

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI -TIZI-OUZOU  
FACULTÉ DU GÉNIE DE LA CONSTRUCTION  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME MASTER EN GENIE MECANIQUE  
OPTION : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

### THÈME

*ÉTUDE ET CONCEPTION D'UN OUTIL DE DECOUPAGE-  
POINÇONNAGE 130-2*

**Proposé par :**

ENEL

**Dirigé par :**

Mr.SGHIR

**Présenté par :**

Mr. AMZALI Mehdi  
Mr. AMEUR Lounis  
Mr. AMMAR Boussad

*Promotion 2017/2018*

## **Dédicaces**

Je dédie ce travail aux êtres qui me sont les plus  
chers au monde; mes parents à qui je  
dois mon existence et mes succès  
Que Dieu le tout puissant les protège.

A mes très chères frères et ma  
sœur que j'aime  
et à tous mes amis (es) et tous les gens qui  
m'aiment.

*Lounis*

## **Dédicaces**

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père et de mon  
grand-père,

A ma très chère mère, mes sœurs pour leur  
amour et leur soutien inconditionnels.

A toute ma famille, mes cousins et cousines et sans oublier mes  
amis (es) qui ont su être toujours à mes côtés.

*Mehdi*

## **Dédicaces**

Je dédie ce travail aux êtres qui me  
sont les plus chers au monde; mes

parents à qui je

dois mon existence et

mes succès Que Dieu le

tout puissant les protège.

A mes très chères

frères et mes sœurs

que j'aime

et à tous mes amis (es) et

tous les gens qui m'aiment.

***Boussad***

## **Remerciements**

*Au terme de ce travail,*

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

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

*Nous remercions notre promoteur Mr. SGHIR.M qui nous a aidé et soutenu tout le long de notre travail.*

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

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

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

## **Introduction générale :**

Le monde de l'industrie mécanique ne cesse pas de se développer en matière de nouvelle technique, ces dernières sont toujours mise à jour à fin de permettre aux utilisateurs de mieux profiter de cette outil qui deviens plus qu'indispensable.

Les plus grands constructeurs insèrent de nouvelle technique pour rendre leurs produit plus performant et plus sur ; d'une part. Et d'autre pour l'amélioration et l'aménagement de ce produit et même pour espérer des nouvelles parts dans le marché.

Dans le souci de répondre à un besoin d'adaptation aux exigences mondiale et d'être compétitif sur le marché, les responsables de CEI (complexe Electro Industrie d'Azazga) ont engagé une réforme qui vise à moderniser les processus de fabrication de ces produits. Elle est avant tous une exigence primordiale dans l'esprit des responsables de bureau des méthodes.

L'unité de prestation technique de cette entreprise nous a confié de faire une étude et conception d'un outil pour la réalisation des plaques rotoriques et statoriques pour les moteur électriques. La géométrie de cette pièce nous a mené à utiliser les procédés suivants : le poinçonnage, le découpage afin d'arriver à l'obtention de la pièce finie.

L'étude de ces outils est faite de manière à satisfaire certaines exigences notamment une longue durée de vie, le montage et le démontage facile.

## I.1 présentation

L'entreprise *ELECTRO-INDUSTRIES* est issue de la réorganisation du secteur industriel opérée en Algérie entre 1980 et 2000 qui ont conduit en 1999 (en fin d'année 1998) à la restructuration de l'ancienne entreprise *ENEL*. L'entreprise *ELECTRO-INDUSTRIES* est constituée d'un complexe intégré, réalisé avec des partenaires allemands (SIEMENS), qui produit et commercialise des moteurs, alternateurs, transformateurs depuis 1985 date de son démarrage sur un statut juridique SPA. Elle est la principale Entreprise Nationale dans le domaine de l'Industrie Electrotechnique. Son activité s'adresse au marché des biens d'équipements avec une production de :

- Transformateurs de distribution ;
- Moteurs Electriques asynchrones ;
- Alternateurs triphasés ;
- Montage de groupes Electrogènes.

Le complexe occupe une surface totale de 45 hectares, dont 06 hectares bâtis

## I.2 Localisation de l'entreprise et ses coordonnées :

Le siège social de l'entreprise est : Route nationale N°12 à AZAZGA à 35 Km à l'est du chef-lieu de la wilaya de TIZI-OUZOU et à 150 Km de la capitale Alger. L'entreprise dispose de deux unités de production situées sur le même site à AZAZGA.

**Adresse :** BP 17 15300 Azazga Algérie.

**Téléphone :** (00213) 26.34.16.86 (Standard).

**Fax :** (00213) 26.34.14.24.

**E-mail :** [contact.ei@electro-industries.com](mailto:contact.ei@electro-industries.com)

## I.3 Présentation des unités

### I.3.1 Unité (direction) de fabrication de transformateurs de distribution :

Capacité de production : 5.000 transformateurs par an ;

Puissance des transformateurs : 50 à 2000 kVa ;

Tensions usuelles en moyenne tension : 5,5-10 et 30 kV ;

Tension usuelle en basse tension : 400 V.

### I.3.2 Unité (direction) moteurs et prestations :

Capacité de production de moteurs asynchrones : 50.000 de 0,25 à 400 kW ;

Capacité de production de moteurs monophasés : 20.000 de 1.1 KW à 2.2 kW ;

Capacité de production d'alternateurs : 2.000 de 17,5 à 200 kVA ;

Montage de groupes électrogènes : de 17,5 à 200 kVA.



Figure I.1 : Organigramme de l'entreprise

### I.4 Description et organisation des ateliers et fonction principale

- Atelier de découpage ;
- Atelier de moulage sous pression ;
- Atelier de bobinage ;
- Atelier d'usinage ;
- Atelier de montage.

#### I.4.1 Atelier de découpage :

##### 1. Découpage

Dans cet atelier, sont découpés les deux types de tôles utilisées pour la conception de deux catégories de moteur de hauteur d'axe : 71 à 160 mm et 180 à 400 mm. Le découpage s'effectue sur presse rapide mécanique pour aboutir aux formes voulues après plusieurs opérations successives ; La tôle avance et arrive entre l'outil et la matrice de la machine, c'est ainsi que le découpage commence

##### ➤ Le contrôle

Une fois le découpage des tôles statoriques et rotoriques terminé, un échantillon subit un contrôle des cotes fonctionnelles :

- Le diamètre intérieur
- Le diamètre extérieur
- La Co axialités
- Le contrôle circularité
- Le contrôle des bavures
- Le contrôle de l'épaisseur de la tôle

## 2. Empaquetage

La réalisation des paquets statoriques et rotorique, s'effectue sur une presse à empaqueter, en plusieurs étapes :

### 2. a. Empaquetage du paquet statoriques :

Après l'emplacement des tôles en nombres définis, dans un outil monté sur une presse à empaqueter, on place les agrafes dans les rainures.

#### ➤ Contrôle du paquet :

Après sa réalisation le paquet statorique passe au contrôle visuel et dimensionnel

- Visuel, on contrôle le décalage des tôles, les bavures, ...
- Dimensionnel, les cotes fonctionnelles, cylindricité, diamètres intérieurs et extérieurs.

### 2. b. Empaquetage du paquet rotorique :

Ici on empile les tôles sur un calibre triage, pour obtenir la hauteur du paquet rotorique qui contrôlé à l'aide d'un pied à coulisse.

L'arbre est placé sur la partie supérieure de la presse via un piston, il emmanché de force dans le paquet rotorique.

## I.4.2 Atelier de fonderie sous pression :

### a. Moulage sous pression de rotor et pièces constitutives du rotor :

L'empaquetage du paquet rotorique est fini, il passera au moulage sous pression, pour l'injection de l'aluminium dans les encoches, qui forme des anneaux de court-circuit.

Les pièces telles que : (carcasse, flasque, ...) sont aussi réalisées en alliage d'aluminium pour les moteur à hauteur d'axe < 130mm.

Pour les moteur à hauteur d'axe > 130mm, la carcasse et les flasques sont en fonte.

➤ **Contrôle :**

On achemine cinq (05) échantillons du paquet rotorique vers le service contrôle pour subir la vérification suivantes :

- ✓ La conductivité de l'aluminium.
- ✓ La longueur du paquet.
- ✓ Visuel.

**I.4.3 Atelier d'usinage :**

Dans cet atelier s'exécute la fabrication des arbres du rotor et aussi l'usinage des pièces comme : flasque, carcasse, etc.

**a) Les différents types d'usinages :**

**1) Fabrication de l'arbre :**

L'atelier reçoit les ronds d'acier qui subissent le contrôle de diamètre, concentricité,... Une fois l'acier contrôlé les arbres sont découpés à l'aide d'une scie mécanique. L'arbre est ensuite acheminé au centre d'usinage pour être centré. Cette opération consiste à percer deux trous qui servent de référence pour pouvoir tourner le rotor dans un axe bien défini.

**2) Usinage du rotor :**

On effectue les opérations suivantes sur le rotor :

**3) Tournage du paquet :**

C'est à l'aide d'un tour parallèle (dressage, chariotage, gorge,...).

**4) Rectification :**

A l'aide d'une rectifieuse on modifie l'état de surface où les roulements seront montés et les sorties d'arbre.

**5) Fraisage :**

A l'aide d'une fraiseuse on réalise les rainures de clavette.

**6) Equilibrage du rotor**

Deux méthodes d'équilibrage sont utilisées :

- ✓ Equilibrage avec l'ajout de rondelles d'acier.
- ✓ Equilibrage avec enlèvement de matières.

**7) Usinage des différentes pièces (carcasse, flasque, boîte à bornes) :****• Carcasse :**

- Alésage des carcasses à l'aide des tours verticaux ;
- Perçage et taraudage des trous de fixation où seront fixés les flasques et la boîte à bornes.

**• Flasque (As et Bs) :**

Tournage des bords de centrage et cage des roulements.

**• Boîte à bornes :**

Perçage et taraudage des trous de fixation recevant le couvercle.

**• Lavage des pièces :**

Les pièces usinées sont lavées afin d'éliminer les encrassements.

Remarque :

Les techniciens qui travaillent dans cet atelier doivent suivre ce qu'on appelle la gamme d'usinage

Exemple : gamme de fabrication de l'arbre

1. Scier la longueur ;
2. Centrer à la longueur ;
3. Tournage complet ;
4. Rectification ;
5. Fraisage des rainures ;
6. Huiler ;

7. Stockage au magasin.

#### **II.4.4 Atelier de bobinage :**

- **Préparation des bobines :**

Une fois le cuivre est contrôlé, il transite au magasin pour être remis aux bobineurs pour la confection des bobines qui se fait à l'aide des gabarits montés sur les machines rotatives qui s'appelle bobineuse qui sont réglés selon nombre de spires faisceaux.

- **Connexion des bobines :**

Les bobines de chaque phase sont liées entre elles de façon précise en conformité avec le schéma de bobinage soit pour le type triphasé, la sortie de la phase u est l'entrée de v, la sortie de v est l'entrée de w,...

Les points de connexion sont isolés avec des gaines isolantes déjà placées.

- **Imprégnation :**

Cette opération consiste à mettre de la résine au stator pour le rendre plus compact et solidaire, deux méthodes sont utilisées :

- ✓ Imprégnation goutte à goutte (pour les petites hauteurs d'axes) ;
- ✓ Imprégnation dans un bain de résine puis séché dans des fours à 150°C (pour les moyens et les grands axes).

#### **II.4.5 Atelier de montage :**

Dans ce secteur sont effectuées les opérations suivantes :

- Mise on place du couvercle du palier intérieur coté Bs.
- Emmanchement des roulements coté As et Bs avec une presse verticale et emplacement des clavette
- Visser le couvercle de palier sur les flasques, cela permet de cerner le roulement entre ces deux pièces
- Emplacement de clavette coté Bs et emmanchement du ventilateur, puis insertion de la bague d'arrêt (circlips).
- Intégration du rotor complet dans le stator et fixation de flasque coté Bs avec vis
- Emplacement des rondelles sur le flasque coté As pour éviter les jeux axial des rotors.

- Fixations du flasque sur la carcasse ainsi que le montage du capot du ventilateur.
- Préparation de la boîte à borne et fixation des câbles de raccordement sur la plaque à borne.

### Secteur prés montage :

Les opérations réalisées dans ce secteur sont :

- Huiler l'intérieur de la carcasse pour faciliter l'insertion du paquet statorique dans celle-ci ;
- Emmanchement du paquet avec une presse ;
- Mise en longueur et tournage des bords de centrage de la carcasse coté AS et BS ;
- Fraisage des pattes pour retrouver la hauteur d'axe exacte ;
- Peinture du diamètre intérieur du stator avec un antirouille.

### I.5 Généralités sur le moteur électrique :

Dans ce qui suit, on effectuera une brève présentation du moteur électrique.

Les moteurs électriques sont constitués d'un stator (partie fixe) et d'un rotor (partie mobile) séparés d'un entrefer. Un moteur électrique est un organe électromécanique permettant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Le plus souvent le mouvement est rotatif, l'énergie mécanique se caractérisant par la vitesse de rotation et le couple moteur. Les moteurs électriques utilisent les propriétés de répulsion et d'attraction magnétiques

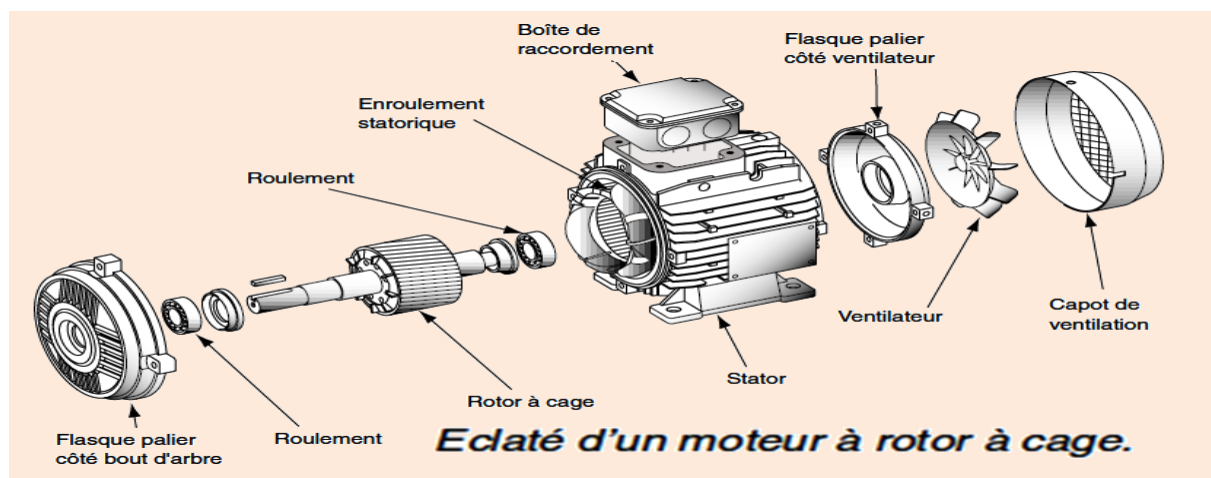


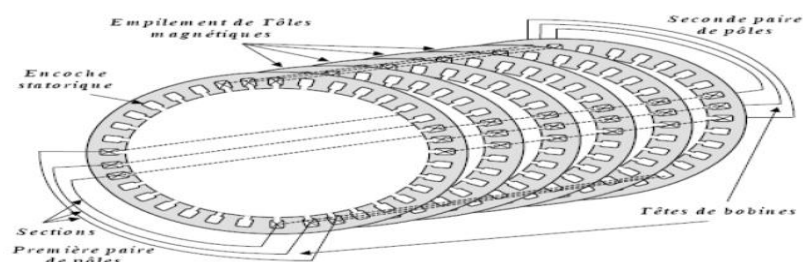
Figure I.2 : Forme éclaté d'un moteur à rotor à cage.

Les moteurs électriques comportent deux parties distinctes et complémentaires. Il s'agit du :

### I.5.1 Stator :

Le stator d'un moteur triphasé (le plus courant en moyenne et grosse puissance), comme son nom l'indique, est la partie statique du moteur asynchrone. Il se compose principalement :

- de la carcasse,
- des paliers,
- des flasques de palier,
- du ventilateur refroidissant le moteur,
- un noyau en fer feuilleté de manière à canaliser le flux magnétique,
- les enroulements (ou bobinage en cuivre) des trois phases logés dans les encoches du noyau.



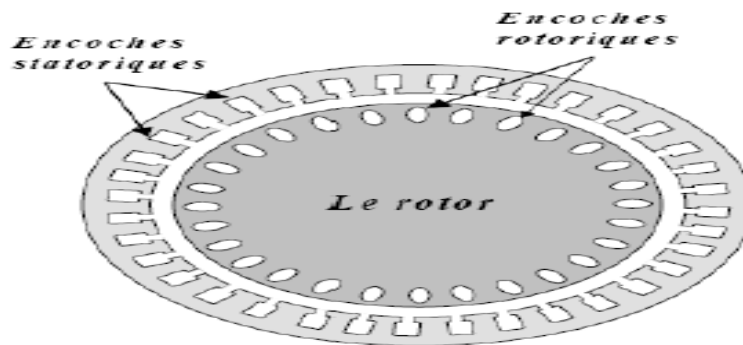
**Figure I.3 :** schéma d'un paquet statorique.

### I.5.2 Le rotor :

Le rotor est la partie mobile du moteur asynchrone. Couplé mécaniquement à un treuil d'ascenseur par exemple, il va créer un couple moteur capable de fournir un travail de montée et de descente de la cabine d'ascenseur. Il se compose essentiellement:

- D'un empilage de disques minces isolés entre eux et clavète essor l'arbre du rotor afin de canaliser et de faciliter le passage du flux magnétique.

- D'une cage d'écurueil en aluminium coulé dont les barreaux sont de forme trapézoïdale pour les moteurs asynchrones standards et fermés latéralement par deux "flasques" conductrices



**Figure I.3** : schéma d'une plaque rotorique.

## I.6 Conclusion

Cette expérience nous a permis de découvrir beaucoup de choses, non seulement le processus de fabrication, mais aussi les différentes méthodes utilisées dans le monde de l'industrie au sein de l'entreprise *ELECTRO-INDUSTRIES* qui a prouvé par ses efforts internes qu'elle est la dominante dans ce domaine dans notre pays.

## II.1 Introduction :

L'objectif premier de la mise en forme des métaux est de conférer à une pièce métallique des dimensions situées dans une fourchette de tolérance donnée. Les principaux procédés de mise en forme des métaux sont apparus progressivement, donnant naissance par la suite à diverses variantes, parfois très nombreuses. Les formes modernes des divers procédés sont le plus souvent apparues récemment pour assurer la production en grande série de pièces à faible coût. Parmi ces procédés, nous citerons : le découpage, le poinçonnage et le pliage.

## II.2 Le pliage [1]

### II.2.1 Définition de pliage

Le pliage est une opération de conformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane en changeant la direction de ces fibres de façon brusque suivant un angle.

Il existe plusieurs techniques pour plier une pièce

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

### II.2.2 Principe de pliage :

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

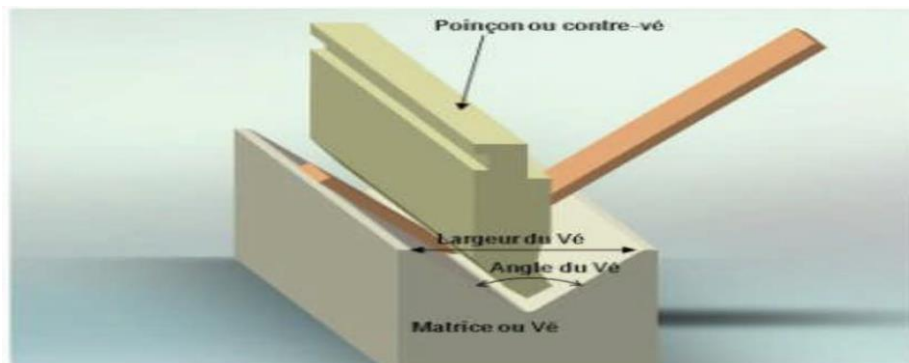


Figure II.2.1: principe de pliage.

## II.2.3 Différents techniques de pliage

### II.2.3.1 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 du 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 ( $\pm 0,5^\circ$ ).

### II.2.3.2 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.

### II.2.3.3 Pliage sur élastomère

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

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

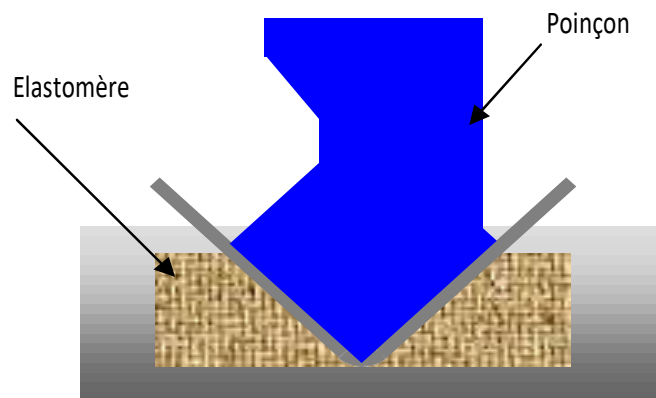


Figure II.2.2 : pliage sur élastomère.

## II.2.4 Outils spéciaux

Les outils utilisés pour le pliage sont en acier traité, et ils sont classés en deux catégories :

- Outils simples : de formes très variées, ils sont les plus utilisés en tôlerie, chaudronnerie.
- Outils combinés : ils peuvent effectuer plusieurs opérations simultanées (plusieurs plis, des poinçonnages, découpages...). Ces outils sont très spécialisés et coûteux.

### II.2.4.1 Pliage en V

Outillage simple, le poinçon est fixé sous le coulisseau de presse, la matrice sur la table. Un éjecteur facilite la récupération de la pièce et drageoir positionne le flan sur la matrice.

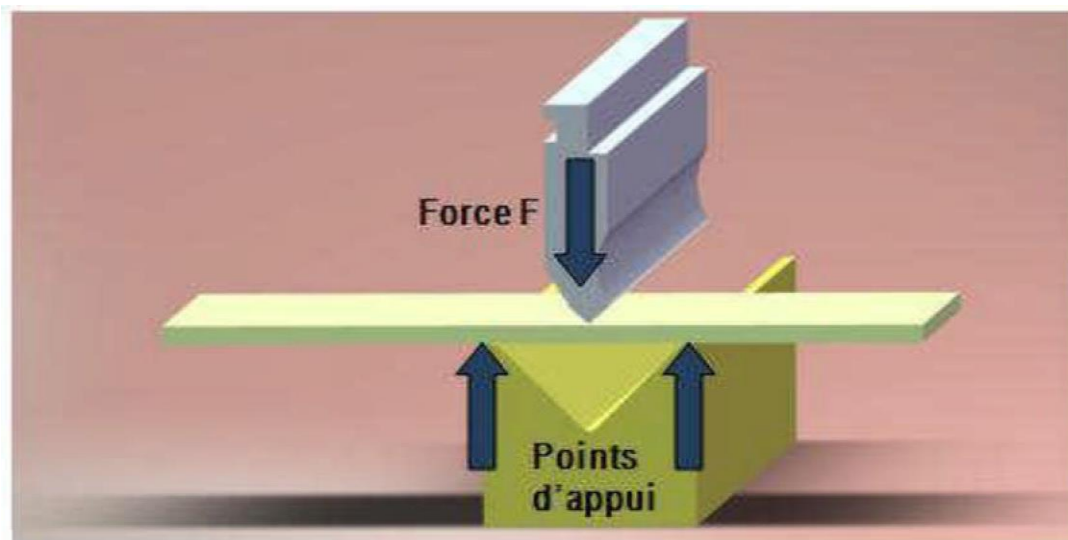


Figure II.2.3 : pliage en V.

### II.2.4.2 Pliage en U :

- A. Pliage avec ailes extérieures : limité aux faibles hauteurs, si est importante la pièce est réalisée en deux passes.
- B. Pliage avec ailes intérieures : réalisé en deux opérations ou en une opération avec un outil à cames mais longueur de pièce limitée.
- C. Pliage fermé : l'ébauche est faite en deux opérations, frappée ensuite sur mandrin intérieur pour obtenir des cotes précises.

