévêtisseur élastique.....	63
Figure 66 : Outil de cambrage en v	64
Figure 67 : Outil de cambrage en équerre	64
Figure 68 : Outil de cambrage en U	65
Figure 69 : Principe outils d'emboutissage sans serre flan	66
Figure 70 : Outil placé sur une presse à simple effet	66

Figure 71 : Outil placé sur une presse à double effet	67
Figure 72 : Plateau de presse.....	69
Figure 73 : Système de fixation de la semelle au plateau	69
Figure 74: Système de fixation de la partie supérieure de l’outil.....	70
Figure 75 : Système de fixation pour les grosses presses	70
Figure 76 : La forme de la charnière	72
Figure 77 : Dimension de la pièce.....	73
Figure 78 : Emplacement de la charnière sur le réfrigérateur.....	74
Figure79 : Réfrigérateur (BC-50	75
Figure 80 : Outil à bande.....	76
Figure81 : Mise en bande	77
Figure 82 : Découpage de pas	79
Figure 83 : Schéma de dimensionnement d’un ressort	84
Figure 84 : Chemise	89
Figure 85 :Position adéquate de l’outil sur la presse (centre d’inertie)	91
Figure86 :Barycentre de la matrice (centre d’inertie)	93

Liste des tableaux

Tableau 1 : vitesses d'emboutissage	14
Tableau 2 : Pression des matériaux	14
Tableau 3 : Effort des poinçons.....	16
Tableau 4 : Rayon minimal de pliage.....	31
Tableau .5 : Avantages et inconvénients des presses mécaniques et hydrauliques.....	42
Tableau 6: Les différents matériaux utilisés.....	68
Tableau 7 : Ressort charge hyper forte.....	85
Tableau8 : Caractéristique de la presse à utiliser	85
Tableau9 : Longueur libre de flambement en fonction de type de liaison.....	88
Tableau 10: Centre d'inertie des efforts de découpage	92

Introduction générale

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

Parmi les principaux procédés qui permet d'assurer la production en grande série, se trouve le procédé de formage. Ce dernier réunit plusieurs techniques dont on peut citer (plusieurs types de découpage tel que le crevage, encochage, ajourage, grignotage, détournage et la technique de poinçonnage...

La production de chaque pièce réclame la mise au point d'un outillage approprié. Alors l'unité de présentation technique (UPT) de l'ENIEM, nous a confié de faire une conception et étude d'un outil pour la réalisation d'une charnière inférieure d'un réfrigérateur la géométrie de cette pièce nous a mené à utiliser les procédés suivants : le poinçonnage, le découpage et le pliage afin d'arriver à l'obtention de la pièce finie.

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

Pour l'étude de ce projet nous avons reparti le travail comme suit.

Partie 1

Elle est réservée pour la présentation de l'entreprise et de sujet.

Partie 2

Cette partie comporte 4 chapitres

Le premier chapitre sur les procédés de mise en forme des tôles minces.

Le deuxième sur les machines utilisée.

Le troisième sur les outils utilisé dans les différentes opérations de mise en forme

Le quatrième est consacré pour l'étude et la conception de l'outil enutilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur (Solidworks).

Le travail ainsi effectué nous permet de tirer une conclusion générale.

1.) Présentation de l'entreprise

L'entreprise nationale des industries électroménagères ENIEM est née après la restriction de l'entreprise mère SONELEC le 02 janvier 1983, dont cette dernière a été datée en août 1971.

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

Connu aujourd'hui le leader de l'électroménagère en Algérie et ce la dans divers domaines tels que :

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

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

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

Actuellement, l'entreprise ENIEM est constituée de :

- La direction générale (DG).
- L'unité froid (UF).
- L'unité cuisson (UCuis).
- L'unité climatisation (UCL).
- L'unité prestation technique (UPT).
- L'unité commerciale (UC).
- L'unité sanitaire (US).
- La filiale FILAMP.

1.2) Mission et Objectifs de l'ENIEM :

1.2.1) Mission de l'ENIEM

La mission de l'ENIEM est la fabrication, le montage, le développement et la commercialisation des appareils ménagers, le développement et la recherche dans le domaine des branches clés de l'électroménager notamment :

- Appareil de réfrigération.
- Appareil de congélation.
- Appareil de climatisation.
- Appareil de cuisson.
- Petits appareils ménagers »PAM «.

- **Mission des Unités**

-Unité Froid : elle est chargée de la production des équipements, produits et composants relevant du domaine du froid (réfrigérateur).

-Unité Cuisson : elle s'occupe de la production des équipements produits et composants relevant du domaine de la cuisson (cuisinière).

-Unité Climatisation : elle assure la production des équipements, et composants relevant du domaine de la cuisson (cuisinières).

-Unité Climatisation : elle assure la production des équipements, produits et composants relevant du domaine De la climatisation (climatiseurs et petit appareils ménagers).

-Unité Prestation Technique : elle réalise des travaux ou prestations technique et service pour le compte des autres unités ou pour des clients externes.

-Unité Commerciale : elle est chargée de la commercialisation des produits fabriqués par les unités de production.

1.2.2) Objectif de l'ENIEM

L'ENIEM s'est assignée plusieurs objectifs afin d'assurer un impact plus performant au niveau de ses fonctions à savoir :

- L'amélioration de la qualité des produits.
- L'augmentation des capacités d'études et de développement.

- L'amélioration de la maintenance d'outils de production et des installations.
- La valorisation des ressources humaines.
- La réduction des coûts et de la relance d'autres sources de revenus.
- L'augmentation du volume de production en corrélation avec les variations de la demande (marché local, externe).
- Le renforcement de la sécurité du patrimoine et des installations.
- La restriction comme processus irréversible et impératif à la suivie de l'entreprise.
- Réduire les charges des structures.
- Le placement de son produit à l'échelle internationale.

1.2.3) Organisation générale de l'entreprise

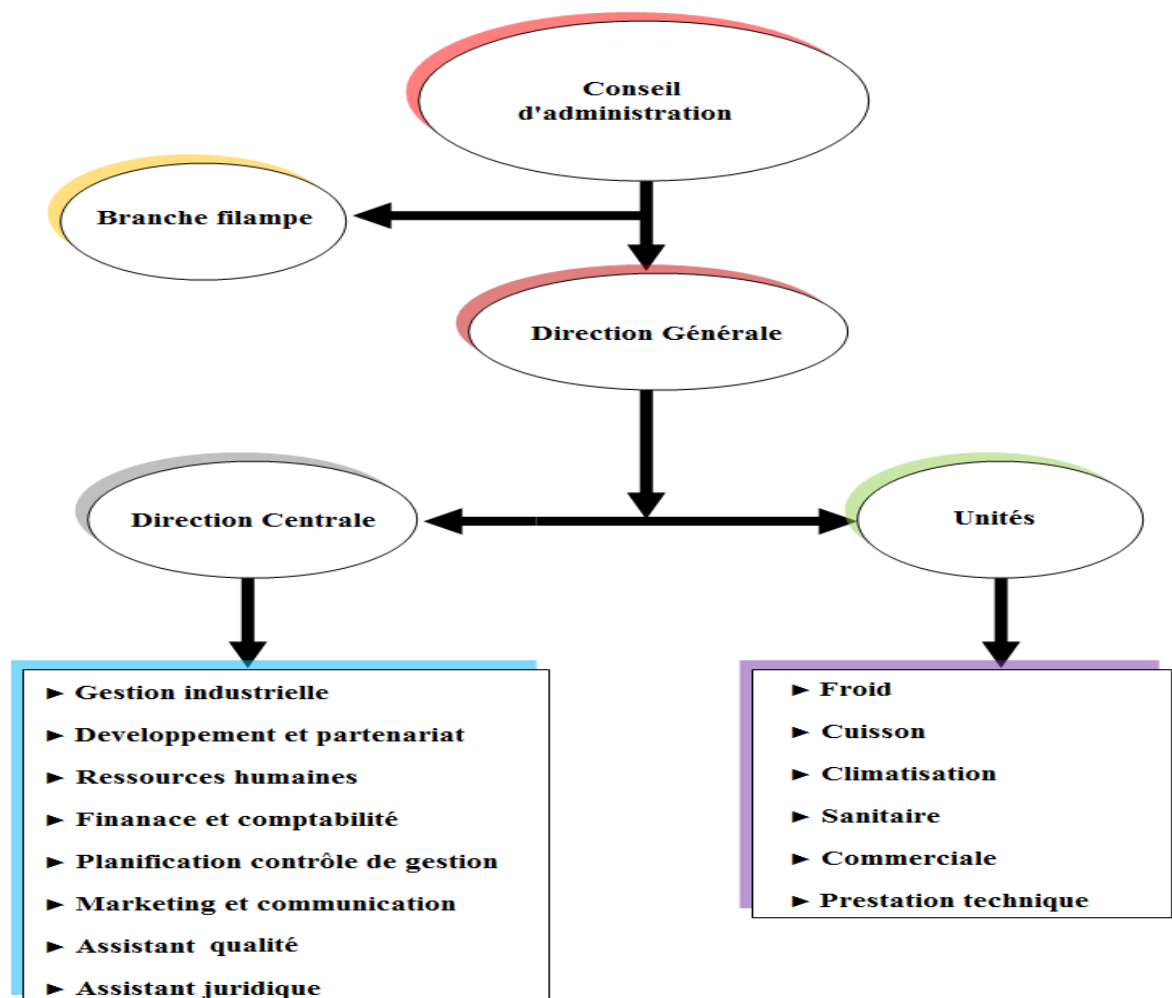


Figure 1: Organisation générale de l'entreprise

Chapitre I

*Procédés de mise en forme des
tôles minces*

I.1) Introduction

L'usinage des tôles aux formes demandées, est obtenu par des opérations différentes. Comme le cisaillement (sous plusieurs formes, découpage, poinçonnage,....etc.), pliage, emboutissage.

I.2) Procédés d'obtention des tôles

Les étapes globales permettant de transformer la brame(bloc d acier brut), en une bande mince et large embobinée à chaud, ayant les caractéristiques géométriques et métallurgiques ainsi que l'état de surface requis pour sa transformation ultérieure. Après l'obtention du brut, la brame passe par le procédé de laminage, qui est une opération de mise en forme par déformation plastique, destinée à réduire la section d un produit de grande longueur, par passage entre deux ou plusieurs outils tournant autour de leurs axes en sens inverse. C'est la rotation des outils qui entraîne le produit dans l'emprise par l'intermédiaire des frottements.

I.2.1) Le laminage : il existe plusieurs type de laminage :

- **Le laminage à chaud**

S'impose pour deux raisons capitales :

- la première est que la résistance à chaud du métal décroît très rapidement avec la température, la seconde est d'ordre métallurgique.

La brame est acheminée à travers différentes cages successives équipées de cylindres de laminage, de façon à obtenir une large bande, à la sortie de la dernière cage, la bande est refroidie par un processus d'arrosage, puis enroulée sur une bobineuse de façon à former une bobine. La bobine est ensuite déroulée sur une ligne de déroulage, redressée, planée est coupée à la longueur souhaitée, pour obtenir des tôles. Cette technique s'applique couramment à des largeurs allant jusqu'à 2150 mm et des épaisseurs jusqu'à 25 mm.

La tôle laminée à chaud non décapée est souvent qualifiée de tôle "noire". Les bobines laminées à chaud non décapées jusqu'à une épaisseur et une largeur données. Le décapage (traitement chimique) élimine la calamine et les impuretés de la surface du produit pour éviter la corrosion de la surface traitée, une couche protectrice est appliquée (généralement un mince film d'huile) la norme EN10051 reprend les tolérances sur les dimensions et la forme des bobines et des tôles à chaud décapées ou noires.

- **Laminage à froid**

Il provoque un écrouissage du métal, le laminage ne peut se poursuivre au-delà de la limite de rupture, par ailleurs l'écrouissage peut en entraîner un dépassement des capacités de puissances du système de laminage à froid.

Le laminage à froid est ensuite nécessaire pour obtenir les caractéristiques géométriques et mécaniques adéquates, ainsi qu'un bon état de surface.

Le laminage à froid est généralement réalisé sur des laminoirs réversibles multicylindre, où plusieurs cages se succèdent, il s'agit d'un train de laminage (voir la figure 2). Deux bobineuses sont disposées de chaque côté des cages pour assurer la traction de la bande. Le laminage s'effectue sous film d'huile minérale afin de faciliter l'écoulement du métal, éliminer la chaleur produite par le laminage et lubrifier les équipements internes de la cage de laminage.

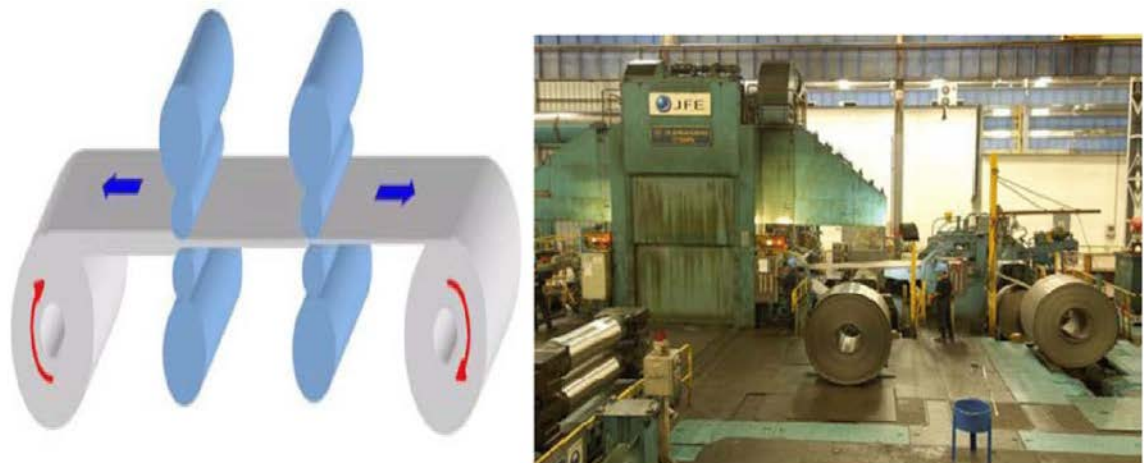


Figure 2 : Train de laminage

- **Laminage quarto**

Dans le laminoir quarto, la brique est laminée dans deux cages quarto (constituée de quatre cylindres), une dégrossisseuse et une finasseuse, jusqu'à obtenir l'épaisseur voulue la plaque ainsi obtenue est refroidie et aplanie. Cette technique permet de laminier des plaques plus larges et/ou plus épaisses que dans un laminoir à chaud de train à bandes, selon la qualité demandée, les propriétés mécaniques de la tôle quarto sont souvent améliorées après le

laminage par des traitements thermiques comme la normalisation. La norme EN 10029 précise les tolérances sur les dimensions et la forme de la tôle quarto.

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

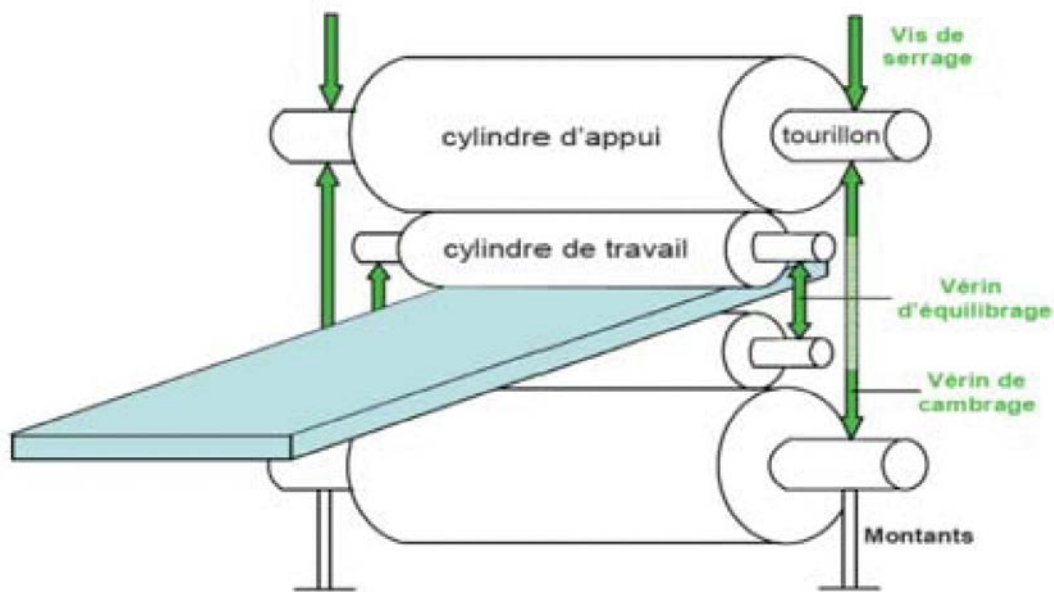


Figure 3 : Schéma d'une cage quarto de laminage

I.3) Emboutissage [1]

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique d'une surface de métal entraînée par un poinçon dans une matrice.

La surface est entraînée par déplacement moléculaire de la matière difficilement réversible de ce fait, on considère que la pièce obtenue n'est pas développable.

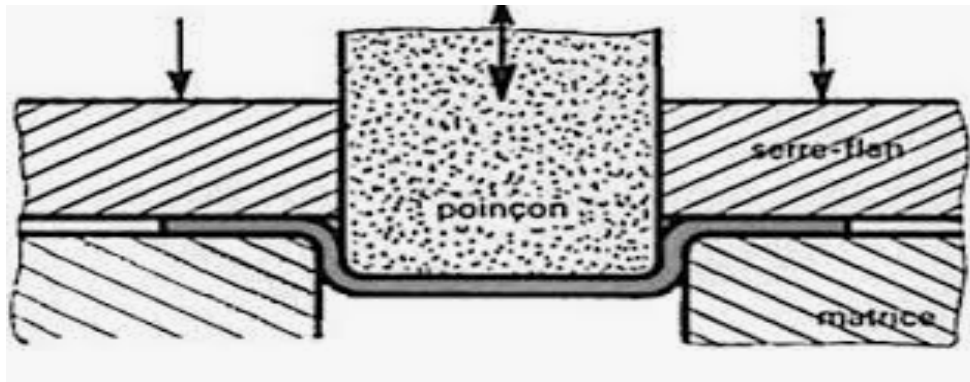


Figure 4 : Emboutissage

I.3.1) Principed emboutissage

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

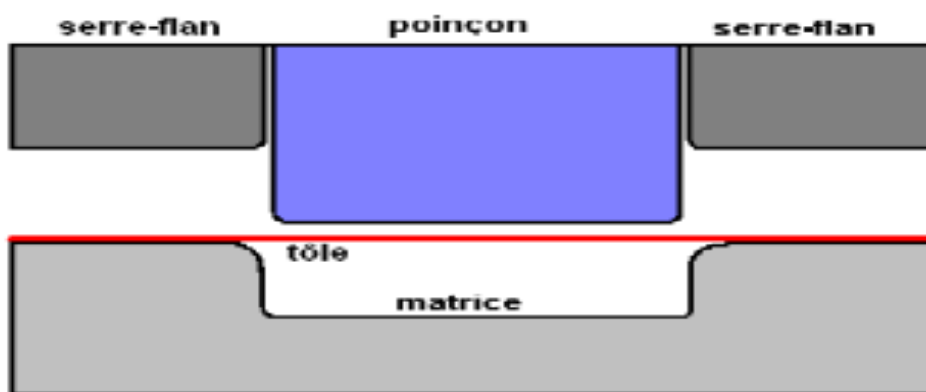


Figure 5 : Phase 1 d'emboutissage

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



Figure 6 : Phase 2 d'emboutissage

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

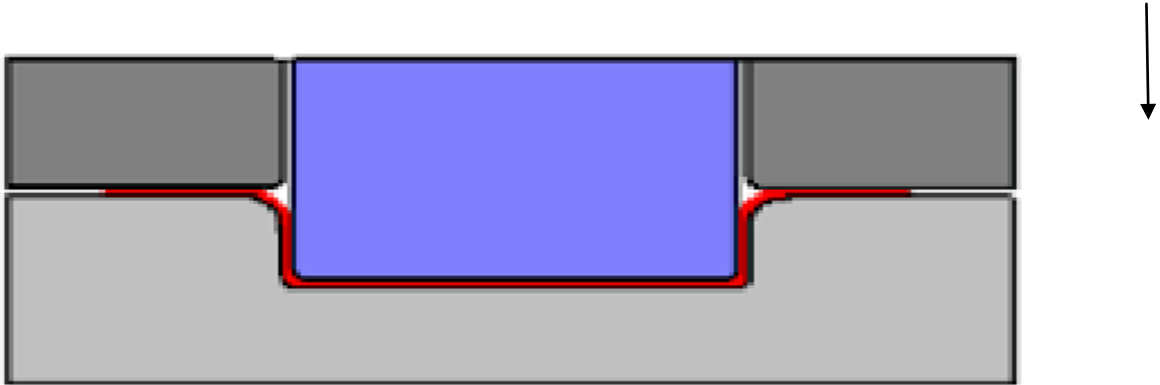


Figure 7 : Phase 3 d'emboutissage

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

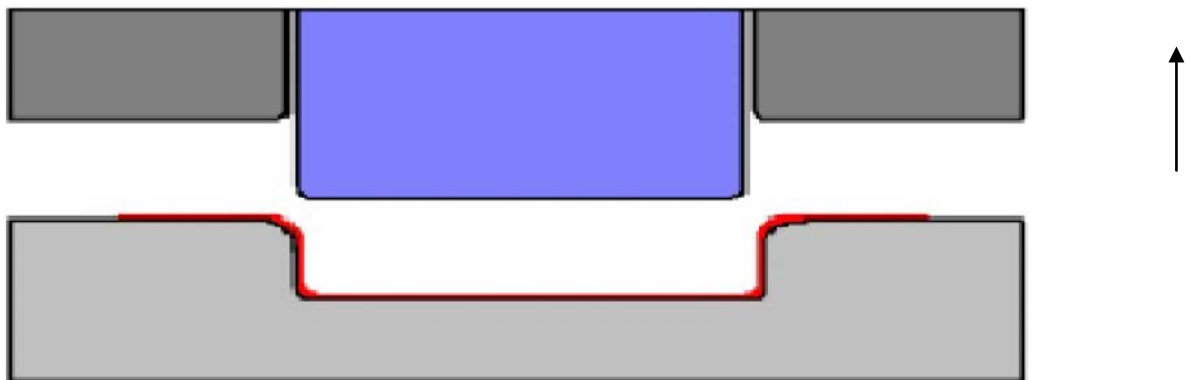


Figure 8 : Phase 4 d'emboutissage

I. 3.2) Différents types d'emboutissages

I. 3.2.1) Emboutissage à froid

Il est réalisé sur des presses mécaniques. L'emboutissage à froid est réservé aux matériaux d'épaisseur inférieure à 6mm (aluminium, aciers inoxydables, laiton, aciers doux (0.2% C max)), ce procédé impose, sauf rares exceptions, un outillage double effet.

Les emboutis peu profonds ou ne nécessitant pas d'importants efforts de serrage, sont exécutés sur des presses double effet.

Le serre-flan applique la tôle sur la matrice pendant toute la durée du travail du poinçon, l'opération terminée, la pièce est dégagée soit à l'aide de l'éjecteur, soit à travers la matrice.

I. 3.2.2) Emboutissage à chaud

Il est réalisé exclusivement sur des presses hydrauliques. Il est réservé aux matériaux peu ductiles (magnésium, titane, zinc,...), aux emboutissages profonds, et aux tôles de forte épaisseur nécessitant de grands efforts (épaisseur supérieure à 7 mm pour l'acier). Les cadences de production sont inférieures et les aspects de surface sont moins bons, vis-à-vis de l'emboutissage à froid.

I.4) Le jeu entre le poinçon et la matrice

Lorsque le jeu entre le poinçon et la matrice est théoriquement égal à l'épaisseur de la tôle, il se produit une augmentation de l'épaisseur de la paroi. L'augmentation de ce jeu a une influence favorable sous l'effet du poinçon mais entraîne certains inconvénients tels que :

- La détérioration du profil de la paroi.
- Déviation du poinçon entraînant la formation de languettes sur le bord de l'embouti.
- Apparition de plis sur la paroi de l'embouti.

Inversement, si l'épaisseur du flan est plus grande que le jeu qui existait entre le poinçon et la matrice, il se produit un écrasement et un amincissement indésirables de la paroi.

➤ Le rayon sur la matrice

Ce paramètre a une très grande importance autant pour la qualité de l'embouti que pour la répartition des forces. En effet, on comprend parfaitement que dans les deux cas extrêmes (Figure 9), l'emboutissage n'est pas fiable.

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

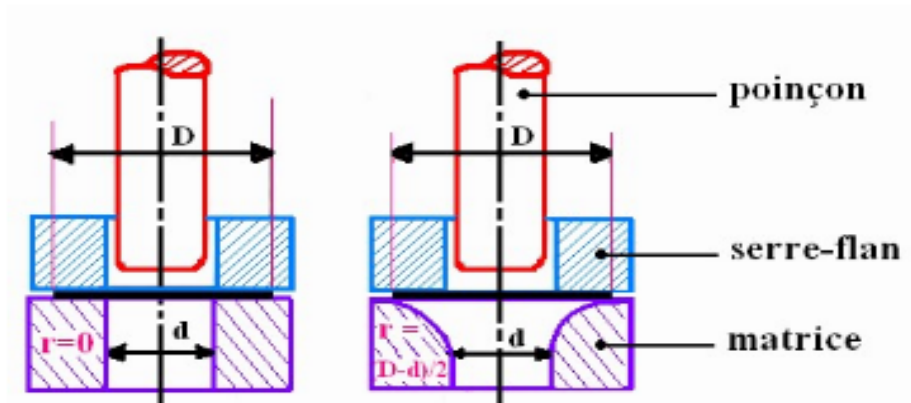


Figure 9 : Variation de l'arrondi sur la matrice

Afin de déterminer le rayon efficace, on utilise la relation de Kaczmarek

Concernant la première passe :

✓ Pour l'acier :

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

✓ Pour l'aluminium :

$$r = 0.9 [e \cdot (D - d_1)]^{1/2}$$

r : rayon de la matrice (mm)

D : diamètre du flan (mm)

d_1 : diamètre de l'embouti (mm)

e : épaisseur du flan (mm).

Pour les passes suivantes :

$$r_n = \frac{d_{n-1} - d_n}{2}$$

➤ Le rayon sur le poinçon (R_p)

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

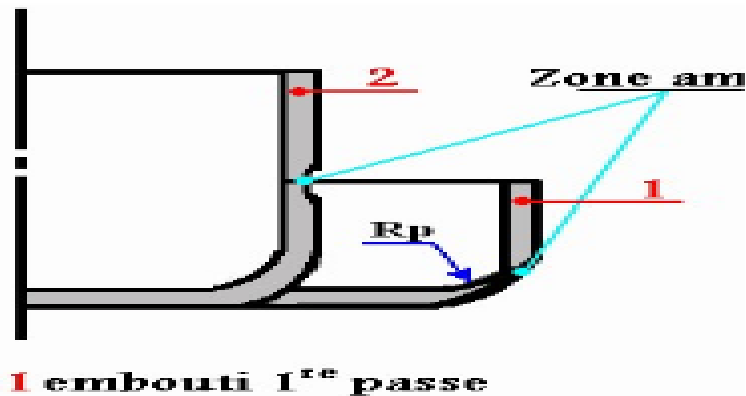


Figure 10 : Le rayon sur le poinçon

I.5) Effort d'emboutissage

L'effort nécessaire pour emboutir des pièces cylindriques dépend tout d'abord des diamètres de l'embouti et du flan primitif, de l'épaisseur et du type de matériau.

Il dépend également de la pression de serre-flan, de la vitesse d'emboutissage, du rayon de la matrice, du jeu entre poinçon et matrice et de la lubrification.

Cet effort (et cette énergie) résulte de la somme de l'effort de formage proprement dit (F) {D'énergie(W)} et de l'effort serre-flan (F_{st}) qui permet de choisir la presse appropriée.

➤ Vitesse d'emboutissage

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

D'après BLISS, il existe une vitesse optimale pour chaque métal, ces vitesses sont reportées dans le (tableau 1)

Matériau	Vitesses
l'acier	200
le zinc	200
les aciers doux	280
l'aluminium	500
le laiton	750

Tableau 1 : Vitesses d'emboutissage [mm /s]

➤ **Effort de serre flan**

L'effort de serre flan est donné par :

$$F_{sf} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_1^2) K_s$$

Pour la première passe

Pour la deuxième et passes suivantes :

$$F_{sf} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_1^2) K_s$$

ks: pression spécifique en N/mm².

Matière	Pression (N/mm ²)
Acier doux – e < 1mm	2,5 à 3,0
Acier doux - e > 1mm	1,8 à 2,5
laiton	1,5 à 2,5
Cuivre	1,2 à 1,5
aluminium	0,8 à 1,2
bronze	2,0 à 2,5

Tableau 2 :Pression des matériaux

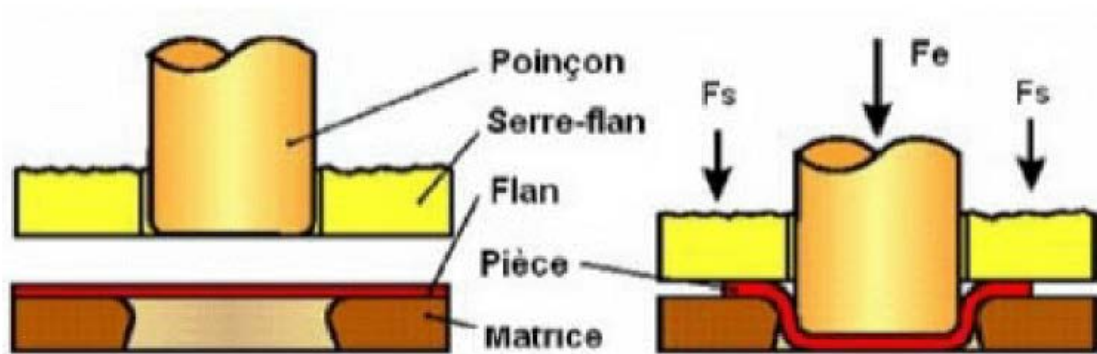


Figure 11 : Direction des efforts
 F_e et F_s

➤ **Effort de poinçon**

On pratique pour les pièces cylindriques, l'effort est déterminé d'après le (tableau 3) suivant :

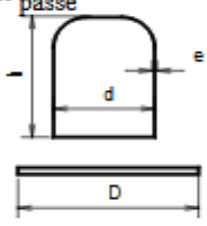
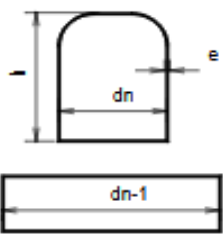
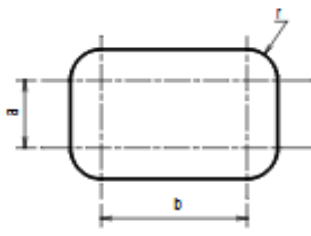
Opération	Effort (N)	Energie (J)	Observations																					
<p><i>Pièce cylindrique</i></p> <p>1-1^{ère} passe</p> 	$F_E = K \pi d e R r$	$W_z = \frac{K_1 h F_z}{1000}$	<table border="1"> <tr> <td>d/D</td> <td>0.55</td> <td>0.6</td> <td>0.65</td> <td>0.7</td> <td>0.75</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>1</td> <td>0.86</td> <td>0.72</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.8</td> <td>0.77</td> <td>0.74</td> <td>0.7</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> </tr> </table>	d/D	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	K	1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4		0.8	0.77	0.74	0.7	0.67	0.64
d/D	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8																		
K	1	0.86	0.72	0.6	0.5	0.4																		
	0.8	0.77	0.74	0.7	0.67	0.64																		
<p>2-n-ième passe</p> 	$F_{En} = 0.5 F_{En-1} + Q \cdot \pi \cdot d_n \cdot e \cdot R$	$W_z = \frac{K_1 h F_z}{1000}$	<table border="1"> <tr> <td>dn/dn-1</td> <td>0.7</td> <td>0.75</td> <td>0.8</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>0.8</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.35</td> </tr> </table>	dn/dn-1	0.7	0.75	0.8	0.85	Q	0.8	0.6	0.5	0.35											
dn/dn-1	0.7	0.75	0.8	0.85																				
Q	0.8	0.6	0.5	0.35																				
<p><i>Pièce quadrangulaire</i></p>  <p>$h = \text{hauteur}$ $L = 2(a+b)$</p>	$F_E = e R r$ $(2K_A \pi r + K_B L)$	$W_z = \frac{0.7 h F_z}{1000}$	<p>$K_A = 0.5$ pour les emboutis peu profonds = 2 pour les emboutis dont $h=5$ à $6r$.</p> <p>$K_B = 0.2$ pour un jeu important et pas de SF = 0.3 à 0.5 si écoulement facile et faible SF. = 1 si fortes pressions SF.</p>																					
<p><i>Pièce quelconque</i></p>	$F_E = p e R r$	$W_z = \frac{h F_z}{1000}$																						

Tableau 3 : Effort des poinçons [1]

I.6) Découpage [2]

Le découpage consiste en l'enlèvement, dans une bande de matière, d'une pièce plane quelconque appelée flan, ou découpe, ou galet.

- ✓ **Le poinçon** est une pièce cylindrique dont la base rigoureusement la forme et les dimensions de la pièce à découper.
- ✓ **La matrice** est une pièce ajournée de telle façon que le poinçon s'ajuste dans l'ouverture.

- ✓ Une bande de tôle à découper (flan) :s'obtient par une séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille.
- ✓ Un serre flan ou un dévêtisseur :qui est pour fonction le maintien de la bande en cours de découpage, le guidage précis des poinçons par rapport aux matrices et le dévêtissage des poinçons de la matière découpée.