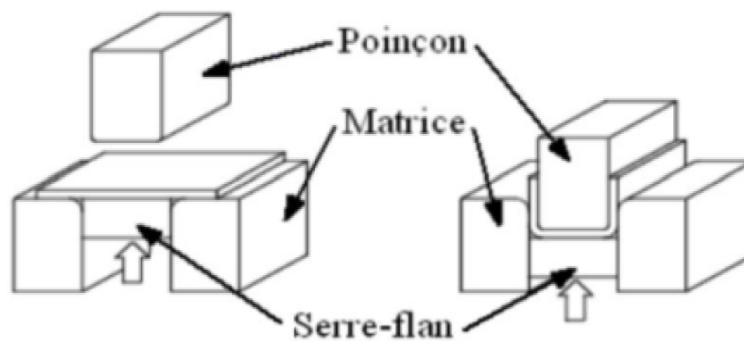


Figure II.2.4 : pliage en U.

### II.2.4.3 Pliage en Z.

L'outil utilisé est simple et peu coûteux mais fournissant des pièces peu précises. L'outil est présenté en fin de course. Les ressorts sont calculés pour qu'au cours de la descente, le pliage s'effectue en premier lieu en (a) sur l'arête de l'éjecteur, puis en (b) lorsque la serre flan vient en butée sur son support. Les parties frottantes sont rapportées en acier dur.

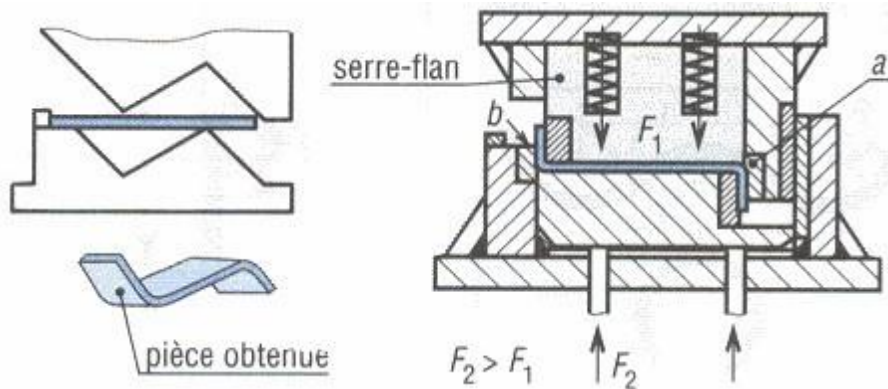


Figure II.2.5 : pliage en Z.

#### II.2.4.4 Pliage en équerre :

La zone pliée produit un effet de chasse qui doit être compensé par une surface de réaction. L'aile la plus courte qui celle qui doit être relevée.

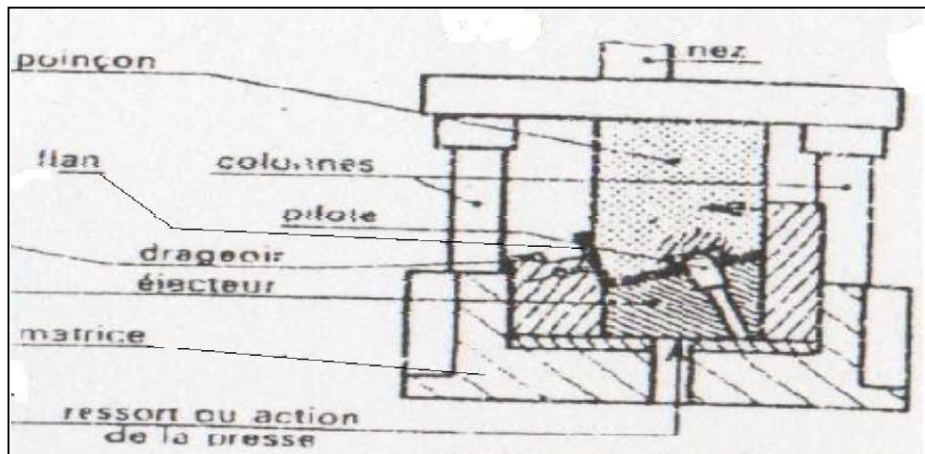


Figure II.2.6 : pliage en équerre.

#### II.2.5 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.....etc.

##### II.2.5.1 Le pliage en V :

###### ✚ Pliage sans frappe :

L'effort de pliage exercé par le poinçon est donné par la formule suivante :

$$F1 = K \times (L \times e^2 \times Rm)$$

Avec

$Rm$  : La résistance mécanique du métal à plier ( $N/mm^2$ )

$L$  : Longueur pliée

$e$  : Épaisseur de la tôle (mm)

$V$  : Ouverture du V (mm)

$K$  : Un coefficient dépendant de  $V$

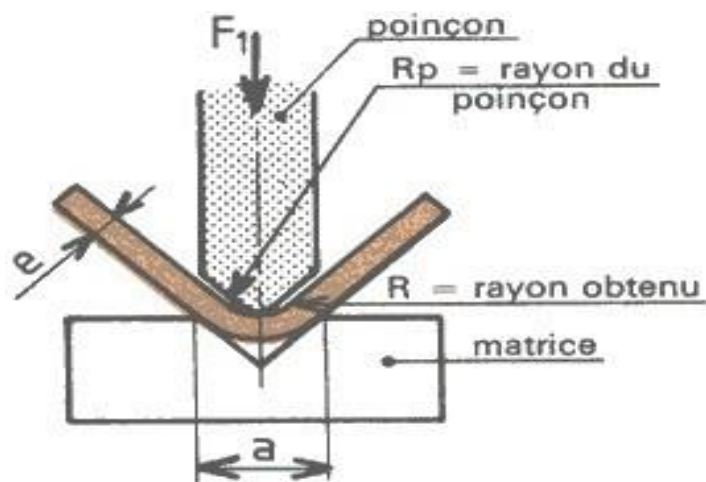


Figure II.2.7 : pliage en V.

#### ✚ Pliage avec frappe :

$$L'effort : F2 = 2F1$$

#### II.2.5.2. Pliage en U :

##### ✚ Sans frappe :

Dans ce cas, l'effort est fortement tributaire du jeu entre poinçon et matrice. Si le jeu égale épaisseur nominale de la tôle plus tolérance maximale, l'effort peut être défini par la relation:

$$F3 = \frac{2}{3} \times Rm \times e \times \left(1 + \frac{e}{a}\right)$$

✚ Avec frappe :

La relation  $F4 = 2,5 \times F3$  permet d'obtenir de bons résultats.

**II.2.6 Avantages et inconvénient:**

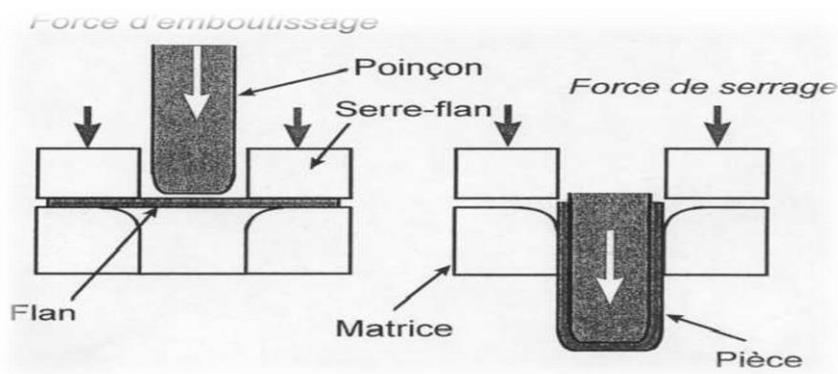
Avantages.	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Outillage simple</li> <li>➤ Pièces réalisées de formes complexes</li> <li>➤ Cintrage de tôles de forte épaisseur (faibles plis régulièrement espacés).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Longueur de pli limité à la longueur des machines.</li> <li>➤ Elasticité résiduelle difficilement contrôlable.</li> </ul>

**Tableau II.2 :** les avantages et les inconvénients de pliage.

**II.3 L'emboutissage [1]**

**II.3.1 Définition de l'emboutissage :**

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique des métaux, cette déformation consiste en un allongement ou un rétrécissement local de la tôle, cette technique de fabrication transforme une feuille de tôle mince appelée flan en une pièce de forme bien minée à l'aide d'un outillage simple (un poinçon, une matrice et un serre flan) et avec une application d'une pression métrisée.



**Figure II.3.1 :** l'emboutissage.

### II.3.2 Outillage :

L'emboutissage se pratique à l'aide de presses à emboutir de forte puissance munies d'outillages spéciaux qui comportent trois pièces principales :

- Une matrice en creux : épouse la forme extérieure de la pièce.
- Un poinçon en relief : épouse sa forme intérieure en gardant l'épaisseur de la tôle.
- Un serre flan : entoure le poinçon et il s'applique contre le contour de la matrice et il sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon.

Des joncs sont parfois utilisés pour freiner le glissement de la tôle.

L'entrée de la matrice doit être très arrondie et polie pour éviter toute déchirure du métal et pour optimiser le comportement des zones de rétreint, aucun angle ne doit être vif et un parfait état de surface est primordial, la mise au point de tels outils est une opération très spécialisée et très coûteuse notamment sur les pièces d'aspect (exemple : plusieurs mois pour l'extérieur d'une portière, capot, etc.).

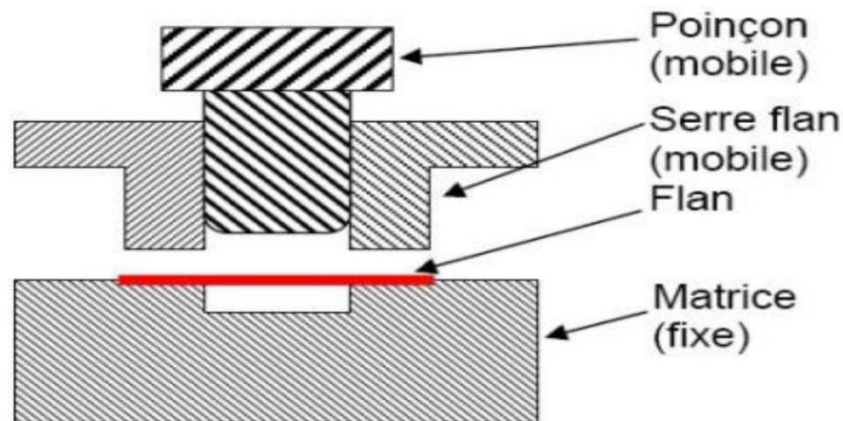


Figure II.3.2 : principe d'emboutissage.

### II.3.3 Fonctionnement:

L'opération d'emboutissage:

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

**Phase 2** : le serre-flan est descendu et vient appliquer une pression bien déterminée, afin de

maintenir la tôle tout en lui permettant de glisser.

**Phase 3 :** le poinçon descend et déforme la tôle de façon plastique en appliquant contre le fond de la matrice.

**Phase 4 :** le poinçon et le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise.

**Phase 5 :** on procède au détournage des pièces, c'est-à-dire à l'élimination des parties devenues inutiles.

### II.3.4 Types d'emboutissages :

#### II.3.4.1 l'emboutissage à froid :

Cette technique consiste à former une pièce à température ambiante. Elle est principalement utilisée sur un outillage double effet mais peut aussi l'être sur un outillage simple effet dans le cas où les embouties sont peu profondes ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage.

Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle, limite les couts et évite la formation d'oxyde. Néanmoins l'épaisseur des tôles à emboutir ainsi que les caractéristiques mécaniques sont à l'origine des limitations de cette technique, en effet, il devient nécessaire pour les grandes épaisseurs d'effectuer l'emboutissage en plusieurs passes.

A ceci, il faut ajouter d'une part l'effet de l'écroutissage apparaissant lors de la mise en forme et se traduisant par un durcissement structural et une baisse de la ductilité. D'autre part, la création de contraintes résiduelles au sein des pièces finies limite ses applications (risque de rupture fatiguée).

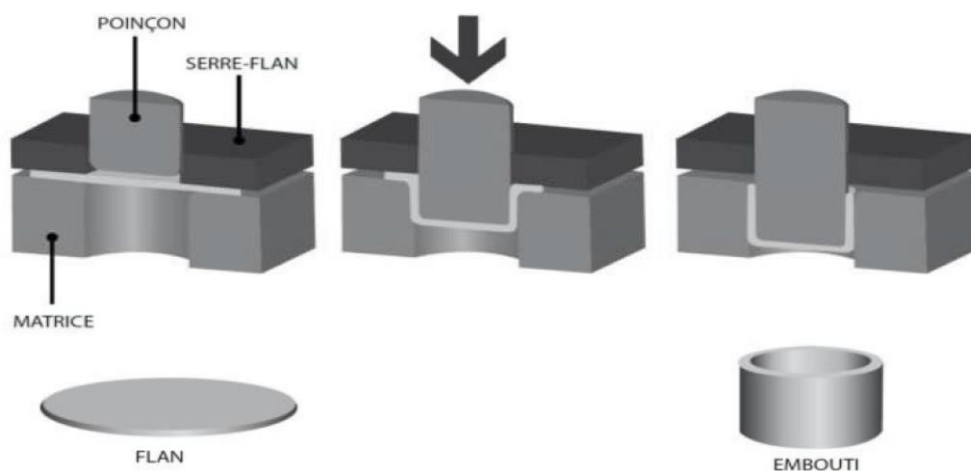


Figure II.3.2 : L'emboutissage à froid.

### II.3.4.2 l'emboutissage a chaud :

Il est principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effet, le formage de fonds de réservoir en acier est le plus important domaine d'application.

Cette technique facilite la déformation du matériau. Permet l'emboutissage de des pièces profonds par chauffage du flan et de la matrice et évité l'érouissage et la formation de Contraintes résiduelles.

Les cadences de production de l'emboutissage a chaud sont moins élevés que celles de l'emboutissage a froid du fait de l'inertie de chauffage. de plus les pièces finies sont de moins bonne qualité .que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

Enfin, cette technique nécessite des mises au point de la sécurité plus importantes.

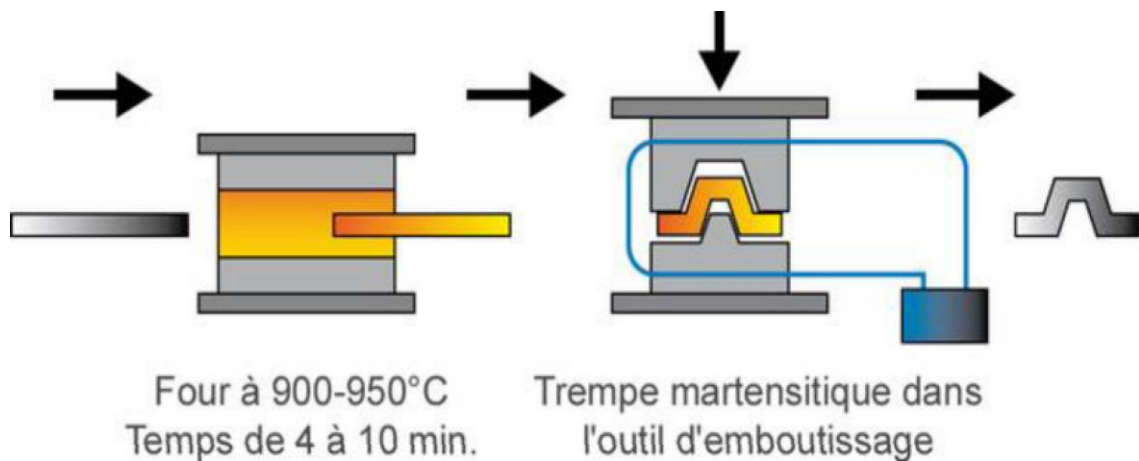


Figure II.3.3 : L'emboutissage a chaud.

### II.3.5 Paramètre d'emboutissage :

#### ✚ Le jeu entre le poinçon et la matrice :

Lorsque l'espace entre le poinçon et la matrice est théoriquement égale 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 sous l'effet du poinçon mais entraîne certains inconvénients tels que :

1. La détérioration du profil de la paroi.
2. Déviation du poinçon entraînant la formation de languettes sue le bord de l'embouti.
3. Apparition de plis sue la paroi de l'embouti.

Inversement si l'épaisseur de flan est plus grande que l'espace existant entre le poinçon et la matrice. Il se produit un écrasement et un amincissement indésirables de la paroi. Il est courant d'utiliser des tables donnant le jeu en fonction de l'épaisseur du flan et de la matrice.

Elles sont basées sur les formules suivantes :

- Pour l'acier  $W=e+0.07 \times (10 \times e)^{1/2}$
- Pour l'aluminium  $W=e+0.02 \times (10 \times e)^{1/2}$
- Pour les métaux ferreux  $W=e+0.04 \times (10 \times e)^{1/2}$

#### ✚ Le rayon sur la matrice :

Ce paramètre a une très grande importance autant pour la qualité de l'embouti que pour la réparation des force. En effet, on comprend parfaitement que dans les deux cas extrêmes dessous. L'emboutissage n'est pas viable.

On observera pour

- $r=0$  : un déchirement du flan.
- $r=(D-d)$  : la formation de plis.

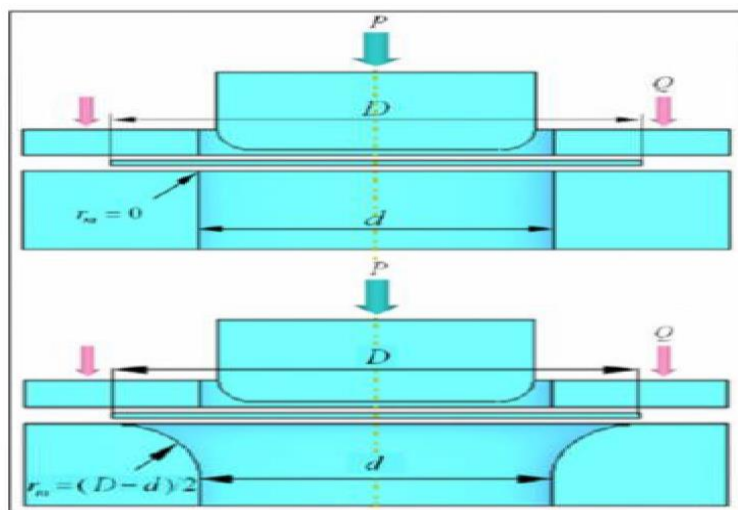


Figure II.3.4 : Variation de l'arrondi sur la matrice

Afin de déterminer le rayon efficace, on utilise cette relation :

- Pour l'acier  $r=0.8 \times [(D-d) \times e]^{1/2}$
- Pour l'aluminium  $r=0.9 \times [(D-d) \times e]^{1/2}$

Avec :

D : diamètre du flan (mm).

d : diamètre de l'embouti (mm).

e : épaisseur du flan (mm).

#### **Arrondi sur le poinçon :**

La partie de la tôle qui se trouve en contact avec la surface inférieure du poinçon subit l'action des forces de frottement qui empêchent la matière de bouger. L'effort du poinçon se transmet aux parois de l'embouti. Le poinçon ne doit contenir un arrondi pour ne pas percer le flan .généralement, on prend le rayon de poinçon inférieure à celui de la matrice.

#### **La vitesse d'emboutissage :**

Elle se définit comme la vitesse de poinçon au moment de l'attaque de la tôle. Les transformations qui subit le métal à froid entraînent un écrouissage de celui-ci dépend de cette vitesse. Une vitesse trop faible, tend donc à générer un écrouissage trop important sur le métal, le rendant moins malléable.

Une grande vitesse tend 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 :

- Pour l'acier : 200mm/s ;
- Pour le zinc : 200mm/s ;
- Pour les aciers doux : 280mm/s ;
- Pour l'aluminium : 500mm/s ;
- Pour le laiton : 750mm/s ;

### ✚ La pression de serre flan

La suppression des plis est un des objectifs majeurs de l'emboutissage. Le rôle du serre-flan consiste à empêcher la formation de plis sur le rebord du flan en exerçant une pression appropriée. La présence du flan ne s'impose que si :

$$d < 0,95 \times D \text{ ou } e < 0,2 \times (D-d).$$

Dans la pratique, il faut que le serre-flan soit bien trempé et rectifié. La pression est réglée à l'aide de clés dynamométriques. De ressort ou de caoutchouc. En fonction de l'aspect de l'embouti :

- Si la paroi est sans plis et d'aspect brillant. La pression est adaptée.
- Si la paroi est bonne mais que les bords supportent des marques de denture, c'est que la pression est trop faible.
- S'il se produit un déchirement lors de la descente du poinçon. C'est que la pression est trop importante

Ainsi, pour un embouti cylindrique de diamètre de flan de diamètre  $D$ , la pression des ressorts ou de caoutchouc sera :

- Pour l'aluminium :  $0,10 \text{ k}^8 / \text{g} \cdot \text{mm}^2$
- Pour le zinc :  $0,12 \text{ k}^8 / \text{g} \cdot \text{mm}^2$
- Pour le laiton :  $0,20 \text{ k}^8 / \text{g} \cdot \text{mm}^2$
- Pour les aciers inox :  $0,20 \text{ k}^8 / \text{g} \cdot \text{mm}^2$
- Pour les aciers doux :  $0,25 \text{ k}^8 / \text{g} \cdot \text{mm}^2$

Il est également possible de faire appel à une installation pneumatique ou hydraulique offrant un réglage de la pression plus facile qu'avec un dispositif à ressort ou en caoutchouc.

### II.3.6 L'effort d'emboutissage cylindrique

L'effort nécessaire pour emboutir des pièces cylindriques dépend tout d'abord des diamètres de l'embouti et du flan primitif. De l'épaisseur et de la qualité de la tôle .il dépend également de la pression de serre-flan, de la vitesse d'emboutissage.

Il est difficile de tenir compte de tous ses facteurs dans la détermination de la pression du poinçon, c'est pour quoi il est commun d'employer les formules simplifiées suivantes :

$$F_e = \pi \times d \times e \times R_m \times k \text{ (daN)}$$

Avec :

**F<sub>e</sub>** : effort d'emboutissage (daN).

**d** : diamètre du poinçon (mm).

**D** : diamètre du flan (mm).

**e** : épaisseur de la tôle (mm).

**R<sub>m</sub>** : résistance de la tôle à la traction (daN/mm<sup>2</sup>)

$\frac{d}{D}$	<b>0.55</b>	<b>0.6</b>	<b>0.65</b>	<b>0.7</b>	<b>0.75</b>	<b>0.8</b>
<b>K</b>	<b>1</b>	<b>0.86</b>	<b>0.72</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>

**Tableau II-1** Le coefficient K en fonction de d/D

Lorsque l'emboutissage se fait sur une presse à simple effet, l'effort sur le serre flan est ajouté à l'effort d'emboutissage.

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

Avec :

**P** : pression spécifique sur le serre-flan

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

**Tableau II-2** : Matériaux du flan et leurs pressions spécifiques.

### II.3.7 La lubrification:

Parmi les techniques permettant de maîtriser le frottement, la lubrification est certainement la plus anciennement pratiquée. Elle consiste à intercaler les deux corps de faible scission et de contrainte de rupture faible.

Ainsi, une lubrification adaptée facilite l'écoulement de la tôle entre la matrice, le serre flan et le poinçon.

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

### II.3.8 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage :

#### a. Les avantages de l'emboutissage :

- L'emboutissage est un procédé permettant d'obtenir des pièces de surface non développable à partir de feuille de tôle mince. C'est-à-dire qu'il est possible d'obtenir des formes très variées impossible à obtenir avec un tour ou une fraise.
- L'état de surface d'une pièce brute d'emboutissage est nettement meilleur que celui d'une pièce coulée. L'esthétique des pièces embouties en est donc bien supérieure.
- Cette technique de mise en œuvre offre un bas prix de revient et permet des cadences de production très élevées.