I.6.1) Principe de l'opération

L'opération consiste à serrer la bande de métal, entre le poinçon et la matrice, jusqu'à ce que le métal sous le poinçon pénètre dans la matrice (figure 12). Il se produit alors un véritable cisaillement du métal sur tout le pourtour du poinçon

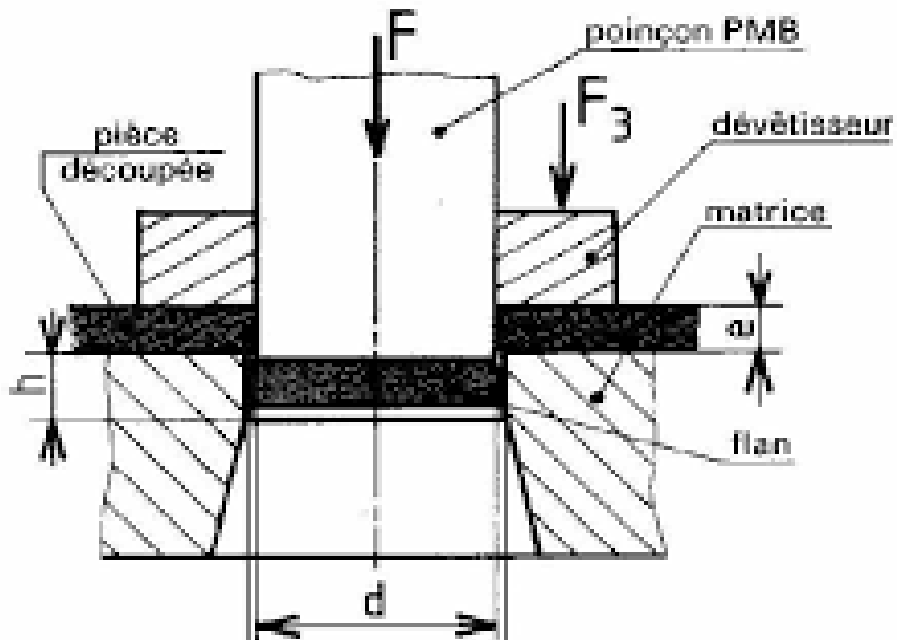


Figure 12 : Principe de l'opération

I.6.2) Différents types de découpage

a. Cisailage

Est la séparation totale ou partielle d'un élément métallique à l'aide de deux lames dont l'une au moins est mobile.

Principe : Sous l'action de la contrainte imposée par la partie active des lames, il se produit une déformation élastique, puis glissement avec décohésion du métal. (Suivant deux directions formant un angle β).

La lame poursuivant sa course provoque la rupture de la plaque. L'angle β ainsi que la profondeur de décohesion varient suivant la nuance du métal et son état.

Exemple : $\beta = 4^\circ$ pour les aciers durs et $\beta = 6^\circ$ pour les aciers doux.

L'aspect et le profil de la face cisillée peuvent être améliorés en choisissant un jeu convenable entre les deux lames (figure13).

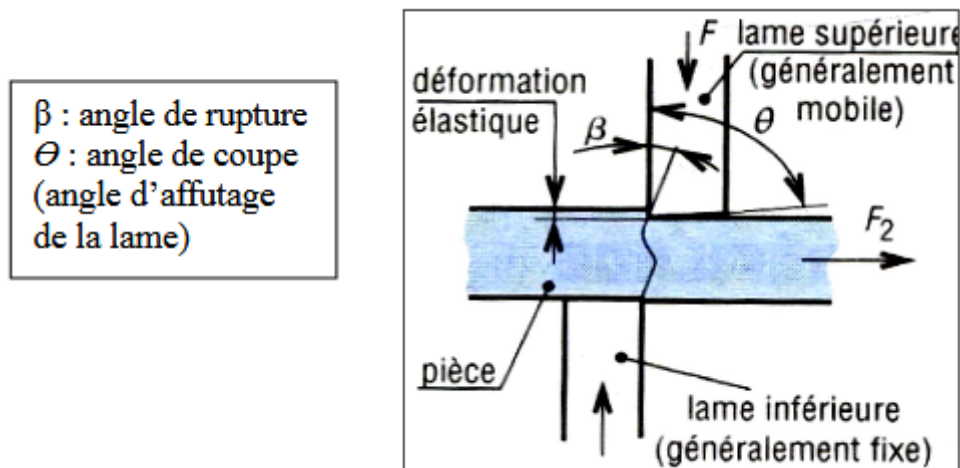


Figure13 : Cisailage des tôles

b. Encochage

L'encochage est un découpage débouchant sur un contour.

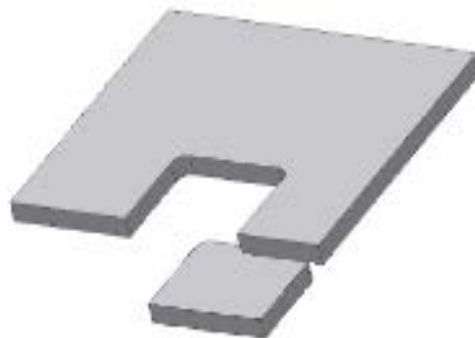


Figure 14 : Encochage

c. Crevage

Le crevage est une opération d'un découpage partiel, suivant un contour sans enlèvement de matière, il consiste à ne pas détaché complètement la chute de la pièce. de plus, cette opération se fait sur des pièces épaisses (figure 15).

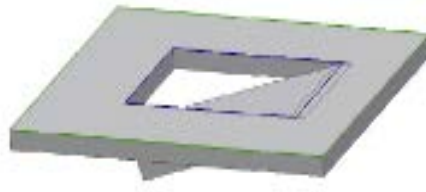


Figure 15 : Crevage

d. Grignotage

C'est un découpage partiel, réalisé sur la bordure du flan par déplacement progressif de ce dernier ou du poinçon, il consiste à réaliser une saignée dans le métal en exécutant une succession de découpage de faible longueur.

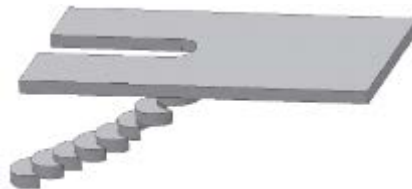


Figure 16 : Grignotage

e. Ajourage

C'est une opération qui consiste à découper dans un flan de grands diamètres et de forme allongée.



Figure 17 : Ajourage

f. Détourage :

C'est une opération d'ébavurage, qui consiste à découper les surfaces excédentaires autour d'une pièce préalablement emboutie à la presse (figure 18).



Figure 18 : Détourage

g. 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.

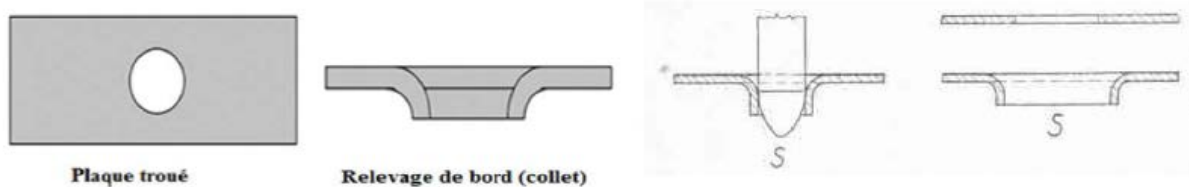


Figure 19 :Soyage

h. Le poinçonnage

Le poinçonnage est une opération de découpage qui consiste à faire des trous sur des tôles à l'aide d'un poinçon en relevant toute la matière en un seul coup.



Figure20 : Pièce poinçonnée

Le poinçonnage à la machine, l'outil est composé de deux parties :

- Partie supérieure : qui est le bloc poinçon, relié au coulisseau doté d'un mouvement de translation alternatif
- Partie inférieure : qui est le bloc matrice fixé sur le bâti de la presse.

➤ **Le processus de poinçonnage**

Le processus de poinçonnage passe respectivement par des étapes suivantes :

- **Impact :**
Dans laquelle le poinçon s'engage sous l'effet d'un choc et provoque un gonflement de surface de la pièce dû à la concentration de charge de compression.
- **Pénétration :**
Déformation plastique de la pièce par allongement des fibres et de formation d'une poche vide entre la surface de la pièce et le poinçon.
- **Rupture :**
Sous l'effet de la contrainte de traction, qui atteint la résistance à la rupture de la tôle, les fissurations apparaissent au voisinage des arrêtes coupantes du poinçon et de la matrice.
- **Perforation spontanée :**
Les fissures formées dans l'étape précédente se développent et provoquent des fractures rapides.
- **Enfoncement de la débouchure :**
Avec l'enfoncement du poinçon dans la matrice, la débouchure s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement.
- **Le retrait :**
En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction due au serrage de la pièce qui l'entoure (débouchure) et le vide créé par le film du lubrifiant.

I.6.3) Les paramètres influençant sur l'opération de découpage

Les travaux de plusieurs auteurs ont permis de recenser les paramètres qui influencent sur la qualité du profil découpé :

-jeu entre le poinçon et la matrice (jeu de découpage).

-paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse.

-paramètre liés à l'usure de l'outil.

I.6.4) Jeu entre matrice et poinçon

Il existe un jeu entre matrice poinçon qui sert à diminuer l'effort de poinçonnage et l'écaillage de la zone poinçonnée.

Il faut choisir un jeu convenable entre la matrice et le poinçon : $j = D - d$.

$J=0.05 e$ pour l'acier doux, laiton et cuivre.

$J=0.06 e$ pour l'acier mi-dur.

$J=0.07 e$ pour l'acier dur.

$J=0.1 e$ pour l'aluminium.

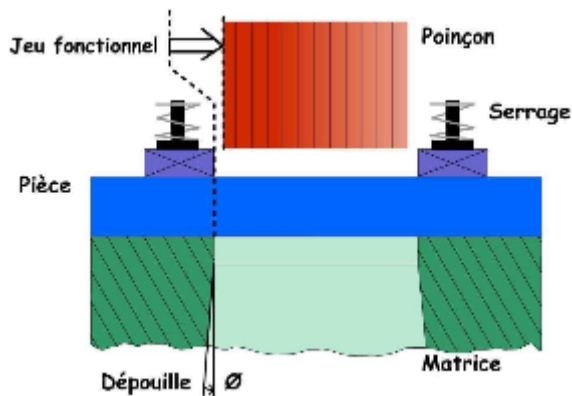


Figure 21 : Jeu de coupe

Remarque :

- Pour parler de métaux en feuille il faut que ces deux conditions doivent être remplies : $e \leq 10 \text{ mm}$ et $e \leq \frac{L}{10}$ avec e l'épaisseur de la tôle et la plus grande longueur en mm
- Du fait de la présence du jeu ; l'ajour dans la bande aura une forme conique, le jeu est pris sur la matrice si l'on désire obtenir un **ajour précis**, sur le poinçon si le flan doit être précis.

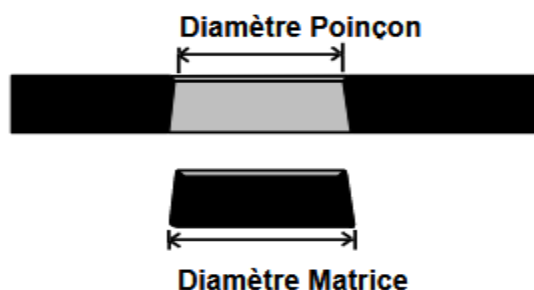


Figure 22 : Le jeu entre poinçon et matrice

I.6.5) Les paramètres liés au réglage de l'outil et de la presse

Le principal paramètre qui influence sur le réglage de l'outil ; permettant une opération de découpage réussie, sont comme suit :

a. Le serre flan

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

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

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

b. Pénétration du poinçon dans la matrice

La pénétration du poinçon dans la matrice est choisie généralement comme égale à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, cette valeur est plus réduite.

L'intérêt d'avoir une pénétration importante assure un meilleur maintien du débouchure en matrice, et d'éviter les problèmes de remontée de celle-ci en cours de fabrication. En revanche, les inconvénients sont les suivants :

-La cadence de la presse sera plus réduite car une partie plus importante du cycle de la presse sera consommée par la poussée de la débouchure.

-La maintenance de l'outil sera plus importante. En effet, la hauteur d'usure du poinçon (longueur frottée le long du bord découpé) sera accrue, nécessitant des opérations de réaffûtage plus profondes et des changements de poinçon plus fréquents.

c. Vitesse de découpage :

Des études ont montré que l'effort maximal de découpage diminue, et la hauteur de la zone cisailée augmente lorsque la vitesse de découpage croît, selon la cadence de la presse. Cette vitesse n'est pas seulement dépendante de la cadence de la presse, mais

ainsi, elle est en relation avec les réglages de course, et de la distance de travail que fait la presse.

La vitesse s'exprime habituellement en millimètre par seconde (mm/s) et correspond à la vitesse de pénétration du poinçon dans la tôle.

I.6.6) L'effort appliqué lors du poinçonnage [1]

Il est donné par la formule suivante :

$$F_p = P \cdot e \cdot R_c$$

P : périmètre à découper.

$$P = \pi \cdot d$$

d : Diamètre du trou [mm].

R_c : résistance au cisaillement de la tôle [daN/mm²].

e : épaisseur de la tôle.

➤ Contrainte sur le poinçon

Le poinçon de forme quelconque doit résister à la compression. La condition de résistance de l'outil à la compression et que cette contrainte sollicitée ne doit pas dépasser la limite élastique du matériau à partir duquel est fabriqué le poinçon.

$$\sigma_{\min} < R_e$$

$$\sigma_{\text{com}} = \frac{F}{S}$$

Avec :

σ_{com} : contrainte de compression (MPa)

R_e : la limite élastique du poinçon (MPa)

F : effort de découpage en (N)

S : section du poinçon (mm²)

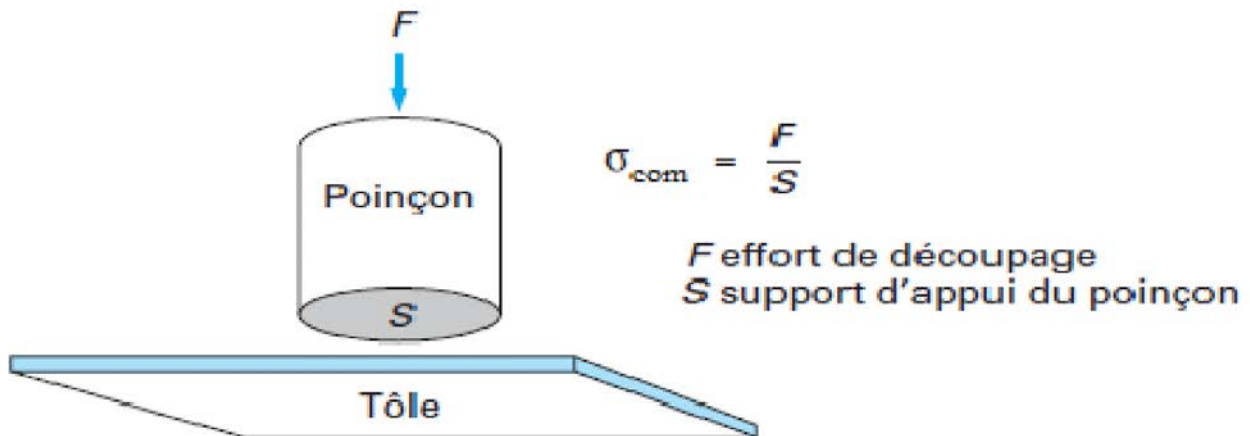


Figure 23: Contrainte de compression sur le poinçon

Dans le cas du poinçon ayant de petites sections de grande longueur, la contrainte de compression peut provoquer un flambement du poinçon (comme montre la figure 24). Alors, on prévoit toujours un risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela, on détermine la charge critique (P_{Cr}) en utilisant la formule de flambement d'Euler (I.1). dans le cas des outils à bande, les poinçons sont encastres d'un coté, et libre de l'autre coté.

La condition de résistance est que l'effort de découpage ne doit pas dépasser la charge critique de flambement du poinçon, comme le montre la relation suivante (I.2)

$$(I.1) \quad P_{Cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L^2}$$

$$(I.2) \quad F < P_{Cr}$$

Avec :

F : l'effort de découpage (N)

P_{Cr} : la charge critique du flambement (N)

E : module d'élasticité du matériau du poinçon (MPa)

I : moment d'inertie du poinçon (mm⁴)

L : longueur libre de flambement (mm)

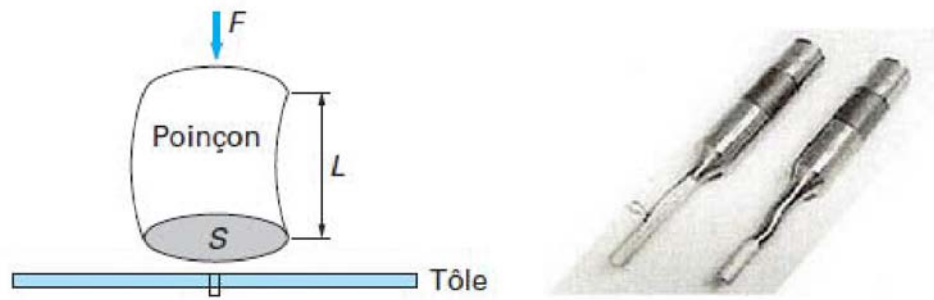


Figure 24 : État du flambement d'un poinçon

I.7) Le pliage [3]

Le pliage est un procédé de formage par déformation plastique permettant d'obtenir, à partir d'une tôle, une pièce développable. Il est effectué par une ou plusieurs opérations successives sous l'action d'une force exercée sur la pièce.

Le pliage peut être réalisé par rotation d'un outil pivotant (figure 25 b) ou sur une presse plieuse en utilisant un poinçon et une matrice (figure 25 a).

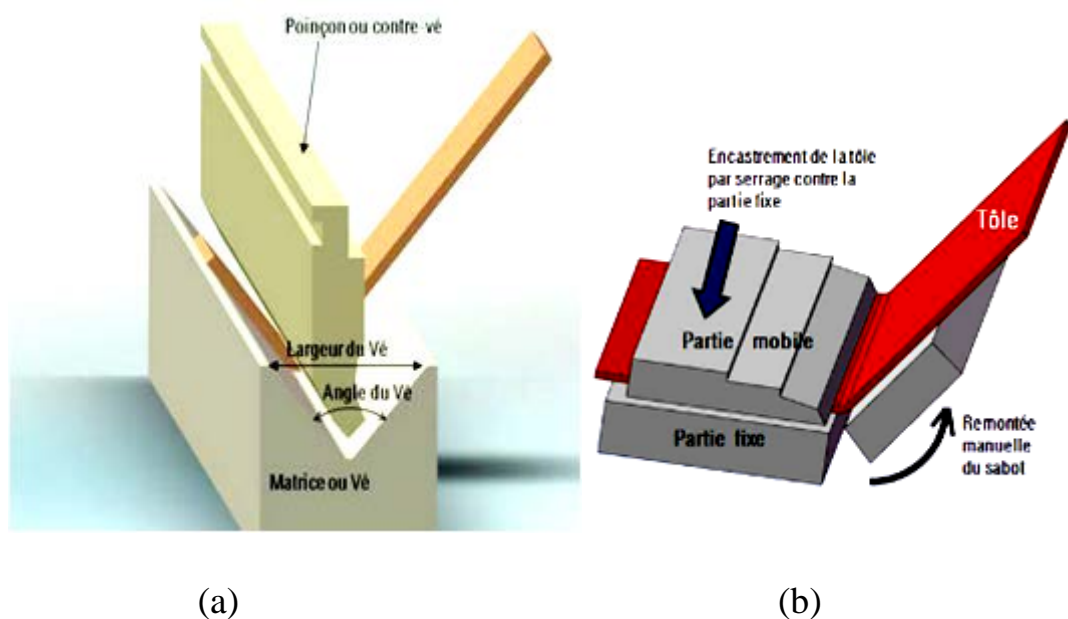


Figure 25: Procédé de pliage ;(a)pliage par rotation d'un outil pivot, (b) pliage sur presse plieuse

I.7.1) Rayon de pliage

Sur une pièce pliée on constate que :

-Plus le rayon de pliage (R) est petit, plus les déformations constatées sont grande. Des fait le pliage sur un angle vif est à rejeter.

-Le rayon de pliage sera donc choisi assez grand et si possible égale à 5 fois l'épaisseur de la tôle et il est recommandé de ne pas plier sur un angle inférieur à l'épaisseur de la tôle ($R > e$).

- On peut déduire que dans la partie intérieure de la pièce, le métal est comprimé et que dans la partie extérieure ; le métal subit une tension.
- La ligne située entre ces deux parties (intérieures et extérieures) est appelée fibre neutre. La position de la fibre neutre varie en fonction de l'épaisseur de métal travaillé de l'influence de la tolérance sur l'épaisseur.

Dans un grand nombre de cas, la fibre neutre se situe vers le (1/3) de l'épaisseur à l'intérieur.

Toutefois on prend la position de fibre neutre ($e/2$) pour les tôles d'épaisseurs inférieures à 4 mm (figure 26).

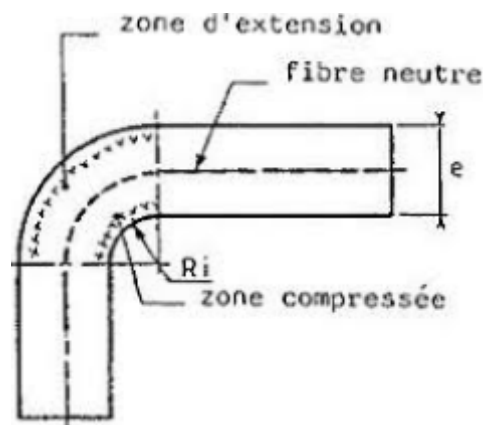


Figure 26 : Position de la fibre neutre

I.7.2) L'effort du pliage [4]

On admet que l'effort nécessaire pour former un pli est égal au dixième de l'effort nécessaire pour cisailier la section de la tôle à cet endroit. L'effort de pliage est donné par la formule suivante :

$$F_p = \frac{e \times P \times R_c}{10}$$

e : épaisseur de la tôle [mm].

P : Périmètre à découper [mm].

R_C : résistance au cisaillement de la tôle [daN/mm^2].

I.7.3) Différentes techniques de pliage [5]

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

a. Pliage en frappe

Le poinçon entraîne les deux branches libres du pli jusqu'au contact des faces intérieures de la matrice, il en résulte un écrouissage de la zone pliée et l'angle obtenu est sensiblement égale à celui de vé.

Cette technique permet d'obtenir des pièces précises, mais elle nécessite des efforts de pliage importants (environ $30t/m/mm$ d'ép.). Il faut un outillage pour chaque angle et il est limité aux tôles jusqu'à 2 mm d'épaisseur. Le fait de matricer l'intérieur du pli permet d'obtenir des angles très précis ($\pm 0,5^\circ$).

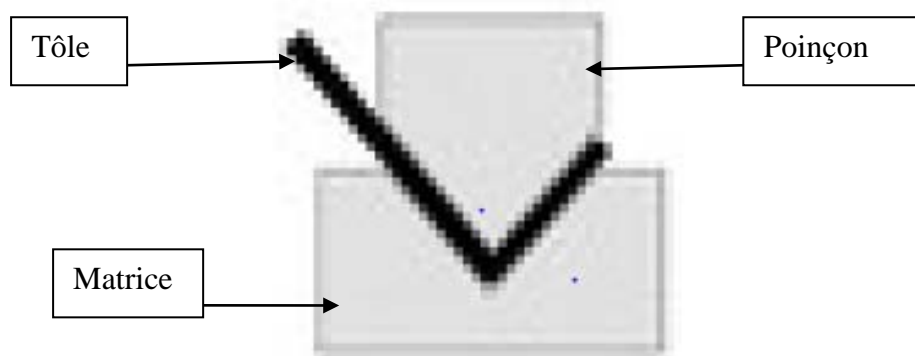


Figure 27 : Pliage en frappe

b. Pliage en l'air

Les branches libres du pli ne viennent pas au contact des faces intérieures du vé. La limitation de la descente du poinçon et l'écartement du vé, permettent d'obtenir les plis aux angles désirés. Ce mode de pliage est couramment utilisé car les forces appliquées sont environ 5 fois moins importantes que pour du pliage en frappe (figure 28).

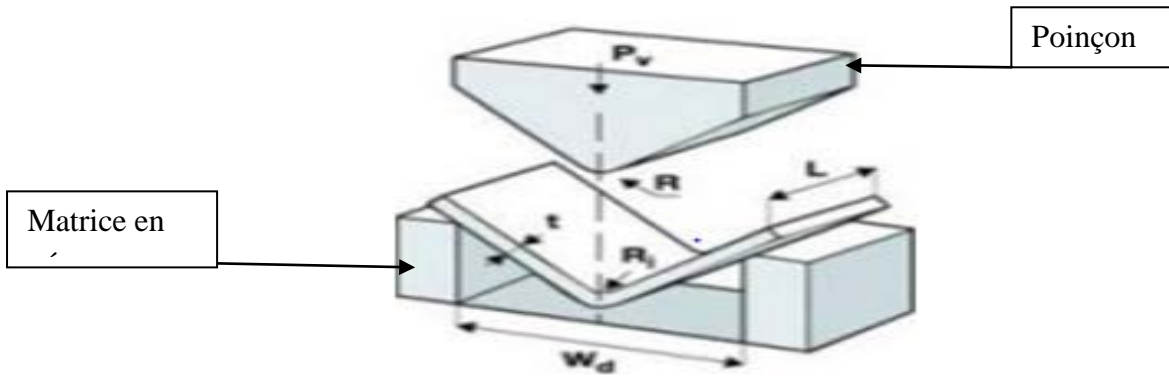


Figure 28 : Pliage en air

c. 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.

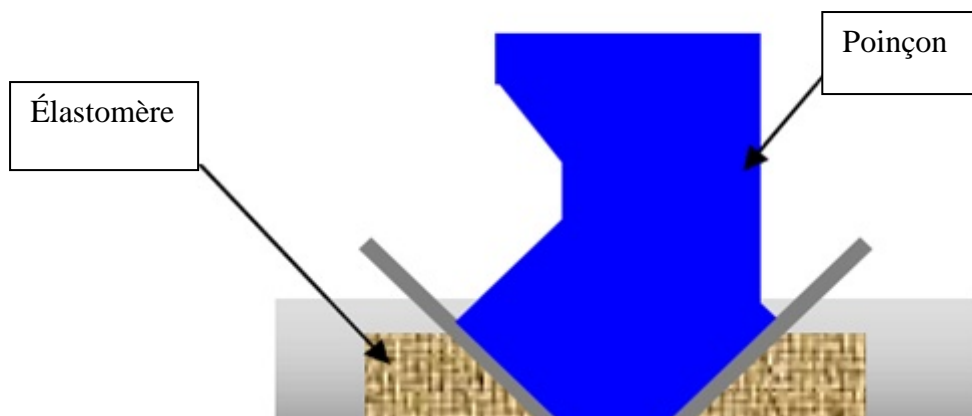


Figure 29 : Pliage sur élastomère

I.7.4) Quelques exemples de travaux réalisés sur presse plieuse.

Dans la (figure 30) on montre quelque forme de pliage réalisés sur les tôles

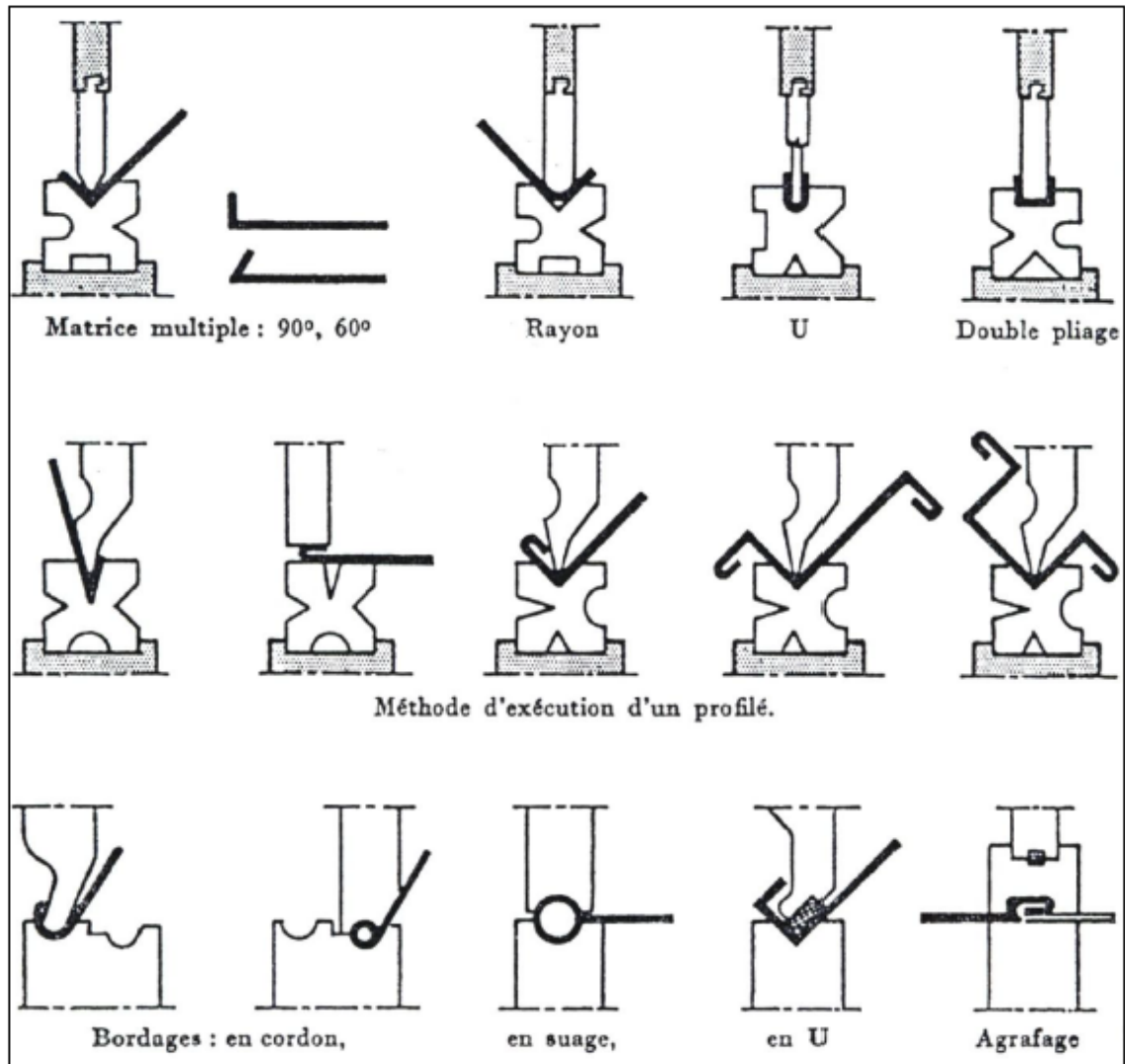


Figure 30 : Opérations réalisées sur une presse plieuse

I.7.5) Rayon minimale de pliage

Le rayon minimal de pliage est le plus petit rayon pour le quel il n'y a pas apparition de fissures lors du pliage. Il dépend de :

- La nature et de l'état du métal (recuit, écroui).
- L'angle du pliage : Pour une épaisseur donnée le rayon de pliage croit avec l'angle de pliage.

- L'épaisseur.

Le rayon minimal peut être déterminé par la formule suivante :

$$\frac{R_{\min}}{e} = \frac{1}{\left[\frac{A-4}{100-Z} \right] \times \left[\frac{A-4}{(100-Z)} + 2 \right]}$$

Avec :

- R_{\min} : Rayon minimal de pliage.
- e : Épaisseur de la tôle.
- $A\%$: Allongement après rupture.
- $Z\%$: Coefficient de striction.

(Le tableau 4) ci-dessous donne le rayon minimal de pliage en fonction de la matière et de l'épaisseur de la tôle.

Rayon (mm)					Matière	État	Épais- seur mm	Rayon		
Laiton		Acier							Rayon	
Épais- seur mm	doux	dur	qualité embou- tissage (E - ES)	qualité courante (TC)	Alliages d'alumi- nium			mm		
	1	0.2	0.3	0.5					0.6	AlCuMg (A-U 2 G)
1.5	0.25	0.4	0.75	0.8	recuit	3	2.5 à 3 e			
2	0.3	0.6	1	1.2	AlMgSi (A-GS)	doux	1.2	0.8 à 1.2 e		
2.5	0.4	0.8	1.25	1.5		trempe	2.5	2 à 2.5 e		
3	0.5	1	1.5	1.8	AlMg (AG 06)	doux	3.5	2.5 à 3.5 e		
3.5	0.6	1.25	1.75	2.1		mi-dur	2	1 à 2 e		
4	0.7	1.5	2	2.6	AlMn (A-MI)	doux	3	2 à 3 e		
4.5	0.8	1.75	2.25	3		dur	1.2	0.8 à 1.2 e		
					Alliages de magnésium		plié à froid	10	4 à 10 e	
							plié à chaud	2	2 e	
					Al		doux	1	0.3 à 1 e	
							dur	2	1 à 2 e	
Matière		T40 (recuit)	T50 (recuit)	T60 (recuit)	TA5E (recuit)	TU2 (recuit)	TA8DV (recuit)	TA6V (recuit)	TA6V6E2 (recuit)	TV13CA (trempe)
Rayons de pliage mini à 180°		1.5 e	2 e	2 e	4 e	2 e	4 e	4 e	3 e	3 e

Tableau 4 : Rayon minimal de pliage

I.7.6) Rayon et Angle du poinçon à utilisé en pliage

Pendant l’opération de pliage et sous l’action du poinçon, la tôle est pliée d’un angle α_1 . Lorsque le poinçon se relève l’angle s’ouvre légèrement jusqu’à un angle α_2 différent de α_1 (figure 31). Ce phénomène, appelé retour élastique, est du à un relâchement des contraintes élastiques. On appel angle de retour élastique $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$.