### b. Les inconvénients fréquemment rencontrent en emboutissage

- Les zones d'étirement subissent un amincissement (qui doit rester limité pour éviter la rupture) et les zones de retreint (compression) subissent une combinaison d'épaississement et de plissement.
- Le retour élastique, lorsque le poinçon se retire après la phase de mise en forme, la pièce ainsi formée n'est plus soumise à la force de maintien. Il se produit alors un retrait de la matière. A fin d'atténuer ce phénomène, il est courant de recourir à certains artifices tels que la frappe de rayon, l'étirage en de gamme ou le maintien prolongé du poinçon.

## II.4 Le découpage [1]

### II.4.1 Définition de découpage :

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

Une différence est faite sur les termes :

### II.4.2 Principe :

C'est une opération qui consiste à serrer la bande du métal entre une matrice et un poinçon, qui pénètre à l'aide d'une pression dans la tôle, jusqu'à ce qu'il produise un cisaillement total du métal.

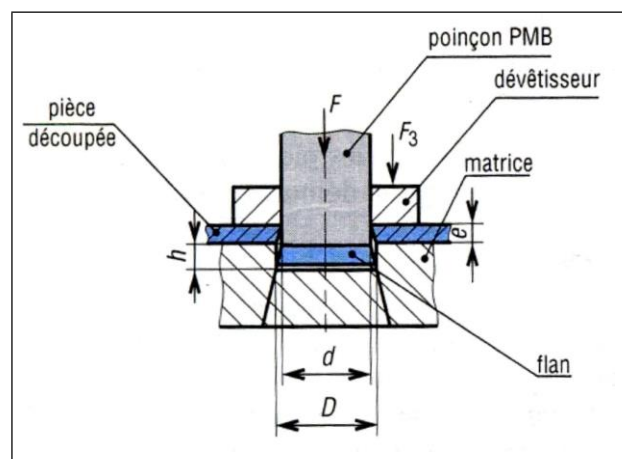
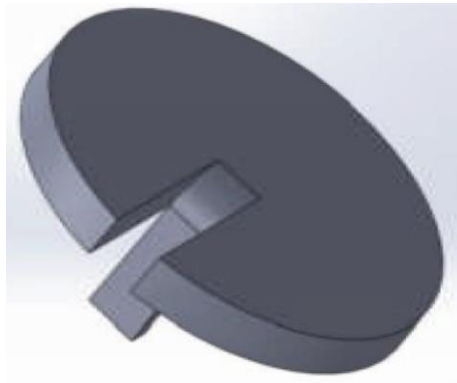


Figure II.4.1: opération de découpage.

**II.4.3 Quelques Types de découpage:****a) Crevage:**

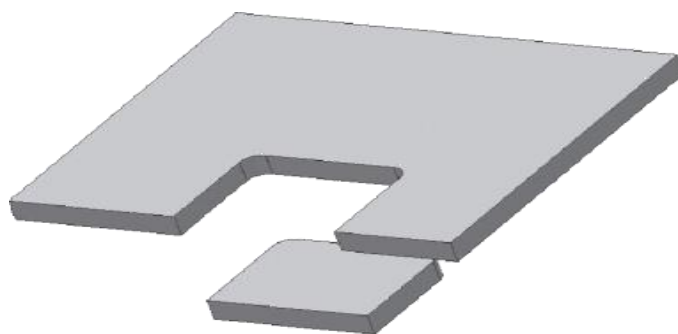
C'est un découpage partiel, il consiste à ne pas détacher la chute avec la pièce.



**Figure II.4.2 :** Crevage

**b) Encochage :**

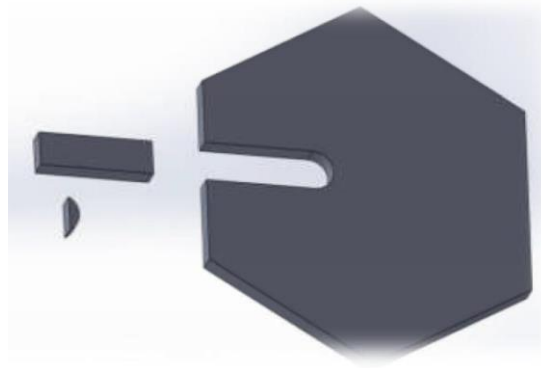
Découpage débouchant sur un contour.



**Figure II.4.3 :** L'encochage.

**c) Le grignotage :**

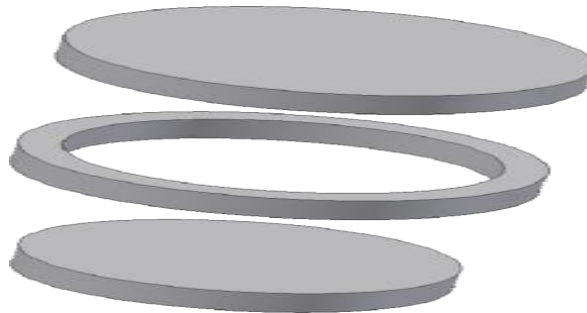
C'est le poinçonnage partiel par déplacement progressif de la tôle ou du poinçon.



**Figure II.4.4 :** Le grignotage

**d) L'arasage :**

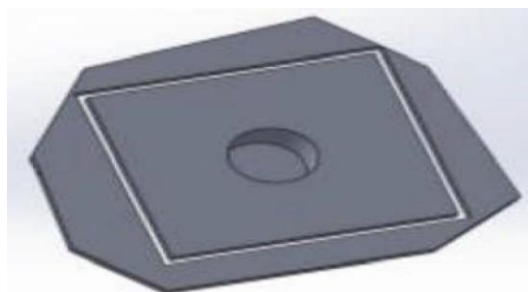
Découpage en reprise (précision de cotes et d'états de surfaces).



**Figure II.4.5 :** L'arasage.

**e) Détourage**

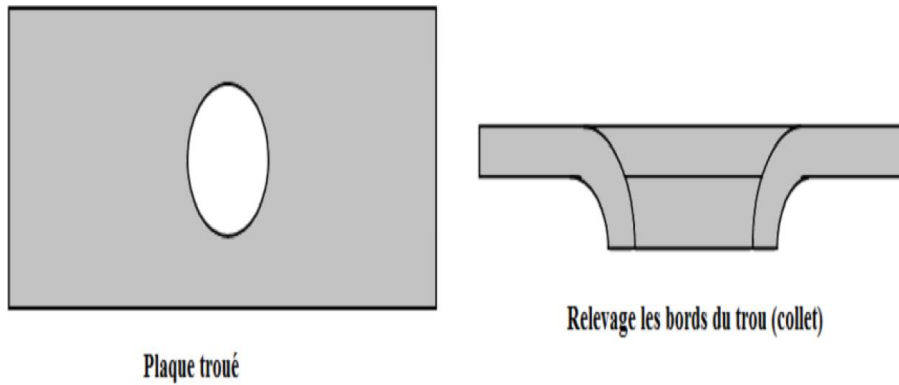
Finition d'un contour déjà ébauché, modifié au cours d'une déformation. Il consiste à enlever par découpage un excédent de métal autour d'une pièce préalablement formée. Le détourage est alors la dernière opération de formage.



**Figure II.4.6 :** Le détourage.

**f) Le soyage :**

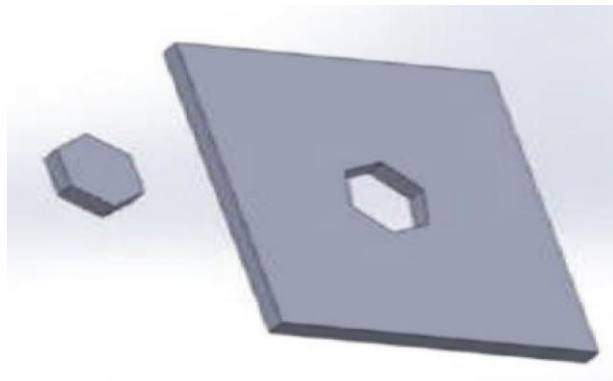
Le soyage est la réalisation d'un collet (relevage des bords d'un trou) obtenu soit. Après poinçonnage d'un trou. Soit à l'aide d'un poinçon épaulé qui poinçonne le trou dans le vide et relève les parois de ce dernier, en même temps.



**Figure II.4.7 :** Le soyage.

**g) Ajourage :**

C'est une opération de découpage dans un flan des trous de formes déférentes.



**Figure II.4.8 :** Ajourage.

#### II.4.4 Matrice et poinçon:

Les poinçons sont fixes si les matrices sont mobiles. Ils doivent résister à la compression et au flambage. Pour les poinçons cylindriques on prend à la limite :  $d \geq 1.6e$  pour les aciers doux. Une matrice en acier peut produire environ 50 000 pièces sans être affûtée l'affûtage diminue h de 0.2 à 0.5 mm.

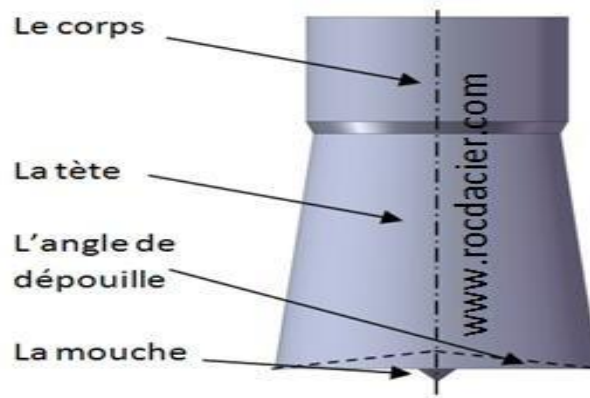


Figure II.4.9 : poinçon.

#### II.4.5 Effort de découpage :

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

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

Tels que :

**F** : Efforts de découpage (daN) ;

**P** : Périmètre de la surface à découpée (mm) ;

**e** : Épaisseur de la surface à découpée (mm) ;

**Rc** : La résistance au cisaillement de la pièce à découpée (daN/mm<sup>2</sup>).

Et voici quelques valeurs de résistances au cisaillement des matériaux les plus utilisés :

Matériaux	Rc (daN/mm <sup>2</sup> )
Acier dur	70
Acier inoxydable	55
aluminium	10
Cuivre	20

**Tableau II.3** : résistance au cisaillement des matériaux.

#### II.4.6 Effort d'extraction :

C'est l'effort nécessaire pour dégager le poinçon de la zone de découpage, il varie de 2 à 7 pour cent de celui de découpage. Soit :

- 7 % de l'effort quand la chute est plus grande de deux ou trois fois que l'épaisseur de la tôle.
- 5% de l'effort quand la chute est moyenne par rapport à l'épaisseur de la tôle.
- 2 % : si la chute de découpage est faible.

### II.5 Poinçonnage [2]

#### II.5.1 Définition de poinçonnage :

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

Le poinçonnage est selon le corps de métier, une marque ou poinçon laissés sur un objet ou une perforation occasionnée par une poinçonneuse.

Le poinçonnage s'exécute soit à la main pour les travaux unitaires et moins précis à l'aide des petits poinçons manuel. Soit avec des poinçonneuses (machines) pour les travaux de grandes séries et de bonne précision dimensionnelle.

#### II.5.2 Principe :

On appelle le poinçonnage, le cisailage sur un contour fermé, effectué par un poinçon agissant sur une matrice. Le principe reste le même que pour le cisailage. La rupture

s'effectuer donc après un effort de traction.

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

### II.5.3 Les trois types de poinçonnage :

- Le poinçonnage classique : enlèvement de matière par simple réalisation de trous.
- Le grignotage : qui consiste à découper un pourtour intérieur ou extérieur par des multiples coups de poinçon.
- Le découpage à la presse: découpe de flan à l'aide d'un outillage spécifique.

### II.5.4 Les différentes étapes de poinçonnage :

Comme nous venons de le présenter, le poinçonnage à la presse suit un mécanisme identique au procédé de découpage, qui engage un cisaillement de la tôle. Ce cisaillement est provoqué par l'action de deux lames de découpage dont l'une agit en opposition au mouvement de l'autre et dont le jeu entre les arêtes de coupe détermine l'intensité des contraintes de cisaillement.

Le poinçonnage se fait à plusieurs étapes :

#### 1. L'impact :

Provoque un gonflement dans la surface de la pièce. (**Figure A**),

#### 2. Pénétration :

Fibres superficielles coupées et Fibres internes en extension. (**Figure B**),

#### 3. Découpage:

Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice. (**Figure C**),

#### 4. Séparation :

Rupture par extension des fibres. (**Figure D**),

#### 5. Fin de course :

L'enfoncement du déboucheur et du poinçon dans la matrice, le déboucheur s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement. (**Figure E**),

#### 6. Le retrait :

En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction qui est due à serrage de la pièce qui l'entrouvre (déboucheur) (**Figure F**).

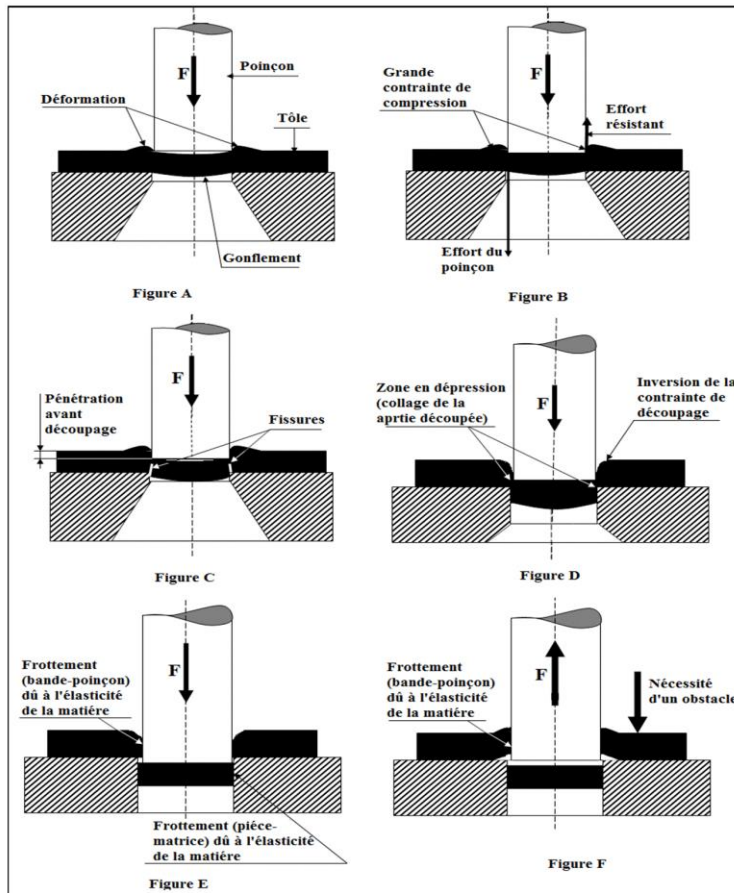


Figure II.5.1: les étapes de poinçonnage.

**II.5.5 Le jeu (entre le poinçon et le matrice) :**

Tout comme en cisailage, un jeu est nécessaire entre les arêtes des outils. Ce jeu démunies les efforts de poinçonnage de la zone poinçonnée. Ce jeu de poinçonnage sera proportionnel à l'épaisseur poinçonnée et dépendra de la résistance du métal, il permet également de garantir une coupe naitre et franche.

Donc :

$$2j = D-d$$

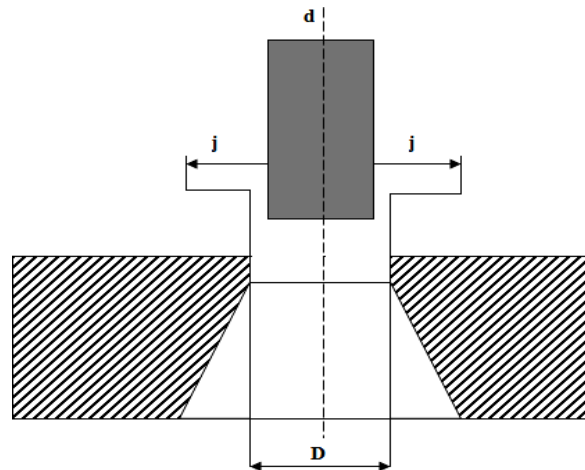


Figure II.5.2 : le jeu entre le poinçon et la matrice.

Le jeu entre le poinçon et la matrice

Tels que:

j: jeu (mm)

D: diamètre de la matrice (mm)

d: diamètre du poinçon (mm)

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

### II.5.6 Effort de poinçonnage:

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur de la tôle, du périmètre de la section du trou et de la résistance du métal. Et les frottements qui sont généralement négligés. Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les utiles. Par conséquent, la section minimale de poinçonnage dépend de l'effort de poinçonnage. De la forme se de la surface de la section poinçonnée et aussi de flambage de l'outil.

Voici la formule générale de calcul des efforts de poinçonnage :

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

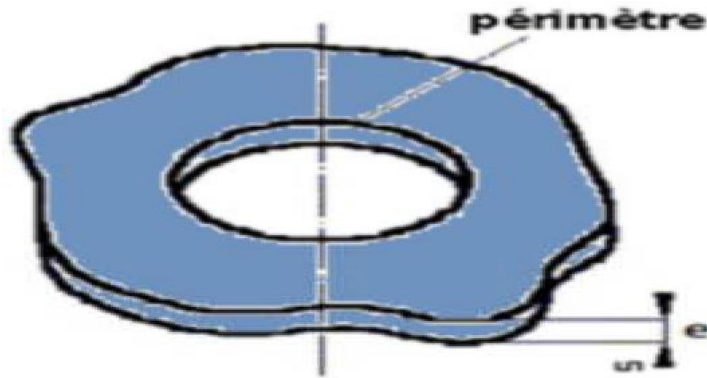


Figure II.5.3 : pièce poinçonner.

Tels que:

$F$  = effort de poinçonnage (daN) ;

$P$  = périmètre du poinçon (mm) ;

$e$  = épaisseur de tôle (mm) ;

$R_c$  = résistance du matériau au cisaillement (daN/mm<sup>2</sup>).

### II.5.7 Avantages et inconvénients du poinçonnage :

#### 1. Avantage :

- Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous.
- Par rapport au découpage à la presse, le grignotage sur commande numérique permet de changer de série en minimisant les couts d'outillages et de découper de grands formats, et d'utiliser des outils simples et peu onéreux

#### 2. Inconvénient:

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

**II.6 Conclusion**

Les techniques de mise en forme des matériaux : découpage, poinçonnage, pliage, emboutissage ont pour Objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement certains paramètres expérimentaux tels que : la composition du matériau et ses différentes caractéristiques mécaniques.

Ce chapitre nous a permis d'étudier le procédé de mise en forme des pièces mécaniques Effectuées sur presses.

**III.1 Introduction :**

Beaucoup de pièce métalliques, autrefois produites par forgeage ou par fonderie, sont maintenant remplacées par des éléments en tôle, découpées puis embouties parfois soudées ou brasées, par fois coudées, pour constituer des produits légers et d'un moindre prix de revient, à égalité de résistance mécanique .D'autre part l'usinage est simplifié ou même supprimé.

Ces pièces façonnées dans le métal en feuilles, peuvent être réalisées par le chaudronnier avec les outils courants de sa profession dans le cas d'une production a l'unité ou a quelques exemplaires seulement, car c'est un mode de travail lent et coûteux, comme tout travail artisanal. Le travail en série est réalisé mécaniquement, l'exécution de pièce découpées et embouties exige :

- Un métal d'œuvre (en feuille, en bande.....)
- Outillages appropriés et des machines comme le cas des presses.

**III.2 Les presses :****III.2.1 Définition des presses :**

Les presses, sont des machines destinées aux travaux des métaux en feuilles et d'autre matériaux plans (plastiques, cuir....etc.)

Elles sont composées de deux parties essentielles à savoir :

- Une partie fixe, appelée bâti.
- Un mécanisme de travail qui anime un ou plusieurs coulisseaux de mouvements rectilignes alternatifs perpendiculaires a la table solidaire au bâti.

Elles sont aussi caractérisées par :

- Le mode de transmission d'énergie.
- La forme du bâti.

**III.2.2 Classification des presses :**

Les presses peuvent être classées suivant plusieurs particularités ;

**III.2.2.1 Selon le mode de transmission de l'énergie :**

On distingue :

### III.2.2.1.1 Les presses mécaniques :

Elles sont caractérisées par une grande rapidité de fonctionnement et généralement elles sont les plus répandues, car elles permettent d'atteindre des cadences de production élevées.



**Figure III.2.1 :** presse mécanique.

#### 1. Fonctionnement :

Dans ce type de presse, l'énergie fournie par le moteur est emmagasinée dans un volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation.

#### 2. Mécanisme de commande:

Il permet de transformer le mouvement circulaire uniforme de moteur en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau par un :

- a) Système bielle manivelle.
- b) Système excentrique.
- c) Système de came.
- d) Système à vis.

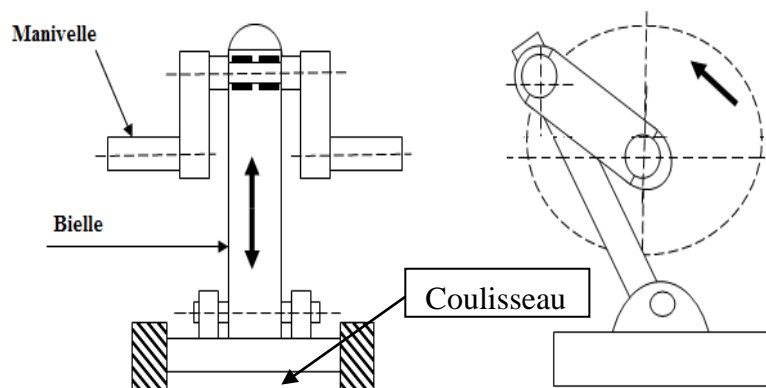
### 3. Présentation des systèmes :

#### a) Système bielle-manivelle :

C'est, avant tout, un système mécanique de transformation de mouvement, il est constitué de 4 pièces principales :

- La bielle.
- La manivelle appelée aussi vilebrequin.
- Le coulisseau.
- Le bâti.

La manivelle et le coulisseau constituent les deux pièces d'entrée et de sortie du mécanisme. La transformation du mouvement est due à la rotation continue de la manivelle autour de son axe ce qui donne un mouvement rectiligne alterné pour le coulisseau.



**Figure III.2.2 :** Système bielle-manivelle.

#### b) Système excentrique

Un excentrique 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.

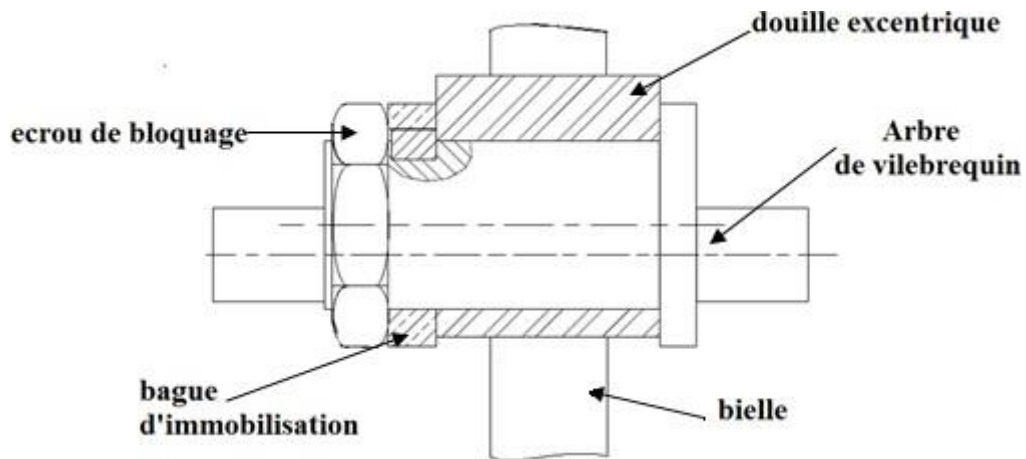


Figure III.2.3 : Système excentrique.