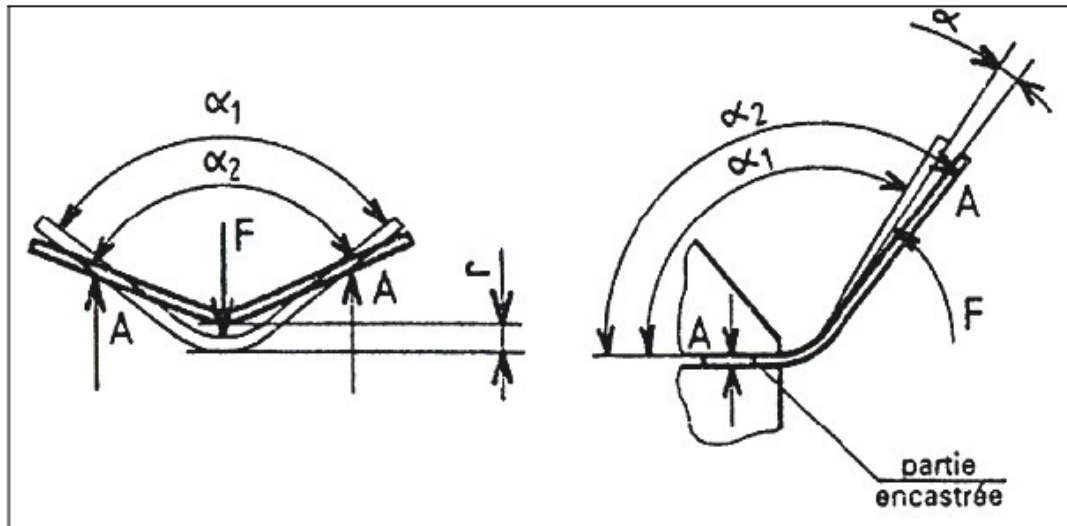


Figure 31 :Phénomène du retour élastique

a. Rayon de poinçon

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

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

Remarque : Cette formule est valable que pour les grands rayons de pliage

$$\frac{R_{int}}{e} > 10$$

- Avec :E module d’élasticité de la tôle (N/mm²).
- e : épaisseur de la tôle (mm).

- R_e : limite élastique (N/mm²).
- R : rayon de la pièce final (mm).
- R_p : Rayon de l'outil de pliage (mm).

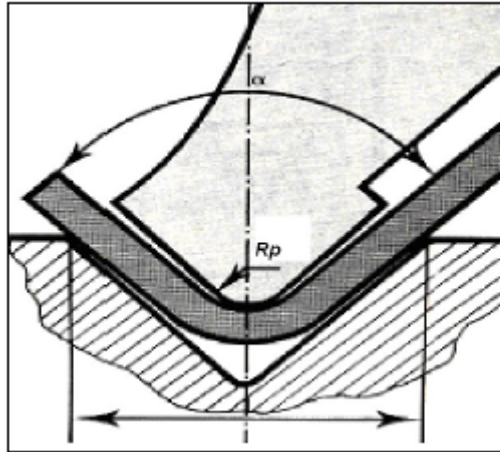


Figure 32 : Pliage en V sur presse plieuse

b. Angle de poinçon

La fibre neutre de la tôle garde une longueur constante au cours du pliage et au cours du retour élastique, on a $\alpha_0 \times R_{f0} = \alpha \times R_f$ donc : $\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{R_f}{R_{f0}} = K$

Avec α_0 angle de l'outil de pliage, angle à obtenir. La valeur de K dépend du rapport $(\frac{R_i}{e})$ et du matériau à plier.

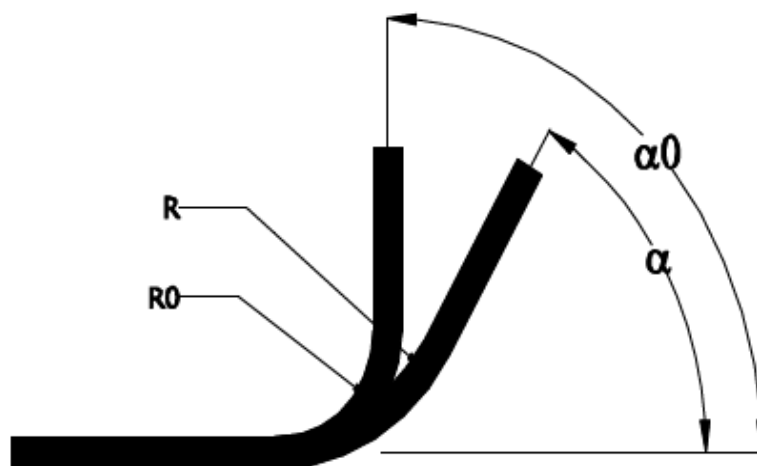


Figure 33 : Angle de poinçon

Pour déterminer les paramètres de l'outil de pliage :

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

$$K = \frac{R_0 + \frac{e}{2}}{R + \frac{e}{2}} \Rightarrow R_0 = K \times \left(R + \frac{e}{2} \right) - \frac{e}{2}$$

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

Remarque :

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

I.7.7) Calcul de l'effort de pliage

La connaissance de l'effort à fournir dans le pliage est utile pour le choix de la presse, pour cela on utilise les formules expérimentales ou les abaques.

L'effort de pliage dépend de plusieurs facteurs englobant :

- Le matériau (la résistance, l'épaisseur).
- La forme de la pièce (en V, Z, U, ...).
- La façon d'exécution du pliage (pliage avec poinçon et matrice ou avec plaque pivotante).
- Le frottement entre le demi-produit et l'outillage.
- La vitesse de déformation...

I.8) Conclusion

Les différentes techniques de mise en forme des métaux, par déformation plastique, ont pour objectif de donner une forme déterminée au métal en forme de tôle, tout en imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un produit ayant des propriétés souhaitées.

Chapitre II

Les machines utilisées

II.1) Introduction

La presse est un ensemble d'organe mécanique utilisée dans les différents travaux industriels. Les presses sont destinées à la réalisation des pièces à partir des matériaux plans (tôles, plastique...ets). soit en découpage, poinçonnage, pliage, ou emboutissage.

Ces presses sont formées d'une partie mobile (coulisseau) qui porte le poinçon et d'une partie fixe (bâti) qui porte la matrice. il s'agit d'une machine qui permet de changer la forme d'une pièce, en lui appliquant une pression.

II.2) paramètres de distinction des presses

On peut effectuer plusieurs opérations sur une presse mais, elle ne peut être universelle. Elle doit cependant cibler un certain nombre d'application correspondant à ses caractéristiques qui peuvent se résumer à sa capacité (tonne), à la course (mm)

et dimensions de son coulisseau, à sa cadence (coupe/min) et à la hauteur de l'outil fermé (mm).

III.3) les différentes presses

Les presses sont classées suivant plusieurs paramètres :

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

III.3.1) selon le mode de transmission d'énergie

On distingue deux types de presses :

- les presses mécaniques.
- les presses hydrauliques.

III.3.1.1) les presses mécaniques[3]

Les mouvements des presses mécaniques (Figure 34) sont commandés mécaniquement. Dans ce type de presse, l'énergie fournie par le moteur en un mouvement relatif 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 mécanisme approprié.



Figure 34 : Presse mécanique

III.3.1.1.1) Mécanismes de commandes

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

- **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 comme il est schématisé dans la (figure 35). La bielle relie le vilebrequin au coulisseau, sa longueur est réglable pour permettre d'obtenir, entre la table de la presse et le coulisseau en bas de course, la hauteur correspondant à celle, de l'outil à monter.

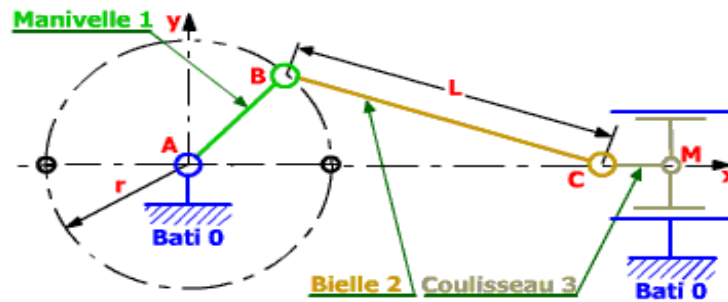


Figure 35: Système bielle-manivelle

- **Système excentrique**

C'est un mécanisme provoquant un mouvement de rapprochement ou d'éloignement par rapport à l'axe de rotation d'une pièce. Cela permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement d'oscillation.

Lors de desserrage de l'écrou, la bague d'immobilisation est repoussée par les ressorts. Lorsque la douille excentrique sont entièrement dégagés, on obtient la variation de e par rotation de la douille excentrique (figure 36).

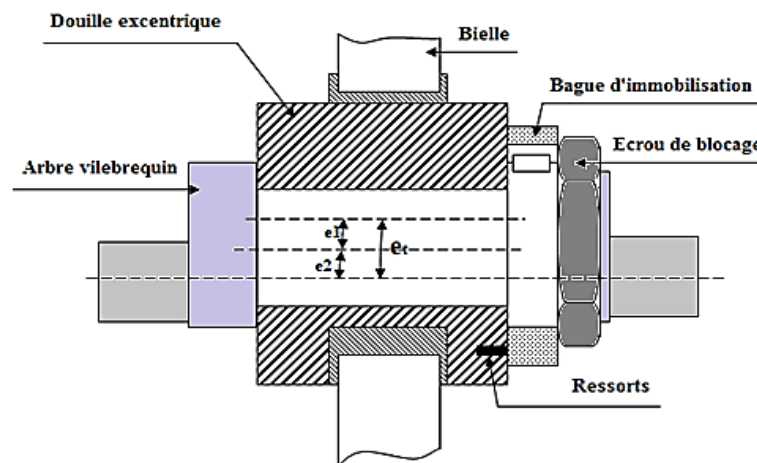


Figure 36 : Système excentrique

- **Système à genouillère [2]**

Une genouillère est un dispositif mécanique composé d'une bielle et deux genouillères (figure 37). La bielle est entraînée par un vilebrequin, qui exerce un mouvement de translation sur l'axe d'articulation commun aux deux genouillères qui

sont fixées, on trouve les axes fixés dont l'un d'eux est lié au coulisseau, Ce mécanisme accroîtra l'effort de coulisseau.

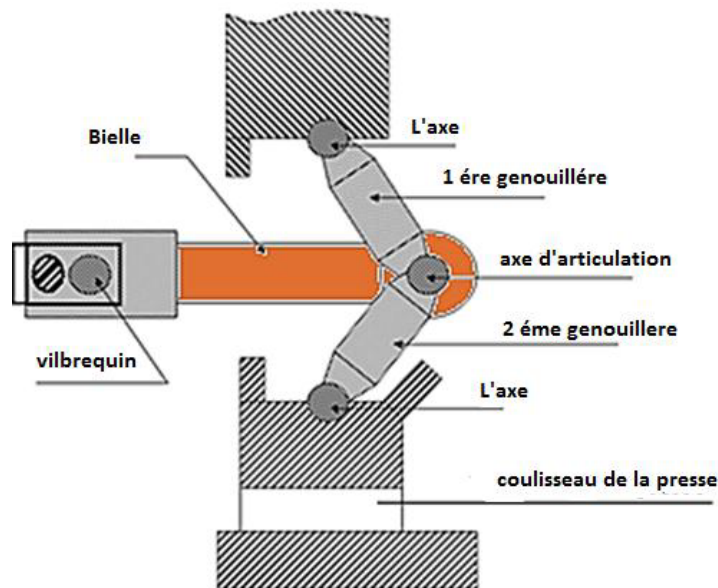


Figure 37 : Système à genouillère

- Système à came

C'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 38).

Le nom vient du système cinématique le plus courant, constitué d'une came en forme de section d'œuf dur, placé sur un arbre en rotation, au niveau du centre du jaune de l'œuf.

Il existe plusieurs types de cames par exemple : came à profil inférieur, came à rainure, came à transmission radiale, came à transmission axiale...etc.

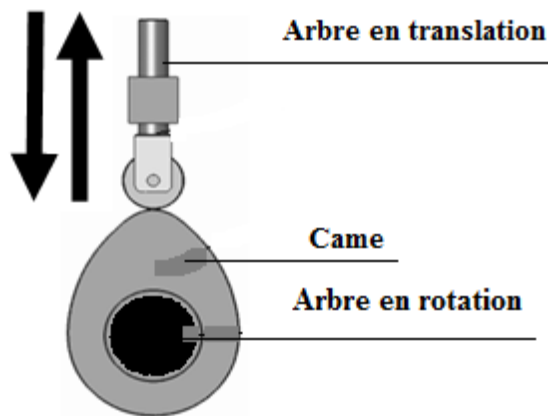


Figure 38: Système a came

III.3.1.1.2)Embrayage [2]

- Embrayage par friction

Dans cette commande pneumatique, un piston pousse une série de disques de friction, clavetée sur l'arbre, contre le volant, l'embrayage est alors assuré. Lorsque la pression cesse, les ressorts de rappel déplacent les disques dans l'autre sens et commandent le freinage à chaque tour de vilebrequin, par l'intermédiaire d'un système électrique (figure 39).

L'avantage de Cette embrayage permet d'arrêter la presse ou la mettre en route à l'importe quelle position de vilebrequin, ce qui facilite le réglage des outils.

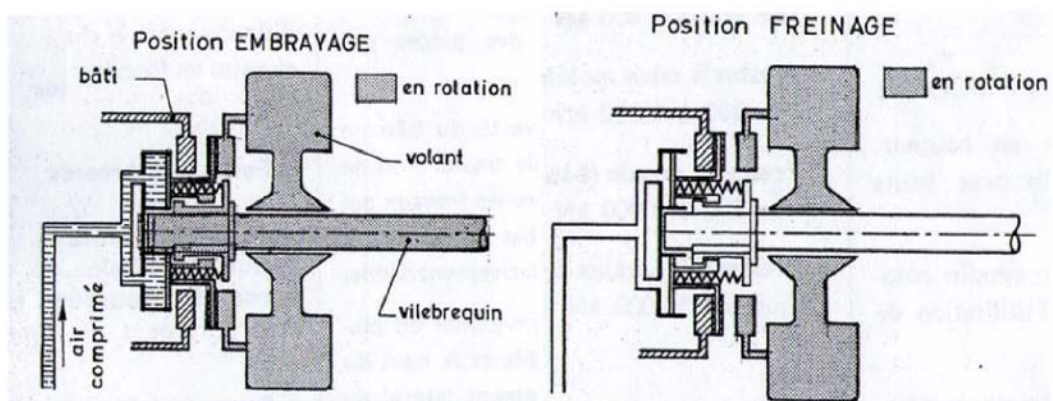


Figure 39: Systèmed'Embrayage à friction à commande électropneumatique

- Embrayage automatique par clavette

En appuyant sur la pédale qui se trouve reliée à la butée par la tige, on fait descendre cette butée, articulée autour d'un l'axe. Ceci a pour effet de dégager la clavette qui, sous la poussée de ressort, en s'engageant presque instantanément dans une des encoches du moyeu du volant, lequel entraine l'arbre. Le coup de presse est donné.

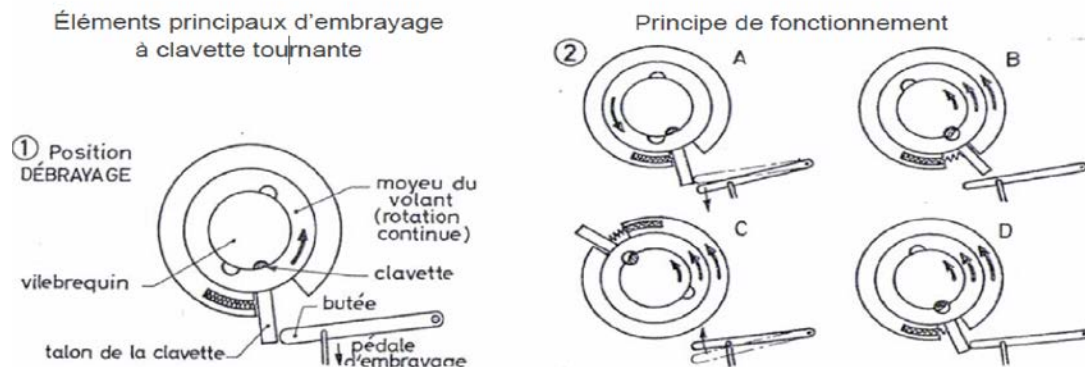


Figure 40 :Embrayage automatique par clavette

II.3.1.2) Les presses hydrauliques [3]

Ses structures sont comparables à celles des presses mécaniques, elles se différencient par le mode d'action du coulisseau et le moyen de production de l'énergie. L'énergie fournie par le moteur est emmagasinée sous forme de pression hydraulique, cette énergie est transmise à un vérin qui entraine la descente du coulisseau (figure 42).

Elle repose sur le principe de Pascal qui stipule que: « dans un liquide en équilibre de masse volumique uniforme, la pression est la même en tout point du liquide et cela aussi longtemps que ces points sont à la même profondeur ». A une extrémité du système se trouve un piston avec une surface A_1 et de l'autre côté un piston avec une surface A_2 plus grande que A_1 . Cela permet d'augmenter la force (figure 41).

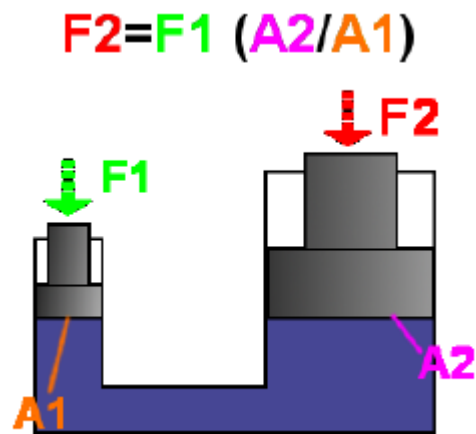


Figure 41 : Principe de pascal



Figure 42 : Presse hydraulique

II.3.1.2. 1) Mécanismes de commandes [5]

Parmi les mécanismes de commande employés dans les circuits hydraulique nous citerons :

- **La pompe** : elle permet d'obtenir une pression adéquate avec un débit variable

- **Le piston** : un ou plusieurs pour supportent le coulisseau
- **Le cerveau moteur**: il s'agit d'une amplification mécanique destiné à produire un effet supplémentaire, il s'adapte indifféremment sur les presses mécaniques et se situe sous la table de la presse.

II.3.1.3) Avantages et inconvénients des presses hydrauliques et mécanique

Dans le (tableau 5) en résumé les principaux avantages et inconvénients des presses mécaniques et hydrauliques.

Presses	Avantage	Inconvénients
Presses Mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> - Elles sont lentes ce qui donne suffisamment de temps au métal pour se former. - Destinées pour les travaux de grandes séries. - moins cher. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté d'arrêt du coulisseau encas de danger. - Réglage d'approche du coulisseau difficile.
Presses Hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"> - autoriser des opérations plus difficiles. - Vitesse plus constant pendant le formage. - Très souple. - Avoir de très longues courses. - Modification de la course du coulisseau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande beaucoup de maintenance. - Risque des pannes (pompes, joints...).

Tableau 5 : Avantage et inconvénients des presses mécaniques et hydraulique. [6]

II.3.2) Selon la forme du bâti

II.3.2.1) Presse à col de cygne [6]

Dans cette disposition le bâti de la presse affecte la forme d'un C vertical. Ce type de presse est assez petites employé pour tous les travaux de découpage, d'ajourage, de pliage et souvent pour des petites pièces et des grandes séries. Les avantages sont : confection simple, réglage simple des outils de grande accessibilité à l'outillage. Peut On éventuellement incliner légèrement la presse vers l'arrière ce qui permet l'éjection des pièces par simple gravité. Les inconvénients résultent essentiellement de leur manque de rigidité qui les fait légèrement s'ouvrir au moment de l'effort ce qui met à mal le parallélisme des outils.



Figure 43 : Presse à col de cygne

II.3.2.2) Presse à montant droit [6]

- Presses à deux montants

Ce sont en général des presses de taille moyenne. La présence de deux montants, ou colonnes, de chaque côté de la table les rends nettement plus rigide que celles à col de cygne.



Figure 44 : Presse à deux montants

- Presses à quatre montants

Les montants sont situés aux coins de la table (figure 45), donnent une bonne accessibilité au laboratoire de la presses et, en particulier permettent l'entrée et la sortie latérale de table mobiles portant l'outillage.

Cette dispositions permet de considérablement accélérer les opérations de chargement d'outillage car on peut, pendant le déroulement d'une campagne, charger l'outil de la campagne suivante sur une table se trouvant à cote de la presse.



Figure 45 : Presse à quatre montants

II.3.2.3) Presses à arcade

Ces machines présentant une rigidité maximale parce qu'elles ont un bâti monobloc coulé ou parfois soudé (figure 46). Ce qui leur permet de supporter des efforts importants tout en assurant une grande précision dans le guidage des outils. Ainsi parfois, elles sont à simple ou à double effets.

Le système de construction adapté sur les presses à bâti en arcade, a l'avantage d'éviter le phénomène de déflexion. Ces presses permettent non seulement de limiter considérablement les déformations de la structure, mais également de réduire les délais de maintenance des outils.



Figure 46: Presse à arcade

II.3.2.4) Presses à table mobile et bigorne

Ces types des presses sont équipées d'une table réglable en hauteur avec une vis deréglage, autorise le montage d'outils très hauts, la table est éolisable par simple rotation, ce qui permet l'utilisation de la bigorne (figure 47).

La bigorne montée à la place de la table, permet le poinçonnage latéral de gros Emboutis.

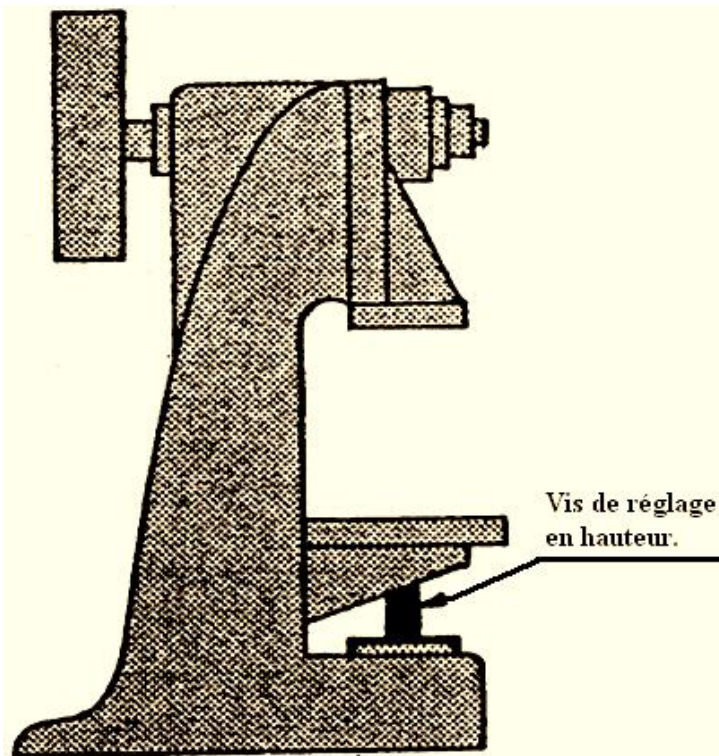


Figure 47: Presse à table mobile et bigorne

II.3.3) Selon le nombre de coulisseaux [6]

II.3.3.1) Presses simple effet

Le coulisseau portant la matrice est motorisé mais le serre-flan ne l'est pas. Il repose par l'intermédiaire de chandelles (traversant la table) sur une plaqua d'appui posée sur un dispositif appelé cousin qui oppose une résistance.

Elles sont spécifiques destinées aux opérations de reprise mettant en œuvre l'emboutissage ou le pliage.

II.3.3.2) Presses double effets

Ces presses sont munies des deux mouvements qui constituent le double effet, celui du coulisseau intérieur actionné comme habituellement par le vilebrequin et la bielle, et destiné à l'emboutissage, celui du coulisseau par cames soit par genouillères et destiné au découpage du flan et à son maintien sous la pression nécessaire pour éviter les plis pendant l'emboutissage. Ces presses se prêtent particulièrement à l'exécution d'emboutissages profonds (figure 48).



Figure 48 : Presse à double effets.

II.3.3.3) Presses triple effets

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

Elles sont rares et destinées à un cas bien précis : quand la pièce nécessite trois opérations d'emboutissage ré-emboutissage, mais pas plus. Il est alors rentable de n'avoir qu'une seule presse intégrant les trois outils, beaucoup plus complexe et donc plus chère qu'une presse normale, bien sûr mais moins chère que trois presses.



Figure 49 : Presse à triple effets

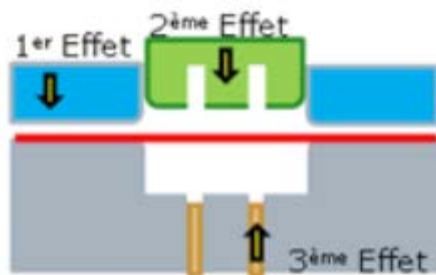


Figure 50 : Principe des presses à triple effets

II.4) Critères de choix d'une presse

- Le tonnage et la capacité de la presse qui dépend de l'effort nécessaire pour la réalisation des opérations.
- Les dimensions de l'outil.
- La cadence de production.
- Type des opérations sur la pièce.

II.5) Sécurités sur les presses [7]

-Installer sur le bâti de la presse ou sur les matrices des gardes protecteurs fixes, dont les ouvertures permettent le passage des tôles seulement non des doigts.

- Installer une commande bi manuelle d'enclenchement à utiliser au lieu de la pédale, l'opérateur doit appuyer simultanément sur les deux boutons pour permettre la descente du coulisseau.

-Installer des dispositifs qui maintiennent les pièces en place sur la matrice inférieure sans l'intervention des mains.

-Installer un bouton d'arrêt d'urgence clairement identifié et à la portée de chaque opérateur.

-Installation un rideau optique approuvé pour des application de sécurité.

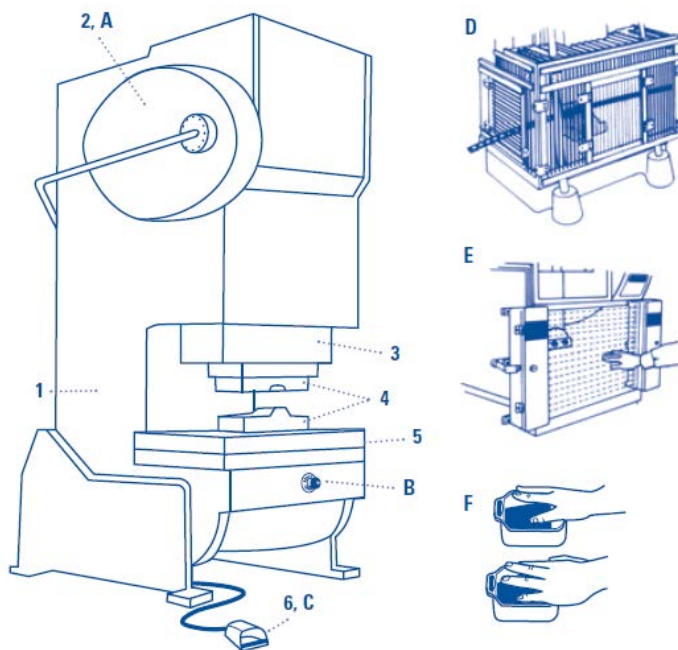


Figure 51 : Dispositifs de sécurité des presses

Éléments de la presse poinçonneuse à embrayage à friction

- 1 Bâti
- 2 Volant d'entraînement
- 3 Coulisseau
- 4 Matrices
- 5 Table
- 6 Pédale de commande

Dispositifs de sécurité

- A Garde protecteur du volant d'entraînement
- B Bouton d'arrêt d'urgence
- C Protecteur sur le dessus et les côtés de la pédale
- D Garde protecteur
- E Rideau optique
- F Commande bimanuelle

Figure 52: Les noms des pièces et les dispositifs de la sécurité des presses.

II.6) Conclusion

Il existe plusieurs variétés des presses dans l'industrie, cette différence se résume selon le mode de transmission d'énergie, la forme de bâti, et le nombre de coulisseau, ses presses sont occupées par différents systèmes de commande et d'embrayage, pour assurer l'arrêt et le déplacement de coulissent à l'importe quelle position. Pour assurer la sécurité de l'opérateur il faut placer des systèmes de sécurité pour éviter des accidents de travail.

Chaque presse possède des avantages et des inconvénients qui nous donnent l'idée sur le choix de la presse de notre outil.

Chapitre III

Les outils des presses

III.1) Introduction

La réalisation des pièces se fait à l'aide des presses dans lesquelles on installe des outils, chaque pièce est réalisée, au minimum avec un outil dédié et ce nombre peut aller jusqu'à une dizaine pour pouvoir réaliser en chaîne des opérations additionnelles telles que détourage, pliage, poinçonnage... .

Un outil de presse (figure 53) est une construction mécanique de précision, supposée Indéformable et, en général, composée d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse. Cet ensemble, parfaitement guidé.

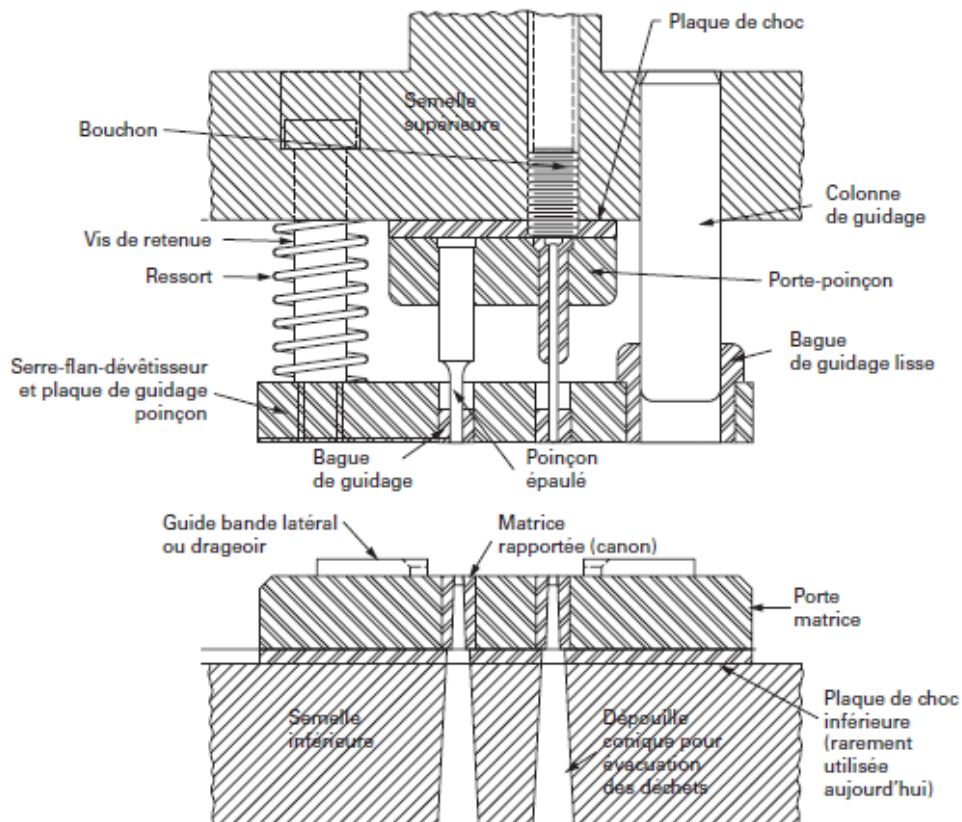


Figure 53 : Exemple d'un outil

III.2) Les éléments principaux des outils [2]

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) Le poinçon

Les poinçons ont le plus souvent la forme de la pièce à découper sur toute leur hauteur (figure 53). 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) La 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 (figure 54) pour le dégagement du poinçon et des choutes.

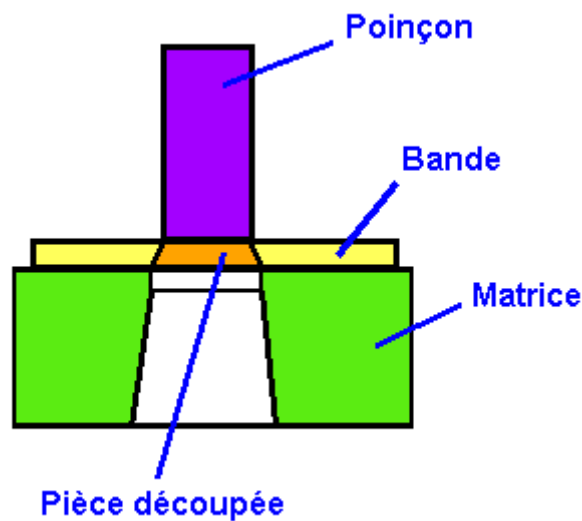


Figure 54 : Schématisations poinçon matrice.

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 pratique dans les matrices de dimension plus fortes qu'à la partie supérieure, le dégagement ainsi obtenu.

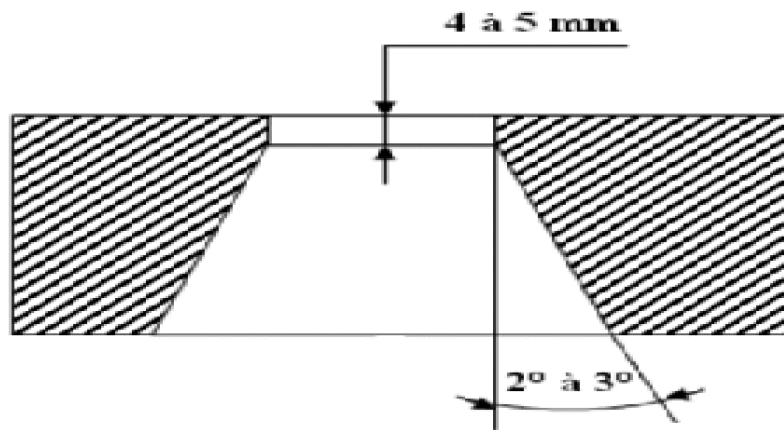


Figure 55 : Dimension de la dépouille.

III.3) Paramètres influents dans le développement d'un outil [8]

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

a) La pièce à fabriquer

- **Le 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) La 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 est dépendante aux contraintes :

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

- économiques, le coût de l'outil il doit être le plus bas possible.

c) La 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) Le type d'outil

Le type d'outil, il dépend de la pièce à fabriquer. 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).

III.4) Types d'outil de presse**III.4.1) Outil à bande [8]**

Cet outil, encore appelé « outil à suite » ou « outil progressif » (figure 56), 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.

Ce type d'outil est destiné aux grandes séries et permet d'obtenir la plus grande quantité de pièces produites par heure.

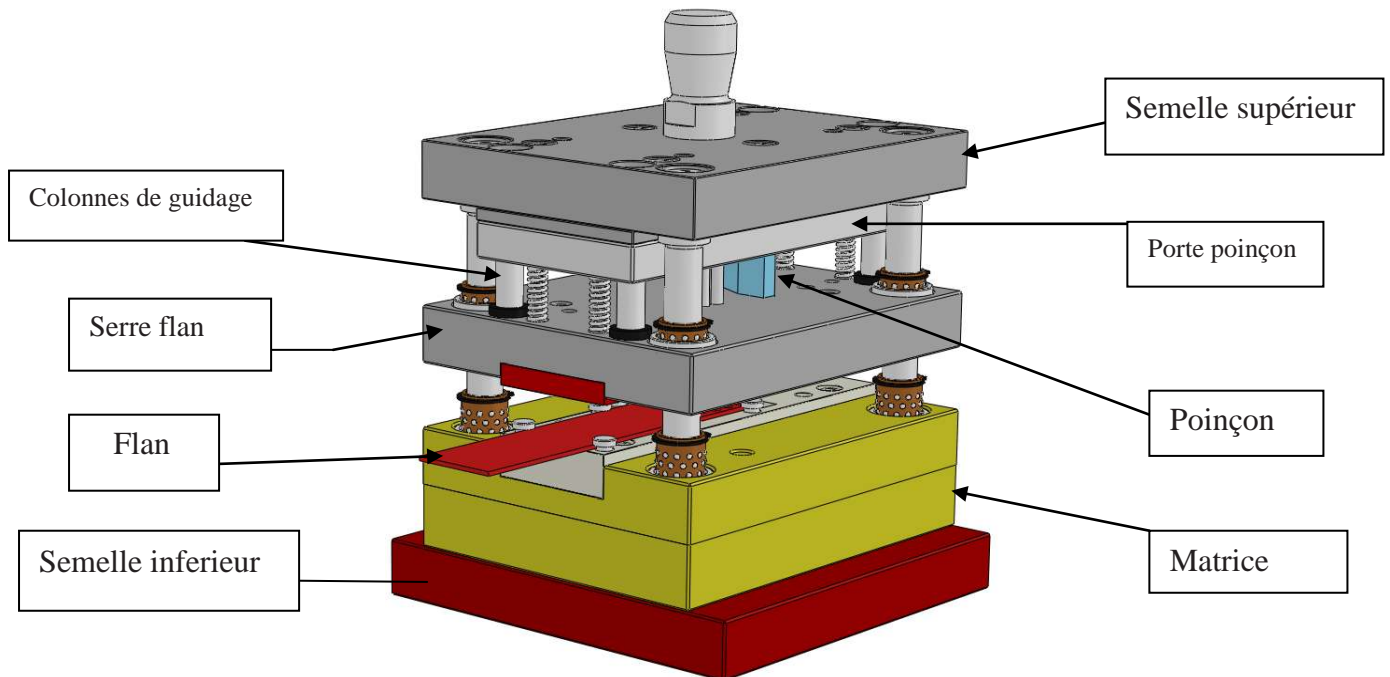


Figure 56 : Outil à bande fait avec Solidworks

III.4.2) Outil suisse [8]

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 57).

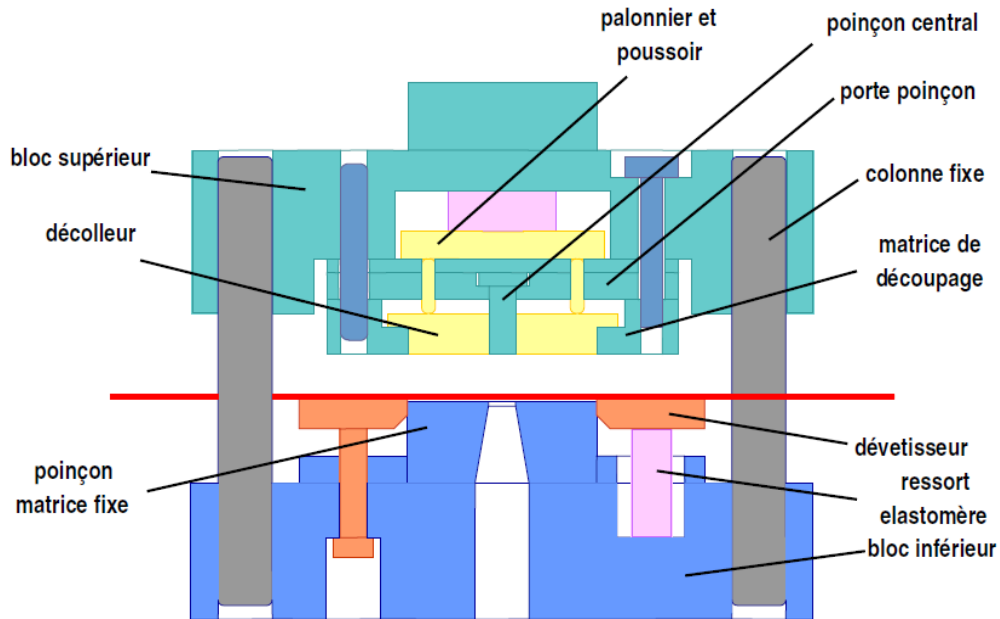


Figure 57 : Outil suisse

III.4.3) Outil avec poste à came [8]

L'outil avec poste à came représenté dans la (figure 59) peut se trouver sur un outil à suivre ou combinés lorsque plusieurs opération 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.

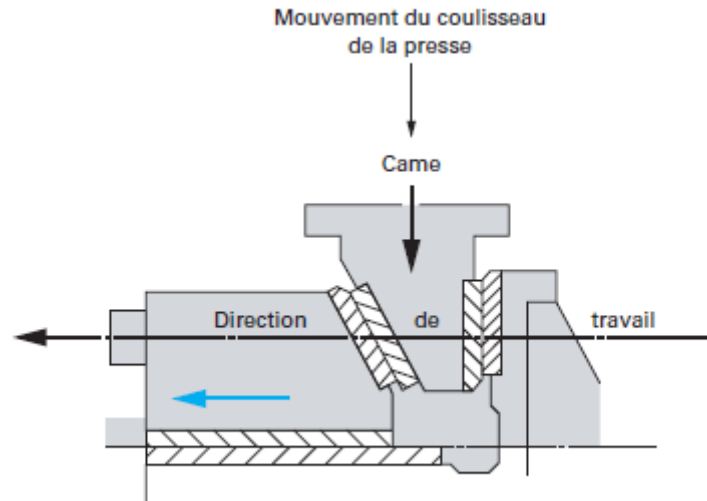


Figure 58 : Schéma de principe d'un poste à came dans un outil

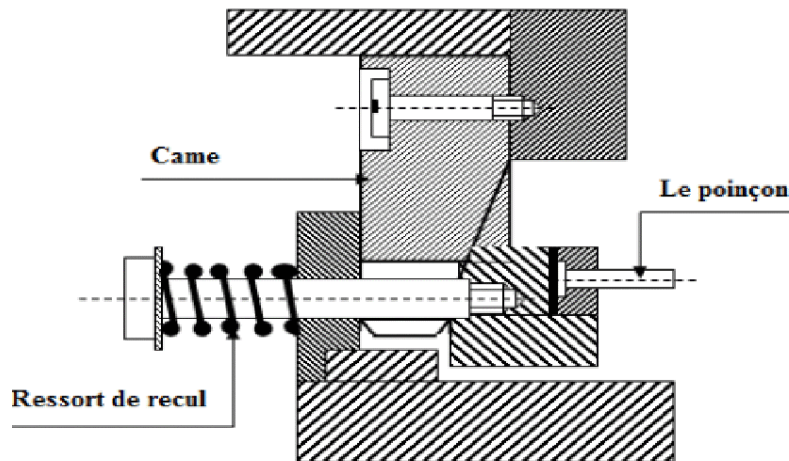


Figure 59: Outil à came

III.4.4) Les outils de reprise [8]

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, détournage... • chaque opération, l'ébauche de la pièce issue de l'outil précédent est positionnée dans l'outil suivant grâce à différents moyens de centrage

(drageoirs, pions de centrage...). Le déplacement et la manutention des flans, ainsi que des ébauches de la pièce sont réalisés par une personne.

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

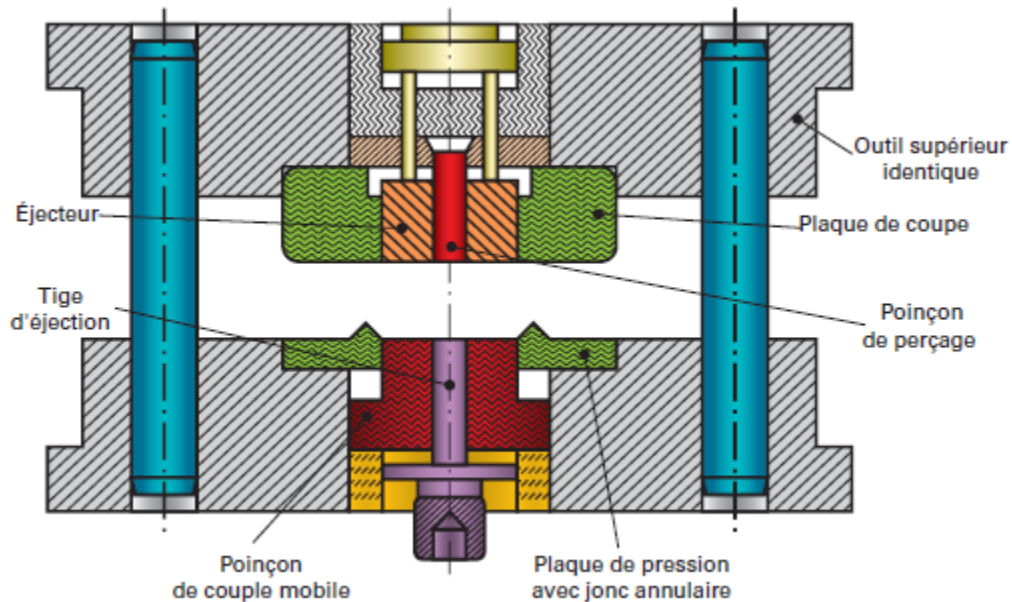


Figure 60 : Outil de reprise

III.4.5) Outils de détourage [2]

L'outil de détourage (figure 61) 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 .

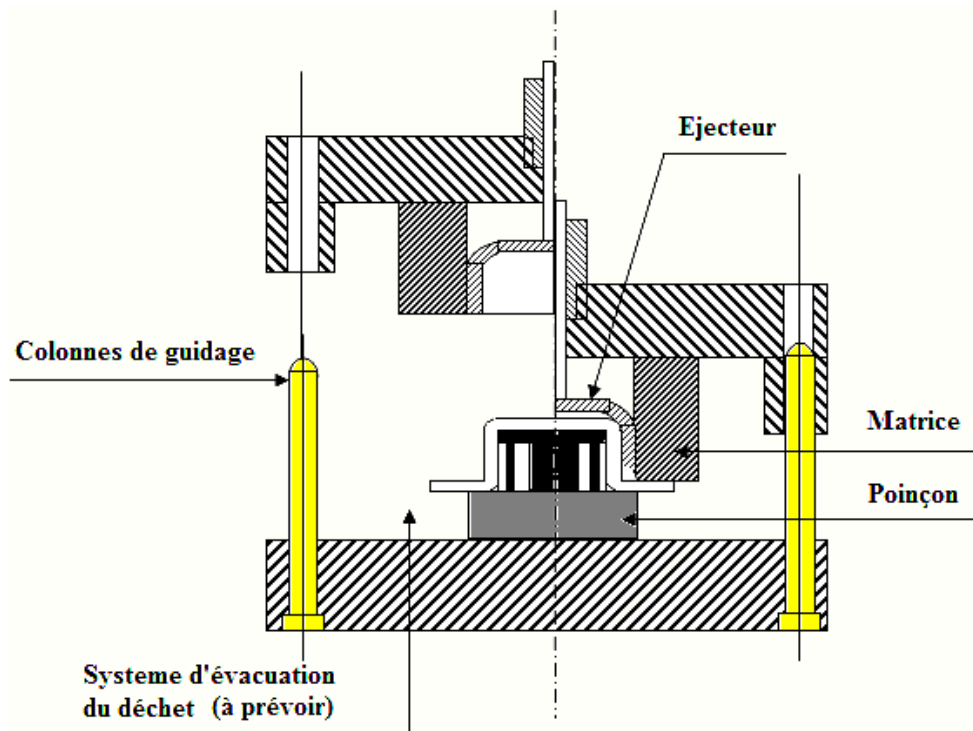


Figure 61 : Outil de détournage

III.4.6. Outil découvert [2]

- Outil simple découverte

Cet outil porte un seul poinçon et une matrice (figure 62), 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.

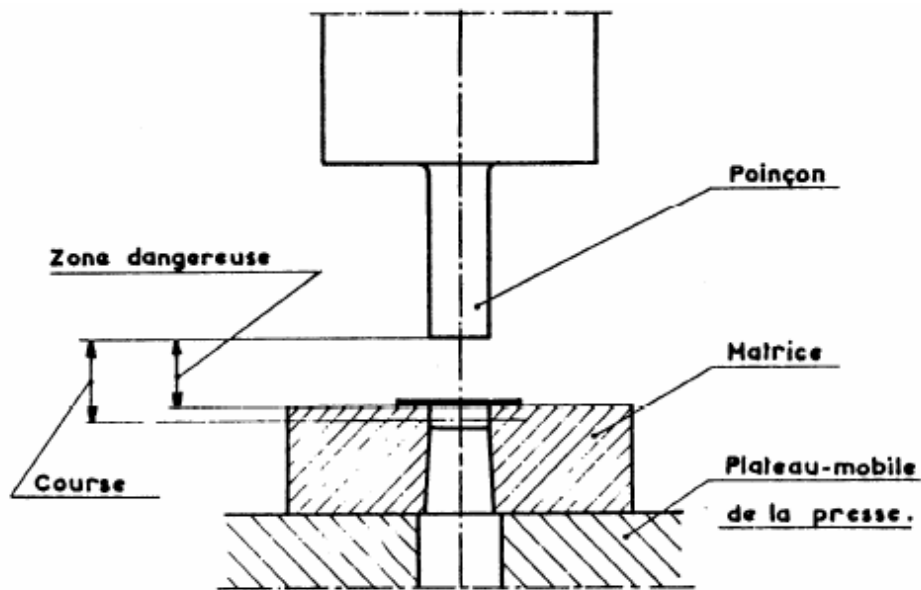


Figure 62 : Outil simple découvert

- Outil découvert à butées

Utilisé pour le découpage de flans circulaire. Il comporte deux butées, une pour assure le guidage de la bande 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 sons aucun jeu ou défaut dans les glissières.

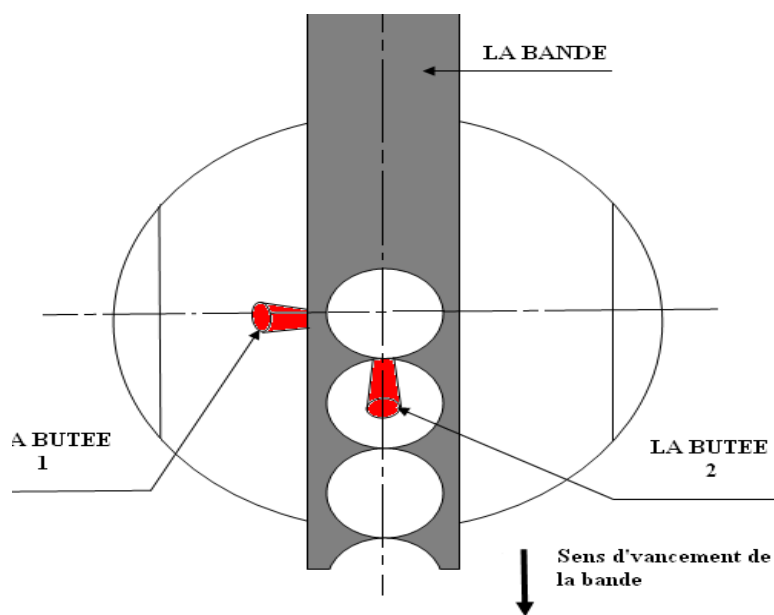


Figure 63 : Système Outil découvert à butée

III.4.7) Outil à dévêtisseur fixe [8]

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.

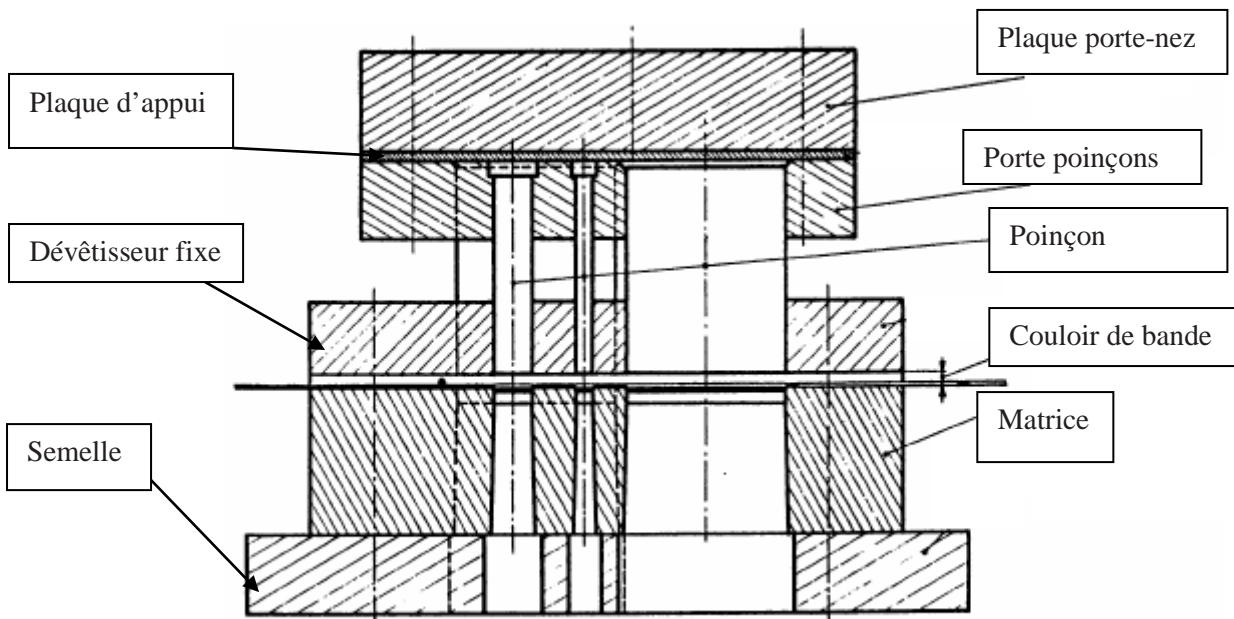


Figure 64 : Outil à dévêtisseur fixe

III.4.8) Outils à dévêtisseur élastique [2]

Dans ce type de conception, le dévêtisseur vient plaquer le flan avec une force imposée par un système élastique (rondelle ressort spirale ou en volute, caoutchouc), la force doit provoquer l'arrachement du poinçon hors de la tôle. Lors de la remontée du coulisseau ce système supprime le remontée de la bande avec le poinçon, donc les fléchissements de la tôle, qui risquerait de casser les poinçon fragiles, et diminue les gauchissements dans le travail des tôles fines (0.5mm). La face inférieure du dévêtisseur dépasse l'extrémité des poinçons de 1 mm environ, les ressort doivent être assez puissants pour empêché la tôle de remonter (figure 65).

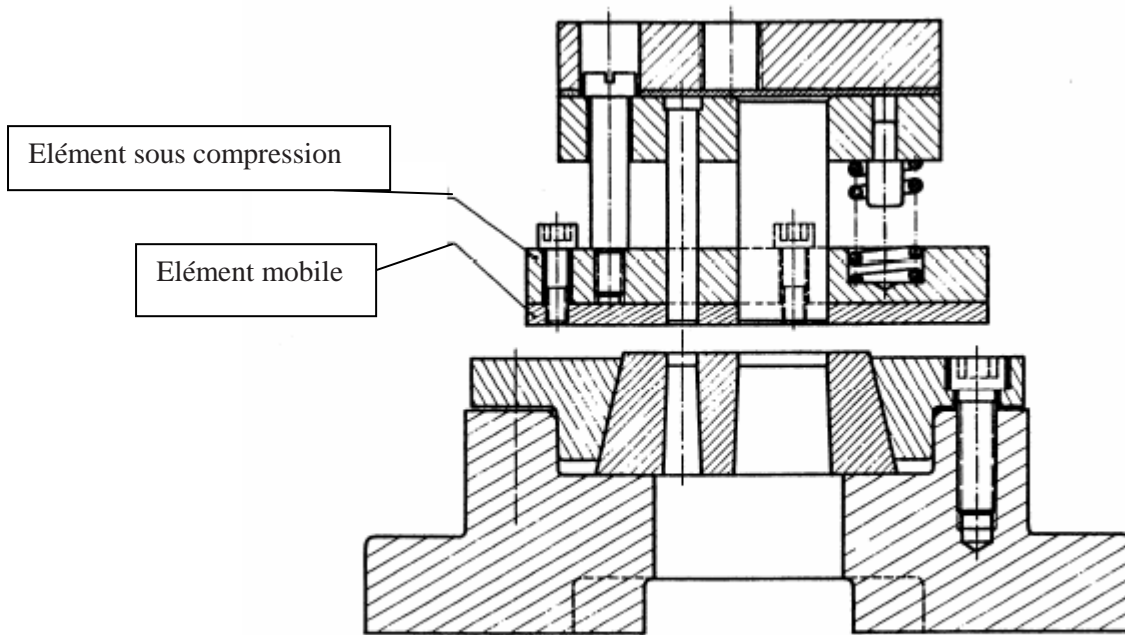


Figure 65: Outils à dévêtitseur élastique

III.4.9) les outils de cambrage [2]

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

- Outil de cambrage en V

Pour obtenir des pièces en forme de cornière, pliée en un angle quelconque, l'outil utilisé est un outil en V. Il se compose d'un poinçon et d'une matrice (Figure 66) épousant tous deux l'angle de la cornière à former. La matrice doit avoir une épaisseur suffisante pour ne pas rompre sous l'effort de coin du poinçon.

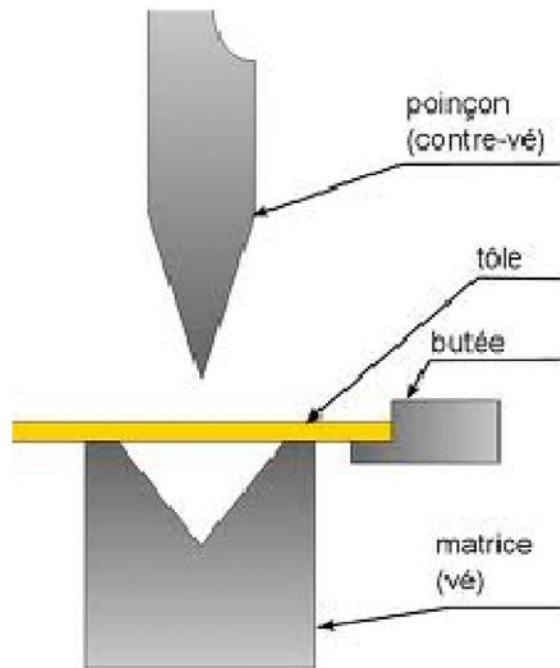


Figure 66 : Outil de cambrage en v

- Outil de cambrage en équerre

Pour obtenir des pièces pliées à 90^0 , on utilise un outil constitué par une matrice, un poinçon, un éjecteur et un bloc servant à talonner le poinçon et à l'emboucher de s'écarter de la matrice sous l'effort de pliage. L'éjecteur est soumis à une force pression, soit par ressorts, soit par l'appareil à ressort de la presse. Cette pression doit être suffisante pour que le serrage de flan entre le poinçon et l'éjecteur s'oppose au glissement de la pièce résultant du frottement sur l'angle de la matrice.

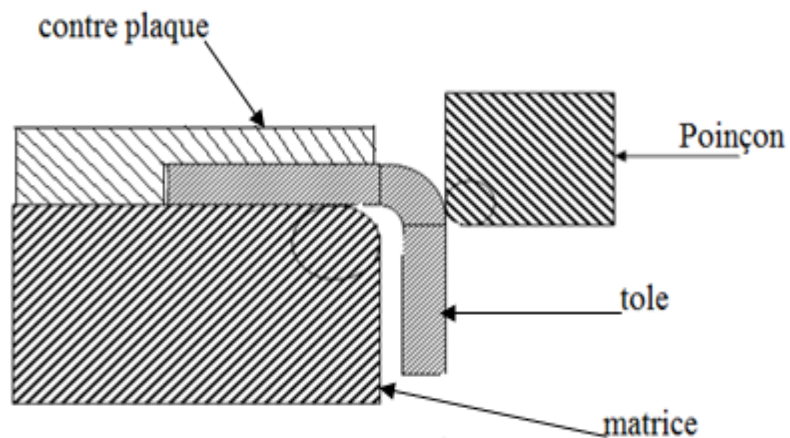


Figure 67 : Outil de cambrage en équerre

- Outil de cambrage en U

C'est le même principe avec l'outil précédent, ce qui change c'est la forme de la matrice et du poinçon. Cet outil relève simultanément les deux ailes de U et il travaille symétriquement.

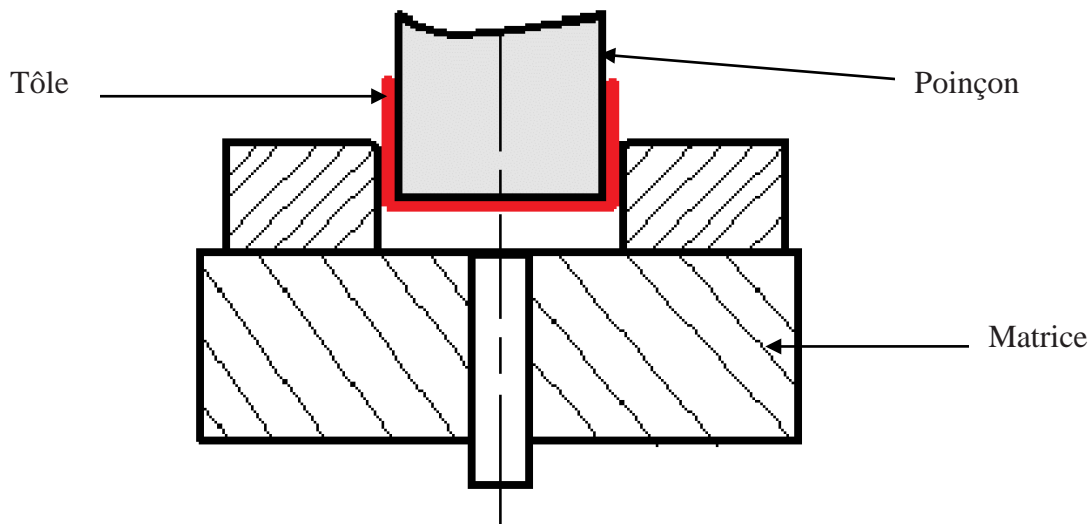


Figure 68 : Outil de cambrage en U

III.4.10) outil d'emboutissage [2]

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

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 (figure 69).

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'arête de la matrice la pièce tombe donc sous l'outil, d'où le nom donné à l'outil de passe à travers.

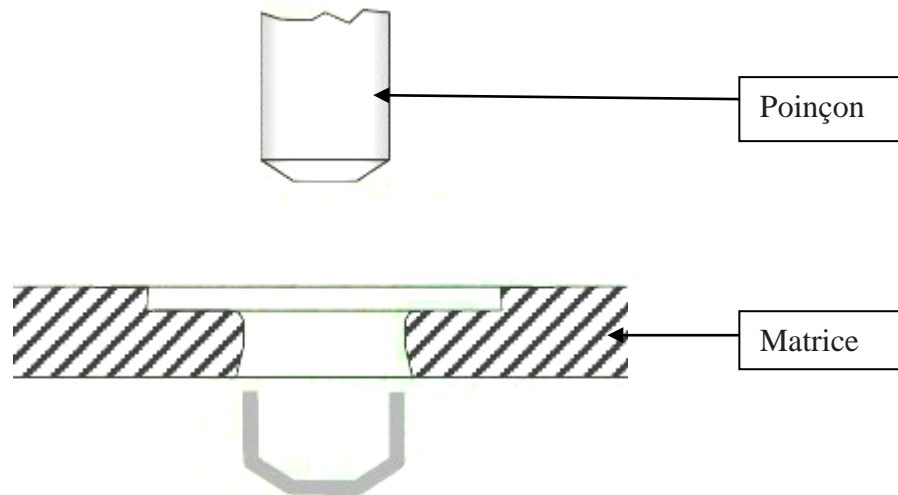


Figure 69 : Principe outils d'emboutissage sans serre flan

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.

- Outil placé sur une presse à simple effet

La serre flan est actionnée, le plus souvent, par l'appareil à ressort situé sous le plateau de la presse. L'outil est inversé, le poinçon et le serre-flan constituent la partie inférieure de l'outil, la matrice occupe la partie supérieure.

Les pièces embouties remontent avec la matrice et sont chassées par un éjecteur actionné par la presse.

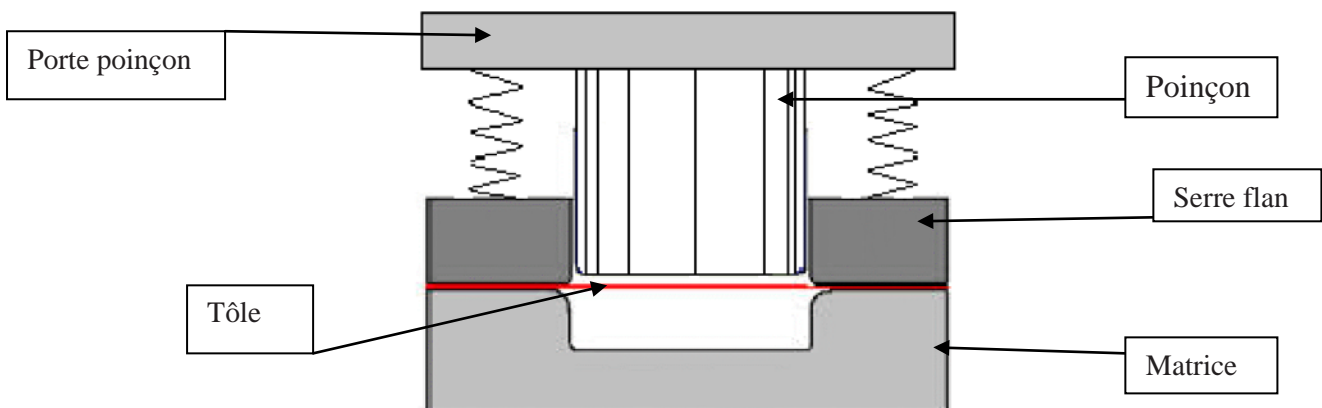


Figure 70 : Outil placé sur une presse à simple effet

- Outil placé sur une presse à double effet

Le serre-flan est monté sur le coulisseau spécial de la presse. Celui-ci étant généralement à la partie supérieure de la presse. L'outil peut être muni d'un éjecteur dans la matrice, à condition que la presse comporte une agence spéciale permettant à cet éjecteur de ne fonctionner qu'après le début de la remontée du serre-flan.

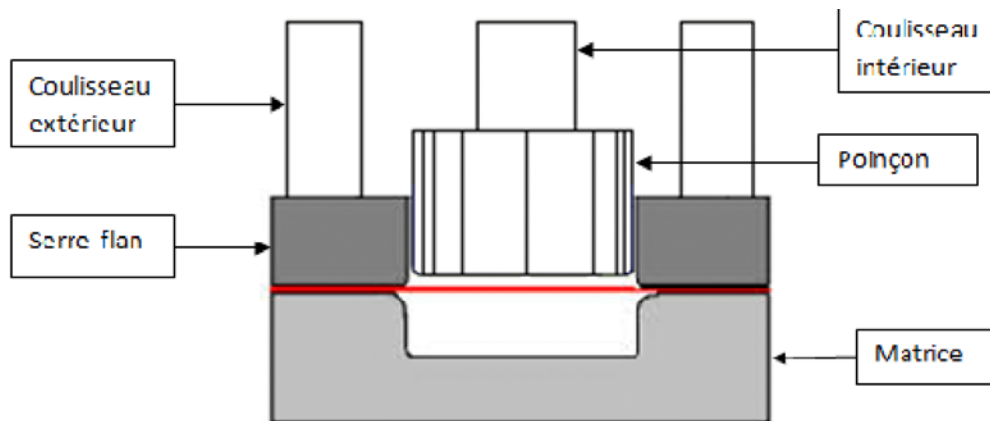


Figure 71 : Outil placé sur une presse à double effet

III.4.11) outil de finition (ou repassage) [2]

L'outil de finition sert à l'achèvement des pièces découpées qui demandent une grande précision ou de celles très épaisses, ayant besoin d'avoir un bord uni. L'outil de finition est un outil découvert à colonnes muni d'un drageoir de centrage de la pièce. Ce drageoir n'a pas le jeu latéral ; on l'usine d'ailleurs en se servant du poinçon découpeur comme mandan.

III.4.12) Matériaux d'outillage [9]

Les matériaux utilisés pour la conception des outils surtout les parties actives doivent avoir satisfait 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.