### c) Système à came

L'excentrique à came est un système constitué de deux objets, l'un menant, nommé « Came » qui est constitué d'un solide généralement en rotation, et l'autre mené, animé d'un mouvement alternatif de translation et contraint par le solide menant

La came, autrement nommée solide menant, est couramment de forme vaguement ovoïde. Son profil est calculé en fonction du mouvement de translation qui sera imprimé au solide mené. Le solide mené est plaqué contre le profil de la came.

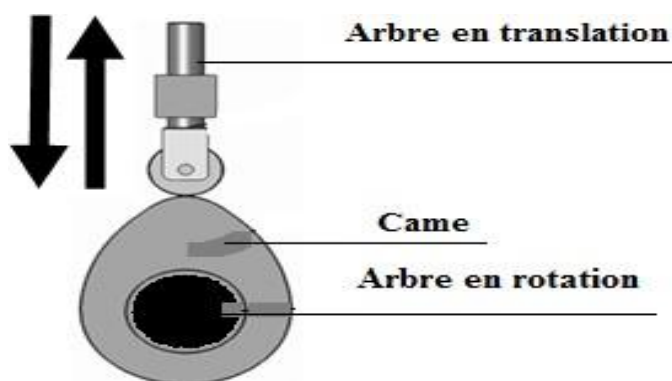


Figure III.2.4: Système à came.

### III.2.2.1.2 Les presses hydrauliques :

Principe de fonctionnement:

L'énergie est fournie par la pression d'un fluide qui agit sur un ou plusieurs pistons solidaire du coulisseau.

Les presses hydrauliques offrent l'avantage d'une plus grande souplesse de fonctionnement relativement aux machines à commande mécanique.

Comme toutes les machines hydrauliques, elles offrent par rapport aux machines mécaniques l'avantage d'une plus grande souplesse qui est due aux possibilités de :

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



**Figure III.2.5:** presse hydraulique.

### III.2.2.2 Selon la forme de bâti :

Les presses sont identifiées d'après la forme de leur bâti, ces derniers sont exécutés soit en fonte, en acier moule et de plus en plus en acier soude (mécano soudure).

**III.2.2.2.1 Les presses à cold cygne :**

Elles permettent le passage latéral des bandes de tôle du fait que leur bâti est dégagé sur trois cotés. Elles sont utilisées généralement pour les moyennes séries et les petites pièces ; elles sont dotées d'une puissance de 10 à 200 Tf. (Tf : tonnes force).



**Figure III.2.6 :** presse à cold cygne.

**III.2.2.2.2 Les presses à arcade :**

Elles ont un bâti de type monobloc, il est plus rigide que le bâti à col de cygne, elles sont utilisées pour les travaux nécessitant de grands efforts en bas de course atteignant 1500 tonnes, elle ne sont dégagées que sur les deux cotés avant et arrière.



**Figure III.2.7:** presse à arcade.

### III.2.2.2.3 Les presses à montant droit :

Leur bâti est de type assemblé, les montants assurent les rôles suivants :

- Le guidage du coulisseau.
- La jonction avec le chapiteau et la table par quatre tirants en acier serre à chaud.

Elles sont très robustes et peuvent atteindre des dimensions impressionnantes, jusqu'à huit mètres entre montant. Leurs capacités peuvent atteindre 1000 Tf.



**Figure III.2.8 :** figure à montant droit.

#### III.2.2.2.4 Les presses à colonnes :

Le sommier supérieur et le sommier inférieur sont réunis par quatre colonnes cylindrique qui sont très fortes, mais travaillant avec moins de pression..

Elles sont employées pour le forgeage et le matriçage, généralement leurs puissances peuvent atteindre 600tonnes.

Elles sont utilisées encore dans les chaudronneries ou elles sont employées pour l'emboutissage à chaud.



Figure III.2.9 : presse à colonne.

#### III.2.2.2.5 Presses à table mobile et bigorne :

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



**Figure III.2.10** : presse à table mobile.

### **III.2.2.3 Selon le nombre de coulisseaux :**

#### **III.2.2.3.1 Les presses à simple effet :**

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

#### **III.2.2.3.2 Les presses à double effet :**

Elles comportent deux coulisseaux indépendants, l'un central porte le poinçon et l'autre extérieur porte le serre-flan.

Le coulisseau qui porte le serre-flan entre en contact en premier avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon amorçe sa descente. Il doit rester immobile durant tout le travail du poinçonnage.

Les deux coulisseaux sont actionnés par le même arbre moteur à l'aide d'un mécanisme complexe qui procure deux cinématiques différentes.

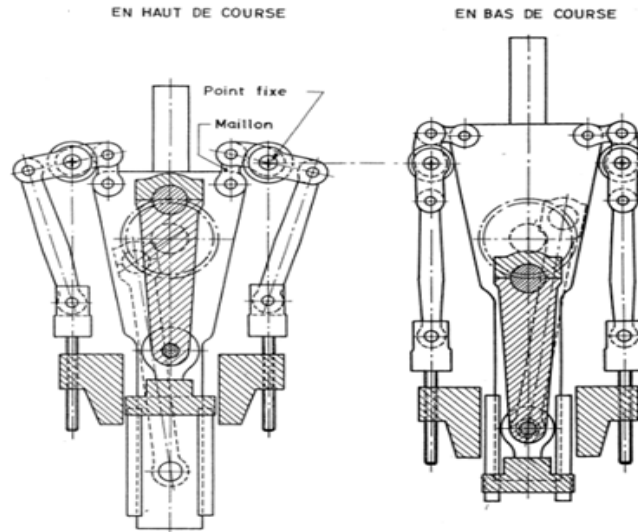


Figure III.2.11 : presse à double effet.

### III.2.2.3.3 Les presses à triple effet :

Elles comportent trois coulisseaux, deux à la partie supérieure, l'autre a la partie inférieure.

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

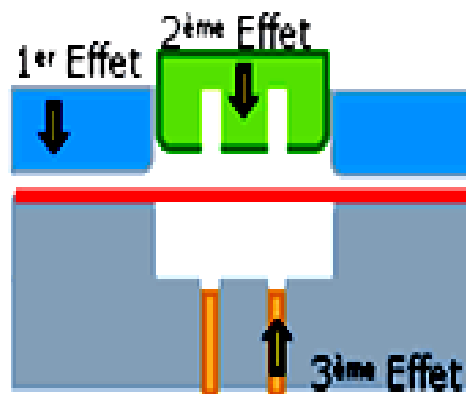


Figure III.2.12 : presse à triple effet.

### III.2.3 Différents constituants d'une presse:

L'outil de presse matérialise les résultats des réflexions et des décisions prises au cours de sa conception.

Il contient le secret de la façon dont la tôle de départ est mise en forme pour arriver à réaliser une pièce conforme en sortie de presse. En ce sens, l'outil est le cœur du développement d'un projet.

Cet outil de presse est d'une construction mécanique de précision, supposée indéformable et, en général, composée d'une partie mobile supérieure (poinçon) bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe (matrice) bridée sur la table de la presse.

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

#### a- Poinçon

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une empreinte sur un flan, le découper ou même de le percer.

Il est nécessaire de vérifier les poinçons à la compression et au flambement pour déterminer leur longueur.

#### b- Matrice

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

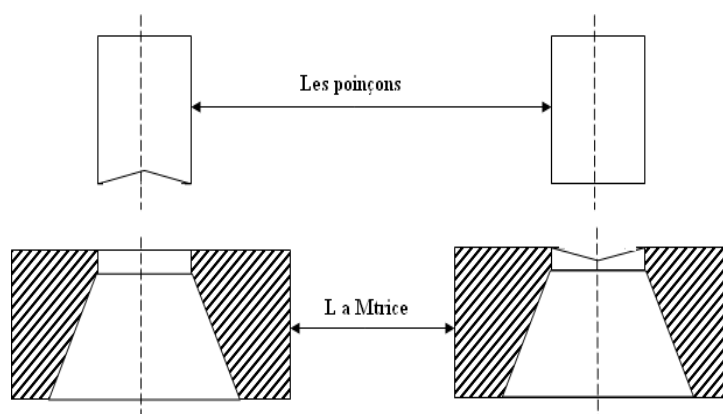


Figure III.2.13 : la matrice et le poinçon.

## c- Dépouille:

## ➤ Poinçon

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

## ➤ Matrice

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

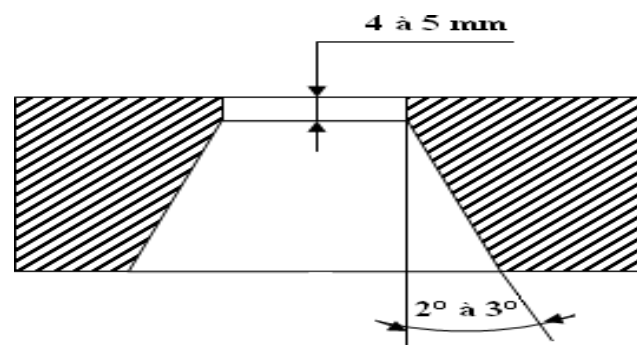


Figure III.2.14 : dépouille.

## d- Affutage:

Après découpage de nombreuses pièces (de 50 à 200000 pièces pour les outils en acier) les arrêtes coupantes s'émousent et s'arrondissent.

Après démontage de l'outil, poinçon et matrice sont affutés par rectification plan.

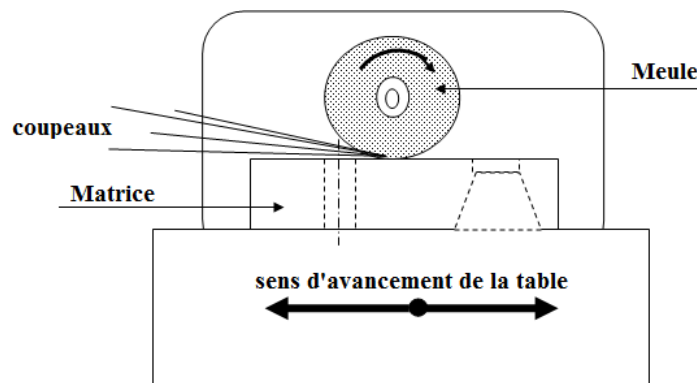


Figure III.2.15 : affutage.

**III.3 Conclusion :**

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

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification, leur principe de fonctionnement, les différents mécanismes de commande.

### IV.1 Introduction :

Un outil de presse est une construction mécanique de précision, supposée indéformable et en générale composée d'une partie mobile supérieure bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe bridée sur la table de la presse.

### IV.2 Types d'outils de presse:

#### IV.2.1 Outil découvert simple :

Cet outil est constitué uniquement d'un poinçon et d'une matrice. Il ne peut être employé dans les travaux de série du fait de la remonter de la bande de tôle avec le poinçon.

En outre, cette bande n'est pas guidée sur la matrice et doit être déplacée à vue après chaque de presse.

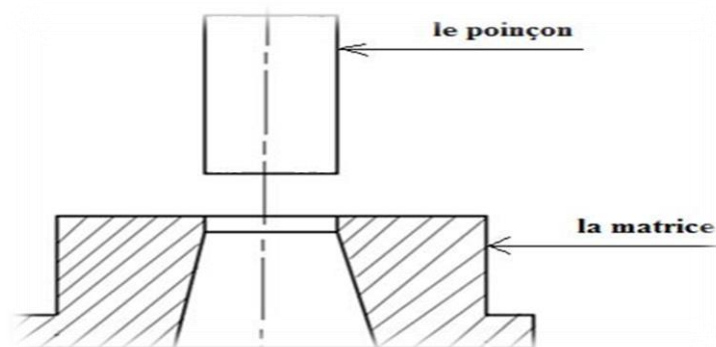


Figure IV.1 : Outil découvert simple

#### IV.2.2 Outil découvert à butée :

Utilisé pour le découpage de flans circulaires. Deux butées sont placées, une assure le guidage de la bande et l'autre le contrôle de l'avance.

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

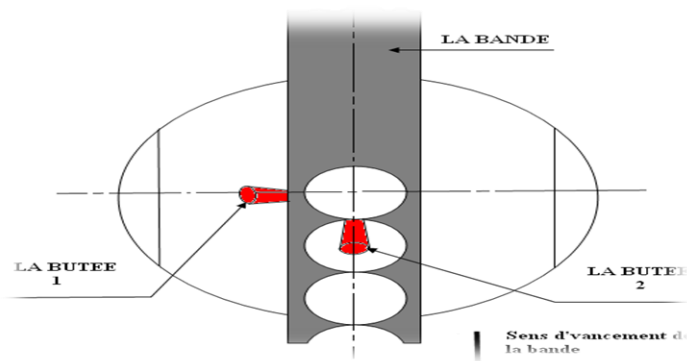


Figure IV.2 : Outil découvert à butée.

#### IV.2.3 Outil à contre-plaque :

Utilisé pour les tôles d'épaisseur inférieure à 2mm.

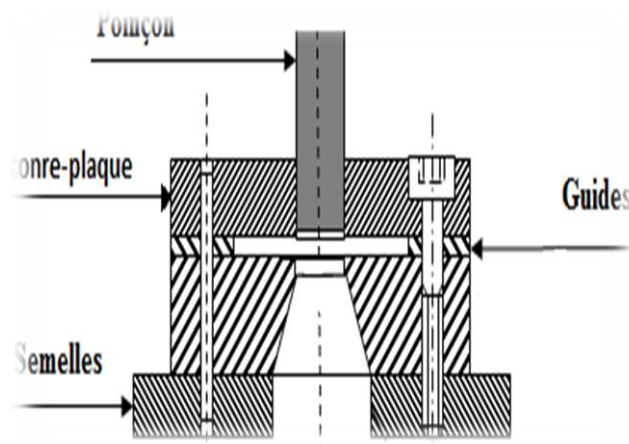


Figure IV.3 : Outil à contre-plaque.

#### IV.2.4 Outil à engrenages:

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

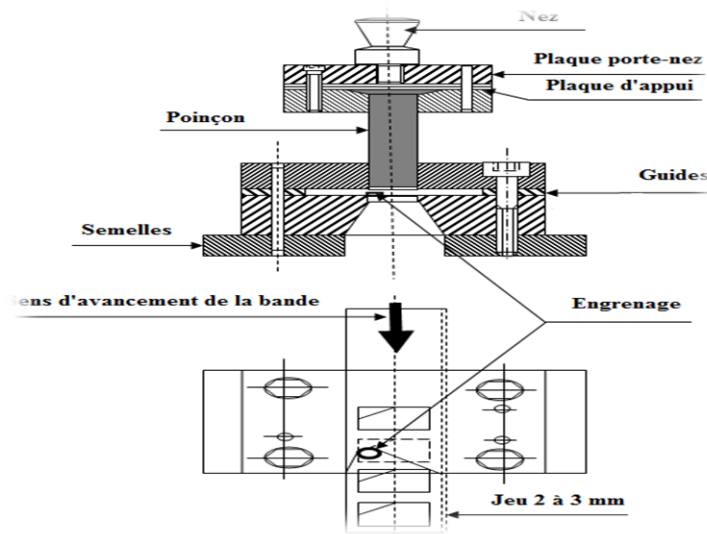


Figure IV.4: Outil à engrenage.

IV.2.5 Outil à couteau:

Sa conception est identique à celle de l'outil d'engrenage sauf en ce qui concerne le contrôle de l'avance. L'engrenage est supprimé ; il est remplacé par un poinçon latéral appelé couteau et sa longueur est égale au pas.

Entre deux coups successifs de presse, la bande est poussée ou tirée et vient buter contre le guide. Cette butée assure un contrôle de l'avance plus précis qu'avec l'engrenage.

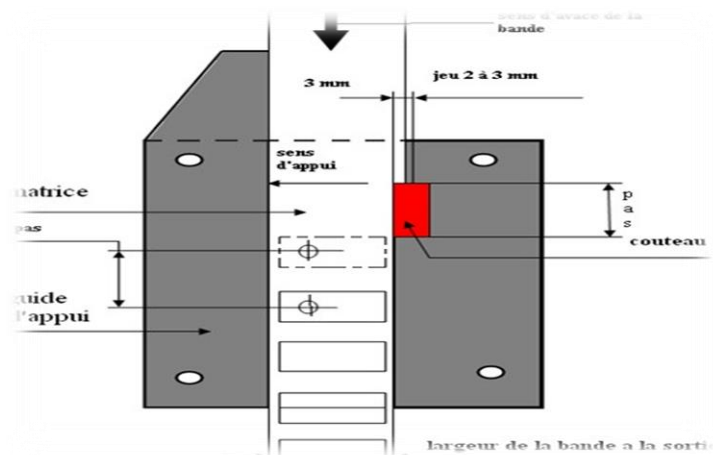
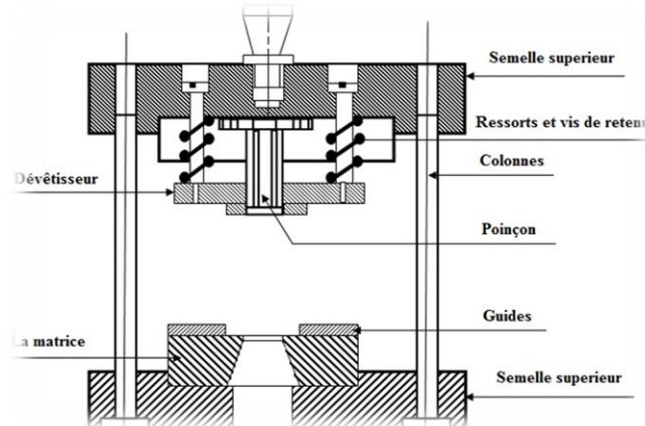


Figure IV.5: outil à couteau.

**IV.2.6 Outil à presse-bande :**

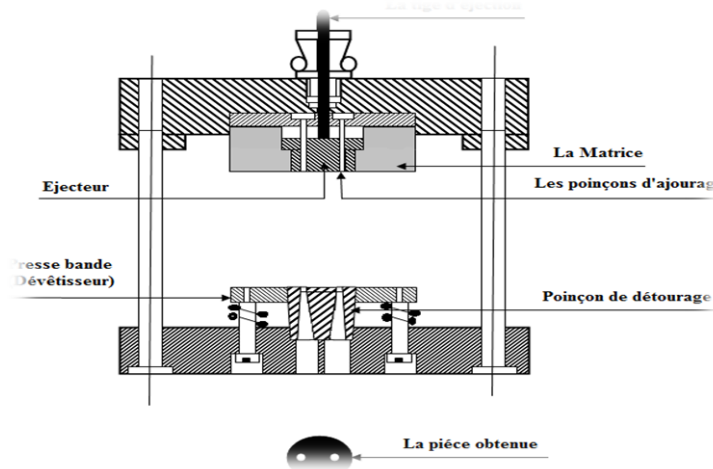
Il est aussi appelé outil à colonne, la contre plaque est remplacée par une pièce analogue montée sur ressorts, c'est la presse bande (dévêtisseur), cette dernière fait maintenir la bande pendant l'opération afin d'éviter toute déformation. Le guidage de l'ensemble poinçon- matrice est assuré par deux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



**Figure IV.6 :** Outil à presse-bande

**IV.2.7 Outil Suisse:**

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



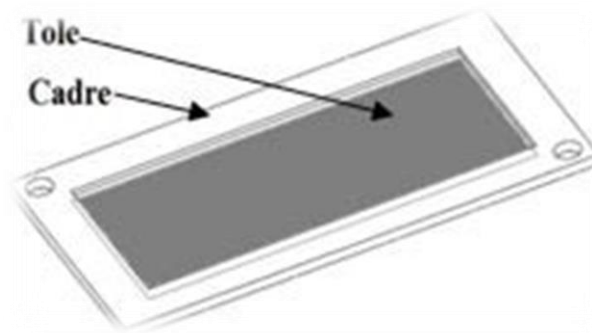
**Figure IV.7 :** Outil Suisse.

#### IV.2.8 Outil de reprise:

Cet outil est utilisé pour poinçonner des flans déjà découpés. Il est monté sur des presses à commande manuelle. Le flan est mis en position dans un drageoir qui est constitué de diverses façons :

- Par un cadre,
- Par des plaquettes de positionnement,
- Par des goupilles de positionnement,

Il peut être à contre plaque ou bien à presse bande selon l'épaisseur de la tôle.



**Figure IV.8 :** Outils de reprise par un cadre.

#### IV.2.9 Outil de détourage:

Après emboutissage, les pièces obtenues présentent des bords (collerette) irréguliers donc il est nécessaire de détourer pour obtenir un bord franc.

On distingue trois types d'outil :

IV.2.9.1 Détourage normal:

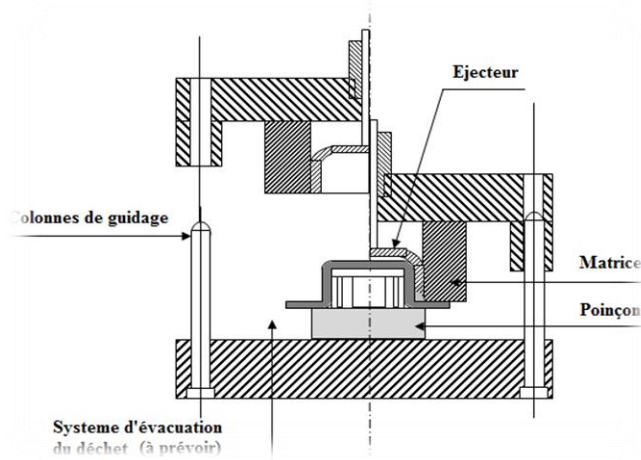


Figure IV.9 : Détourage normal.

IV.2.9.2 Détourage à ras:

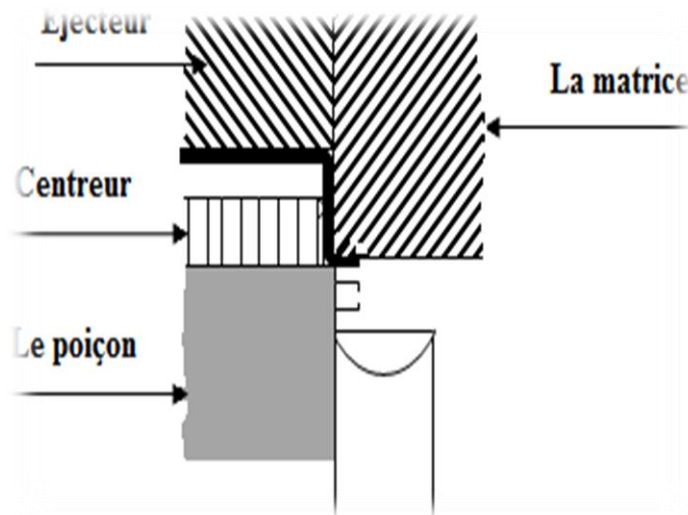
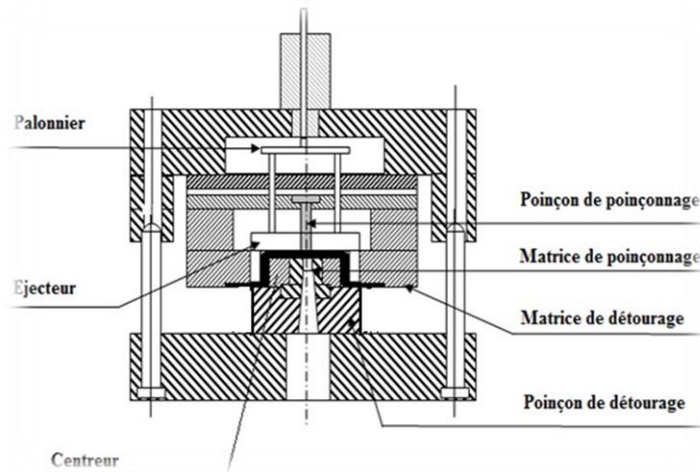


Figure IV.10: Détourage à ras.

### IV.2.9.3 Outil détourage-poinçonnage :

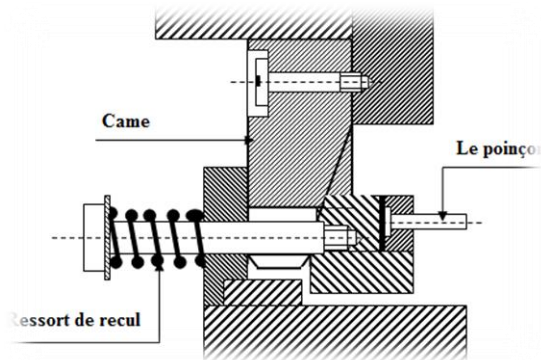


**Figure IV.11** : outil détourage-poinçonnage.

### IV.2.10 Outils à came

Les cames ont pour but de transformer le mouvement vertical du coulisseau en mouvement horizontal, oblique ou verticale en sens contraire.

Elles sont utilisées dans les outils poinçonnages ou de cambrage lorsque plusieurs opérations sont simultanées.



**Figure IV.12** : Outils à came

### IV.2.11 Outil d'emboutissage :

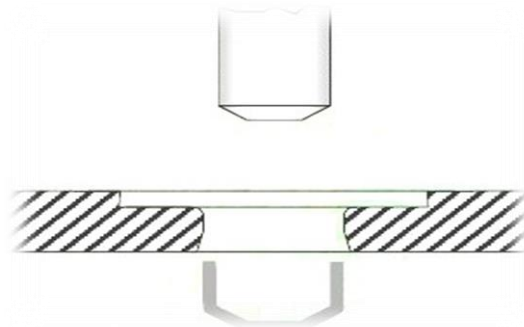
L'outil d'emboutissage nous permet de formé des corps creux par déformation plastique des métaux en feuille.

On trouve des outils avec ou sans serre-flan.

#### IV.2.11.1 Outil sans serre-flan :

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

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



**Figure IV. 13 :** Outil sans serre-flan

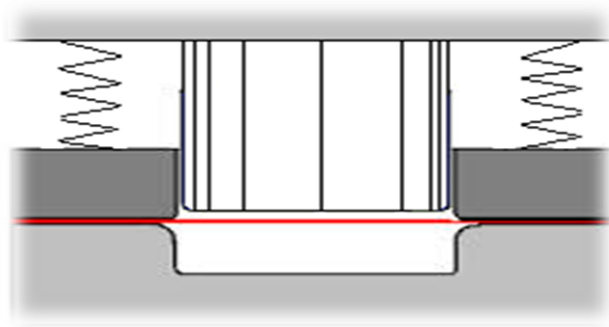
#### IV.2.11.2 Outil à serre-flan :

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

#### IV.2.12 Outil monté sur presse à simple effet :

Cet outil se compose simplement d'une matrice, d'un poinçon et d'un serre-flan qui est actionné le plus souvent par des ressorts situés sous le plateau de la presse.

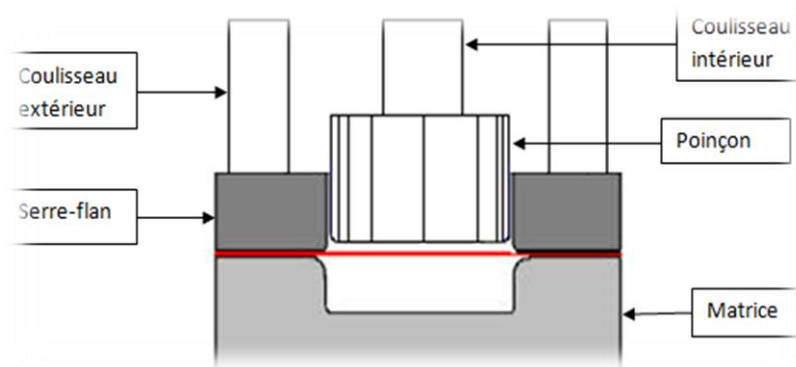
En conséquence, l'outil est inversé au précédent ; le poinçon et le serre-flan constituent la partie inférieure de l'outil tant dis que la matrice occupe la partie supérieure. Les pièces embouties remontent avec la matrice et sont chassées par un éjecteur actionné par la presse en haut de course.



**Figure IV.14:** Outil monté sur presse à simple effet.

#### IV.2.13 Outil monté sur presse à double effets :

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



**Figure IV.15 :** Outil monté sur presse à double effets.

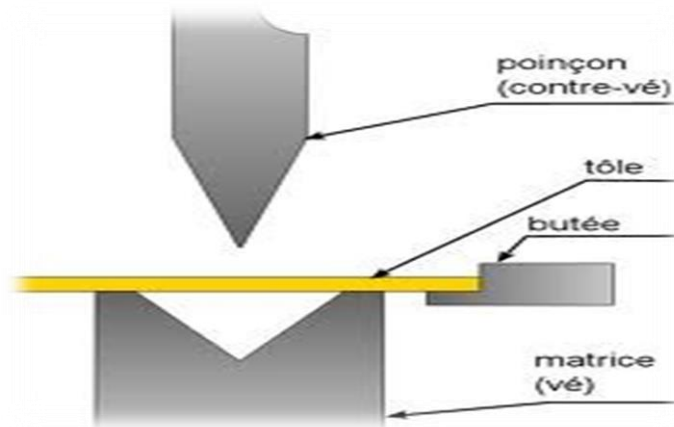
#### IV.2.14 Outil de cambrage :

Les outils de cambrage sont variés à l'infini et sont déterminés par la pièce à produire. Tous les cambrages, aussi compliqués soient-ils, peuvent toujours se décomposer en opérations élémentaires qui sont :

- Cambrage en V ou en équerre,
- Cambrage en U et roulage.
- Outil de cambrage en V

**IV.2.14.1 Outil de cambrage en V :**

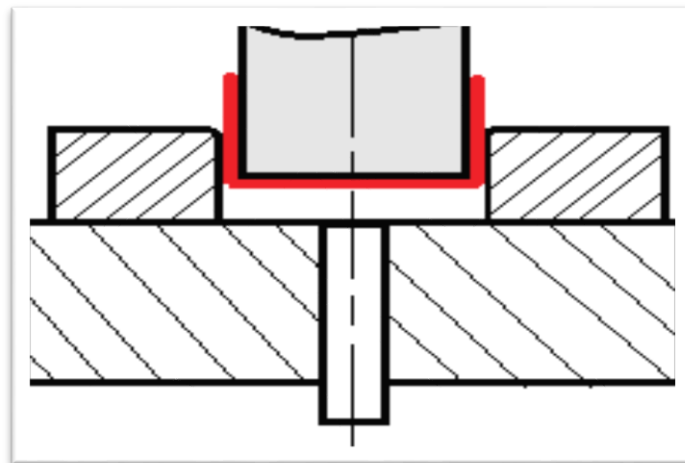
Utilisé pour obtenir des pièces en forme de cornière, elle se compose d'un poinçon et d'une matrice épousant, tous deux, l'angle de la cornière à former, et d'un drageoir fixé sur la matrice qui centre le flan à cambrer.



**Figure IV.16 :** Outil de cambrage en V.

**IV.2.14.2 Outil de cambrage en U :**

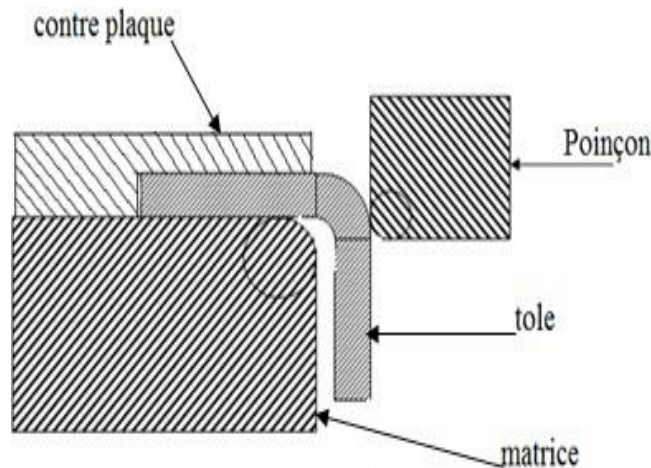
C'est le même principe avec l'outil précédent, ce qui change c'est la forme de la matrice et du poinçon. Cet outil relève simultanément les deux ailes de U et il travaille symétriquement.



**Figure IV.17 :** Outil de cambrage en U.

#### IV.2.14.3 Outil de cambrage en équerre :

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



**Figure IV.18:** Outil de cambrage en équerre.

### IV.3 Montage des outils sur les presses :

#### IV.3.1 Petite presse :

- Partie inférieure de l'outil :

Le plateau des presses présente des trous taraudés, leurs positions varient selon les constructeurs de presses, et des cales de pressions.

Les semelles sont fixées sur le plateau par vis ou par bridage.

- Partie supérieure de l'outil :

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

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

#### IV.3.2 Grosse presses

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

**IV.4 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents outils qui existent dans l'industrie, ce qui nous donnera une idée générale sur la conception de notre outil.

La connaissance des outils de presse doit permettre de développer une réflexion constructive pour répondre au mieux aux problèmes qui pourraient se poser au cours d'un projet.

**III.1 Introduction :**

Beaucoup de pièce métalliques, autrefois produites par forgeage ou par fonderie, sont maintenant remplacées par des éléments en tôle, découpées puis embouties parfois soudées ou brasées, par fois coudées, pour constituer des produits légers et d'un moindre prix de revient, à égalité de résistance mécanique .D'autre part l'usinage est simplifié ou même supprimé.

Ces pièces façonnées dans le métal en feuilles, peuvent être réalisées par le chaudronnier avec les outils courants de sa profession dans le cas d'une production a l'unité ou a quelques exemplaires seulement, car c'est un mode de travail lent et coûteux, comme tout travail artisanal. Le travail en série est réalisé mécaniquement, l'exécution de pièce découpées et embouties exige :

- Un métal d'œuvre (en feuille, en bande.....)
- Outillages appropriés et des machines comme le cas des presses.

**III.2 Les presses :****III.2.1 Définition des presses :**

Les presses, sont des machines destinées aux travaux des métaux en feuilles et d'autre matériaux plans (plastiques, cuir....etc.)

Elles sont composées de deux parties essentielles à savoir :

- Une partie fixe, appelée bâti.
- Un mécanisme de travail qui anime un ou plusieurs coulisseaux de mouvements rectilignes alternatifs perpendiculaires a la table solidaire au bâti.

Elles sont aussi caractérisées par :

- Le mode de transmission d'énergie.
- La forme du bâti.

**III.2.2 Classification des presses :**

Les presses peuvent être classées suivant plusieurs particularités ;

**III.2.2.1 Selon le mode de transmission de l'énergie :**

On distingue :

### III.2.2.1.1 Les presses mécaniques :

Elles sont caractérisées par une grande rapidité de fonctionnement et généralement elles sont les plus répandues, car elles permettent d'atteindre des cadences de production élevées.



Figure III.2.1 : presse mécanique.

#### 1. Fonctionnement :

Dans ce type de presse, l'énergie fournie par le moteur est emmagasinée dans un volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite transmise au coulisseau en un mouvement de translation.

#### 2. Mécanisme de commande:

Il permet de transformer le mouvement circulaire uniforme de moteur en un mouvement rectiligne alternatif du coulisseau par un :

- a) Système bielle manivelle.
- b) Système excentrique.
- c) Système de came.
- d) Système à vis.

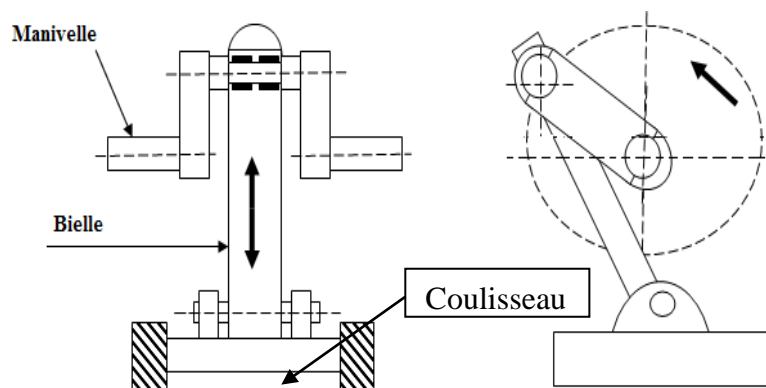
### 3. Présentation des systèmes :

#### a) Système bielle-manivelle :

C'est, avant tout, un système mécanique de transformation de mouvement, il est constitué de 4 pièces principales :

- La bielle.
- La manivelle appelée aussi vilebrequin.
- Le coulisseau.
- Le bâti.

La manivelle et le coulisseau constituent les deux pièces d'entrée et de sortie du mécanisme. La transformation du mouvement est due à la rotation continue de la manivelle autour de son axe ce qui donne un mouvement rectiligne alterné pour le coulisseau.



**Figure III.2.2 :** Système bielle-manivelle.

#### b) Système excentrique

Un excentrique 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.

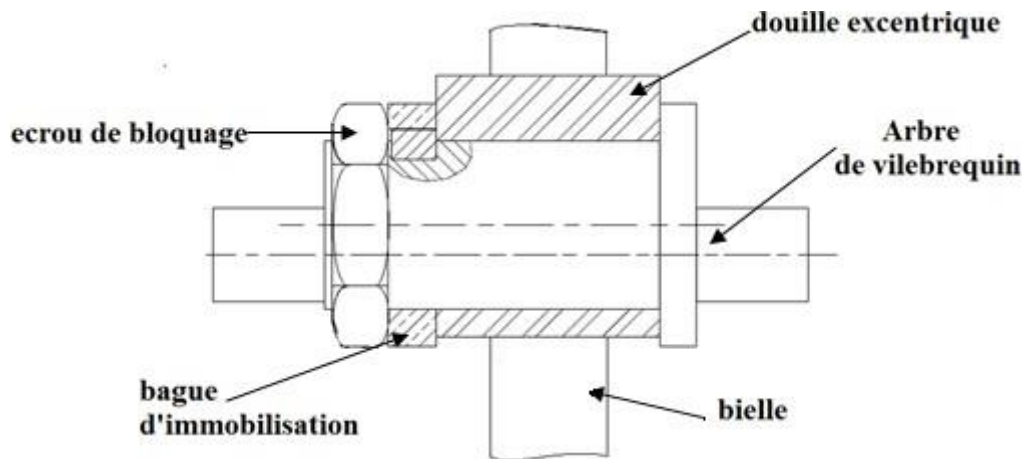


Figure III.2.3 : Système excentrique.

### c) Système à came

L'excentrique à came est un système constitué de deux objets, l'un menant, nommé « Came » qui est constitué d'un solide généralement en rotation, et l'autre mené, animé d'un mouvement alternatif de translation et contraint par le solide menant

La came, autrement nommée solide menant, est couramment de forme vaguement ovoïde. Son profil est calculé en fonction du mouvement de translation qui sera imprimé au solide mené. Le solide mené est plaqué contre le profil de la came.

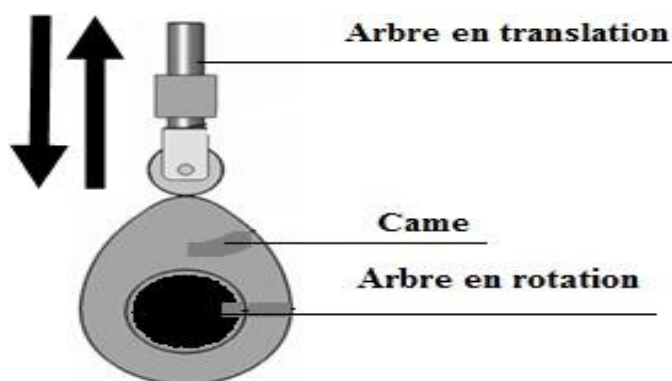


Figure III.2.4: Système à came.

### III.2.2.1.2 Les presses hydrauliques :

Principe de fonctionnement:

L'énergie est fournie par la pression d'un fluide qui agit sur un ou plusieurs pistons solidaire du coulisseau.

Les presses hydrauliques offrent l'avantage d'une plus grande souplesse de fonctionnement relativement aux machines à commande mécanique.

Comme toutes les machines hydrauliques, elles offrent par rapport aux machines mécaniques l'avantage d'une plus grande souplesse qui est due aux possibilités de :

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



**Figure III.2.5:** presse hydraulique.

### III.2.2.2 Selon la forme de bâti :

Les presses sont identifiées d'après la forme de leur bâti, ces derniers sont exécutés soit en fonte, en acier moule et de plus en plus en acier soude (mécano soudure).

**III.2.2.2.1 Les presses à cold cygne :**

Elles permettent le passage latéral des bandes de tôle du fait que leur bâti est dégagé sur trois cotés. Elles sont utilisées généralement pour les moyennes séries et les petites pièces ; elles sont dotées d'une puissance de 10 à 200 Tf. (Tf : tonnes force).



**Figure III.2.6 :** presse à cold cygne.

**III.2.2.2.2 Les presses à arcade :**

Elles ont un bâti de type monobloc, il est plus rigide que le bâti à col de cygne, elles sont utilisées pour les travaux nécessitant de grands efforts en bas de course atteignant 1500 tonnes, elle ne sont dégagées que sur les deux cotés avant et arrière.



**Figure III.2.7:** presse à arcade.

### III.2.2.2.3 Les presses à montant droit :

Leur bâti est de type assemblé, les montants assurent les rôles suivants :

- Le guidage du coulisseau.
- La jonction avec le chapiteau et la table par quatre tirants en acier serre à chaud.

Elles sont très robustes et peuvent atteindre des dimensions impressionnantes, jusqu'à huit mètres entre montant. Leurs capacités peuvent atteindre 1000 Tf.



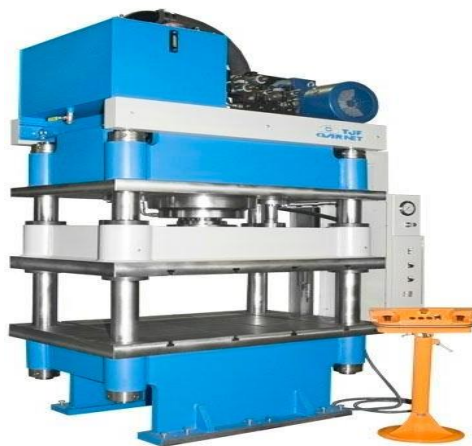
**Figure III.2.8 :** figure à montant droit.

#### III.2.2.2.4 Les presses à colonnes :

Le sommier supérieur et le sommier inférieur sont réunis par quatre colonnes cylindrique qui sont très fortes, mais travaillant avec moins de pression..

Elles sont employées pour le forgeage et le matriçage, généralement leurs puissances peuvent atteindre 600tonnes.

Elles sont utilisées encore dans les chaudronneries ou elles sont employées pour l'emboutissage à chaud.



**Figure III.2.9 :** presse à colonne.

#### III.2.2.2.5 Presses à table mobile et bigorne :

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



**Figure III.2.10** : presse à table mobile.

### **III.2.2.3 Selon le nombre de coulisseaux :**

#### **III.2.2.3.1 Les presses à simple effet :**

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

#### **III.2.2.3.2 Les presses à double effet :**

Elles comportent deux coulisseaux indépendants, l'un central porte le poinçon et l'autre extérieur porte le serre-flan.

Le coulisseau qui porte le serre-flan entre en contact en premier avec la tôle pour assurer le serrage avant que le poinçon amorçe sa descente. Il doit rester immobile durant tout le travail du poinçonnage.

Les deux coulisseaux sont actionnés par le même arbre moteur à l'aide d'un mécanisme complexe qui procure deux cinématiques différentes.

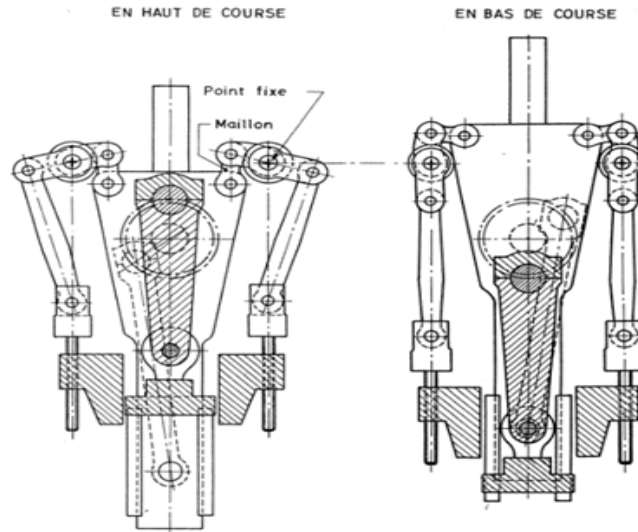


Figure III.2.11 : presse à double effet.

### III.2.2.3.3 Les presses à triple effet :

Elles comportent trois coulisseaux, deux à la partie supérieure, l'autre a la partie inférieure.

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

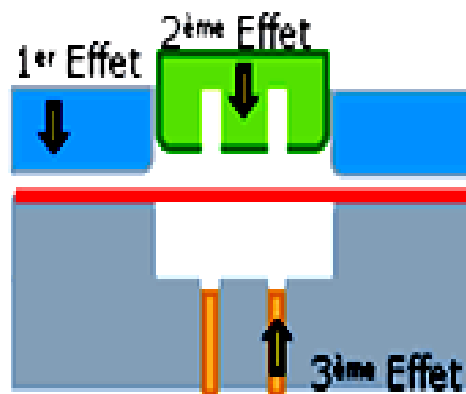


Figure III.2.12 : presse à triple effet.

### III.2.3 Différents constituants d'une presse:

L'outil de presse matérialise les résultats des réflexions et des décisions prises au cours de sa conception.

Il contient le secret de la façon dont la tôle de départ est mise en forme pour arriver à réaliser une pièce conforme en sortie de presse. En ce sens, l'outil est le cœur du développement d'un projet.

Cet outil de presse est d'une construction mécanique de précision, supposée indéformable et, en général, composée d'une partie mobile supérieure (poinçon) bridée sur le coulisseau et d'une partie inférieure fixe (matrice) bridée sur la table de la presse.

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

#### a- Poinçon

Le poinçon est un outil qui a pour fonction de laisser une empreinte sur un flan, le découper ou même de le percer.

Il est nécessaire de vérifier les poinçons à la compression et au flambement pour déterminer leur longueur.

#### b- Matrice

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

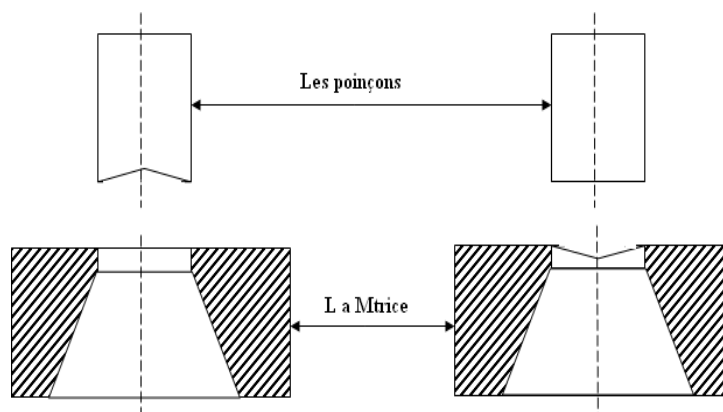


Figure III.2.13 : la matrice et le poinçon.

## c- Dépouille:

## ➤ Poinçon

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

## ➤ Matrice

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

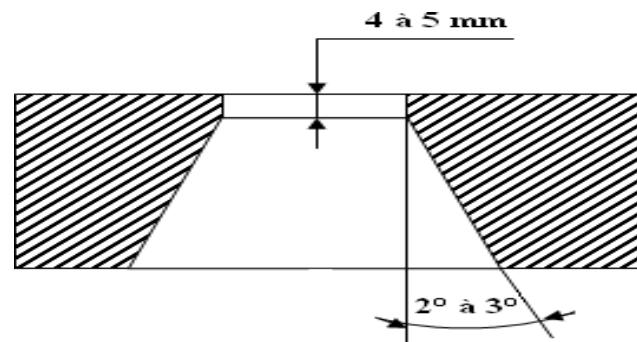


Figure III.2.14 : dépouille.

## d- Affutage:

Après découpage de nombreuses pièces (de 50 à 200000 pièces pour les outils en acier) les arrêtes coupantes s'émousent et s'arrondissent.