Les différents matériaux utilisés sont représenté dans le tableau suivant

Pièce d'outillage	OBSERVATION	Matière
Semelle inférieure. Semelle supérieure. Plaque porte Poinçons. Cales.	Acier à la limite d'élasticité dont Re= 235 N/mm ² Une bonne ténacité (Rm = 34 daN/mm ²)	S235 (E 24)
Serre flan, buté, embase.	Acier doux cémenté à 0,48 de Carbone.	C45 (XC 48)
Matrices à lames. Poinçons. porte matrice. Colonnes de Guidage.	-C'est un acier fortement allié à 2% de carbone et de 12% de chrome. -Une bonne résistance à l'usure, aptitude à la trempe, et faible déformation en travail. -Une bonne résistance aux chocs (Rm = 218 daN/mm ²) HRC = 61-62	X200Cr12 (Z200C12)
Bagues.	C'est un extra – dur cémenté à une résistance à l'usure et aux efforts interrompus. HRC ≥ 57.	C65 (XC65)
Plaque d'appui, Brides.	Une bonne ténacité (Rm = 57 daN/mm ²).	C35 (XC38)

Tableau 6: Les différents matériaux utilisés [10]

III.5) Montage des outils sur les presses

Le montage des outils les différentes presses se fait suivant diverses méthodes

III.5.1) Petite presses

- Partie inférieure de l'outil :

Le plateau des presses présente des trous taraudés (figure 72), cela permet une fixation des semelles et ça varie d'une presse à l'autre, dépend des constructions.

On distingue deux manières de fixation des semelles sur le plateau (figure 73) :

- fixation par vis.
- fixation par bridage.

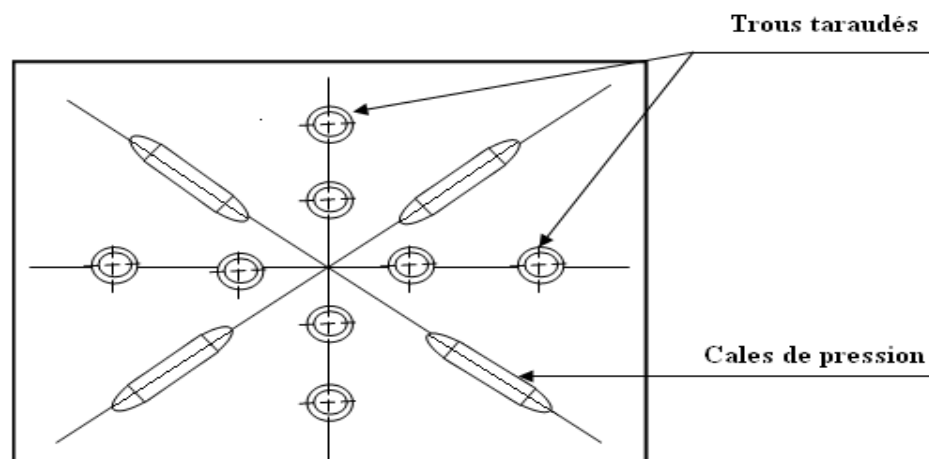


Figure 72 : Plateau de presse

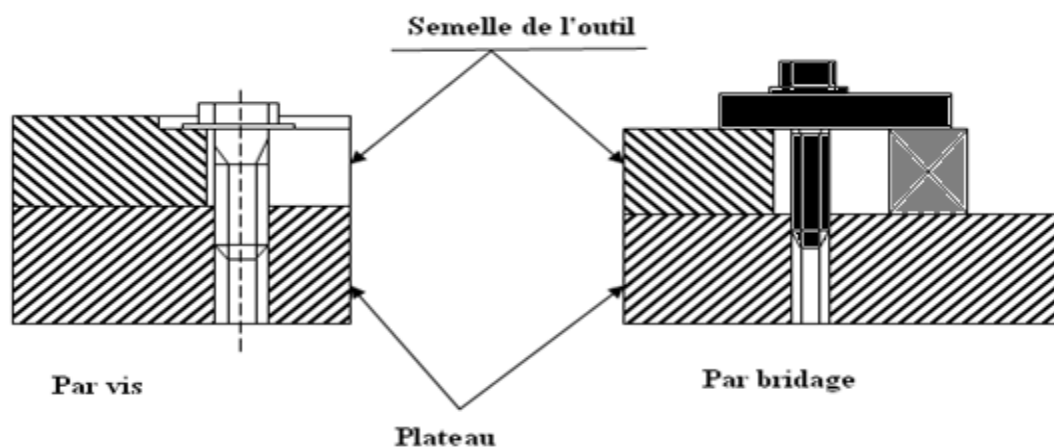


Figure 73 : Système de fixation de la semelle au plateau

- Partie supérieure de l'outil :

L'outil porte un nez (figure74) qui est monté dans le trou lisse du coulisseau, il est serré par le chapeau puis bloqué par la vis de pression. (La vis de pression agit sur la partie tronconique du nez).

Les trous des oreilles du coulisseau permettent la fixation des outils longs.

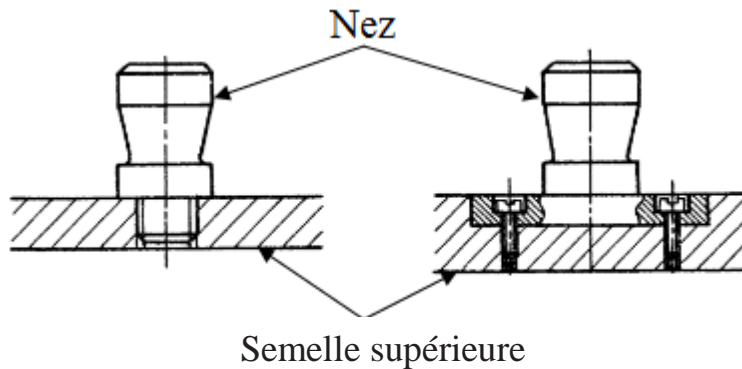


Figure 74: Système de fixation de la partie supérieure de l'outil

III.5.2) Grosse presses

La semelle du coulisseau et le plateau de la presse portent des rainures en T (figure 75). La semelle supérieure et inférieure de l'outil sont fixées par boulons ou par brides.

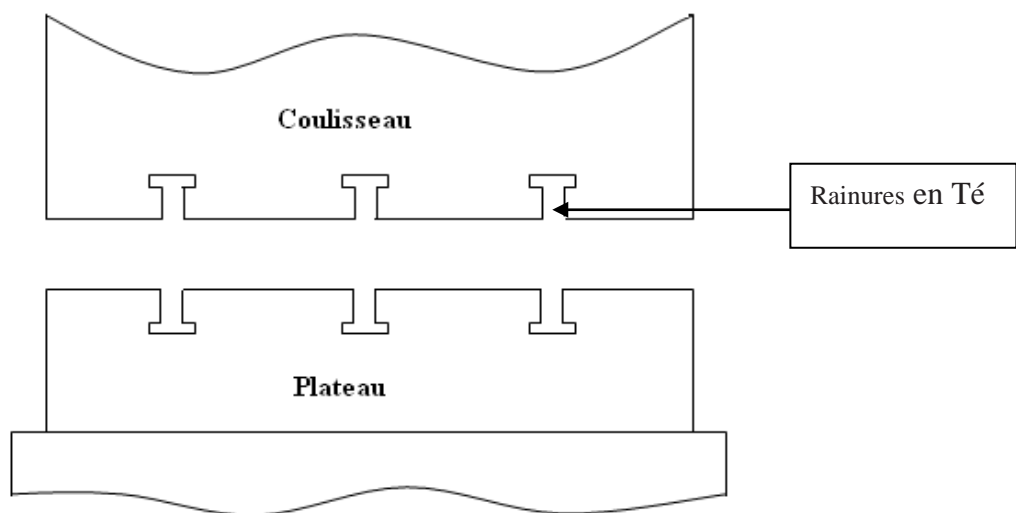


Figure 75 : Système de fixation pour les grosses presses.

III.6) Graissage des outils [2]

Les outils sont des petites machines qui nécessitent le graissage pour assurer sa durée de vie et éviter l'usure. Toutes les parties frottant seront lubrifiées avec soin. Les tôles ou bandes d'acier sont également graissés. On se sert pour cela d'huiles inférieures ou d'huile soluble étendue d'eau. Pour le découpage, il n'est pas nécessaire de graisser toutes les bandes, mais une de temps à autre.

III.7) conclusion

La fabrication ou le développement des outils est un point très important dans l'industrielle pour la réalisation des pièces. Nous avons veu dans ce chapitre les paramètres influents dans le développement des outils que doit le constructeur respecté pour réassure sa conception, et quelque types d'outils des presses et leur équipement avec les matériaux utilisé pour chaque pièces, avec les techniques des montages sur les presses.

Chapitre IV

Étude et conception de l'outil

IV.1) Introduction

La conception est la phase créative d'un projet d'ingénierie. Le but premier de la conception est de permettre de créer un système ou un processus répondant à un besoin, tout en respectant un cahier de charge qui dépend essentiellement de la qualité, la quantité et le prix.

Une conception est toujours associée à une partie d'étude et de calcul pour assurer la performance du produit avant de lancer sa production.

IV.2) Cahier des charges

Dans les travaux des métaux en feuilles, il existe une grande variété de presses et d'outils, et leur choix dépend des opérations à effectuer, dans ce travail l'outil à concevoir est destiné à la réalisation de la :« **charnière inférieure d'un réfrigérateur**(BC -50) de L' ENIEM»(figure 76). Dont les caractéristiques dimensionnelles et géométriques sont présentées sur la (Figure 77).

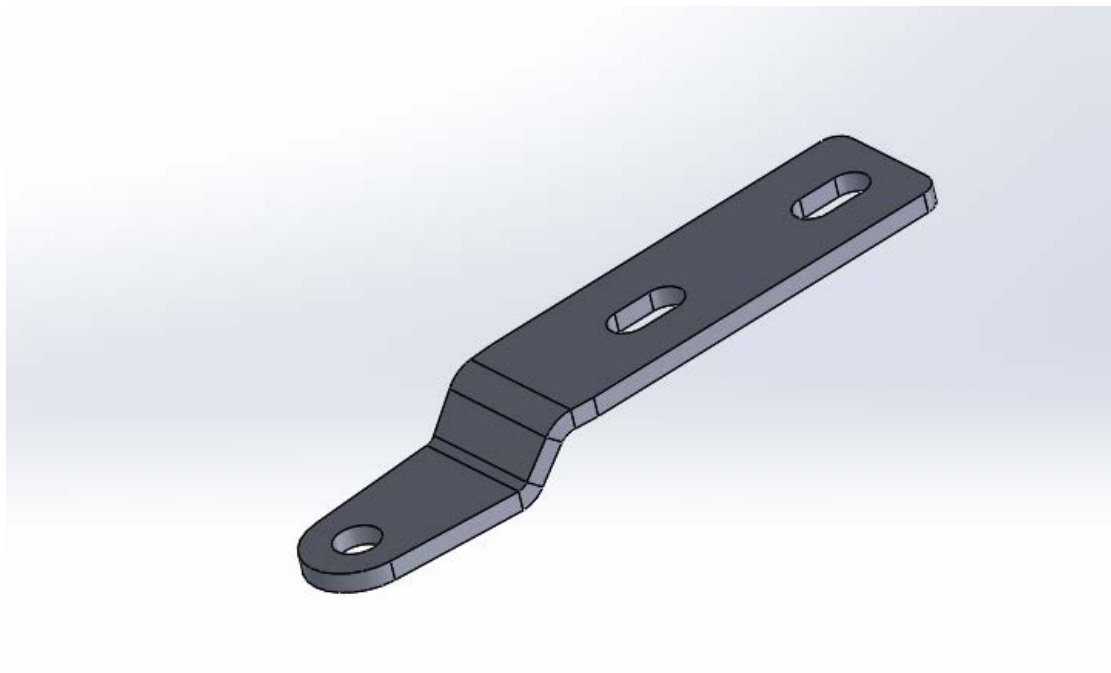


Figure 76 : Charnière inférieure

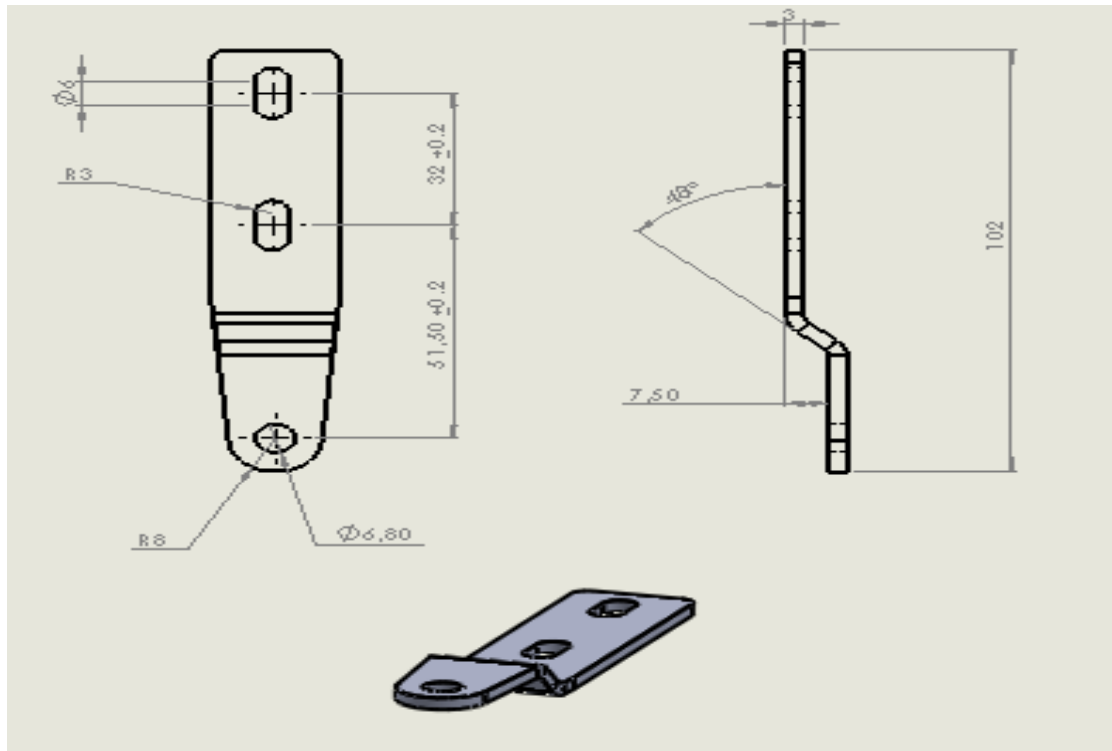


Figure 77 : Dimension de la pièce

IV.2.1) Emplacement de la pièce

La (figure 78) montre l'emplacement de la charnière inférieure dans le réfrigérateur (BC-50) de L' ENIEM.



Figure 78 : Emplacement de la charnière sur le réfrigérateur



Figure 79 : Réfrigérateur (BC-50)

IV.3) Outil proposé

L'outil proposé pour l'entreprise ENIEM est un outil à bande (figure 80) composée d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau qui porte les poinçons et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse qui porte la matrice, cet ensemble parfaitement guidé par 2 colonnes de guidage.

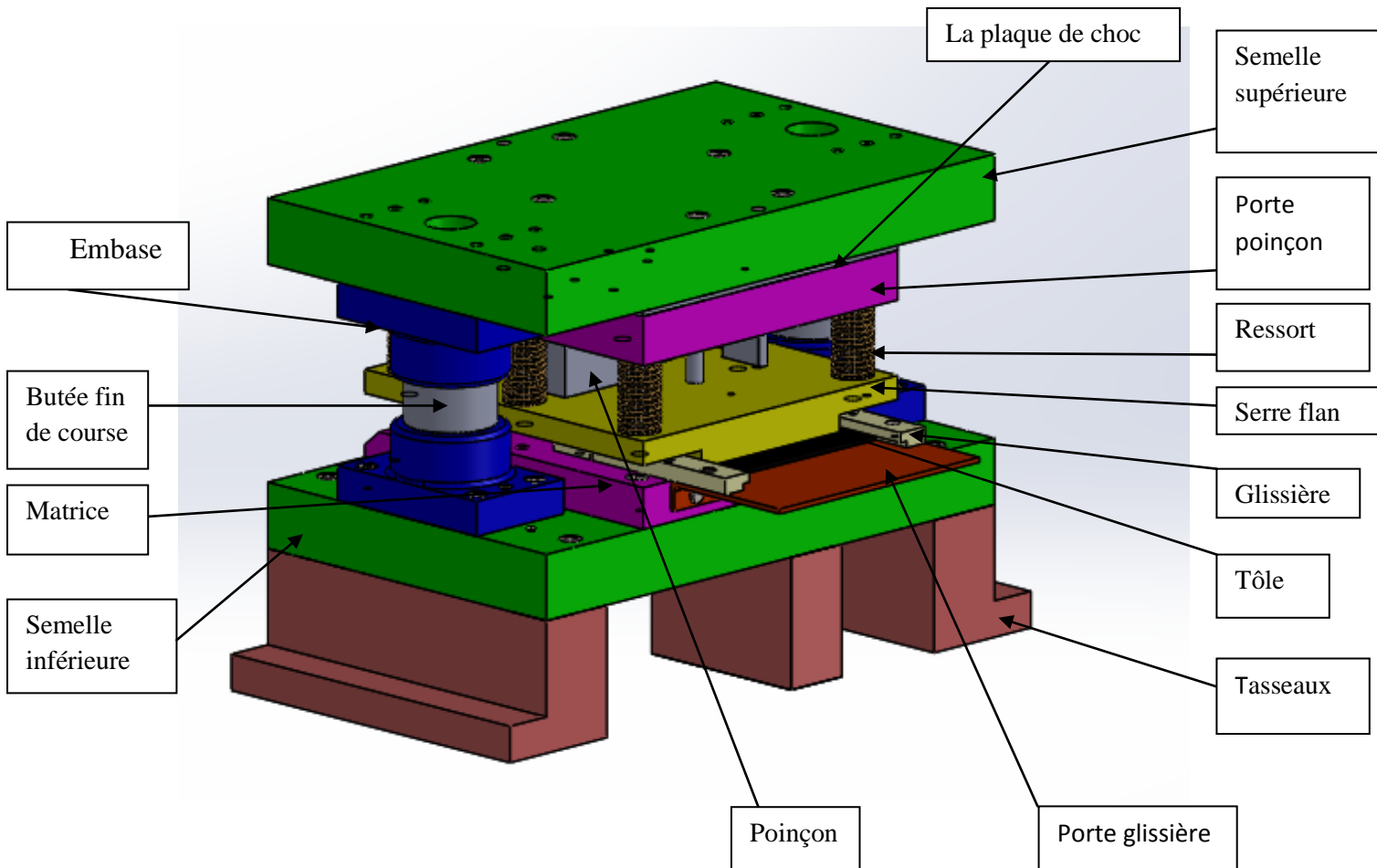


Figure 80: Outil à bande

IV.4) Processus de fabrication

Le processus de fabrication de la charnière s'effectue en 2 étapes

- 1^{ère} étape

Elle consiste de découper des bandes à partir de tôle fournie en format commercial standard sous forme des bobines de 2 tonne.

- 2^{ème} étape : mise en bande

L'étude de la mise en bande consiste à rechercher la disposition des pièces dans la bande avec une façon logique donnant le minimale de déchets.

La bande entre dans l'outil à travers un guide (glissières). A chaque poste la bande reçoit des formes et des opérations spécifique jusqu'à obtenir la pièce finale avec les dimensions et tolérances souhaitées. Pour la réalisation de la pièce la bande il passe par cinq postes comme indique dans la (figure 81).

Le nombre de poste utilisé dépend de type et de nombre d'opération utiliser pour la réalisation de la pièce, dans notre cas en choisie 5 poste, le première est réservé pour le poinçonnage de pas et pilote, le poinçonnage et le découpage de déférente forme son partagé entre le deuxième et troisième poste, le quatrième poste est réservé pour le pliage de 48°, le cinquième poste et le dernier comme toujours il consiste de séparé la pièce de la bande.

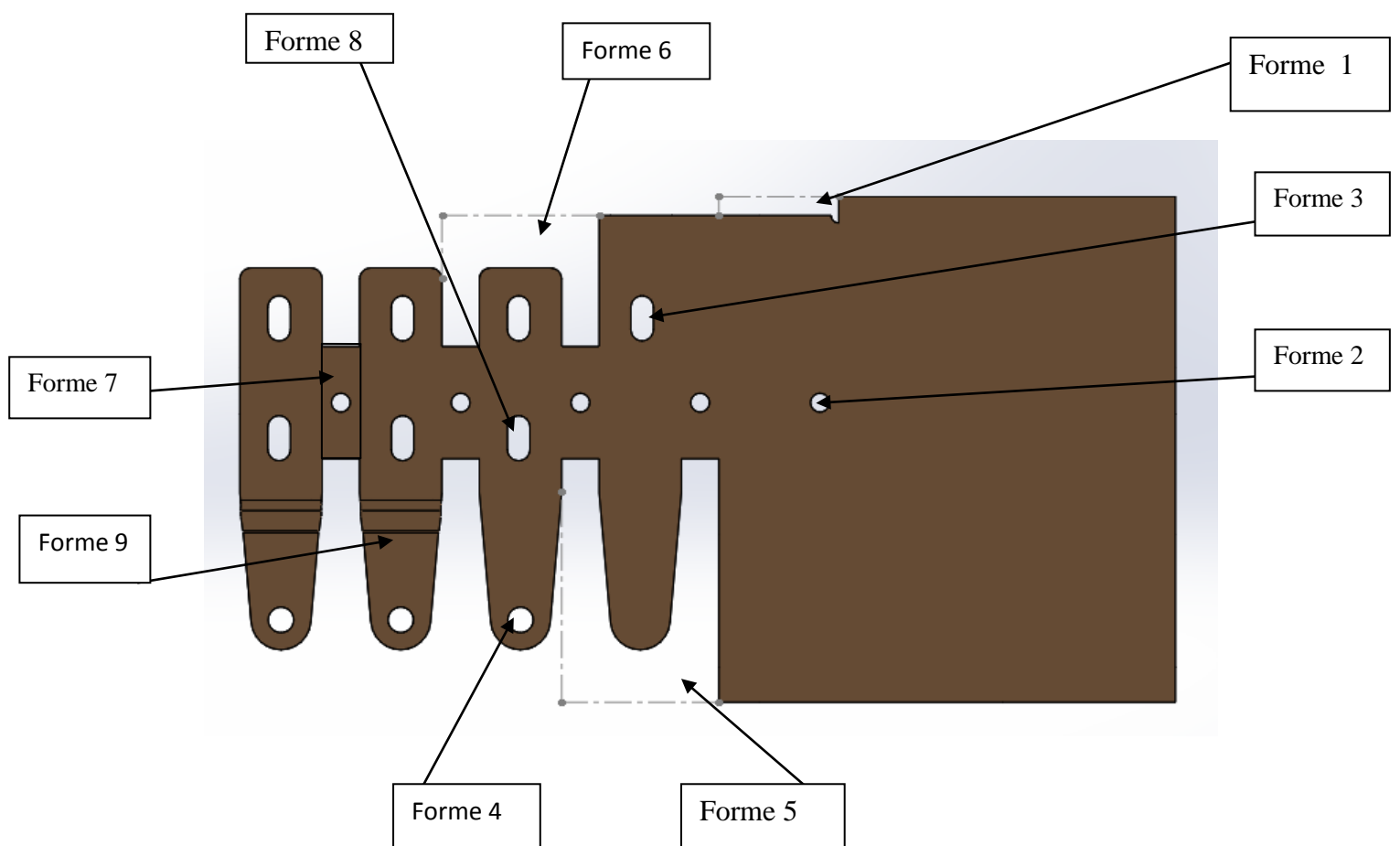


Figure 81 : Mise en bande

➤ Poste 1

L'opération de découpage de pas (forme 1) qui consiste à limiter l'avance de la bande, pour pouvoir effectuer une autre opération, et poinçonnage de trou de pilotage de la bande dans l'outil (forme 2)

➤ Poste 2

Poinçonnage pour la réalisation de la première rainure (forme 3) et découpage d'une partie (forme 5).

➤ Poste 3

Deux poinçonnage pour le perçage de trou de diamètre 6.8 (forme 4) et la deuxième rainure (forme 8) avec un découpage de la bande avec un poinçon de (forme 6), et (forme 5).

➤ Poste 4

L'opération consiste à réaliser un pli de 48.28° sur une longueur de 39.80 mm (forme 9) et découpage de forme (6)

➤ Poste 5

Le dernier poste comme toujours consiste à séparer la pièce de la bande avec un poinçon de coupe de (forme 7).

IV.5) Calcul des efforts

IV.5.1) Calcul de l'effort de découpage et poinçonnage [1]

Le calcul des efforts pour les deux procédés se fait selon la loi suivante :

$$F = P \times e \times R_c$$

Avec :

P : Le périmètre à découper (mm)

e : L'épaisseur de la tôle (mm)

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

Avec **e**=3mm **R_c**=40 daN/mm²

➤ Effort de découpage du pas F_{de1} (forme 1)

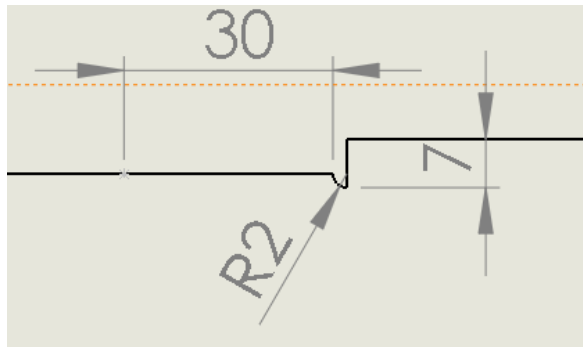


Figure 82 : Découpage de pas

$$P_{de1} = 7 + 2\pi^2/4 + 30$$

$$P_{de1} = 40,14 \text{ mm}$$

A.N :

$$F_{de1} = 40,14 \times 3 \times 40$$

$$F_{de1} = 4816,80 \text{ daN}$$

➤ Effort de poinçonnage F_{de2} ; perçage de trou pilote (forme 2)

$$P_{de2} = \pi \times \emptyset \times n$$

Avec :

\emptyset : diamètres des trous

n : nombre des trous

A.N

$$P_{de2} = 3,14 \times 5 \times 1$$

$$P_{de2} = 15,7 \text{ mm}$$

A.N

$$F_{de2} = 15,7 \times 3 \times 40$$

$$F_{de2} = 1884 \text{ daN}$$

➤ Effort de poinçonnage F_{de3} et F_{de8} : Les rainures (forme 3 et 8)

$$P_{de3} = P_{de3} = 30,84 \text{ (Mesure direct)}$$

A.N

$$F_{de3} = 30,84 \times 3 \times 40$$

$$F_{de3} = 3700,8 \text{ daN}$$

$$F_{de8} = F_{de3}$$

$$F_{de8} = 3700,8 \text{ daN}$$

➤ Effort de poinçonnage F_{de4} : perçage de trou $\varnothing 6.8$ mm (forme 4)

$$P_{de5} = 21,35 \text{ mm (Mesure direct)}$$

A.N

$$F_{de5} = 21,35 \times 3 \times 40$$

$$F_{de5} = 2562 \text{ daN}$$

➤ Effort de Détourage F_{de5} : forme 5

$$P_{de5} = 303,40 \text{ mm (Mesure direct)}$$

A.N

$$F_{de5} = 303,40 \times 3 \times 40$$

$$F_{de5} = 36408 \text{ daN}$$

➤ Effort de Détourage F_{de6} : forme 6

$$P_{de6}=193,42 \text{ mm (Mesure direct)}$$

A.N

$$F_{de6}=193,42 \times 3 \times 40$$

$F_{de6}=23210,40 \text{ daN}$

➤ Effort de Détourage F_{de7} : forme 7

$$P_{de7}=82 \text{ mm (Mesure direct)}$$

AN

$$F_{de7}=82 \times 3 \times 40$$

$F_{de7}=9840 \text{ daN}$

IV.5.2) Calcul de l'effort de pliage (forme9)[4]

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

$$F_{de9} = \frac{e \times l \times R_c}{10}$$

e : épaisseur de la tôle, en (mm)

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

R_c : résistance de la tôle au cisaillement en (daN/mm^2)

Avec $l = 121,38 \text{ mm}$ $e = 3 \text{ mm}$ $R_c = 40 \text{ daN/mm}^2$

A.N

$$F_{de9} = \frac{3 \times 121,38 \times 40}{10}$$

$$F_{de9} = 1456,56 \text{ daN}$$

➤ **Effort total Ft:**

$$F_t = F_{de1} + F_{de2} + F_{de3} + F_{de4} + F_{de5} + F_{de6} + F_{de7} + F_{de8} + F_{de9}$$

A.N

$$F_t = 4816.80 + 1884 + 3700.80 + 2562 + 36408 + 23210.40 + 9840 + 1456.56 + 3700.80$$

$$F_t = 87579.36 \text{ daN}$$

IV.5.3) Effort de dévêtissage $F_{dév}$ [10]

C'est l'effort nécessaire pour dégager les pionçons de la bande après découpage ou

Poinçonnage, il est égal à 7% de F_t .

$$F_{dév} = 7\% \times F_t$$

$$F_{dév} = 6130,55 \text{ daN}$$

IV.5.4) Calcul de l'effort total que doit fournir la presse

La source de production de la force c'est la presse, elle doit produire un effort Supérieur à la somme des efforts.

$$F_{pr} > F_T + F_{dev}$$

Avec

F_{pr} : Effort de la presse

F_T: Effort total de découpage-poinçonnage

F_{dev}: Effort de dévêtissage

AN

$$F_{pr} > 87579,36 + 6130,55$$

$F_{pr} > 93709,914$

Donc le choix de la presses ce fait selon la force suivant

$F_{pr} > 93,70 \text{ tonne}$

IV.6) Choix de ressort [12]

La raideur des ressorts doit assurer ledévêtissage, on a utilisé 6 ressorts.

La raideur il doit assurer cette conduction :

$$F_{\text{ressort}_C} > F_{\text{ressort}_R}$$

F_{ressort_C} : force de ressort calculé

F_{ressort_R} : force de ressort réel

$$F_{\text{ressort}_C} = F_{\text{dev}} \div 6$$

A.N

$$F_{\text{ressort}} = 61305,5 \div 6$$

$F_{\text{ressort}} = 10\,217,5 \text{ N}$
--

Le ressort qui satisfait les conditions de travail est le ressort à charge hyper forte tiré de (tableau 7) qui a les caractéristiques suivante :

La longueur $L = 51 \text{ mm}$

$F_{\text{ressort}} = 9330 \text{ N}$

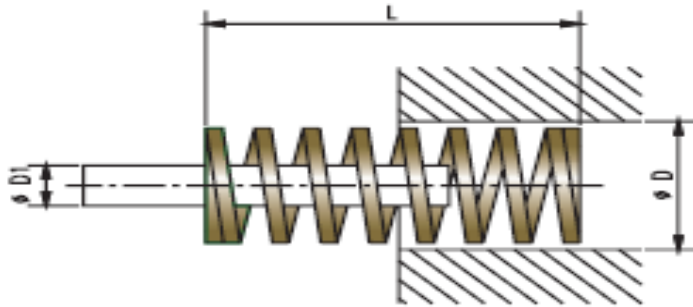


Figure 83 : Schéma de dimensionnement d'un ressort

$D = 25 \text{ mm}$

$D1 = 12,5 \text{ mm}$

$L = 51 \text{ mm}$

$K = 933 \text{ N/mm}$

$A = 10 \text{ mm}$ (course de ressort comprimée)

$F_R \text{ ressort} = 9330 \text{ N}$

D	D1	L	K	A 10 %		C Comprimé à bloc approx.	
				N	mm	N	mm
25	12,5	44	1158	5095	4,4	9264	8
		51	933	4758	5,1	9330	10
		64	844	4122	6,4	8372	13
		76	556	4226	7,6	8898	16
		89	462	4112	8,9	9240	20
		102	390	3978	10,2	8970	23

Tableau 7 : Ressort charge hyper forte.

IV.7) Choix de la presse à utiliser

Le choix de la presse à utiliser dans les travaux des métaux en feuille dépend essentiellement de plusieurs paramètres tel 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.

A partir de l'effort que nous avons calculé, nous avons opté pour une presse mécanique DCP 100-18 (D) arcade dont ses caractéristiques sont donné par le tableau ci- dessous :

Capacité de la presse	100 tonnes
Distance entre la table et le coulisseau (PMH)	350 mm
Distance entre la table et le coulisseau (PMB)	150 mm
Dimensions de la table (longueur et largeur)	(1800 mm×1200 mm)
Dimensions du coulisseau (longueur et largeur)	(1800 mm×1200 mm)

Tableau 8 : Caractéristique de la presse à utiliser.

IV.8) Jeu de découpage

Pour 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 sur la matrice ou bien le poinçon

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

$$J=1/20 \times 3$$

$J=0.15 \text{ mm}$

IV.9) Calcul des poinçons à la résistance[1]

Le flambage intervient lorsqu'une poutre droite de grande longueur se déforme sous l'action de deux forces axiales opposées dirigées l'une vers l'autre. C'est un phénomène qui se produit pour une certaine valeur de charge appelée charge critique.

Si :

- $F < F_{cr}$: la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.
- $F > F_{cr}$: la poutre se plie, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement.
- $F = F_{cr}$: La barre est en équilibre instable, il peut y avoir changement d'état d'équilibre pour atteindre un état d'équilibre stable en flexion composée.

F : effort de découpage

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

$$F_{Cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{\lambda^2}$$

Avec :

E : Module d'élasticité (210000 N/mm²).

I: Moment d'inertie.

λ : La longueur libre de flambage

L : la longueur réelle

La longueur libre de flambage λ est donnée en fonction du type d'appui (tableau 9).