Après démontage de l'outil, poinçon et matrice sont affutés par rectification plan.

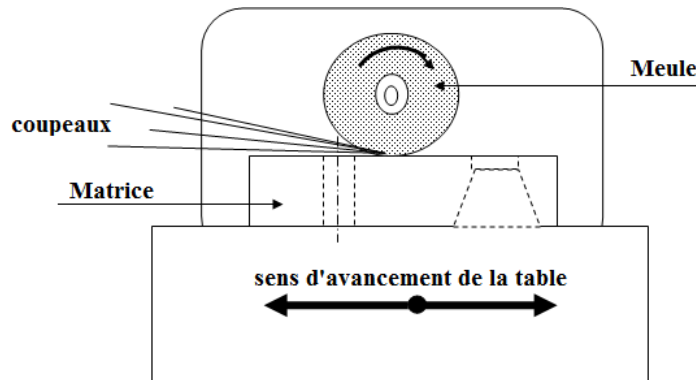


Figure III.2.15 : affutage.

**III.3 Conclusion :**

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

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu global sur les différents types de presses utilisées dans l'industrie, leur classification, leur principe de fonctionnement, les différents mécanismes de commande.

**VI.1 Introduction :**

L'usinage des métaux met en œuvre des machines conventionnelles (tour, fraiseuse, aléuseuse,... en fonction du type d'outil utilisé) ou des machines à commande numérique (centre d'usinage) pour fabriquer des pièces par enlèvement de métal avec des outils coupants.

Il en résulte des dangers de nature physique importants (coupures, écrasements, poussières dans l'œil...), mais également de nature chimique, à cause des huiles de coupe utilisées comme lubrifiant qui présentent des risques cutanés et respiratoires.

Des mesures de prévention collective et individuelle permettent de réduire fortement la fréquence et la gravité des accidents du travail d'usinage des métaux.

**VI.2 Les principaux risques de l'usinage des métaux :****VI.2.1 Les risques physiques:****1. Liés aux manutentions :**

chargement, positionnement et calage des pièces à usiner, serrage et desserrage des mors, fermeture et ouverture du capot de la machine ... peuvent entraîner des ports de charges, des gestes répétitifs avec des contraintes posturales et une station debout prolongée propices à l'apparition de troubles musculo-squelettiques.

**2. Liés à la machine :**

Le réglage des outillages et les processus opératoires de fabrication de pièces peuvent conduire à la survenue d'accidents tels que coupures, écrasements, corps étranger dans l'œil... si les consignes de sécurité ne sont pas respectées ou si la machine est mal entretenue ou que l'opérateur en maîtrise mal le fonctionnement. Liés à l'environnement de travail : chutes sur un sol d'atelier rendu glissant par les fluides de coupe répandus, chaleur, bruits, odeurs des brouillards de décomposition thermique de l'huile.

**VI.2.2. Les risques chimiques :**

1. Les fluides d'usinage (ou huiles de coupe) sont utilisées sur les machines outil pour la lubrification et le refroidissement des opérations d'usinage : les fluides de coupe ont pour rôle aussi de limiter l'usure de l'outil, réduire les risques de grippage et empêcher la corrosion des métaux. On distingue deux types d'huiles de coupe.

a) Les huiles de pleine coupe (ou entières) peuvent contenir des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) cancérigènes par contact cutané (tableau 36 bis des maladies professionnelles), et sont susceptibles de provoquer des dermites et dermatoses.

b) Les fluides aqueux (huile + eau) peuvent provoquer des dermites et des pathologies respiratoires (asthme et pneumopathies) dues aux réactions allergiques et aux bactéries présentes dans les brouillards et fumées de dégradation des huiles générés par les outils tournant à grande vitesse au contact du fluide.

2. Des solvants halogénés comme le trichloréthylène sont utilisés pour le dégraissage des pièces métalliques. Le trichloréthylène a une toxicité sur le système nerveux central et le cœur. En outre, il est cancérigène (Classification R 45 : Peut causer le cancer).

### **VI.3 Sécurité :**

#### **VI.3.1 Généralité :**

La sécurité est un vaste système de mesures techniques médicales et d'organisation, destiné à sauvegarder la vie et la sante des travailleurs.

La sécurité du travail est une science qui étudié les procédés de protection des équipements et de l'organisation du travail sans danger.

#### **VI.3.2 Les mesures de prévention des risques de l'usinage des métaux :**

##### **VI.3.2.1 La prévention des risques physiques :**

Toute machine doit porter les avertissements, signalisations et dispositifs d'alerte indispensables pour assurer la sécurité des travailleurs afin de supprimer ou réduire au minimum les risques de coupure, d'entraînement, d'écrasement, de cisaillement causés par les outils exerçant une action directe sur la matière. Cette identification doit être réalisées par des pictogrammes et couleurs normalisées. Les éléments de travail doivent être disposés, protégés, commandés ou équipés de façon telle que les opérateurs ne puissent atteindre la zone dangereuse.

Les panneaux de signalisation seront choisis et disposés de façon à être perçus et compris facilement sans ambiguïté.

Chaque machine doit être munie d'un ou plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence clairement identifiables, accessibles et en nombre suffisant, permettant d'éviter les situations dangereuses en train de se produire.

Il existe une large gamme de protecteurs pour assurer la sécurité des personnes à installer sur les machines-outils contre les projections de copeaux, bris d'outils coupants ou de fluides de coupe :

- moyens de protection mécaniques (écrans de protection et de sécurité des opérateurs, dispositif d'inter verrouillage, bâtis et enceintes grillagées de sécurisation de machines, carters de protection de machines).
- moyens de protection électriques (Interrupteurs de sécurité ...).

En plus de la démarche de prévention des risques liés aux machines, la prévention individuelle implique la nécessité du port d'équipements de protection : vêtements de travail, chaussures de sécurité, protection auditive, lunettes de sécurité, gants anti-coupures. La formation au poste de travail est primordiale, en y incluant toutes les règles de protection (risques mécaniques et électriques de la machine, formation aux E.P.I et aux Gestes et Postures P.R.A.P) et en insistant sur les consignes de sécurité.

#### **VI.3.2.2 La prévention des risques chimiques :**

Les moyens de prévention doivent correspondre aux principaux risques qui sont relatifs au contact cutané avec les fluides d'usinage et à l'inhalation des brouillards d'huile.

- a) Aspiration, captage à la source des fumées, capotage des machines, vérification des débits d'huile (au minimum efficace pour réduire les risques d'éclaboussures).
- b) Eviter le contact avec les pièces, les parties des machines ou vêtements recouverts d'huile : utiliser des gants couvrant les avant-bras et des tabliers de protection, se laver les mains fréquemment.
- c) utiliser un produit détergent et aseptisant avant la mise en place de fluide aqueux, une eau propre de bonne qualité biologique, contrôler le niveau de pH, la teneur en micro-organismes des fluides en service.
- d) renouveler souvent l'huile de coupe

#### **VI.4 Les dispositifs de protection :**

Les presses sont équipées de plusieurs dispositifs de protection à savoir :

**a) Protection inhérente a la conception de l'outil :**

Les poinçons restent engagés dans la matrice, seul le passage de la tôle est possible ce type de protection présente l'avantage d'être efficace vis-à-vis de tous les risques d'accidents.

**b) Protection par l'écran fixe :**

La protection est assurée par une cage qui isole l'opérateur de la zone dangereuse, ce dispositif constitue une excellente protection, mais laisse peu de liberté de mouvement à l'opérateur.

**c) Protection par l'écran mobile :**

Ce dispositif n'assure pas la protection que sur la zone de la presse.

**d) Protection par double commande a main :**

La commande du coulisseau nécessite l'action simultanée sur deux boutons.

Le maintien de ces boutons est nécessaire pendant la durée de la descente du coulisseau.

**e) Protection par retrait automatique des mains :**

Les poignets de l'opérateur sont munis de bracelet reliés à des câbles. Lorsque le coulisseau descend, les mains de l'opérateur sont tirées vers l'arrière.

**VI.5 Montage de l'outil :**

Les outils à découper et à cambrer se fixent par bridage de la partie inférieure sur la table de la presse, et la fixation de la partie supérieure au coulisseau de la presse, soit par l'intermédiaire d'un nez de presse pour les petits outils ou par bridage pour les gros outils.

Il faut toujours s'assurer, avant que l'outil commence de la production, que le réglage en hauteur est convenable et que l'outil ou les outils ne bloquent pas au fond de la course.

L'outil doit être toujours ferme sur une pièce pour assurer que le centrage du poinçon est parfait dans la matrice.

**VII. Calcul des efforts :****VII.1 Effort de découpage :**

Pour que la tôle soit cisailée par l'effort  $F_c$ , il faut que :

$$R_c = F_c / S$$

$$F_c = R_c \times S.$$

$$S = P \times e$$

**P** : périmètre de la pièce à cisailier.

**R<sub>c</sub>** : résistance au cisaillement.

**F<sub>c</sub>** : effort de coupe.

**S** : surface à cisailier.

**e** : épaisseur de la tôle.

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

**R<sub>m</sub>** : résistance à la rupture par traction.

La résistance à la rupture par traction de la tôle est :

$$R_m = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$R_c = 350 \times 0,8 = 280 \text{ N/mm}^2$$

$$R_c = 28 \text{ daN/mm}^2$$

1. Pour découper les deux trous de diamètres (3,1mm) :

$$F_{c1} = R_c \times S_1 \times 2$$

$$S_1 = \pi \times d \times e = 3,14 \times 3,1 \times 0,5 = 4,867 \text{ mm}^2$$

$$F_{c1} = 28 \times 4,867 \times 2 = 272,552 \text{ daN.}$$

$$F_{c1} = 272,552 \text{ daN}$$

2. L'effort nécessaire pour découper le rotor:

- Pour découper les 28 encoches :

$$F_{c2} = R_c \times S'_2 \times 28$$

$$S'_2 = S'_{21} + S'_{22} + S'_{23}$$

$$S'_{21} = \pi \times R \times e = 3,14 \times 2,9433 \times 0,5 = 4,620 \text{ mm}^2$$

$$S'_{22} = \sqrt{a^2 + b^2} \times 2 = \sqrt{2,0433^2 + 18,249^2} \times 2 \times 0,5 = 18,363 \text{ mm}^2$$

$$S'_{23} = \pi \times R \times e = 3,14 \times 0,9 \times 0,5 = 1,413 \text{ mm}^2$$

$$S'_2 = 24,396 \text{ mm}^2.$$

$$F_{c2} = 28 \times 24,396 \times 28 = 19124,15 \text{ daN.}$$

<b><math>F_{c2} = 19124,15 \text{ daN.}</math></b>
--

- Pour découper l'intérieure de rotor (trou) :

$$F_{c3} = R_c \times S'_3.$$

$$S'_3 = S'_{31} + S'_{32} + S'_{33}$$

$$S'_{31} = [\pi \times D - (7,04 + 7,02)] \times 0,5$$

$$S'_{31} = 3,14 \times 48 - 14,06 = 136 \times 0,5 = 68 \text{ mm}^2.$$

$$S'_{32} = \pi \times R \times e = 3,14 \times 3,52 \times 0,5 = 5,5264 \text{ mm}^2.$$

$$S'_{33} = 14,06 \times 0,5 = 7,03 \text{ mm}^2$$

$$S'_3 = 68 + 5,5264 + 7,03 = 80,55 \text{ mm}^2.$$

$$F_{c3} = 28 \times 80,55 = 2255,58 \text{ daN.}$$

<b><math>F_{c3} = 2255,58 \text{ daN.}</math></b>
---

- Pour découper le contour de rotor (extérieur) :

$$F_{c4} = R_c \times S_4$$

$$S_4 = \pi \times D \times e = 3,14 \times 117,8 \times 0,5 = 184,946 \text{ mm}^2$$

$$F_{c4} = R_c \times S_4 = 28 \times 184,946 = 5178,49 \text{ daN}$$

<b><math>F_{c4} = 5178,49 \text{ daN}</math></b>
--

### 3. L'effort nécessaire pour découper le stator :

- Pour découper les 8 agrafes :

$$F_{c5} = R_c \times S_5$$

$$S_5 = [12,7 + 9,562 + (\sqrt{1,569^2 + 5^2}) \times 2] \times 0,5 = 16,28 \text{ mm}^2$$

$$F_{c5} = (16,28 \times 28) \times 8 = 3667,2 \text{ daN}$$

<b><math>F_{c5} = 3667,2 \text{ daN}</math></b>
---

- Pour découper l'intérieure de stator (trou) :

$$F_{c6} = R_c \times S_6$$

$$S_6 = \pi \times D \times e = 3,14 \times 48,05 \times 0,5 = 75,44 \text{ mm}^2$$

$$F_{c6} = R_c \times S_6 = 75,44 \times 28 = 2112,27 \text{ daN}$$

<b><math>F_{c6} = 2112,27 \text{ daN}</math></b>
--

- Pour découper le contour de stator (extérieur) :

$$F_{c7} = R_c \times S_7$$

$$S_7 = \pi \times 157 \times 0,5 = 246,49 \text{ mm}^2$$

$$F_{c7} = 246,49 \times 28 = 6901,72 \text{ daN}$$

<b><math>F_{c7} = 6901,72 \text{ daN}</math></b>
--

- Pour découper les 36 encoches de stator:

$$F_{c8} = R_c \times S_8$$

$$S_8 = S_{81} + S_{82} + S_{83}$$

$$S_{81} = 3,82 \times 3,14 \times 0,5 = 6 \text{ mm}^2$$

$$S_{82} = \sqrt{10,08^2 + 1,505^2} = 10,19 \times 2 \times 0,5 = 10,19 \text{ mm}^2$$

$$S_{83} = 2,6285 \text{ mm}^2$$

$$S_8 = 6 + 10,19 + 2,6285 = 18,82 \text{ mm}^2$$

$$F_{c8} = 18,82 \times 28 \times 36 = 18970,56 \text{ daN}$$

<b><math>F_{c8} = 18970,56 \text{ daN}</math></b>
---

#### 4. Calcul de l'effort total de découpage :

C'est la somme des efforts de découpage et de poinçonnage.

Donc :

$$F_T = \sum F_{C1} + F_{C2} + F_{C3} + F_{C4} + F_{C5} + F_{C6} + F_{C7} + F_{C8}$$

$$F_T = 64845,89 \text{ daN}$$

<b><math>F_T = 58482,52 \text{ daN}</math></b>
--

### VII.2 Calcul de la force de pression du dévétisseur :

C'est l'effort nécessaire pour dégager les poinçons de la bande après découpage ou poinçonnage. il varie de 2 à 7% de l'effort de découpe selon la bande entourant le poinçon, soit :

- 7 % de l'effort quand la chute est plus grande de deux ou trois fois que l'épaisseur de la tôle.
- 5 % de l'effort quand la chute est moyenne par rapport à l'épaisseur de la tôle.
- 2 % si la chute de découpage est faible.

Pour notre cas de poinçonnage et de découpage il est de 7%.

AN:

$$F_{dv} = F_{CT} \times 0,07,$$

$$F_{dv} = 4093,78 \text{ daN.}$$

### VII.3 Calcul de l'effort total que doit fournir la presse :

La force fournie par la presse est :

$$F_{pr} > F_{CT} + F_{dv}.$$

Avec

$F_{pr}$  : Effort de la presse

$F_{CT}$  : Effort total de découpage-poinçonnage

$F_{dv}$  : Effort de dévêtissage

$$A.N : F_{pr} > 58482,52 + 4093,78 = 62576,3 \text{ daN.}$$

$$F_{pr} > 62576,3 \text{ daN.}$$

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

$$F_{pr} > 62,576 \text{ tonne force}$$

### VII.4 Le choix de la presse à utiliser :

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

Pour notre cas, il s'agit de découpage, poinçonnage. Une presse mécanique est mieux indiquée.

**VII.5 Choix du nombre de ressorts :**

L'effort nécessaire au dévêtitseur est fourni par les ressorts est doit être légèrement supérieur à l'effort de dévêtissage pour assurer l'extraction de la pièce.

$$F_{\text{ressort}} = \frac{F_{dv}}{N}$$

Avec :

$F_{\text{ressort}}$ : La force d'un seul ressort.

$F_{dv}$ : La force d'extraction des poinçons.

$N$  : Le nombre de ressort.

AN:

$$F_{\text{ressort}} = 40937,8/8 = 5117,22 \text{ N}$$

<b><math>F_{\text{ressort}} = 5117,22 \text{ N}</math></b>
--

**Calcul de la raideur des ressorts:**

$$K = F_{\text{ressort}} / X$$

Avec :

$K$  : La raideur du ressort.

$X$  : La course de compression du ressort ( $x=9\text{mm}$ ).

$$K = 5117,22 \text{ N} / 12,8 = 399,78 \text{ N}$$

<b><math>K = 399,78 \text{ N}</math></b>
--

D'après le ; tableau, on a opté pour des ressorts de caractéristique suivantes :

**L**= (64mm) Longueur totale du ressort détendu.

**K**= (413N/mm) Charge exprimée en newton pour obtenir une course d'un millimètre.

**A**= (5286N-12,8mm) Charge et course recommandées pour une durée de vie optimale.

**B**=Charge et course maximales de travail.

**C**=Charge et course approximatives du ressort comprimé à bloc.

**D**=50 mm.

D1= 25 mm.

C'est un ressort d'une charge forte avec une couleur « Rouge » Réf.357.

K N/mm	A 20 %		B 30 %		C Approximatif		D1 mm	D mm	L mm	REF. 357		
	N	mm	N	mm	N	mm						
388	2949	7,6	4423	11,4	5044	13	16	32	38			
324	2851	8,8	4277	13,2	5184	16			44			
272	2774	10,2	4162	15,3	4896	18			51			
212	2714	12,8	4070	19,2	4876	23			64			
172	2614	15,2	3922	22,8	4644	27			76			
141	2510	17,8	3765	26,7	4653	33			89			
122	2489	20,4	3733	30,6	4758	39			102			
107	2461	23	3692	34,5	4601	43			115			
93	2362	25,4	3543	38,1	4371	47			127			
86	2391	27,8	3586	41,7	4386	51			139			
78	2371	30,4	3557	45,6	4290	55			152			
67,2	2392	35,6	3588	53,4	4637	69			178			
59,1	2399	40,6	3599	60,9	4787	81			203			
46,4	2357	50,8	3536	76,2	4594	99			254			
38	2318	61	3477	91,5	4522	119			305			
350	3570	10,2	5355	15,3	6300	18			20	40	51	
269	3443	12,8	5165	19,2	6725	25					64	
219	3329	15,2	4993	22,8	6570	30					76	
190	3382	17,8	5073	26,7	6840	36					89	
163	3325	20,4	4988	30,6	6683	41					102	
142	3266	23	4899	34,5	6674	47	115					
128	3251	25,4	4877	38,1	6784	53	127					
115	3197	27,8	4796	41,7	6440	56	139					
105	3192	30,4	4788	45,6	6510	62	152					
89	3168	35,6	4753	53,4	6230	70	178					
77	3126	40,6	4689	60,9	6391	83	203					
61	3099	50,8	4648	76,2	6161	101	254					
51	3111	61	4667	91,5	6477	127	305					
413	5286	12,8	7930	19,2	10738	26	25	50			64	
339	5153	15,2	7729	22,8	9831	29					76	
288	5126	17,8	7690	26,7	10080	35					89	
245	4998	20,4	7497	30,6	10045	41			102			
215	4945	23	7418	34,5	10105	47			115			
192	4877	25,4	7315	38,1	10560	55			127			
168	4670	27,8	7006	41,7	10248	61			139			
154	4682	30,4	7022	45,6	10164	66			152			
134	4770	35,6	7156	53,4	10050	75			178			
117	4750	40,6	7125	60,9	10179	87			203			
89	4521	50,8	6782	76,2	9612	108			254			
73	4453	61	6680	91,5	9709	133			305			
630	7560	12	10710	17	13860	22			38	63	76	
485	8633	17,8	12950	26,7	15520	32					89	
434	8854	20,4	13280	30,6	15624	36	102					
384	8832	23	13248	34,5	15360	40	115					
349	8865	25,4	13297	38,1	15356	44	127					

Tableau VII.1 : les caractéristiques d'un ressort.

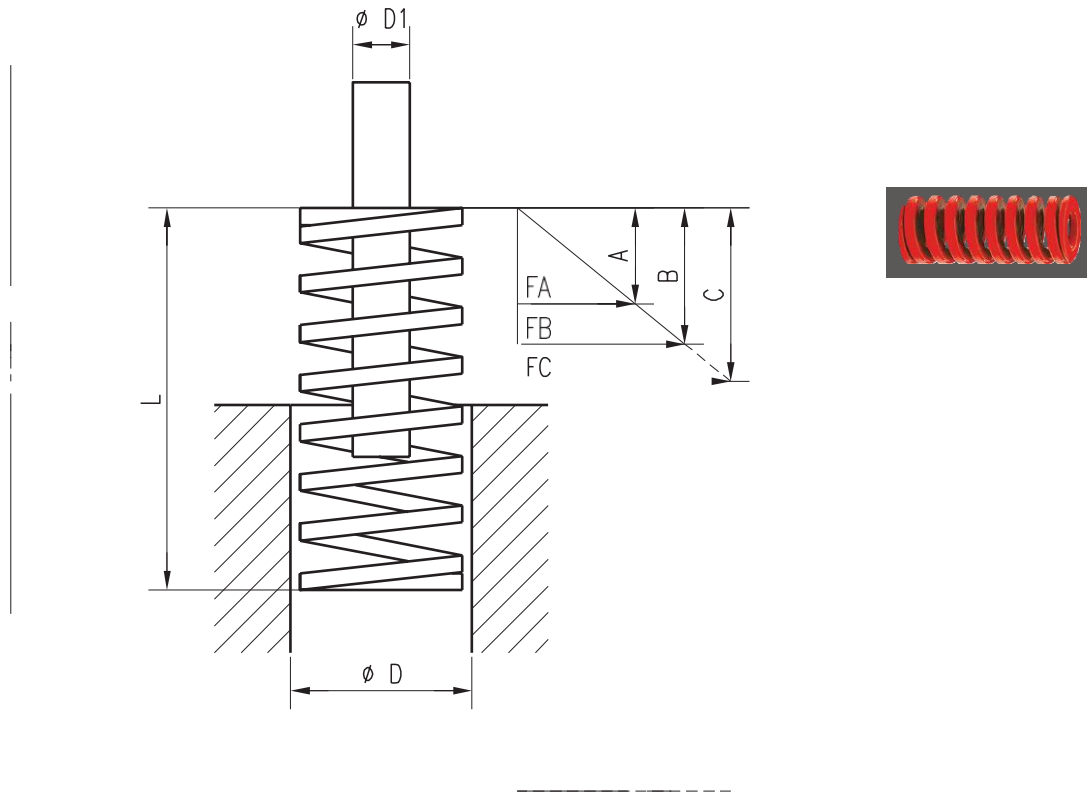


Figure VII.1 : ressort normalisé.

### VII.6 Calcul des poinçons au flambement :

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 :

-  $P_c < P_{cr}$ : la poutre reste rectiligne et ne subit qu'un faible raccourcissement qui est dû à la compression.

-  $P_c > P_{cr}$ : la poutre se plie, les déformations deviennent très importantes et la rupture peut intervenir très rapidement.

- $P_c$  : est l'effort du poinçonnage.
- $P_{cr}$  : Charge critique qui se calcule comme suit :

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

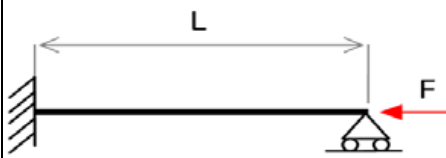

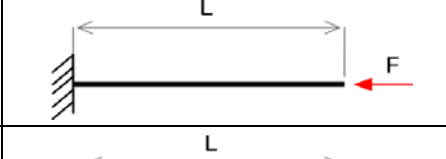
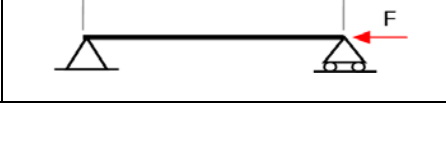
Avec :

E: Module d'élasticité (210000 N/mm<sup>2</sup>).

I : Moment d'inertie.

*l*: Longueur libre de flambement.

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

Longueur Libre de flambement		
Type de liaisons	Figure	Valeur de <i>l</i>
Encastré - Pivot		$l=0.7L$
Encastré des deux cotés		$l=0.5L$
Encastré – Libre		$l=2L$
Pivot des deux cotés		$l=L$

**Tableau VII.2 :** longueur libre de flambement.

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

Sachant que la longueur *L* soumise au flambement est la même pour tous les poinçons=90mm sauf celui de diamètre de (3.1 mm) a ( $L=30mm$ ).

- **Le flambement de poinçon de perforateur de diamètre (3,1) :**

Le moment d'inertie :

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

$$I = \frac{3,14 \times 3,1^4}{64} = 4,53 \text{ mm}^2$$

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

AN:

$$P_{cr} = \frac{(3,14)^2 \times 210000 \times 4,53}{(60)^2} = 2605,39 \text{ N}$$

<b><math>P_{cr} = 2605,39 \text{ N}</math></b>
--

$$2605,39 \text{ N} > 1362,76 \text{ N}$$

$$P_{cr} > P_c$$

- **Le flambement de poinçon de l'encoche de rotor :**

Le moment d'inertie selon le logiciel de CAO SOLIDWORKS :

$$I = 2097 \text{ mm}^4$$

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

$$P_{cr} = \frac{(3,14)^2 \times 210000 \times 2097}{(180)^2} = 134008,4 \text{ N}$$

<b><math>P_{cr} = 134008,4 \text{ N}</math></b>
---

$$134008,4 \text{ N} > 6830,05 \text{ N}$$

$$P_{cr} > P_c$$

- **Le flambement de poinçon de l'encoche de stator :**

Le moment d'inertie selon le logiciel de CAO SOLIDWORKS :

$$I = 137117 \text{ mm}^4$$

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

$$P_{cr} = \frac{(3,14)^2 \times 210000 \times 137117}{L^2} = 8762436,49 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 8762436,49 \text{ N.}$$

$$8762436,49 \text{ N} > 5154,8 \text{ N}$$

$$P_{cr} > P_c$$

- **Le flambement de poinçon d'agrafe :**

$$I_1 = bh^3/12 = 99,6 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = bh^3/36 = 17,27$$

$$I_T = 116,8$$

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

$$P_{cr} = \frac{(3,14)^2 \times 210000 \times 116,8}{(180)^2} = 7464,08 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 7464,08 \text{ N.}$$

$$7464,08 \text{ N} > 4584 \text{ N}$$

$$P_{cr} > P_c$$

### Conclusion

les poinçons sont sollicités uniquement à la compression.

### V.7 Calcul des poinçons à la compression :

La compression est remplacé par du flambage si la poutre est longue et ses dimensions transversales sont faibles. Cette proposition est caractérisée par :

$$\lambda = L / \rho$$

$\lambda$  : élancement d'une poutre (sans unité),

L : longueur libre de flambage (mm),

$\rho$  : rayon de giration de la section en (mm) définie par :

$$\rho = \sqrt{I_{xx}/S}$$

S : aire de la section (mm<sup>2</sup>).

$I_{GZ}$  : moment quadratique minimale de la section suivant l’axe principale perpendiculaire à la direction de la déformation (mm<sup>4</sup>).

La longueur de flambage est toujours .....  $L = 2l$ .

**Critère de résistance :**

Selon la valeur  $\lambda$ , la charge limite F est donnée par l’une des trois relations (tableau suivant) :

Poutre courte $20 > \lambda$	Poutre moyennes $100 > \lambda > 20$	Poutre élancée $\lambda > 100$
Compression simple $F_{adm} = R_{pe} \times S$	Formule expérimentale de rankine $F_{adm} = R_{pe} \times S / [1 + (\lambda / \lambda_c)^2]$	Formule d’Euler $F_{adm} = R_{pe} \times S / [2(\lambda / \lambda_c)^2]$

**Tableau VII.3 :** tableau de critère de résistance.

$\lambda_c$  : élancement critique (sans dimension),  $\lambda_c$  ne dépend que de la nature du matériau.

$\lambda_c = 100$  pour une poutre en acier.

$\lambda_c = 70$  pour une poutre en bois ou en aluminium.

$\lambda_c = 60$  pour une poutre en fonte.

La condition de résistance s’écrit :  $(\sigma_0 \leq \sigma_{adm})$

**Calcul :**

Calcul les contraintes agissantes

Vérification de leur résistance :

Méthode de calcul :

- calcul de rayon de giration ( $\rho$ ) :

$$\rho = \sqrt{I_{XX}/S}$$

- calcul de l'élanement :

$$\lambda = L/\rho \text{ (dans notre cas } L=2l)$$

- calcul l'effort admissible :

Selon les valeurs de ( $\lambda$ ) on choisit la formule à appliquer dans le tableau.

- Calcul de la contrainte admissible :

$$\sigma_{adm} = F_{adm}/S$$

- L'effort reel:  $F_0 = R_c \times S$
- La contrainte réelle:  $\sigma_0 = F_0/S$
- Verification de la condition de la résistance.

Remarque :

$$R_{pe} = R_e/k$$

$R_e$  : limite élastique en MPa

$R_{pe}$  : résistance pratique a l'extension.

$k$  : coefficient de sécurité.

$$R_e = 700 \text{ Mpa}$$

$$R_{pe} = 700/2 = 350 \text{ MPa}$$

Le tableau suivant représente les résultats des calculs :

Dim	Ø 3,1	Agrafe	Stator	rotor
L	60	180	180	180
S	7,54	79,19	75,83	85,46
I <sub>xx</sub>	4,53	116,8	137117	2097
ρ	0,775	1,21	42,52	4,96
λ	77,42	148,76	4,23	36,29
F <sub>adm</sub>	4222,4	17322,8	26540,5	26237,72
σ <sub>adm</sub>	560	218,75	350	307,02
F <sub>0</sub>	1362,76	4584	5269,6	6830,05
σ <sub>0</sub>	180,74	57,88	69,5	79,92

On remarque que les valeurs de  $\sigma_0$  sont inférieures aux valeurs de  $\sigma_{adm}$  donc les poinçons résistent.

### VII.8 Calcule de jeu entre poinçon et matrice :

Lors du découpage à la presse, le poinçon soumet les fibres du métal à une contrainte de traction qui atteint la résistance à la rupture de la tôle, ce qui peut provoquer les fissures en ce qui concerne les arêtes coupantes du poinçon et de la matrice.

Pour éviter ces fissures, et pour que la tranche de la pièce découpée soit propre, on doit prévoir un jeu entre poinçon et matrice.

- Pour un découpage, le jeu est à prendre sur le poinçon.
- Pour un poinçonnage, il est à prendre sur la matrice.

Le jeu varie selon la nature et l'épaisseur du matériau découper.

- 1/20.e pour laiton et acier doux.
- 1/15.e pour acier dur.
- 1/10.e pour aluminium.

la tôle est en acier doux, d'épaisseur de 0,5mm d'où le jeu à prévoir doit être égale à 1/20 de l'épaisseur.

AN :

$$J = 1/20 \times 0,5 = 0,025 \text{ mm}$$

<b>J = 0,025 mm</b>
---------------------

### VII.9 Description de l'outil :

La conception de l'outil a pour but d'améliorer le processus de fabrication de la pièce à réaliser, une meilleure solution plus économique et plus rapide, de telle sorte que la pièce soit réalisée en un seul poste de travail.

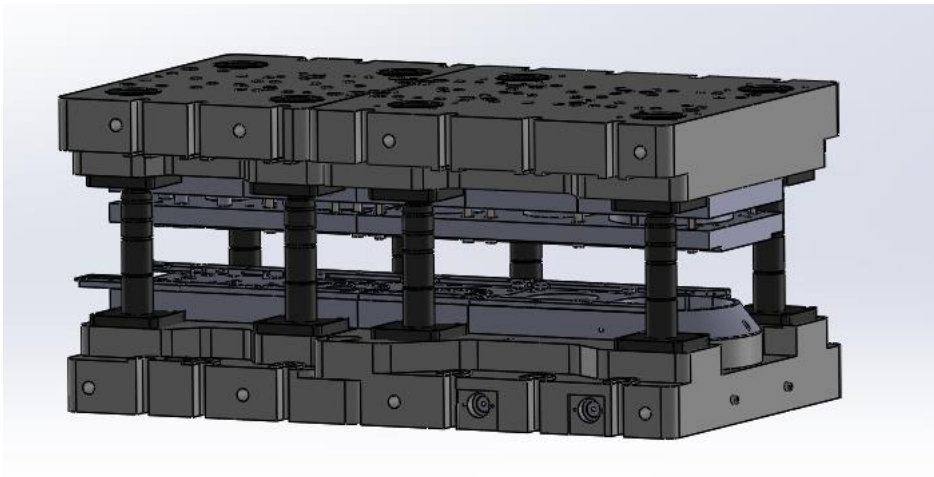


Figure VII.2 : outil poinçonnage-découpage (assemblage).

#### ✚ Semelle inférieure :

C'est une plaque sur laquelle les matrices sont ajustées, son épaisseur doit être suffisante pour résister à l'effort de découpage.

#### ✚ Poinçons :

Ce sont les éléments qui travaillent le plus au sein de l'outil. Un calcul au flambement de ces poinçons de faible section. Pour éviter ce phénomène, nous avons recours à l'utilisation des chemises dans les quelles sont insérés, ces dernières sont fixées directement au porte poinçon.

#### ✚ Porte poinçon :

Il sert à fixer et guider les différents poinçons dans leur travail.

#### ✚ Les matrices:

Elles doivent résister aux différents efforts tels que le découpage et le poinçonnage.

Ces matrices doivent être suffisamment épaisses pour supporter l'effort et d'éviter les déformations.

#### **Les glissières (listel de guidage) :**

Ce sont des baguettes fixes sur la matrice pour assurer le guidage et l'acheminement de la tôle.

#### **Semelle supérieure :**

Elle a pour rôle de porter les portes poinçons ainsi et sert aussi de lien avec le nez de la presse.

#### **Plaque de fixation :**

Elle répartie l'effort de poussée du poinçon sur toute sa surface et évite le marquage de la semelle supérieur.

### V.9.1 Les éléments constituant l'outil.

L'outil que nous avons proposé est composé de deux parties, une partie supérieure qui est actif et une partie inférieure qui est fixe.

#### a) La partie supérieure :

- **(numéro de la pièce) nom de la pièce ..... (nombre de pièces).**
- **(23)** Plaque de montage 2..... (1)
- **(27)** Plaque de pression 1..... (1)
- **(30)** Plaque de retenue de poinçon 5.....(1)
- **(33)** racloir etage 1+2..... (1)
- **(36)** perforateur Ø3, 1..... (2)
- **(26)** plaque de pression 2..... (8)
- **(37)** perforateur  $\varnothing$  7,04..... (1)
- **(31)** plaque de retenue de poinçon 1..... (1)
- **(29)** plaque de pression 3..... (1)

- (44) plaque de retenue de poinçon 2..... (36)
- (40) poinçon de trou d'axe..... (1)
- (39) poinçon de stator..... (36)
- (28) plaque de retenue de poinçon 3..... (1)
- (41) porte poinçon rotor..... (1)
- (42) poinçon de rotor..... (28)
- (35) poinçon de découpage à la matrice ..... (1)
- (32) porte poinçon stator ..... (1)
- (24) plaque de montage 1..... (1)
- (10) boulon d'écartement..... (4)
- (25) racloire étage 3\_5..... (1)
- (38) poinçon de rainure d'empilage..... (1)
- (18) bague..... (16)
- (34) plaque de retenue de poinçon 4..... (1)
- (43) poinçon d'agraphe ..... (8)

#### b) La partie inferieure :

- (9) Plaque de montage ..... (1)
- (5) Garniture de découpage ..... (1)
- (12) Plaque intermédiaire rotor..... (1)
- (15) Plaque de fixation étage 3..... (1)
- (7) matrice de coupe de stator.....(1)
- (2) Douille de coupe Ø7.04..... (1)
- (3) Douille de coupe Ø12.5.....(4)
- (1) Plaque de fixation étage 1+2..... (1)
- (16) Listel de guidage 1..... (1)
- (14)Listel de guidage 2..... (1)
- (17) listel de guidage 3..... (1)
- (8) Plaque intermédiaire stator .....(1)

- (22) colonne de guidage.....(8)
- (19) Matrice de coupe de rotor .....(1)
- (4) garniture de rainure d'agrape..... (8)
- (11) plaque de montage ..... (1)
- (20) Boulon de retenu 1..... (1)
- (21) Boulon de retenue 2 ..... (1)

c) Les éléments de fixation :

Remarque : les différents éléments seront fixés entre eux par des :

- Boulon d'écartement  $\text{Ø } 8 \times 150 \text{ mm} / \text{Ø } 8 \times 11 \text{ mm}$ .
- Boulon de retenue  $\text{Ø } 25 \times 197.3 \text{ mm} / \text{Ø } 25 \times 230 \text{ mm} / \text{Ø } 25 \times 191.2 \text{ mm}$ .
- Boulon d'éjecteur  $\text{Ø } 18 \times 192.3 \text{ mm}$ .

❖ Partie supérieure de l'outil :

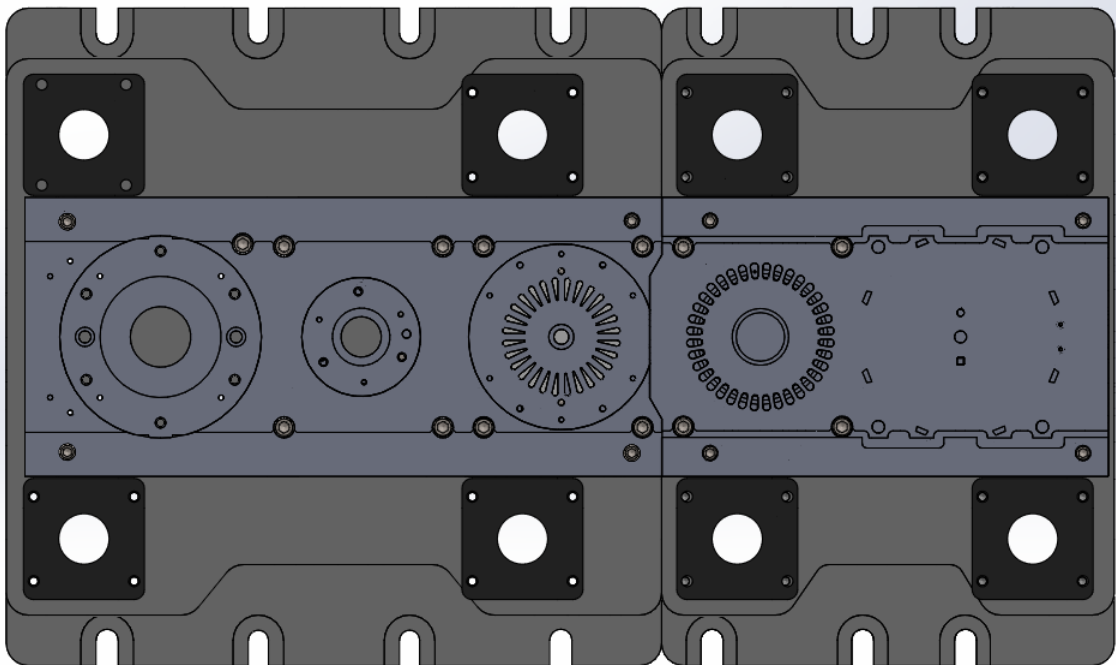
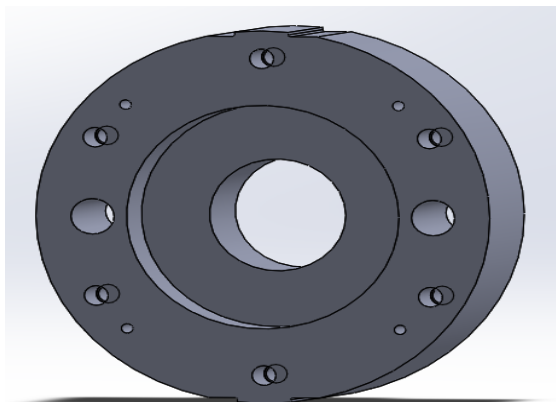
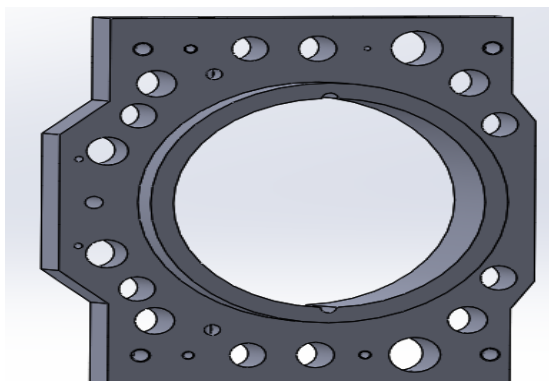


Figure VII.3 : la partie supérieure de l'outil.

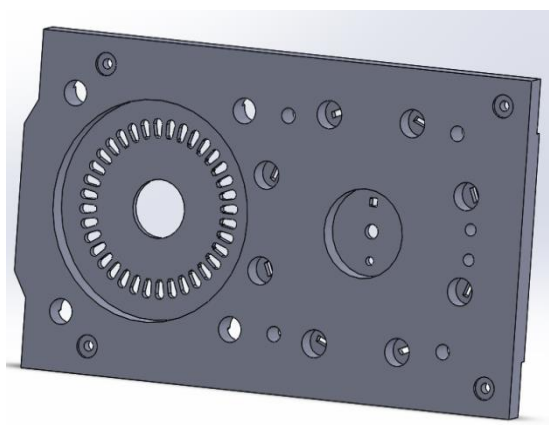
35. poinçon de découpage a la matrice.



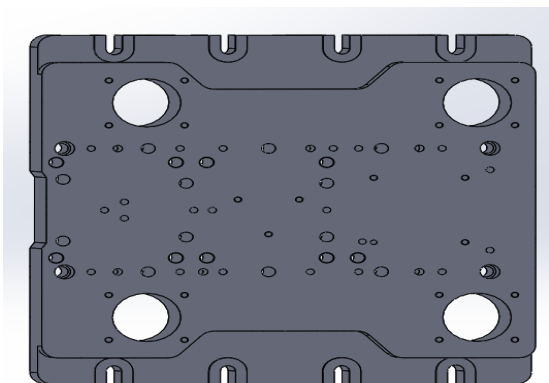
44. Plaque de retenue de poinçon.



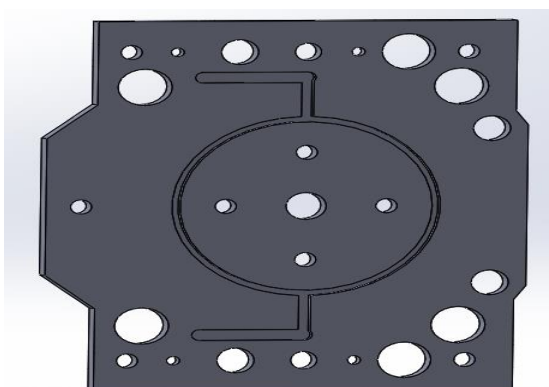
25. racloire étages



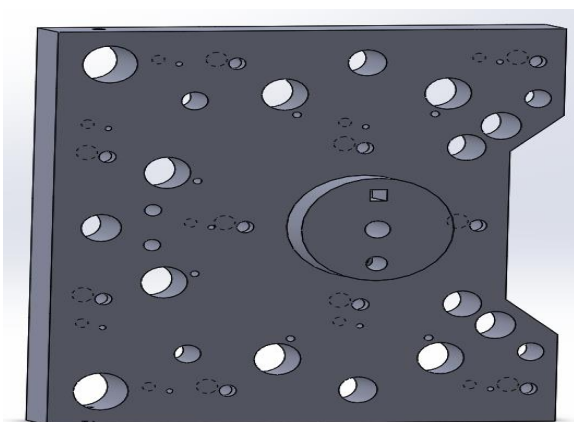
24. Plaque de montage.



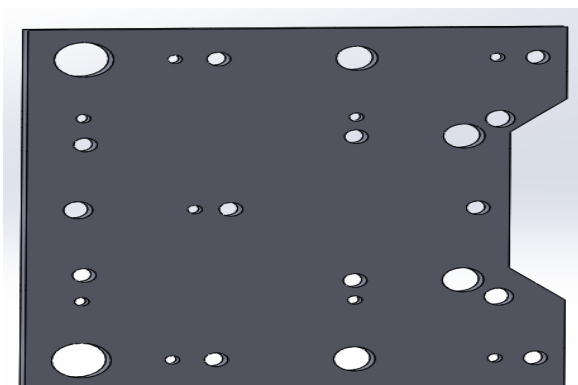
31. plaque de retenue de poinçon.



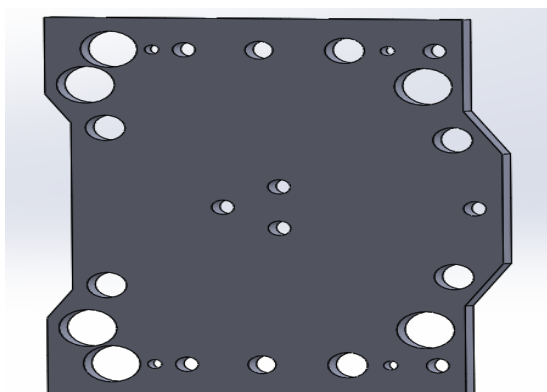
30. plaque de retenue de poinçon.



27. plaque de pression.



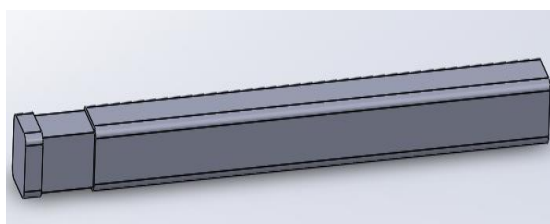
33. racloire étages 1+2.



43. poinçon d'agrafe.

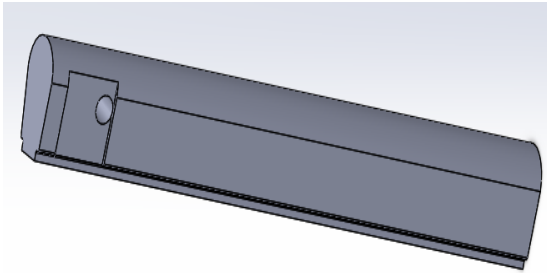


45. poinçon des rainures d'empilage.

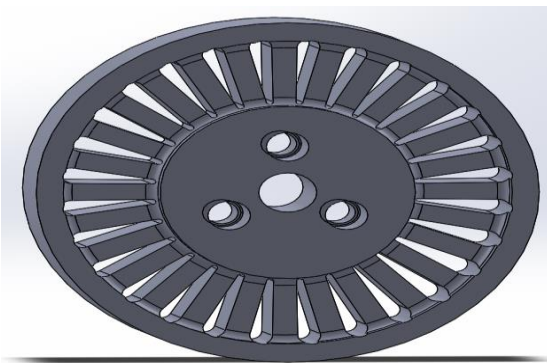




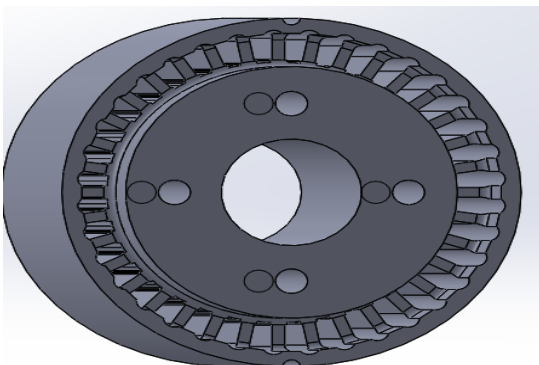
42. poinçon de rotor.