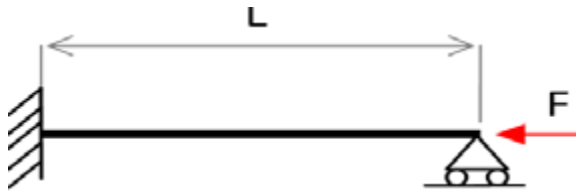
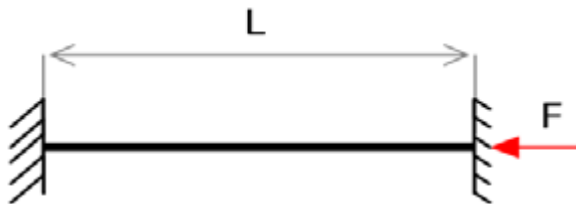
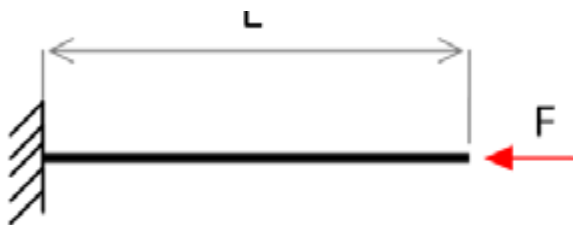
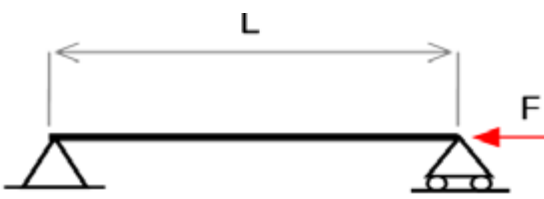
Longueur libre de flambement		
Type de liaisons	Figure	Valeur de l
Encastré – Pivot		$l=0.7L$
Encastré des deux cotés		$l=0.5L$
Encastré – Libre		$l=2L$
Pivot des deux cotés		$l=L$

Tableau 9 : Longueur libre de flambement en fonction de type de liaisons.

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

➤ **Poinçon pilote Ø 5 mm (forme 2)**

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

A.N

$$I = \frac{\pi \times 5^4}{64}$$

$$I = 30.66$$

A.N

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

$$F_{cr} = \frac{9,85 \times 210000 \times 30.66}{(2 \times 104)^2}$$

$$F_{cr} = 1465.88 \text{ N}$$

On a : $F_{de2} = 18840 \text{ N}$ (effort de poinçonnage)

$$F_{cr} < F_{de2}$$

La condition de résistance n'est pas vérifiée.

Le corps du poinçon doit être renforcé avec une chemise pour éviter le flambage.

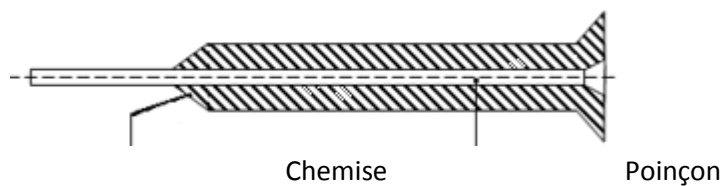


Figure84 : Chemise

➤ Poinçon pilote Ø 6.8 mm (forme 4)

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

A.N

$$I = \frac{3,14 \times 6,8^4}{64}$$

$$I = 104,90 \text{ mm}^4$$

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

$$F_{cr} = \frac{9,85 \times 210000 \times 104,90}{(2 \times 97)^2}$$

$$F_{cr} = 5765,37 \text{ N}$$

$$F_{cr} < F_{de4}$$

La condition de résistance n'est pas vérifiée.

Le corps du poinçon doit être renforcé avec une chemise pour éviter le flambage.

➤ **Poinçon rainure (forme 3 et 8)**

$I = 813,70 \text{ mm}^4$ (Mesure direct)

$$F_{cr} = \frac{9,85 \times 210000 \times 813,70}{(2 \times 104)^2}$$

$$F_{cr} = 38903,90 \text{ N}$$

$$F_{cr} > F_{de4}$$

La condition de résistance est vérifiée

IV.10) Position adéquate de l'outil sur la presse (centre d'inertie) [3]

Pour que la presse travail d'une façon plus favorable, l'outil doit se positionner sur la table d'une façon à ce que la résultante de tous les efforts passe par l'axe vertical du coulisseau de la presse.

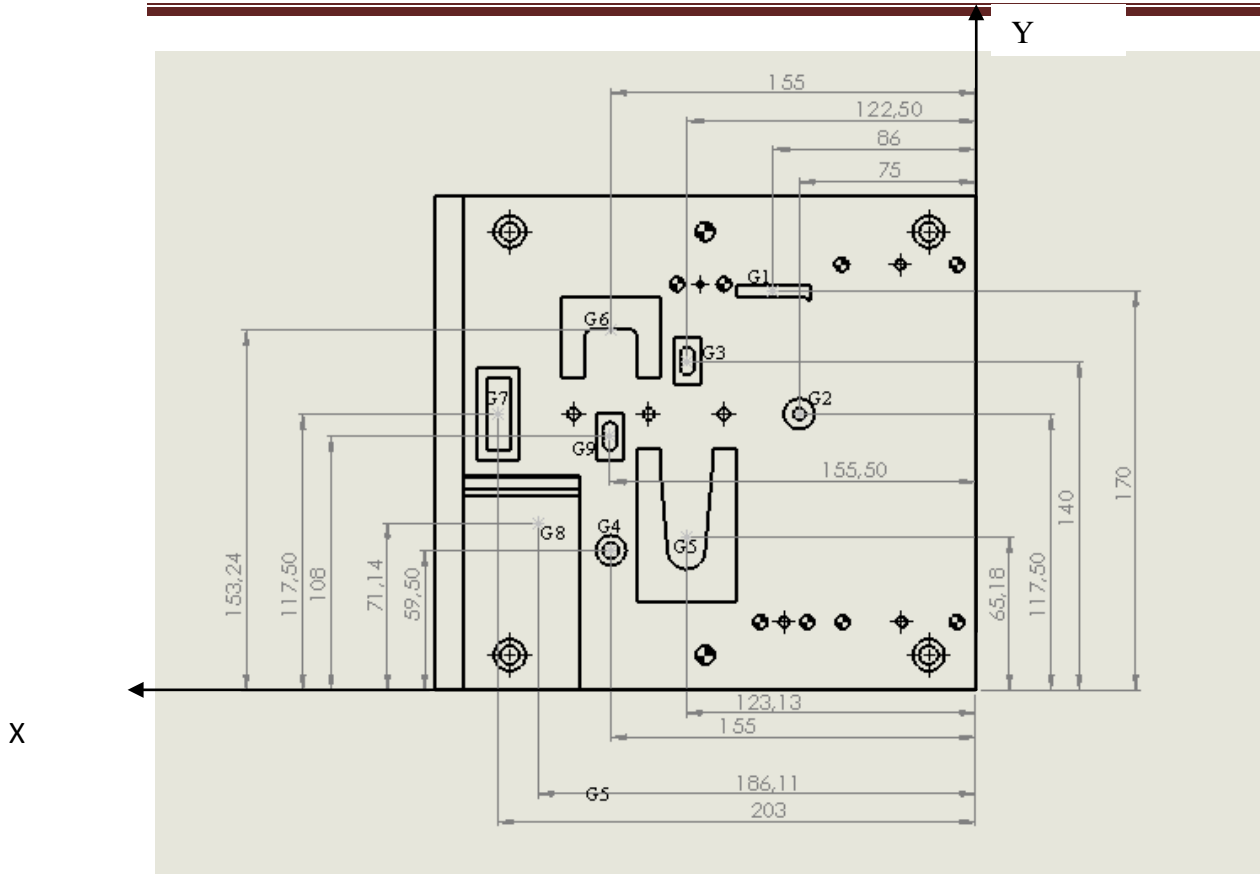


Figure 85: Position adéquate de l'outil sur la presse (centre d'inertie)

Soient (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , (X_3, Y_3) , (X_4, Y_4) , (X_5, Y_5) , (X_6, Y_6) , (X_7, Y_7) , (X_8, Y_8) , (X_9, Y_9) respectivement les coordonnées des centres d'inertie des positions G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9.

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^9 X_i \cdot F_i}{\sum_{i=1}^9 F_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=1}^9 Y_i \cdot F_i}{\sum_{i=1}^9 F_i}$$

Gi	Xi (mm)	Yi (mm)	Fi (daN)	Xi.Fi	Yi.Fi
G1	170	86	4816.80	818856	414244.80
G2	117.50	75	1884	221370	141300
G3	140	122.5	3700.80	518112	453348
G4	56.5	155	2562	144753	397110
G5	65.18	123.13	36408	2373073.44	4482917.04
G6	153.24	155	23210.40	3556761.69	3597612
G7	117.5	203	9840	1156200	1997520
G8	71.14	186.11	1456.56	103619.67	103619.67
G9	108	155.5	3700.80	399686.40	575474.40
			Σ Fi =87579.36	Σ XiFi =8892745.73	Σ YiFi =12163145.91

Tableau 10: Centre d'inertie des efforts de découpage

$$X_G = \frac{8892745.73}{87579.36}$$

XG=101.54 mm

$$Y_G = \frac{12163145.91}{87579.36}$$

YG=138.88 mm

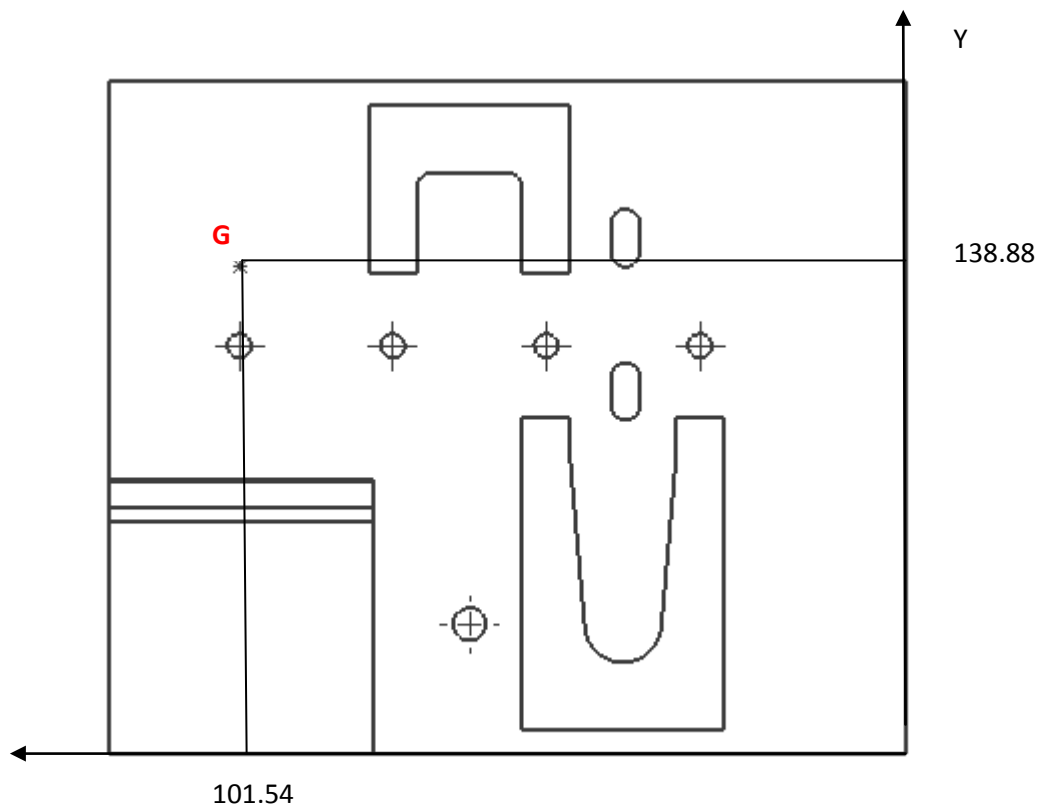


Figure 86 : Barycentre de la matrice (centre d'inertie)

IV.11) conception de l'outil:

L'outil à réaliser est un outil à suivre pour la réalisation d'une charnière inférieure pour un réfrigérateur de L'ENIEM. Fait pour des moyennes ou grandes séries.

IV.11.1) Partie inférieure

La partie inférieure de l'outil est la partie fixe bridée sur la table de la presse, elle comporte les pièces suivantes.

➤ Semelle inférieure

C'est une plaque qui mesure 40 mm d'épaisseur, sert de support pour la matrice pour mieux supporter à l'effort de compression appliqué par les poinçons.

Elle comporte des dégagements pour éjecter les déchets, et des perçages pour fixer les tasseaux les embases et la matrice.

➤ **La matrice**

Elles doivent résister aux différents efforts tels que le découpage et le poinçonnage. Il est fabriqué de (Z200C12) avec une épaisseur de 25 mm, Ces matrices doivent supporter l'effort du serre flan et éviter la déformation.

➤ **Les glissières**

Ce sont des baguettes fixes sur la matrice, leur rôle est d'assurer le guidage de la bande dans l'outil.

➤ **La butée**

Elle sert à positionner le flan, limitant ainsi son déplacement tout en assurant un bon guidage du flan.

➤ **Embase**

C'est un élément qui assure le guidage entre les deux semelles supérieures et inférieures par l'intermédiaire des colonnes de guidage.

➤ **Colonne de guidage**

Elle assure le guidage de la partie supérieure avec la partie inférieure. Dans notre conception le guidage de l'outil est assuré par deux colonnes de guidage. Elles coulissent dans les embases supérieures avec glissement et elles sont emmanchées sur les embases inférieures.

➤ **Porte glissière**

C'est une plaque de tôle fixée sur la matrice qui sert de support pour les glissières et la bande.

IV.11.2) Partie supérieure

La partie supérieure de l'outil est la partie mobile bridée au coulisseau, elle comporte les pièces suivantes.

➤ **Serre flan**

Son rôle est de serrer la bande pendant les opérations de l'outil pour éviter le glissement de la bande et pour sa les poinçons son décaler de 1 mm en haut pour assurer l'arriver de serre flan a la bande avant tous les poinçons, et aussi guider les poinçons ainsi que les vis d'écartement qui jouent le rôle de relais entre les portes poinçonset le sert flan.

➤ **Les poinçons**

Ils sont faits du même matériau que les matrices(Z200C12), Ce sont les éléments qui travaillent le plus au sein de l'outil, Un calcul au flambement de ces poinçons de faible section Pou éviter ce phénomène, nous avons recours à l'utilisation des chemises dans les quelles sont insérés. Le montage des poinçons dans le porte poinçon il dupant de la forme de poinçon.

➤ **porte poinçon**

C'est une pièce de 30mm d'épaisseur, Il sert à fixer et guider les différents pionçons dans leur travail et aussi de support pour les dévêtisseurs et le serre flan.

➤ **La plaque de choc**

Elle sert à protéger la semelle supérieure des déformations au cours du travail des poinçons, C'est une piècerelativement mince et dur de 3mm d'épaisseur en tôle bleue.

➤ **Pilote**

Ils ont la forme de poinçon leurs rôle est assuré le guidage et positionnent de la bande sur la matrice

➤ Semelle supérieure

C'est la pièce bridée sur le coulisseau

Mise en plan

Dans cette partie du travail nous avons utilisé le logiciel Solidworks pour faire ressortir les différentes caractéristiques dimensionnelles et géométriques des pièces constituant l'outil à l'aide des mises en plan suivent :

Planche1 : Butée fin de course

Planche2 : Butée

Planche3: Canon D5

Planche4 : Canon D6.80

Planche5 : Charnière inférieure

Planche6 : Chemise poinçon D 6.80

Planche7 : Colonne de guidage

Planche8 : Embase

Planche9 : Glissière

Planche10 : Matrice

Planche11 : Outil complet

Planche12 : Partie inférieure

Planche13 : Partie supérieure

Planche14 : PoinçonsD6.80

Planche15 : Poinçon de pas

Planche16 : Poinçon pilote D5

Planche17 : Poinçon pliage

Planche18 : Poinçon rainure

Planche19 : Porte glissière

Planche20 : Porte poinçon

Planche21 : Semelle inférieure

Planche22 : Semelle supérieure

Planche23 : Serre flan

Planche 24 : plaque de choc

Planche25 : Poinçon de forme v

Planche26 : Poinçon de forme u

IV.12) Conclusion

A la fin de notre conception en a attaqué la partie étude et calcul de toutes les efforts appliqué pour savoir la capacité de la presse à utiliser et la position adéquate de l'outil sur la table de la presse et le choix de ressort.

Un calcul de vérification au flambement des poinçons a permis de détecter les poinçons fragiles, pour les renforcer par des chemises.

Conclusion générale

La réalisation de notre projet de fin d'études au niveau de l'entreprise ENIEM en particulier dans le bureaux d'études l'unité prestations technique a été pour nous d'une importance capitale, tant sur le plan pratique que théorique, cela nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de conception, fabrication et gestion de projet dans le secteur industriel.

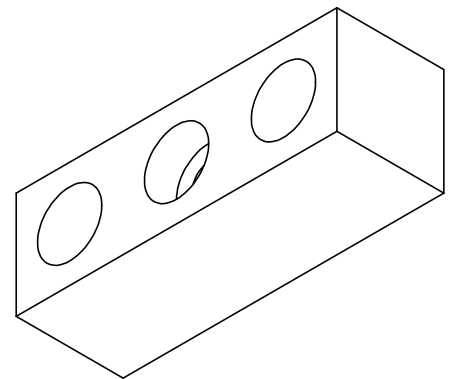
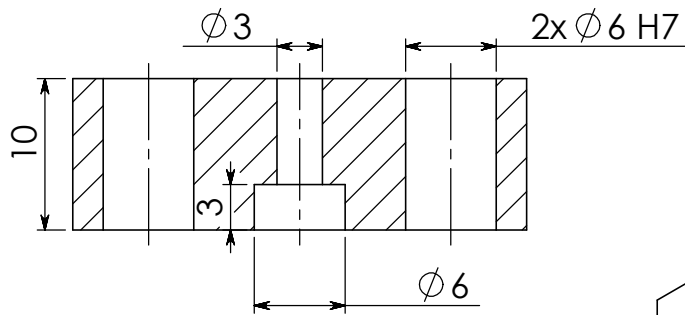
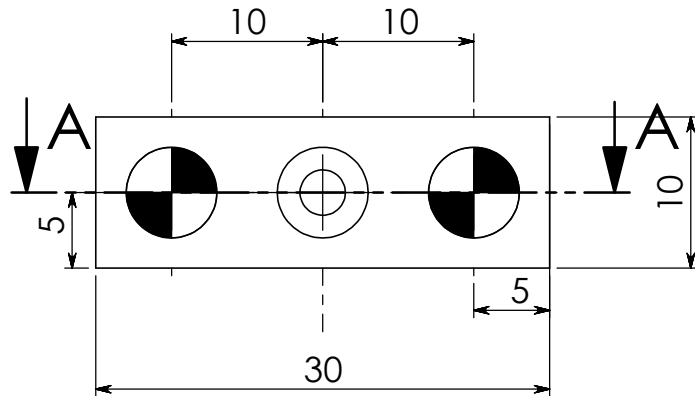
L'étude et la conception qui ont fait l'objet de ce mémoire nous ont permis de comprendre mieux le travail des métaux en feuilles, les machines utilisée ainsi que l'outillage approprié pour le découpage, poinçonnage et le pliage des tôles.

De plus, nous tenons à noter que cette étude nous a permis de nous familiariser et de nous initier à certains modules de logiciels très utilisés, tel que SolidWorks pour la conception assistée par ordinateur et les différentes étapes à suivre pour maitre en ouvre un outil.

Notre étude nous a permis s'aboutir à une solution permettent la réalisation d'une charnière inferieur d'un réfrigérateur.


Références bibliographie

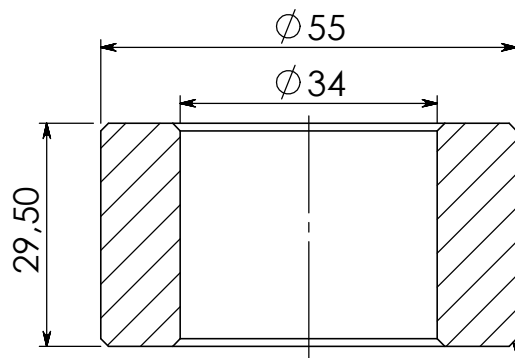
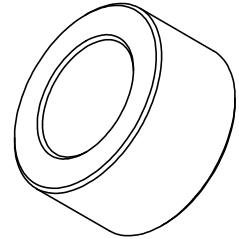
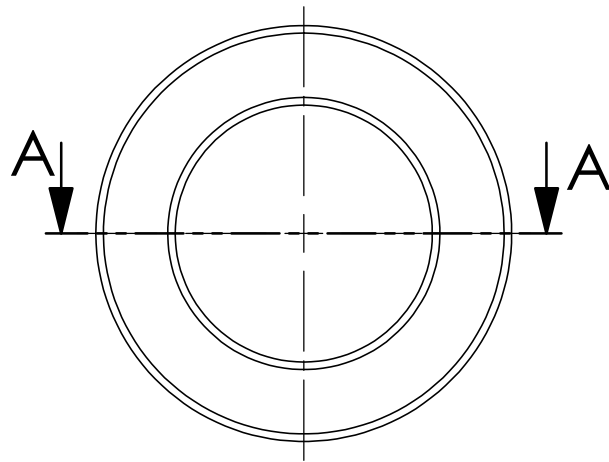
- [1] : R.DIETRICH méthodes, fabrication et normalisation, édition NATHAN-AFNOR 1979.
- [2] :L.GRARDOT - Technologie Professionnelle pour l'outilleur, Découpage, cambrage, Emboutissage-FOUCHIER, France -1965.
- [3] : KHERROUB Mouloud, HAMADI Mohammed - Étude et conception d'un outil à Suivre pour la fabrication d'un panneau latéral autonettoyant- mémoire Master - Université Mouloud Mammeri – 2014.
- [4] : R.OUATREMER-déformation plastique des tôles édition délgrave 1989.
- [5] : MAMENED.M, FERHAT.A- Étude et conception de trois outils pour la réalisation de la charnière supérieure du réfrigérateur Université Mouloud Mammeri mémoire DEUA- Promotion 2005.
- [6] :Alain col - L'emboutissage des aciers - Dunod, paris – 2010.
- [7] : presses mécaniques pour le travail à froid des métaux amélioration de la sécurité sur les presses. Institut nationale de recherche et de sécurité (inrs) deuxième Edition 2004 (Edition INRS ED 782)
- [8] : André MAILLARD, Michel CABARET- Techniques de l'Ingénieur, bm7520 Outils de presse, 2012.
- [9] : René MARTIN ,Alain CHABENAT - Techniques de l'Ingénieur, b7561 Découpage, Poinçonnage - 1978.
- [10] : documentation ENIEM.
- [11] : Composantsstandard pour moules et outillages,Rabourdin industriel.



Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

COUPE A-A

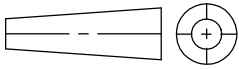
1	1	Butée	XC48	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:2	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	

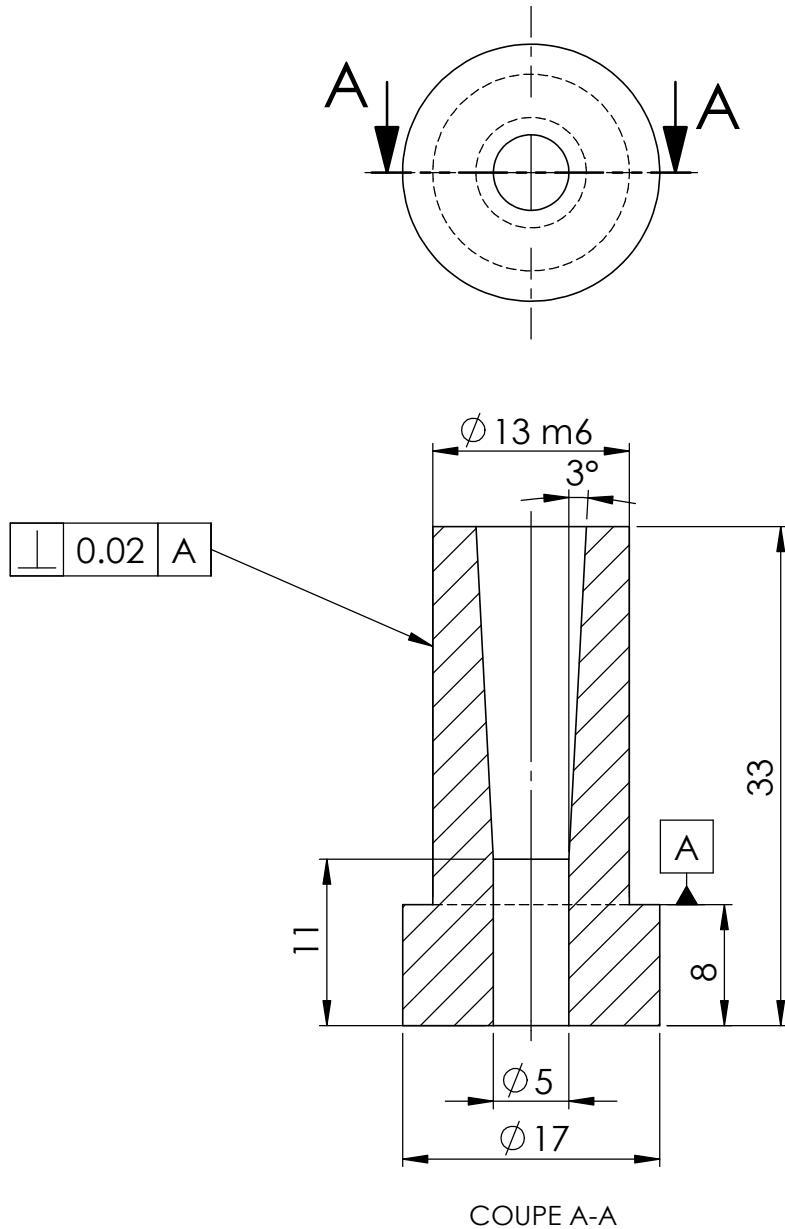


Tolérance générale: ± 0.1
 Ra= 3.2
 sauf indication


8ch 1 X 45°

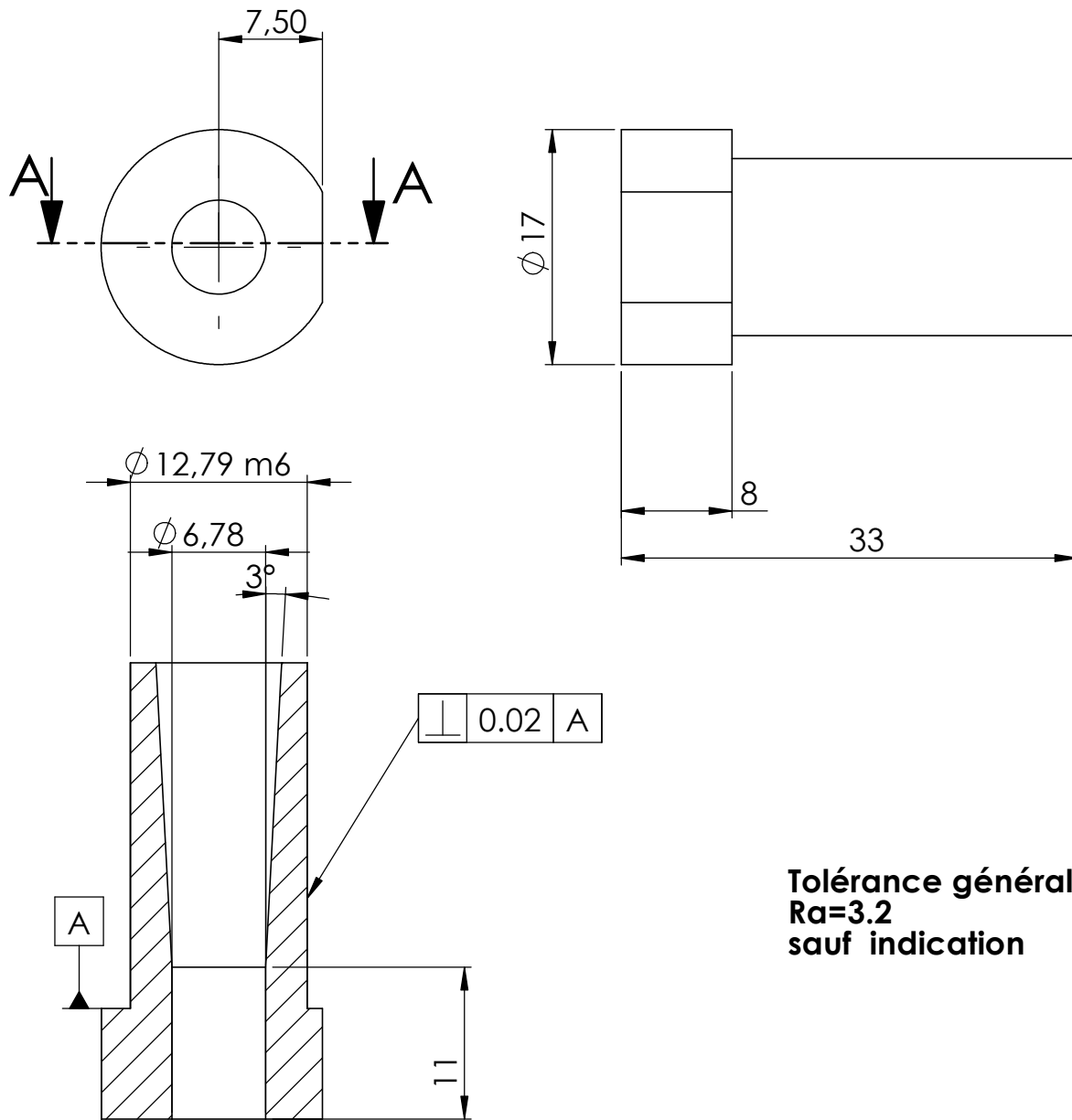
COUPE A-A

2	1	Butée fin de course	XC 48	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:1	
A 4		INGRACHEN Hamza Guilali Said	2ème année master	



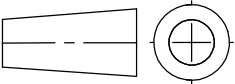
Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

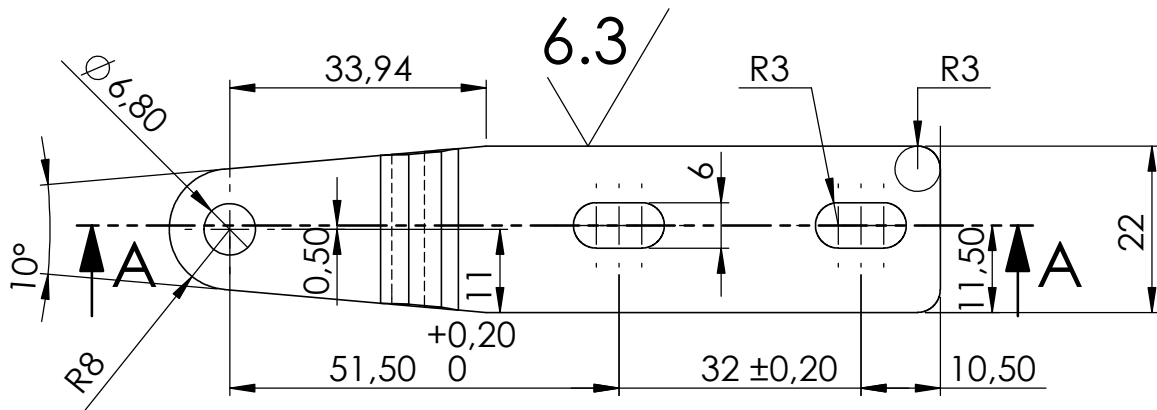
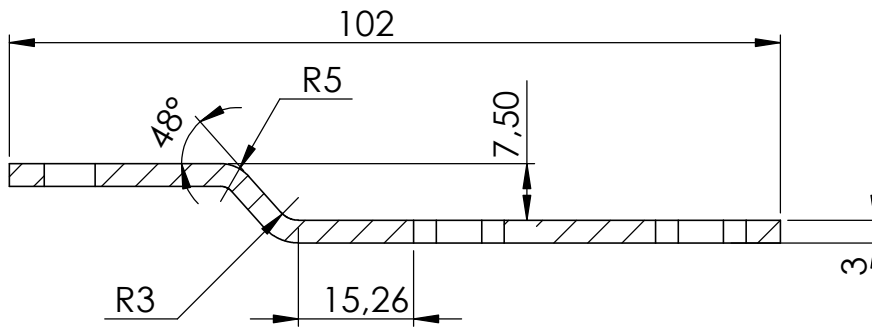
1	1	canon D 5	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°: 3	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	




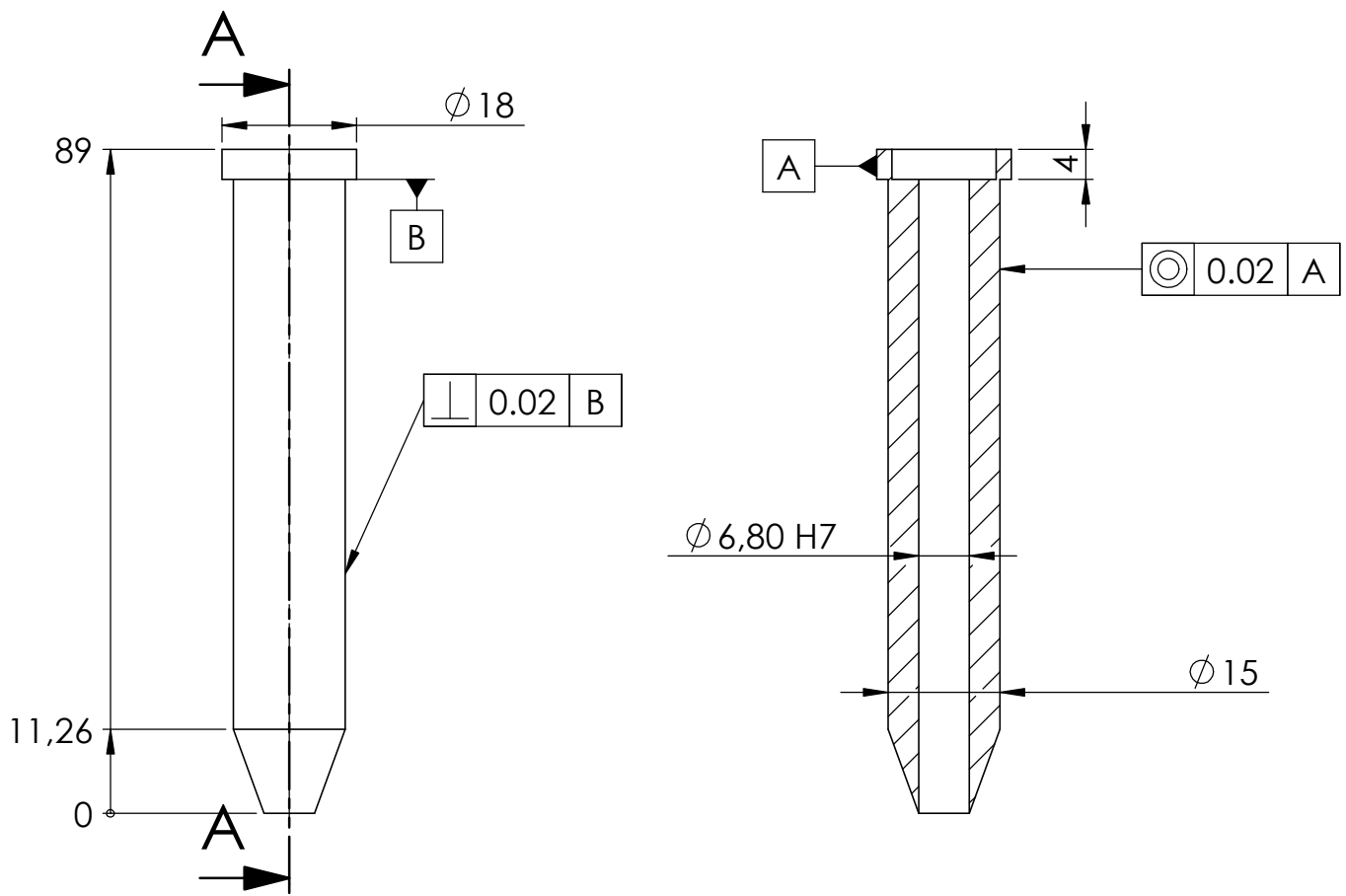
Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

COUPE A-A

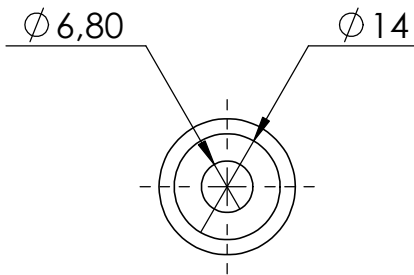
1	1	Canon D 6.8	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°: 4	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	



1	1	Charnière inférieure	E24	
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°: 5	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	

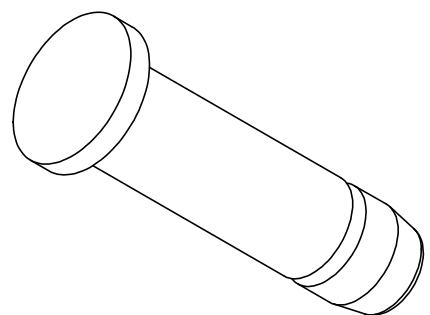
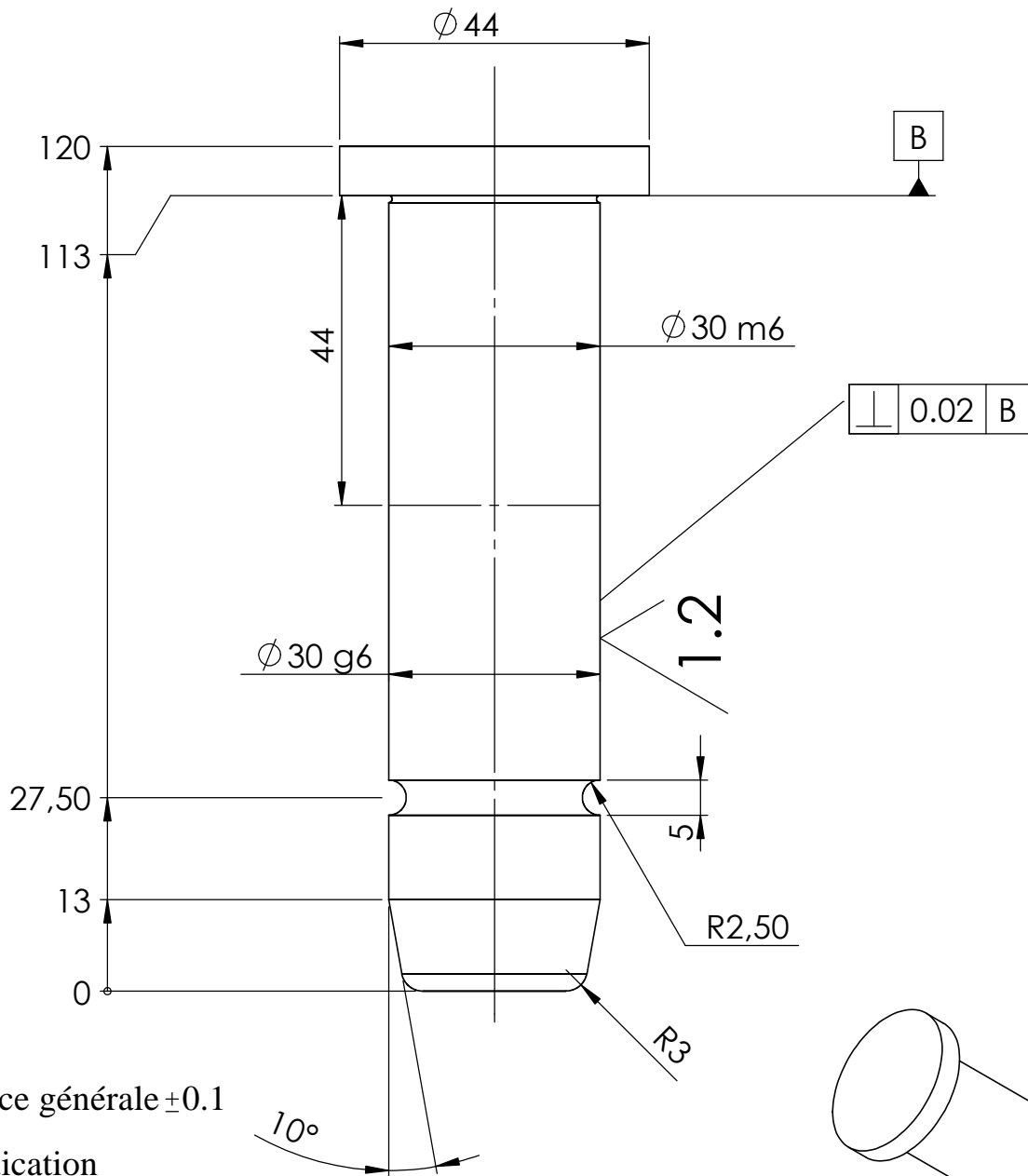


COUPE A-A



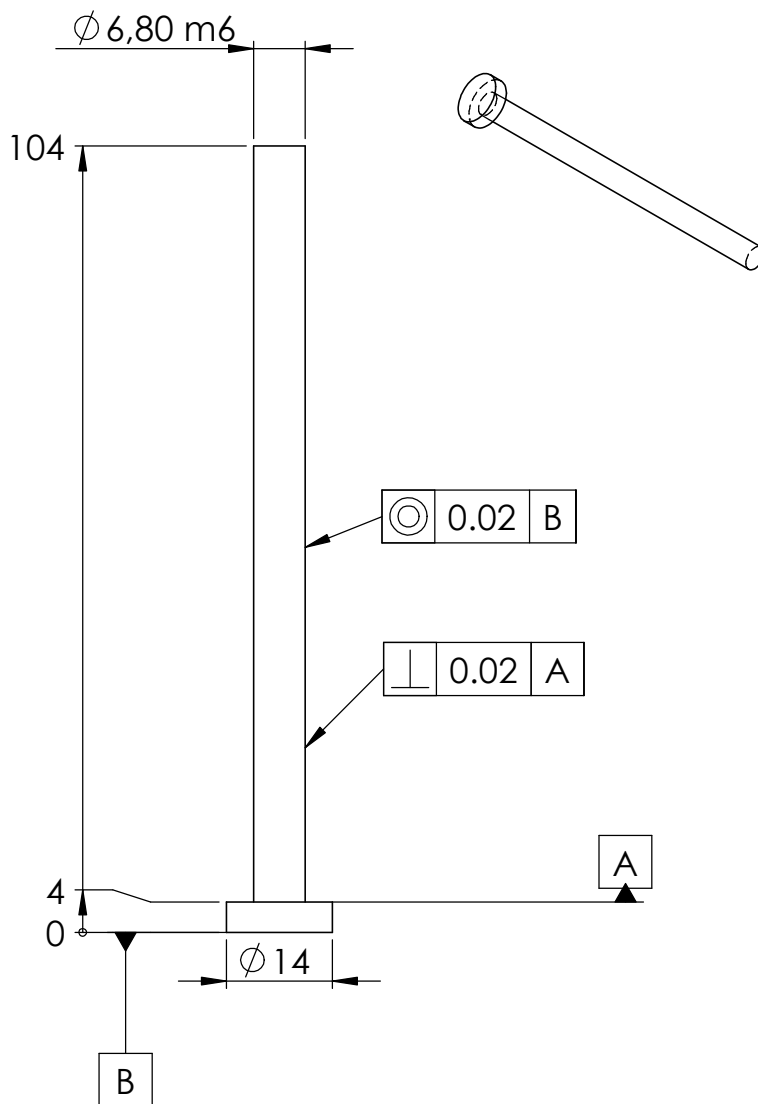
Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

1	1	Chemise-ponçon 6.8	xc 48	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:6	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	




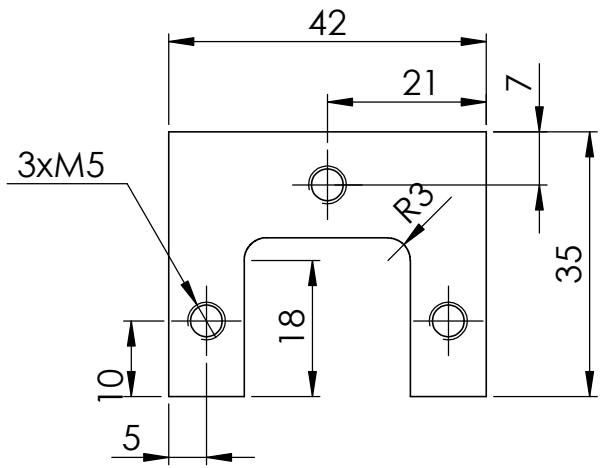
Tolérance générale ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

2	1	Colonne de guidage	Z200 C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Plancher n°:7	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	

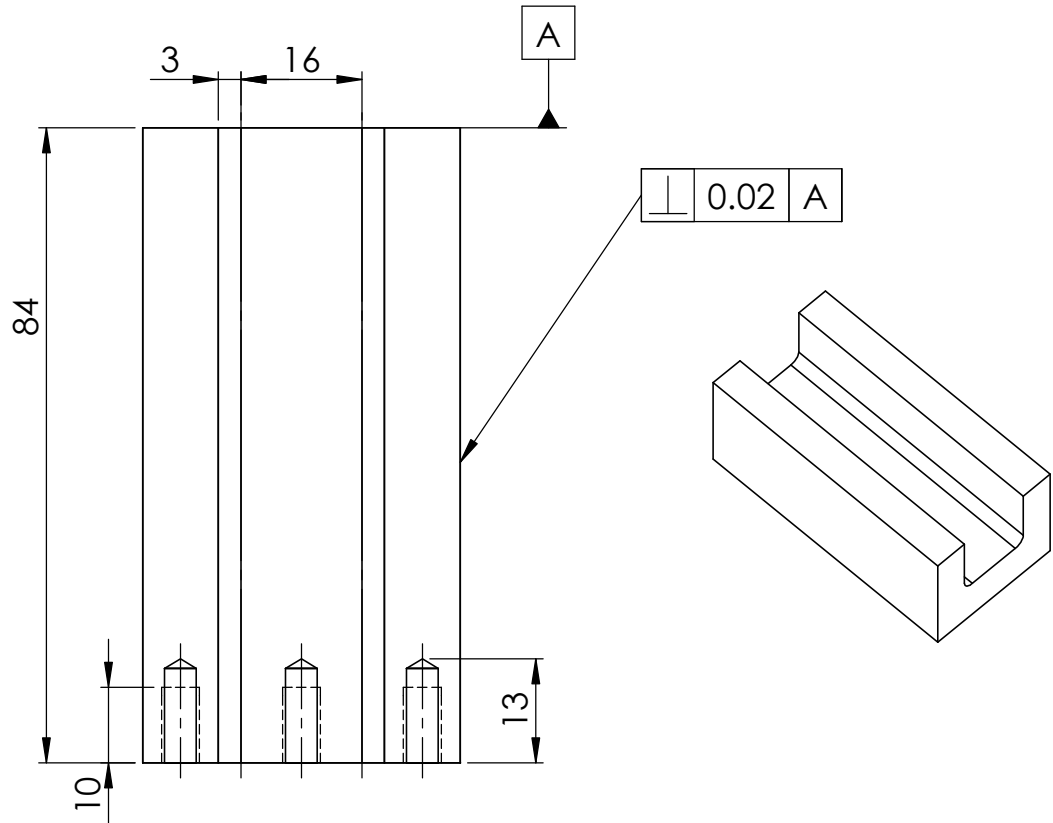


Tolérance générale: ± 0.1
 $Ra=3.2$
 sauf indication
 $HRC= 58 - 62$

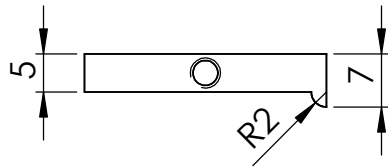
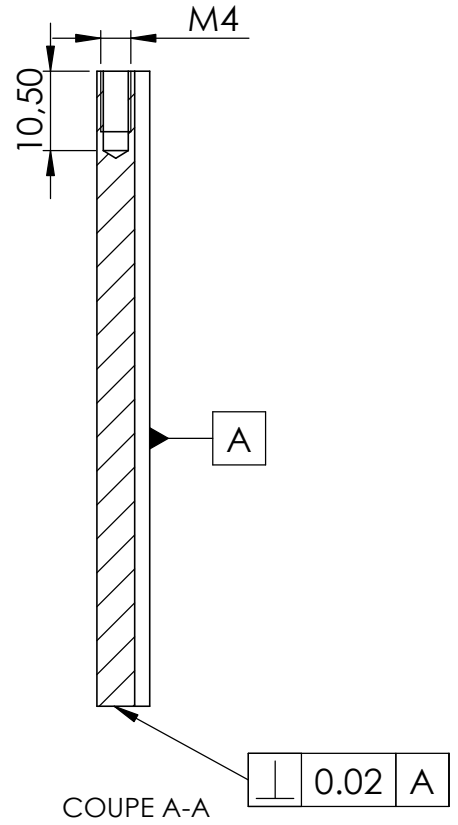
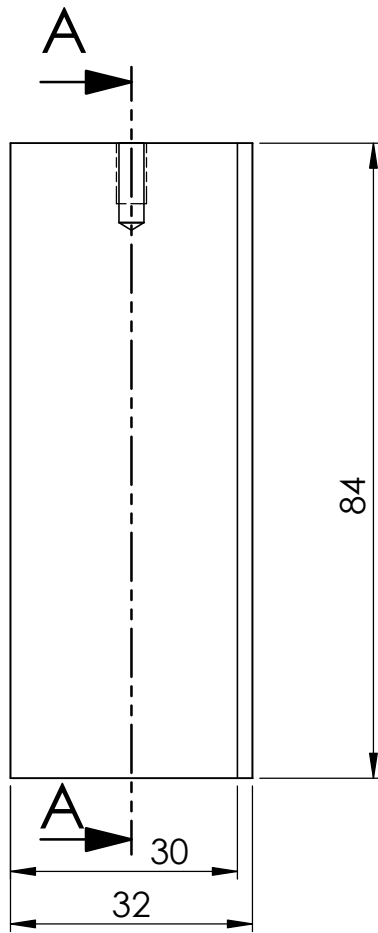
1	1	poinçon D 6.80	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche: 14	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	



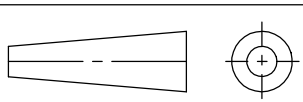
Tolérance générale = ± 0.1
 Ra = 3.2
 Sauf indication
 HRC = 58-62

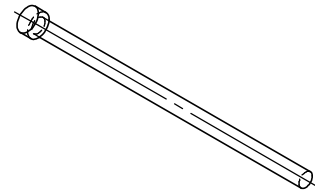
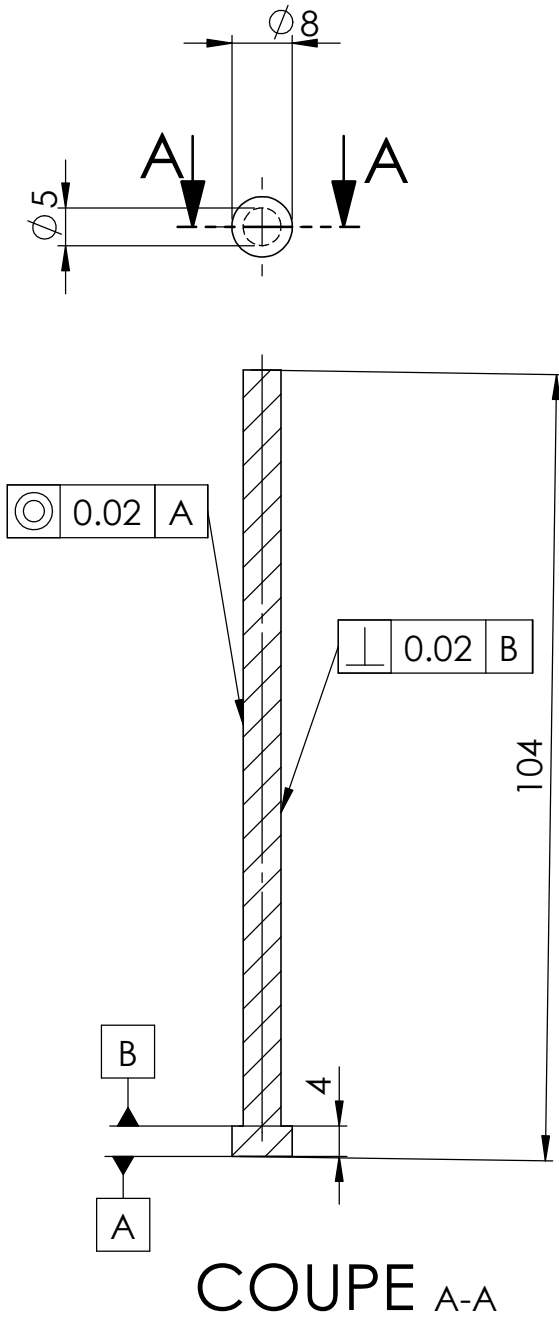


1	1	Poinçon de forme u	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:26	
A 4		2ème année master		




Tolérance général : ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication
 HRC=58 à 62

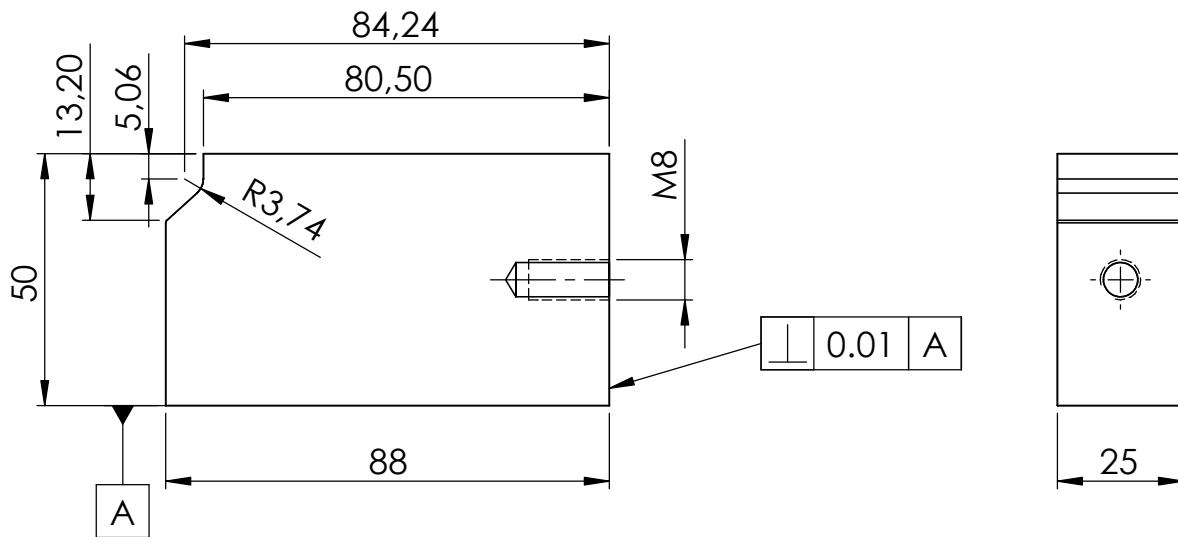
01	01	Poinçon de pas	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO		Planche n°:15
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said		2ème année master



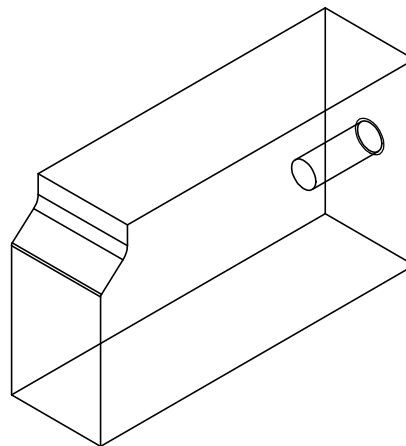
Tolérance général: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication
 HRC=58-62

COUPE A-A

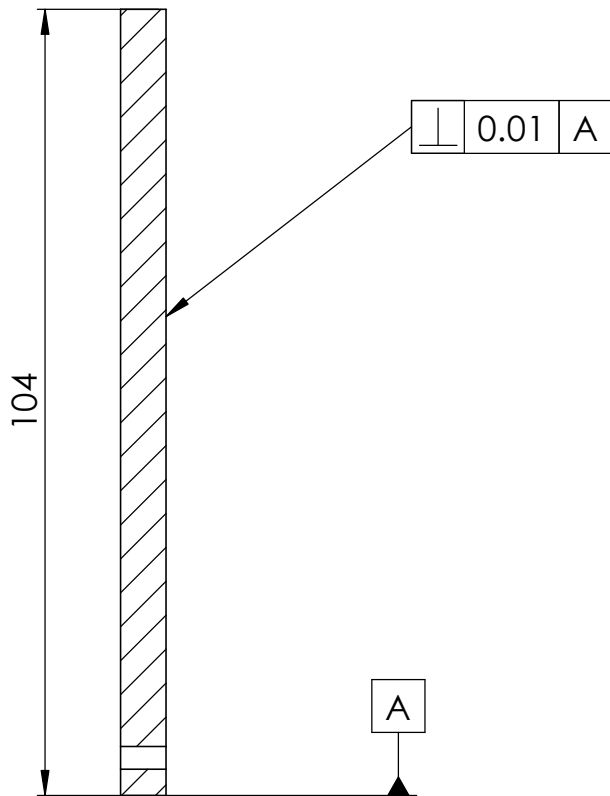
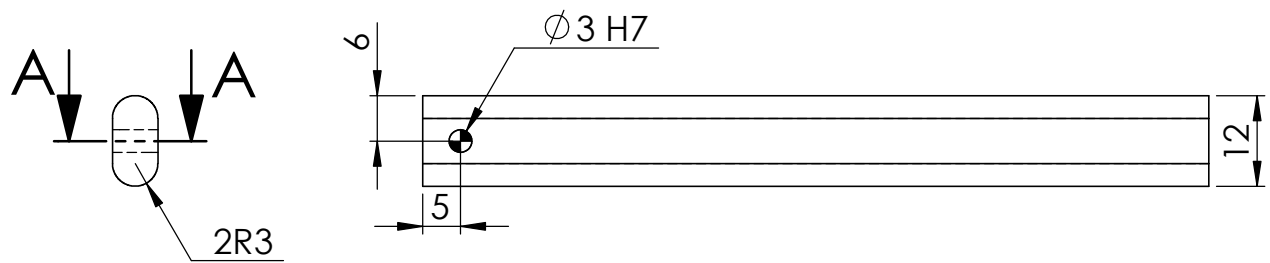
1	1	Poinçon pilote	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:16	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Saïd	2ème année master	



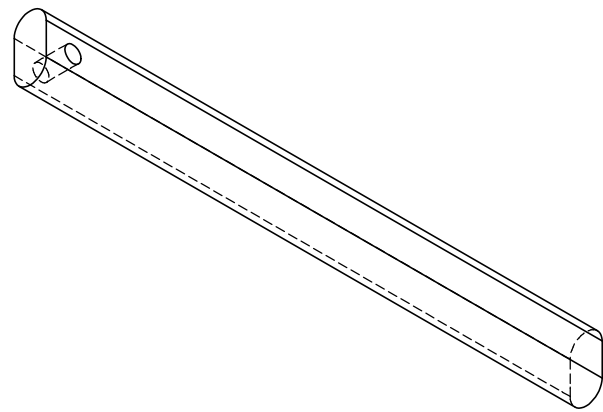
Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication
 HRC=58-62



1	1	Poinçon de pliage	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:17	
A 4		INGRACHEN GUILALI	Hamza Saïd	2ème année master

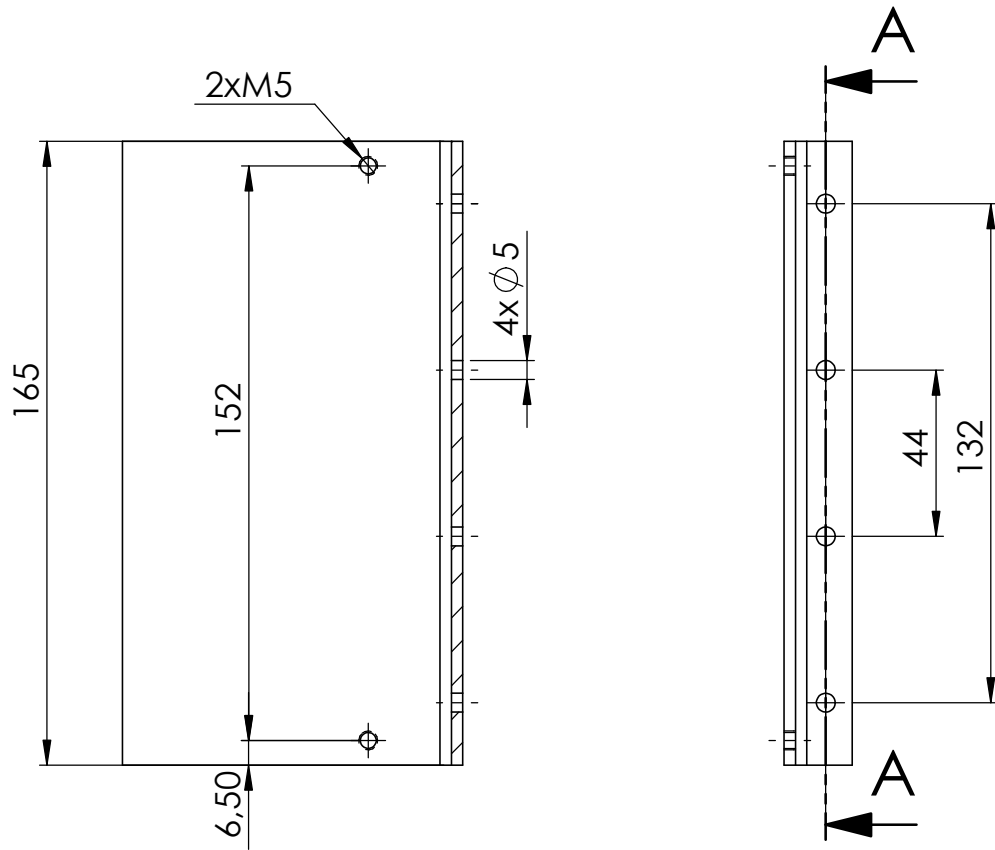


COUPE A-A



Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 Sauf indication
 HRC=58-62

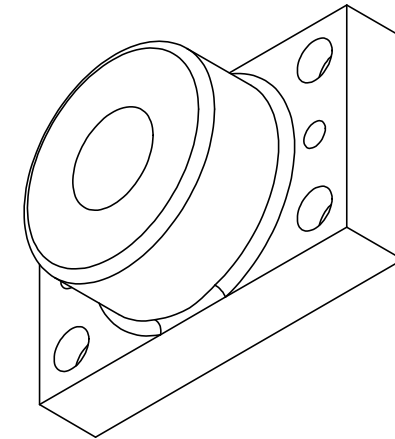
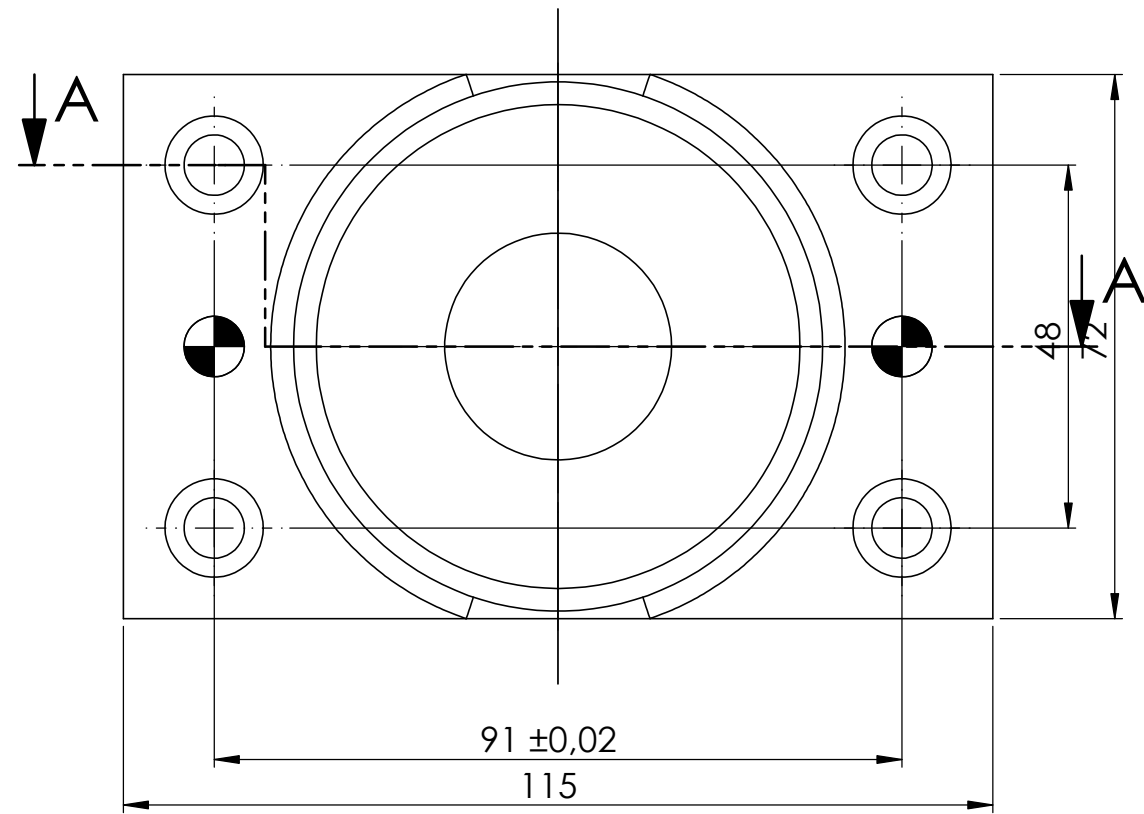
1	1	Poinçon rainure	Z200C12	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:18	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	



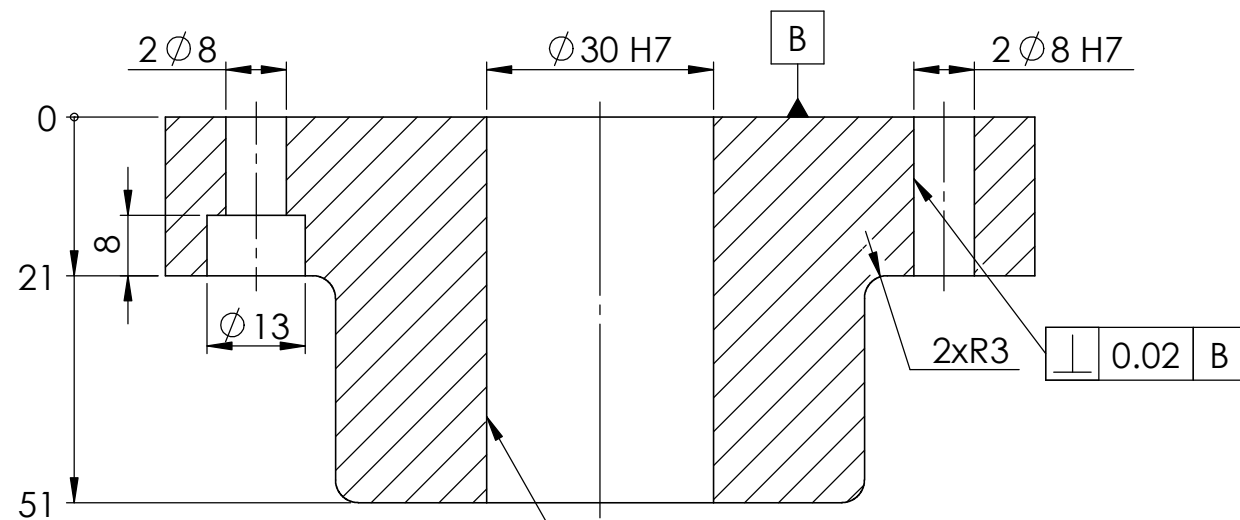
COUPE A-A

Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication
 HRC=58-62

1	1	Porte glissière	E24	
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°: 19	
A 4		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2ème année master	

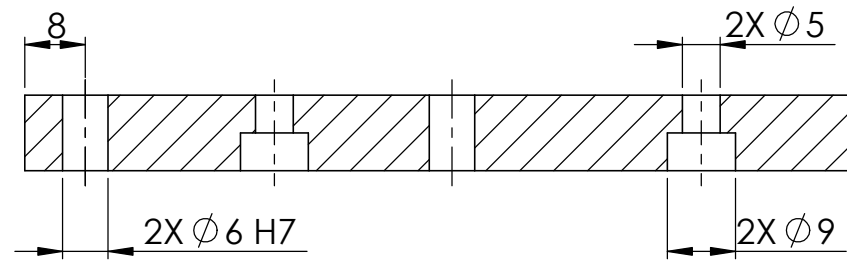
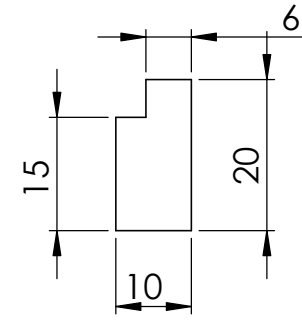
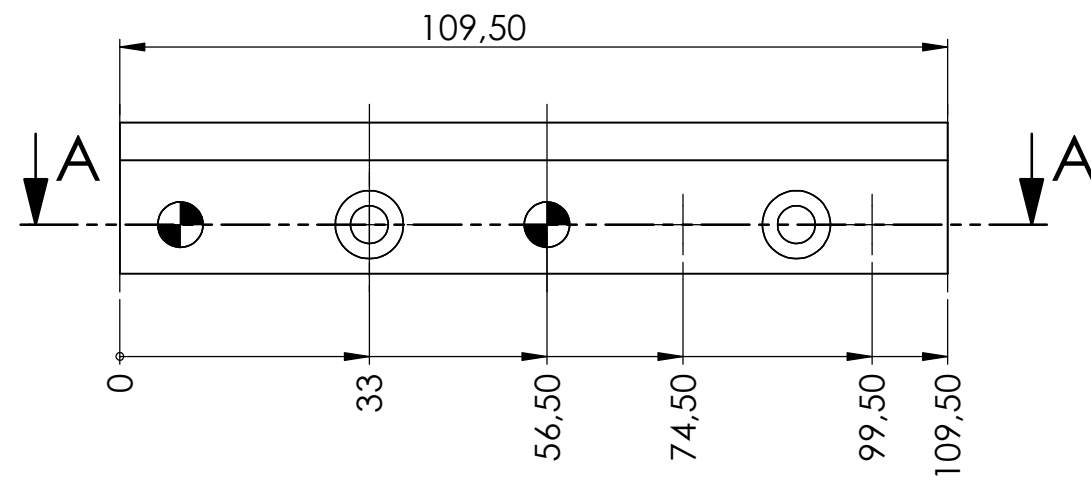


Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

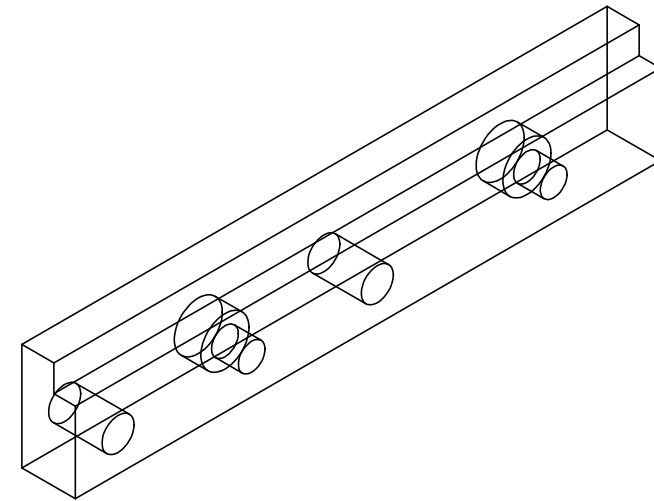


COUPE A-A

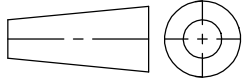
1	4	Embase	XC48	Traité
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO		Planche n°:8
A 3		INGRACHEN Hamza GUILALI Said		2 eme année master

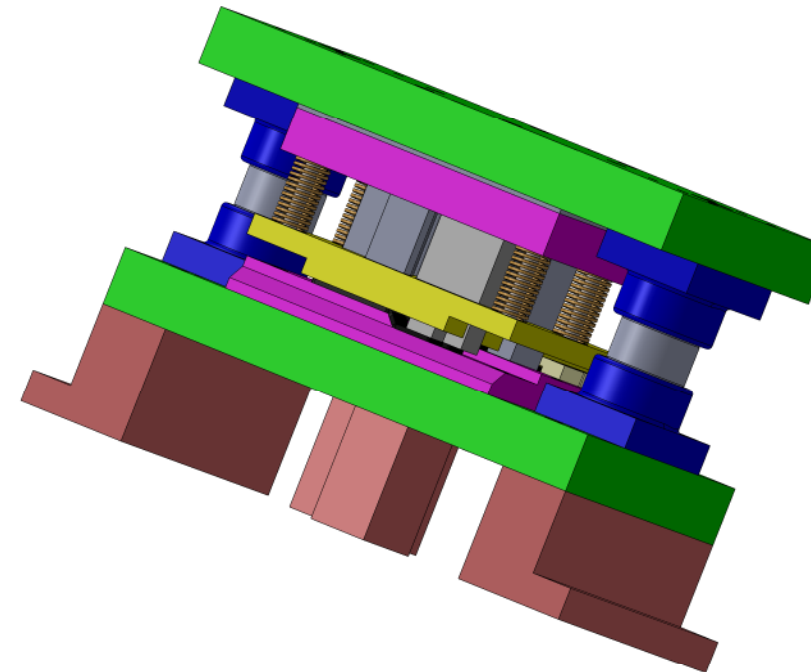
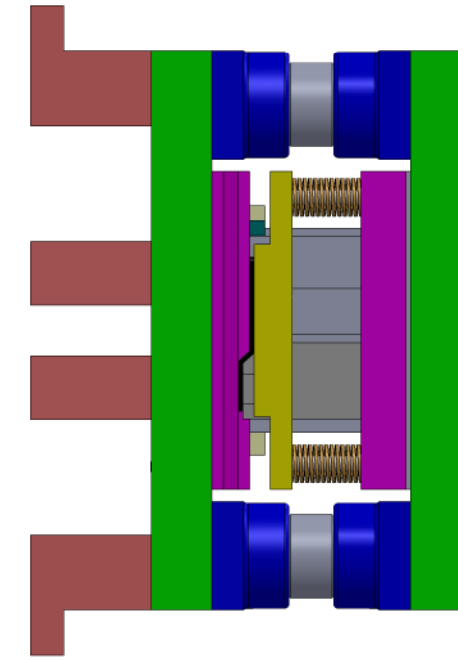
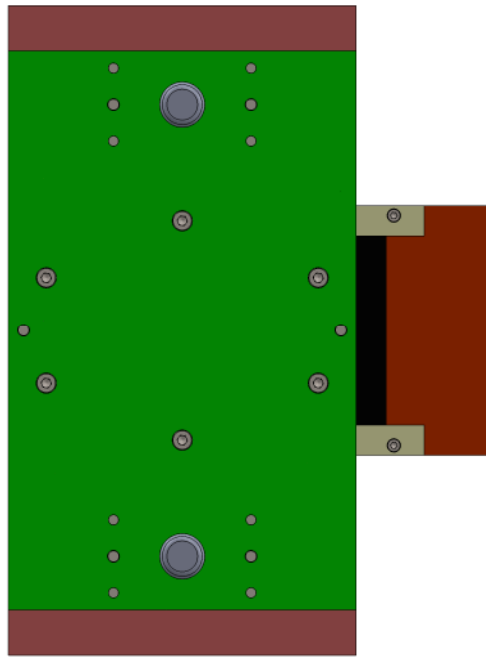


COUPE A-A



Tolérance générale: ± 0.1
 Ra=3.2
 sauf indication

1	1	Glissière	E24	
Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à suivre à bande		
		FGC-GM-UMMTO		Planche n°:9
A 3		INGRACHEN Hamza GUILALI Said		2 eme année master




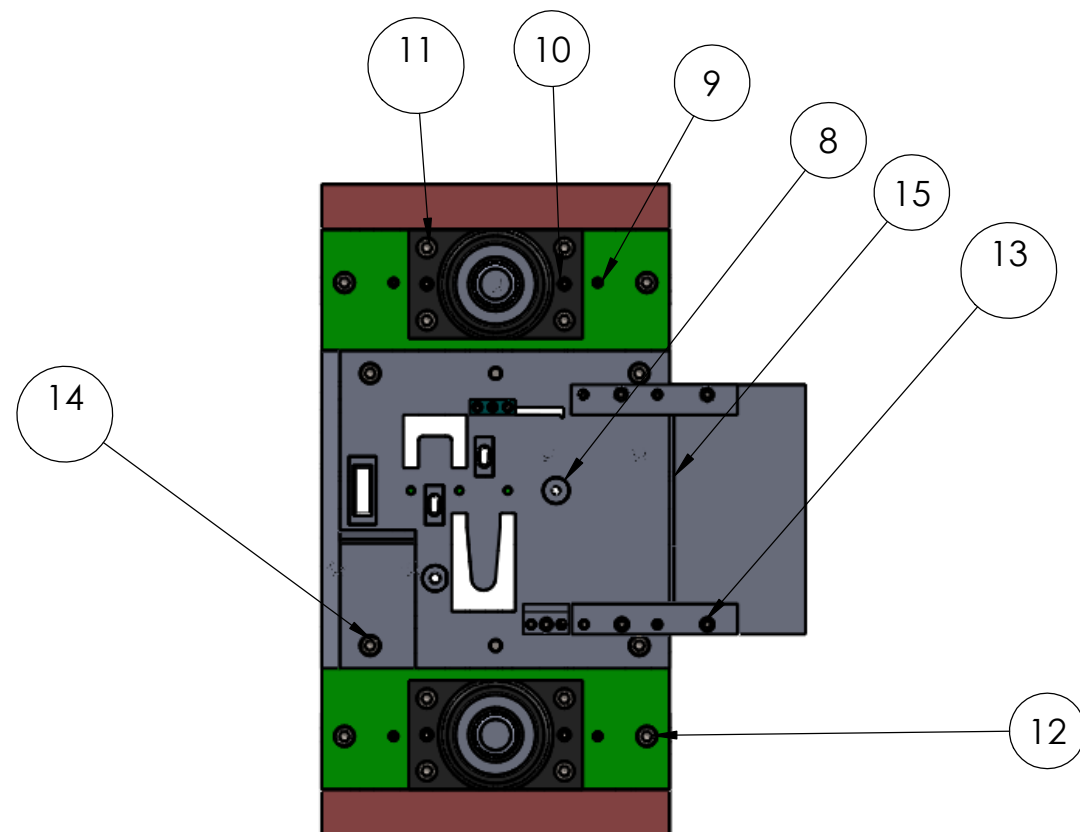
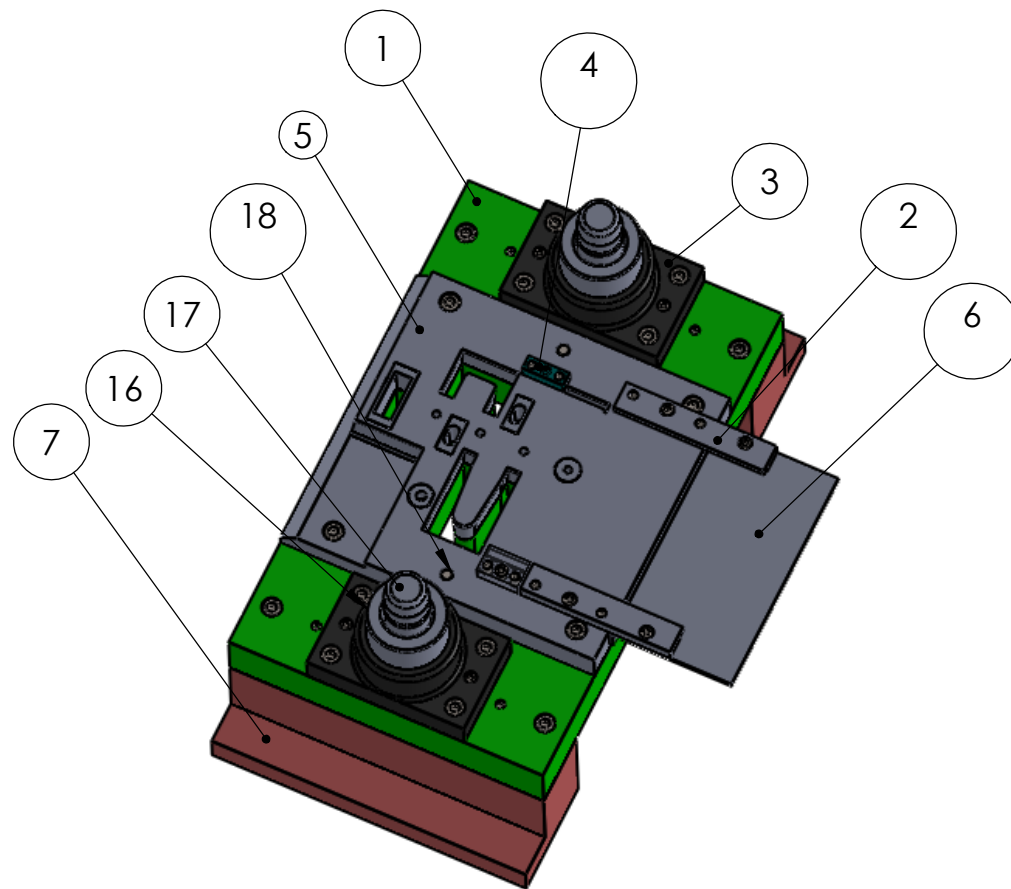
Type de tôle: tôle laminée à chaud

Choix de la presse: presse mécanique à arcade (DCP) 100-18

Encombrement de l'outil L.l.h: 370. 230. 292

Epaisseur de la tôle:3mm

<p>Echelle 1/5</p>	<p>Outil à suivre à bande</p>	
	<p>FGC-GM-UMMTO</p>	<p>Planche n°:11</p>
<p>A 3</p>	<p>INGRACHEN Hamza GUILALI Said</p>	<p>2 eme année master</p>



18	2	Goupille cylindrique 8X65_A	xc48	traité
17	2	colonne de guidage	Z200C12	traité
16	2	Butée de fin de course	E24	traité
15	4	Vis H M5_12	XC48	traité
14	4	Vis CHC M8_60	XC48	traité
13	5	Vis CHC M5_10	XC48	traité
12	6	Vis CHC M8_50	XC48	traité
11	8	Vis CHC M8_50	XC48	traité
10	4	Goupille cylindrique taraudée 8x60_A	XC48	traité
9	4	Goupille cylindrique taraudée 6x60_A	XC48	traité
8	5	canneaux	Z200c12	Traité
7	4	Tasseau	E24	
6	1	Porte glissière	E24	
5	1	Matrice	Z200C12	traité
4	1	Butée	XC48	traité
3	2	Embase	XC48	traité
2	3	Glissière	E24	
1	1	Semelle inferieure	E24	

Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
-----	-----	-------------	---------	-------------

Echelle
1/5

Outil à suivre à bande
Partie inferieure



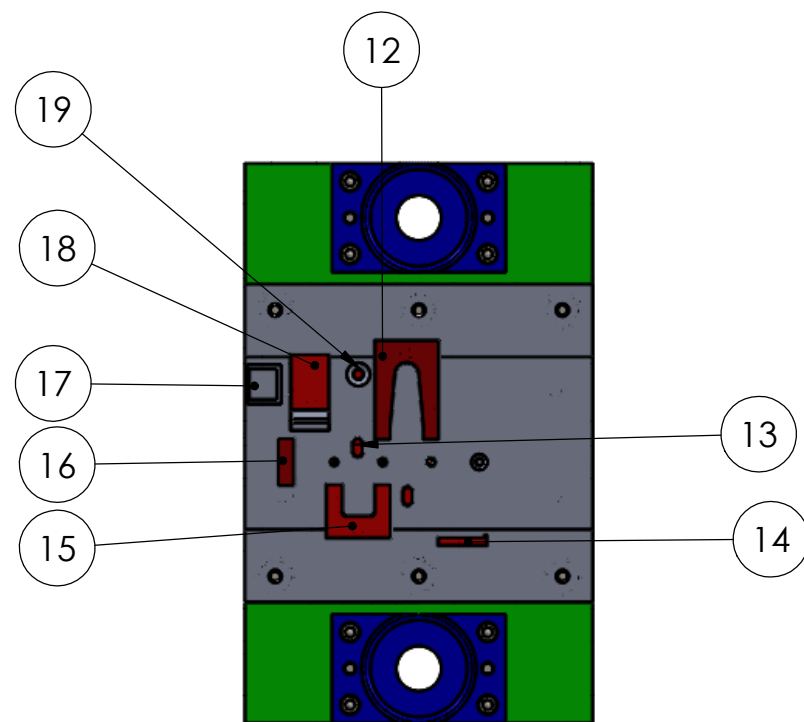
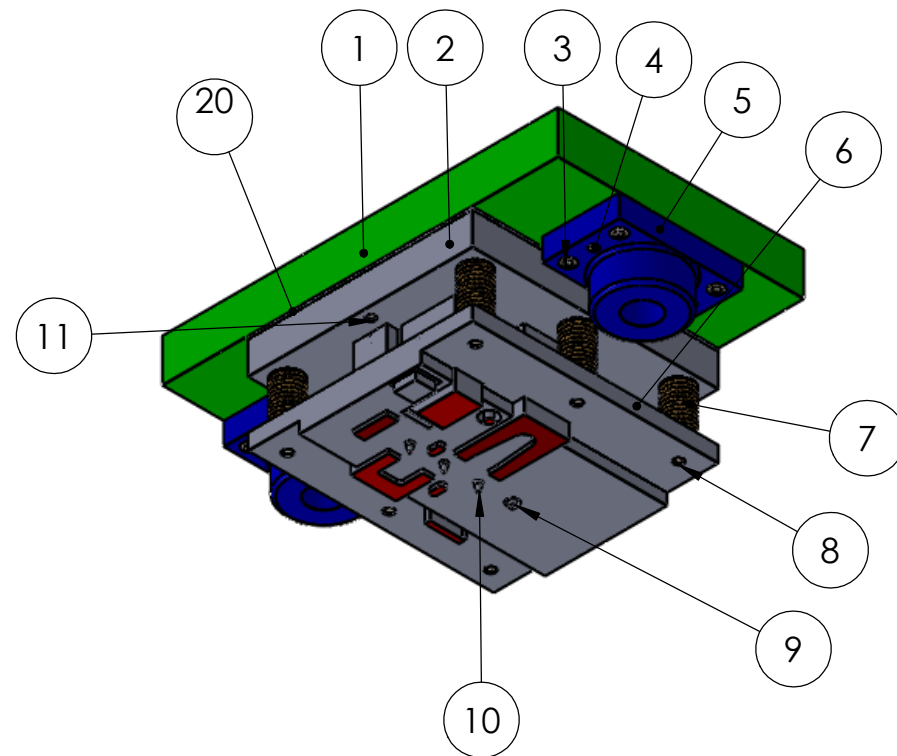
FGC-GM-UMMTO

Planche n°:12

A 3

INGRACHEN Hamza
GUILALI Said

2 eme année
master



20	1	Plaque de choc	Z200C12	traité
19	1	Poinçon D 6.80	Z200C12	traité
18	1	Poinçon de pliage	Z200C12	traité
17	1	Canneau	Z200C12	traité
16	1	Poinçon de coupe	Z200C12	traité
15	1	Poinçon de forme U	Z200C12	traité
14	1	Poinçon de pas	Z200C12	traité
13	2	Poinçon rainure	Z200C12	traité
12	1	Poinçon de forme V	Z200C12	traité
11	2	Goupille cylindrique 8_70	Z10CN18_09	traité
10	3	Pilote	Z200C12	traité
9	1	Poinçon D5	Z200C12	traité
8	6	Vis CHC M10_60	xc48	traité
7	6	ressort	XC65	Traité
6	1	Serre flan	XC48	traité
5	2	Embase supérieure	E24	
4	4	Goupille cylindrique 8_60	Z10CN18_09	traité
3	8	Vis CHC M8_25	XC48	
2	1	Porte poinçon	XC48	Traité
1	1	Semelle supérieure	E24	

Rép	Nbr	Désignation	Matière	Observation
-----	-----	-------------	---------	-------------

Echelle:
1/5

**Outil à suivre à bande
Partie supérieure**



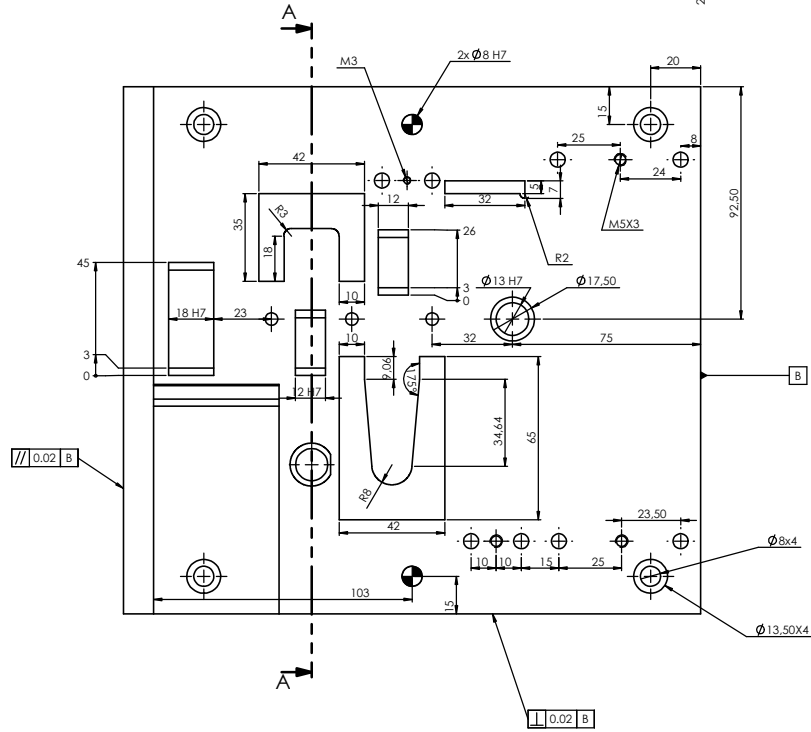
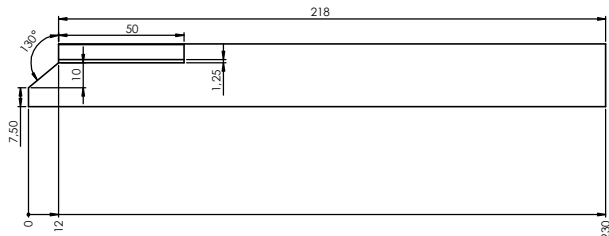
FGC-GM-UMMTO

Planche n°:13

A 3

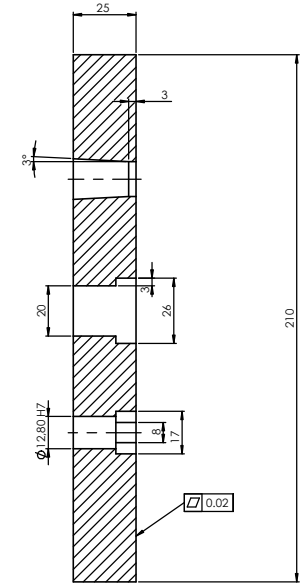
**INGRACHEN Hamza
GUILALI Saïd**

**2 eme année
master**

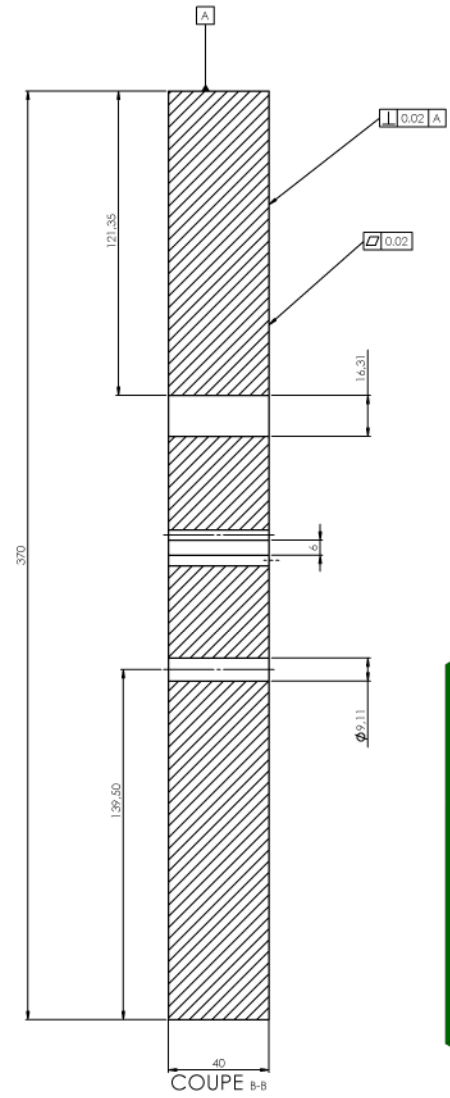
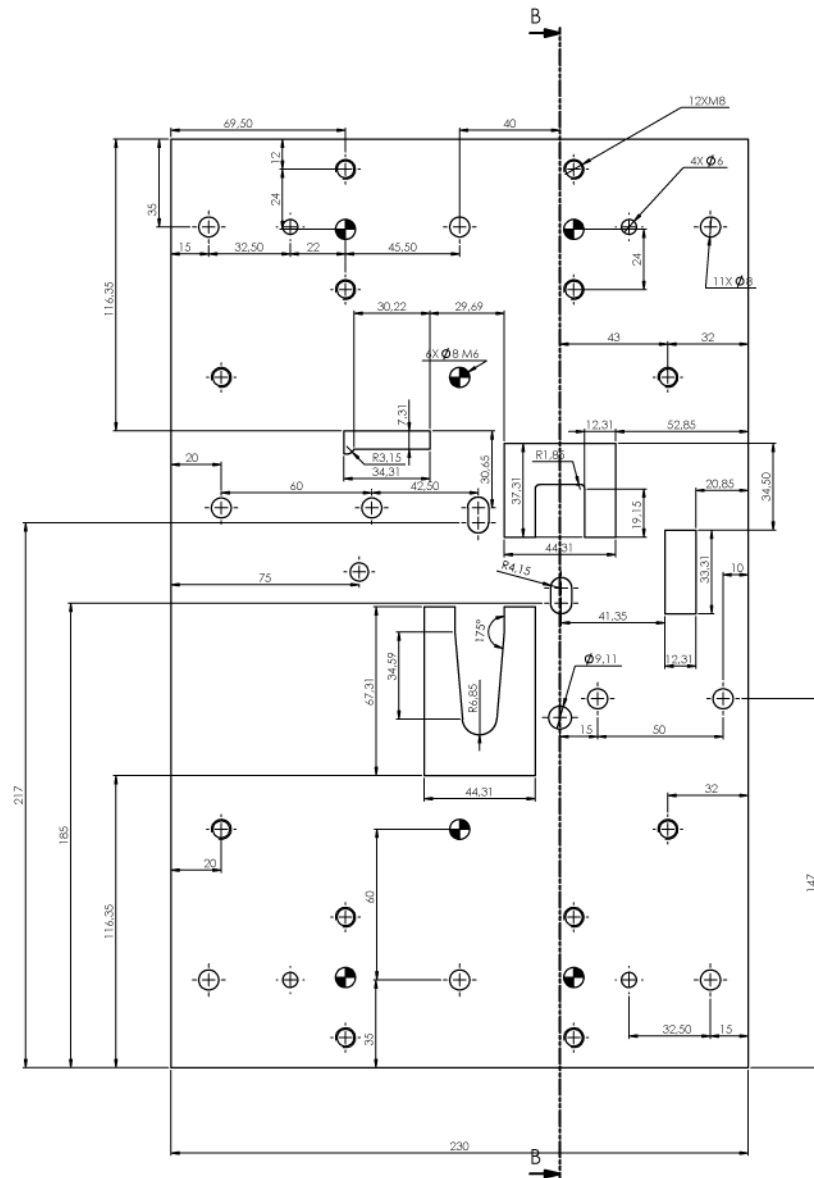


Tolerance générale: ± 0.02
 $Ra=3.2$
 sauf indication
 Jeu de coupe: 0.15 mm

COUPE A-A



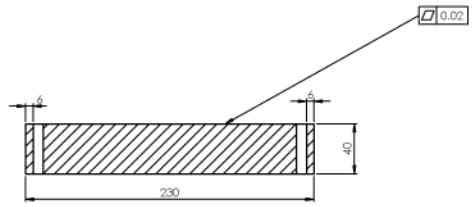
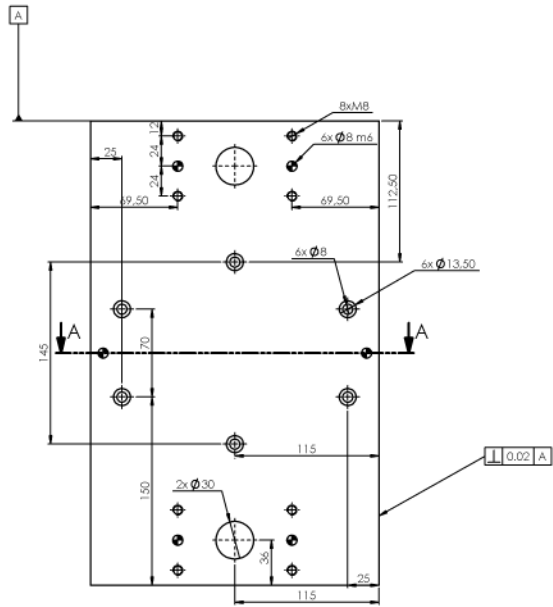
1	1	Matrice	Z200C12	Traité
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 1/1		Outil à bande à suivre		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:10	
A1		INGRACHEN Hamza GUILALI	2 ème année master	



Tolérance générale : ±0.1
Ra=3.2
sauf indication

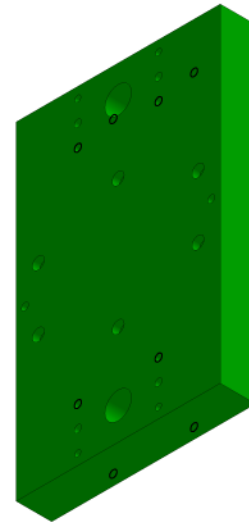
COUPE B-B

1	1	Semelle inférieure	E24	
Rep	Nbr	Disignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		Oulli à bande à suivre		
		FGC-GM-UMMTO		Planche n°:21
A1		INGRACHEN Hamza GUILALI Saïd		2 ème année master

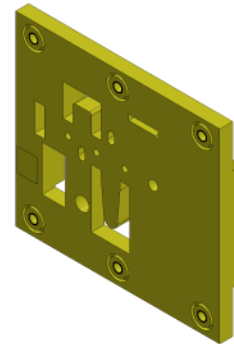
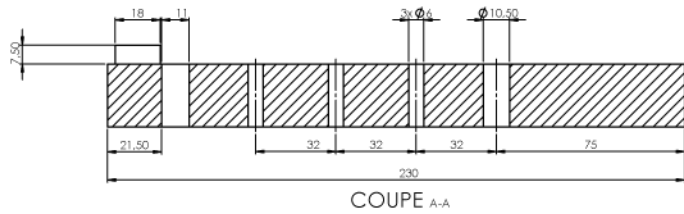
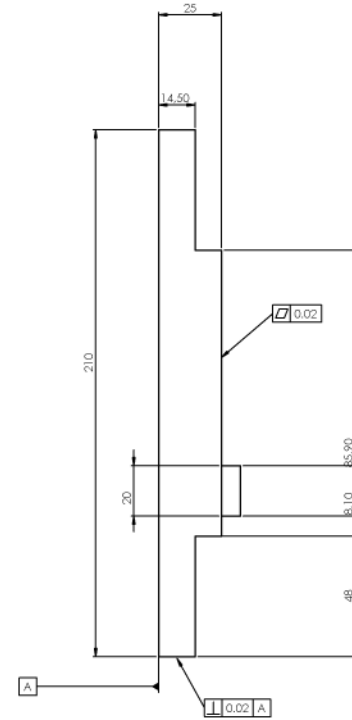
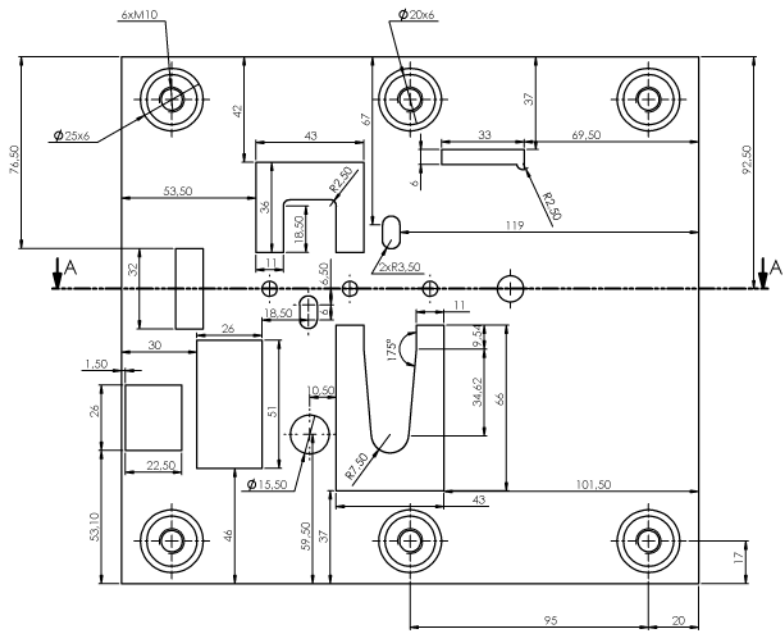


COUPE A-A

Tolérance générale: ±0.1
Ra=3.2
sauf indication



1	1	semelle supérieure	E24	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1/2		Outil a bande a suivre		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:22	
A1		INGRACHEN Hamza GUILALI Said	2 ème année master	



Tolérance générale: ±0.1
Ra=3.2
sauf indication

1	1	serre flan	XC48	Traité
Rep	Nbr	Désignation	matière	observation
Echelle: 1/1		Outil à bande à suivre		
		FGC-GM-UMMTO	Planche n°:23	
A1		INGRACHEN Hamza Gullali Said	2 ^{ème} année master	