39. poinçon de stator.

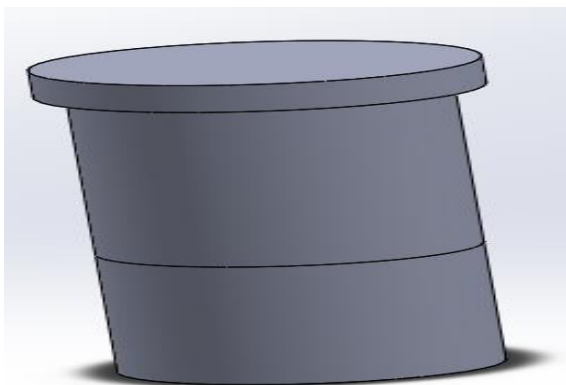


41. Porte poinçon rotor.

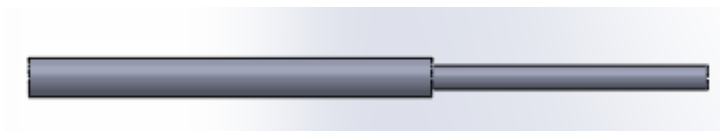


32. Porte poinçon stator.

40. poinçon de trou d'axe.



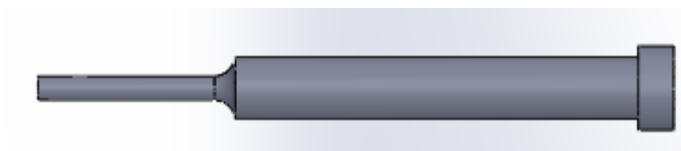
10 .Boulon d'écartement



37. Perforateur de 7.04Ø.



36 .Perforateur de 3.1Ø.



❖ La partie inférieure de l'outil :

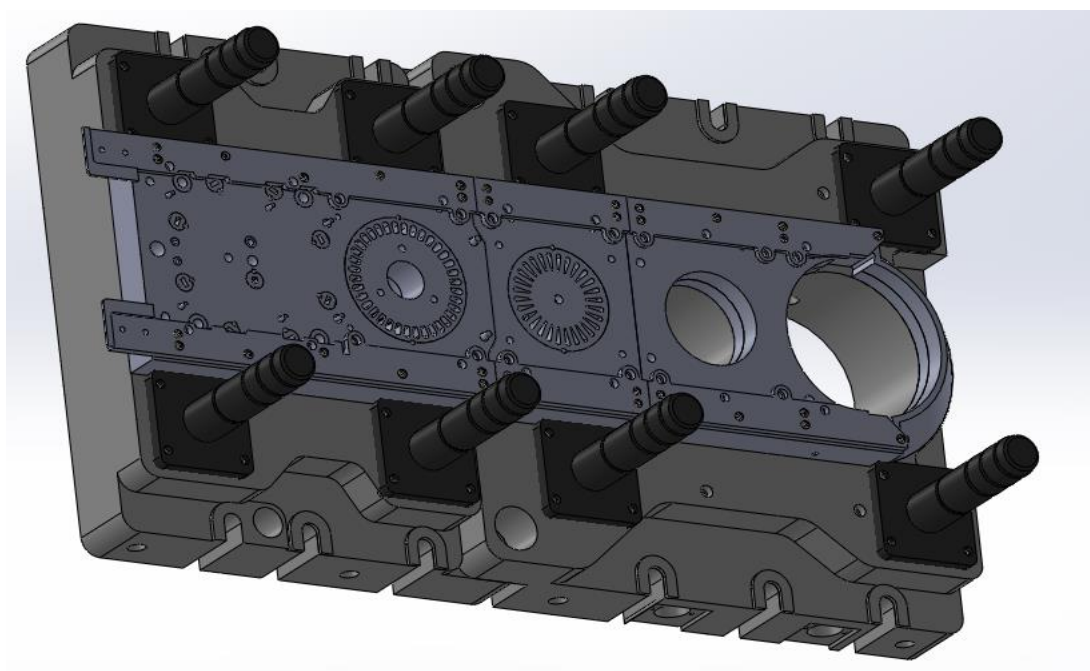
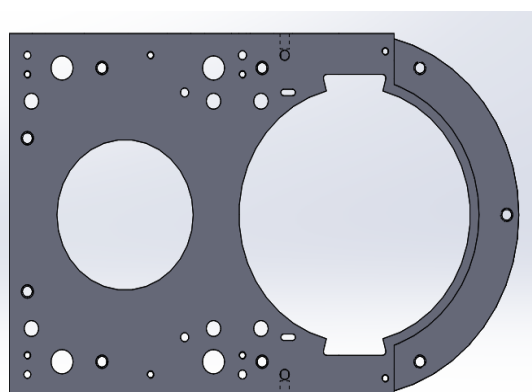
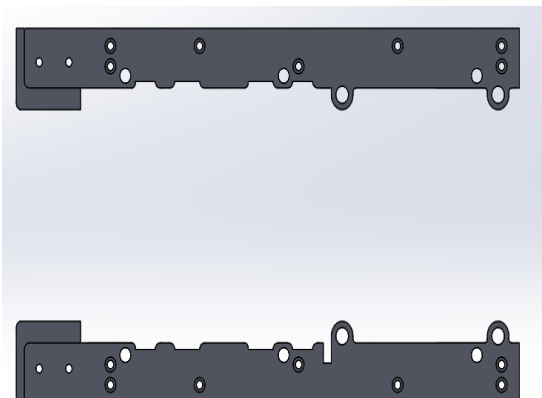


Figure VII.4 : la partie inférieure de l'outil.

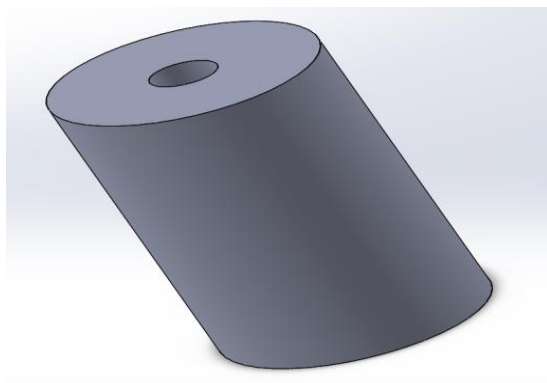
38. garniture de découpage



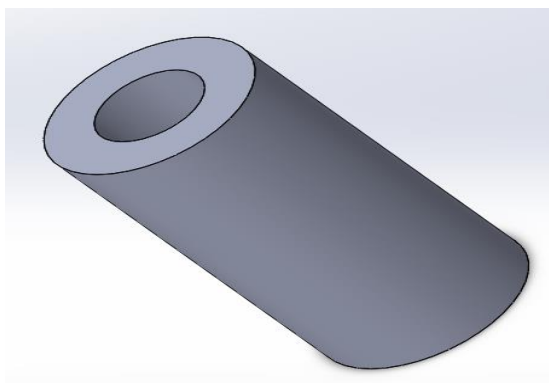
16. listel de guidage.



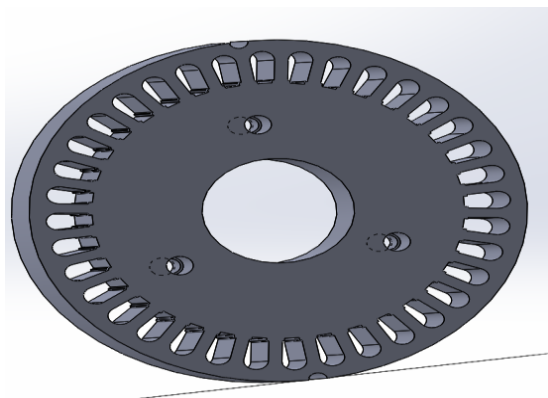
3. Douille.



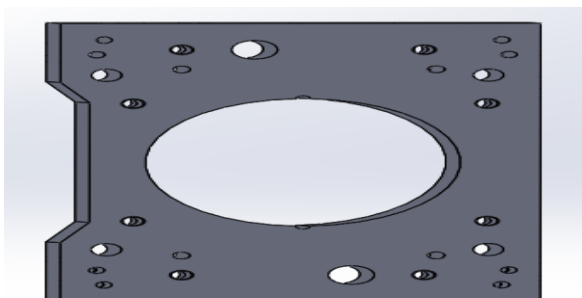
2. Deille de coupe.



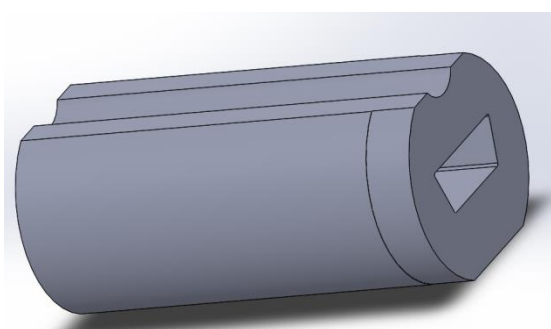
7. matrice stator.



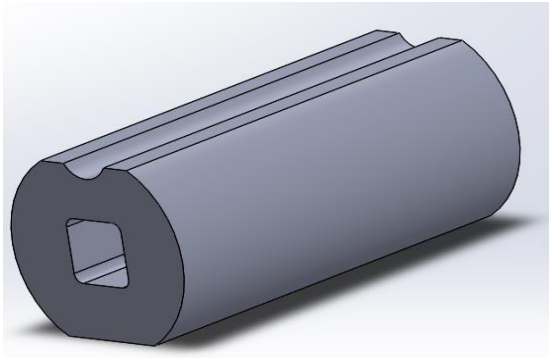
15. plaque de fixation étages.



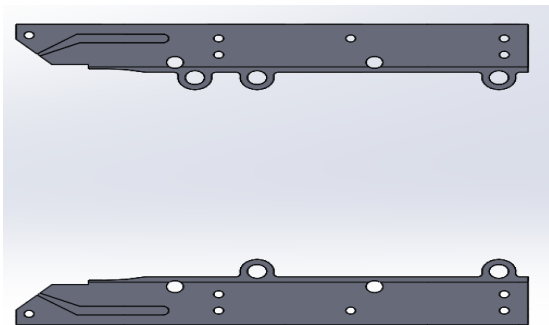
4. garniture d'agrape.



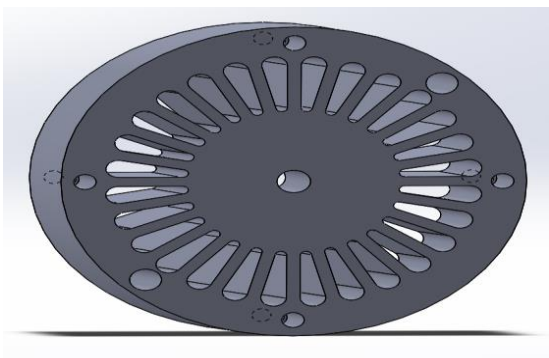
5. garniture de découpage.



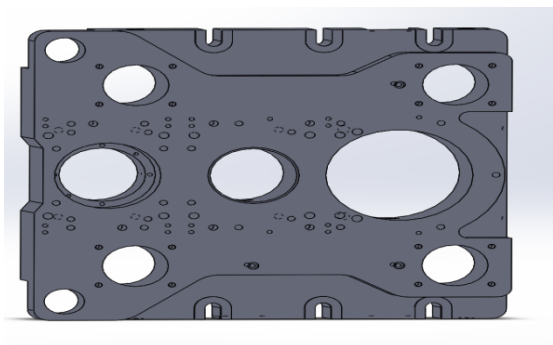
14. listel de guidage.



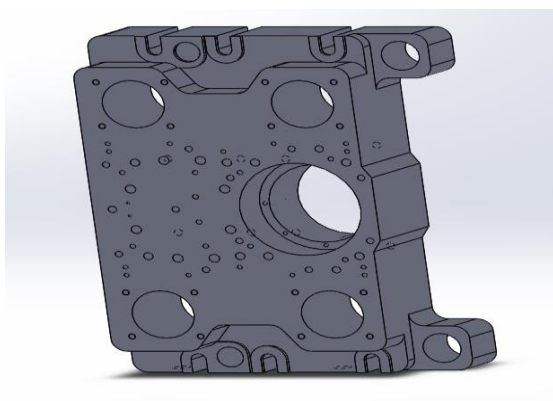
19. Matrice de rotor.



11. plaque de montage.



9. plaque de montage



20. Boulon de retenue



**VII.10 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons réussi à faire une étude approximative pour l'outil que nous avons engagé en effectuant les différents calculs successivement, ce qui nous a permis d'avoir la capacité de la presse à utiliser, la résistance des poinçons au flambement et à la compression, le jeu de découpage, les ressorts qui conviennent. Et à la fin une petite description de cet outil.

## **Conclusion générale :**

Le procédé de fabrication des pièces en tôlerie dans l'industrie est connu depuis longtemps et qui ne cesse pas de s'agrandir au fil des dernières années parce que sa nécessité est toujours croissante .Il permet d'obtenir un produit en grande série et à des prix de revient abordables.

Après l'étude théorique sur le travail des tôles en général, nous sommes passés à la conception de l'outil .Cette dernière est réalisée en utilisant le logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO) qui nous a permis d'avoir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques des différents composants de l'outil.

La conception de cet outil nous a permis de faire un travail de recherche sur les outils de presses et de mise en œuvre de nos connaissances théoriques acquises durant notre formation à l'université.

Malgré nos efforts pour mener à bien cette étude, nous ne prétendons jamais que ce travail est parfait, par conséquent il reste ouvert à la critique et à la proposition allant dans le sens de son éventuelle amélioration.

# Liste des figures

## Chapitre I

Figure I.1: Organigramme de l'entreprise.....	3
Figure I.2 : Forme éclaté d'un moteur à rotor à cage.....	8
Figure I.3 : schéma d'un paquet statorique.....	9
Figure I.3 : schéma d'une plaque rotorique.....	10

## Chapitre II

Figure II.2.1: principe de pliage.....	11
Figure II.2.2 : pliage sur élastomère.....	12
Figure II.2.3 : pliage en V.....	13
Figure II.2.4 : pliage en U.....	14
Figure II.2.5 : pliage en Z.....	14
Figure II.2.6 : pliage en équerre.....	15
Figure II.2.7 : description de pliage en V.....	16
Figure II.3.1 : l'emboutissage.....	17
Figure II.3.2 : principe d'emboutissage.....	18
Figure II.3.2 : L'emboutissage à froid.....	19
Figure II.3.2 : L'emboutissage a chaud.....	20
Figure II.3.3 : Variation de l'arrondi sur la matrice.....	21
Figure II.4.1: opération de découpage.....	26
Figure II.4.2 : Crevage.....	27
Figure II.4.3 : L'encochage.....	27
Figure II.4.4 : Le grignotage.....	28
Figure II.4.5 : L'arasage.....	28
Figure II.4.6 : détourage.....	28
Figure II.4.7 : Le soyage.....	29
Figure II.4.8 : Ajourage.....	29
Figure II.4.9 : poinçon.....	30
Figure II.5.1: les étapes de poinçonnage.....	33
Figure II.5.2 : le jeu entre le poinçon et la matrice.....	34
Figure II.5.3 : pièce poinçonner.....	35

### Chapitre III

Figure III.2.1 : presse mécanique.....	38
Figure III.2.2 : Système bielle-manivelle.....	39
Figure III.2.3 : Système excentrique.....	40
Figure III.2.4: Système à came.....	40
Figure III.2.5: presse hydraulique.....	41
Figure III.2.6 : presse à cold cygne.....	42
Figure III.2.7 : presse à arcade.....	43
Figure III.2.8 : presse à montant droit.....	43
Figure III.2.9 : presse à colonne.....	44
Figure III.2.10 : presse à table mobile.....	45
Figure III.2.11 : presse à double effet.....	46
Figure III.2.12: presse à triple effet.....	46
Figure III.2.13 : la matrice et le poinçon.....	47
Figure III.2.14 : dépouille.....	48
Figure III.2.15 : affutage.....	48

### Chapitre IV

Figure IV.1 : Outil découvert simple.....	50
Figure IV.2 : Outil découvert à buté.....	51
Figure IV.3 : Outil à contre-plaque.....	51
Figure IV.4: Outil à engrenage.....	52
Figure IV.5: outil à couteau.....	52
Figure IV.6 : Outil à presse-bande.....	53
Figure IV.7 : Outil Suisse.....	53
Figure IV.8 : Outils de reprise par un cadre.....	54
Figure IV.9 : Détourage normal.....	55
Figure IV.10: Détourage à ras.....	55
Figure IV.11 : outil détourage-poinçonnage.....	56
Figure IV.12 : Outils à came.....	56
Figure IV.13 : Outil sans serre-flan.....	57
Figure IV.14: Outil monté sur presse à simple effet.....	58
Figure IV.15 : Outil monté sur presse à double effets.....	58
Figure IV.16 : Outil de cambrage en V.....	59
Figure IV.17 : Outil de cambrage en U.....	59
Figure IV.18: Outil de cambrage en équerre.....	60

## **Chapitre V**

Figure VI.2 La structure cubique de l'ambiante jusqu'à 912 °C.: .....	63
Figure VI.3: La structure cubique de 912°C jusqu'à 1394°C.....	63
Figure V.3: La structure cubique à une température supérieure à 1394°C.....	64

## **Chapitre VII**

figure V.1: Ressort normalisé. ....	86
Figure V.2 : Outil poinçonnage découpage (assemblage).....	93
Figure V.3 : La partie supérieure de l'outil. ....	96
Figure V.4 : La partie inférieure de l'outil .....	102

## SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

### **Chapitre I : Présentation de l'entreprise.**

I.1 présentation de l'entreprise : .....	2
I.2 Localisation de l'entreprise et ses coordonnées :.....	2
I.3 Présentation des unités.....	2
I.3.1 Unité (direction) de fabrication de transformateurs de distribution :.....	2
I.3.2 Unité (direction) moteurs et prestations :.....	3
I.4 Description et organisation des ateliers et fonction principale .....	3
I.4.1 Atelier de découpage : .....	3
I.4.2 Atelier de fonderie sous pression :.....	4
I.4.3 Atelier d'usinage :.....	5
I.4.4 Atelier de bobinage :.....	7
I.4.5 Atelier de montage :.....	7
I.5 Généralités sur le moteur électrique : .....	8
I.5.1 Stator : .....	9
I.5.2 Le rotor : .....	10
I.6 Conclusion .....	10

### **Chapitre II : Les procédés de mise en forme des pièces mécanique.**

II.1 Introduction : .....	11
II.2 Le pliage .....	11
II.2.1 Définition de pliage .....	11
II.2.2 Principe de pliage : .....	11
II.2.3 Différents techniques de pliage .....	12
II.2.3.1 Pliage en frappe .....	12
II.2.3.2 Pliage en l'air.....	12
II.2.3.3 Pliage sur élastomère .....	12
II.2.4 Outils spéciaux .....	13
II.2.4.1 Pliage en V.....	13

II.2.4.2 Pliage en U :	14
II.2.4.3 Pliage en Z :	14
II.2.4.4 Pliage en équerre :	15
II.2.5 Calcul de l'effort de pliage :	15
II.2.5.1 Le pliage en V :	16
II.2.5.2.Pliage en U :	16
II.3 L'emboutissage :	17
II.3.1 Définition de l'emboutissage :	17
II.3.2 Outillage :	18
II.3.3 Fonctionnement:	19
II.3.4 Types d'emboutissages :	19
II.3.4.1 l'emboutissage à froid :	19
II.3.4.2 l'emboutissage a chaud :	20
II.3.5 Paramètre d'emboutissage :	20
II.3.6 L'effort d'emboutissage cylindrique	23
II.3.7 La lubrification:	25
II.3.8 Les avantages et les inconvénients de l'emboutissage :	25
II.4 Le découpage:	26
II.4.1 Définition de découpage :	26
II.4.2 Principe :	26
II.4.3 Quelques Types de découpage:	27
II.4.4 Matrice et poinçon:	30
II.4.5 Effort de découpage :	30
II.4.6 Effort d'extraction :	31
II.5 Poinçonnage :	31
II.5.1 Définition de poinçonnage :	31
II.5.2 Principe :	31
II.5.3 Les trois types de poinçonnage :	32
II.5.4 Les différentes étapes de poinçonnage :	32
II.5.5 Le jeu (entre le poinçon et le matrice) :	33
II.5.6 Effort de poinçonnage:	34
II.5.7 Avantages et inconvénients du poinçonnage :	35
II.6 Conclusion	37

### **Chapitre III : Généralité sur les presses.**

III.1 Introduction :	37
III.2 Les presses :	37
III.2.1 Définition des presses :	37
III.2.2 Classification des presses :	37
III.2.2.1 Selon le mode de transmission de l'énergie :	38
III.2.2.2 Selon la forme de bâtie :	41
III.2.2.3 Selon le nombre de coulisseaux :	45
III.2.3 Différents constituants d'une presse:	47
III.3 Conclusion.....	49

### **Chapitre IV : Les différents types d'outil de découpage.**

IV.1 Introduction :	50
IV.2 Types d'outils de presse:	50
IV.2.1 Outil découvert simple :	50
IV.2.2 Outil découvert à butée :	50
IV.2.3 Outil à contre-plaque :	51
IV.2.4 Outil à engrenages:	51
IV.2.5 Outil à couteau:	52
IV.2.6 Outil à presse-bande :	53
IV.2.7 Outil Suisse:	53
IV.2.8 Outil de reprise:	54
IV.2.9 Outil de détournage:	54
IV.2.9.1 Détournage normal:	55
IV.2.9.2 Détournage à ras:	55
IV.2.9.3 Détournage-poinçonnage:	56
IV.2.10 Outils à came.....	56
IV.2.11 Outil d'emboutissage :	56
IV.2.11.1 Outil sans serre-flan :	57
IV.2.11.2 Outil à serre-flan :	57
IV.2.12 Outil monté sur presse à simple effet :	57
IV.2.13 Outil monté sur presse à double effets :	58
IV.2.14 Outil de cambrage :	58

IV.2.15.1 Outil de cambrage en V : .....	59
IV.2.15.2 Outil de cambrage en U : .....	59
IV.2.15.3 Outil de cambrage en équerre : .....	60
IV.3 Montage des outils sur les presses : .....	60
IV.3.1 Petite presse :.....	60
IV.3.2 Grosse presses .....	60
IV.4 Conclusion.....	61

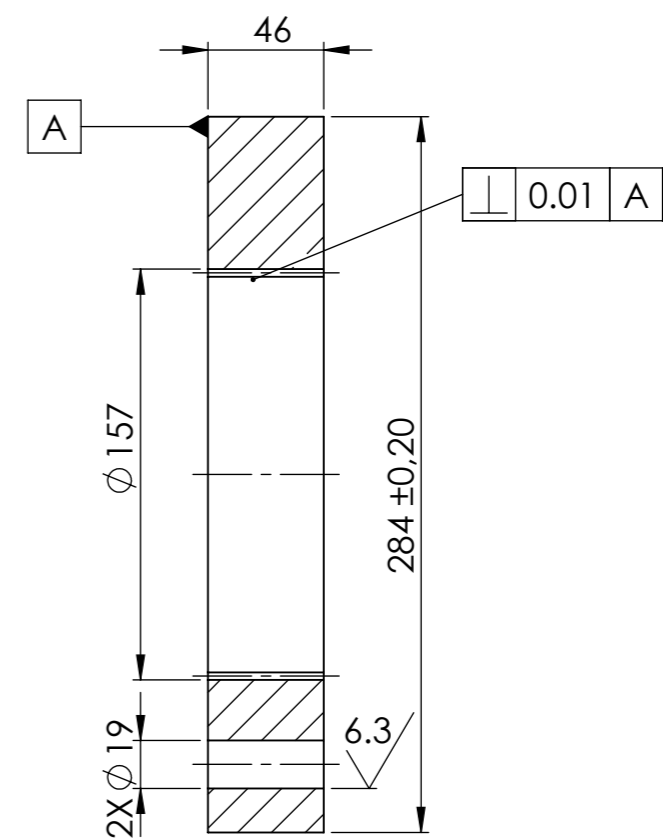
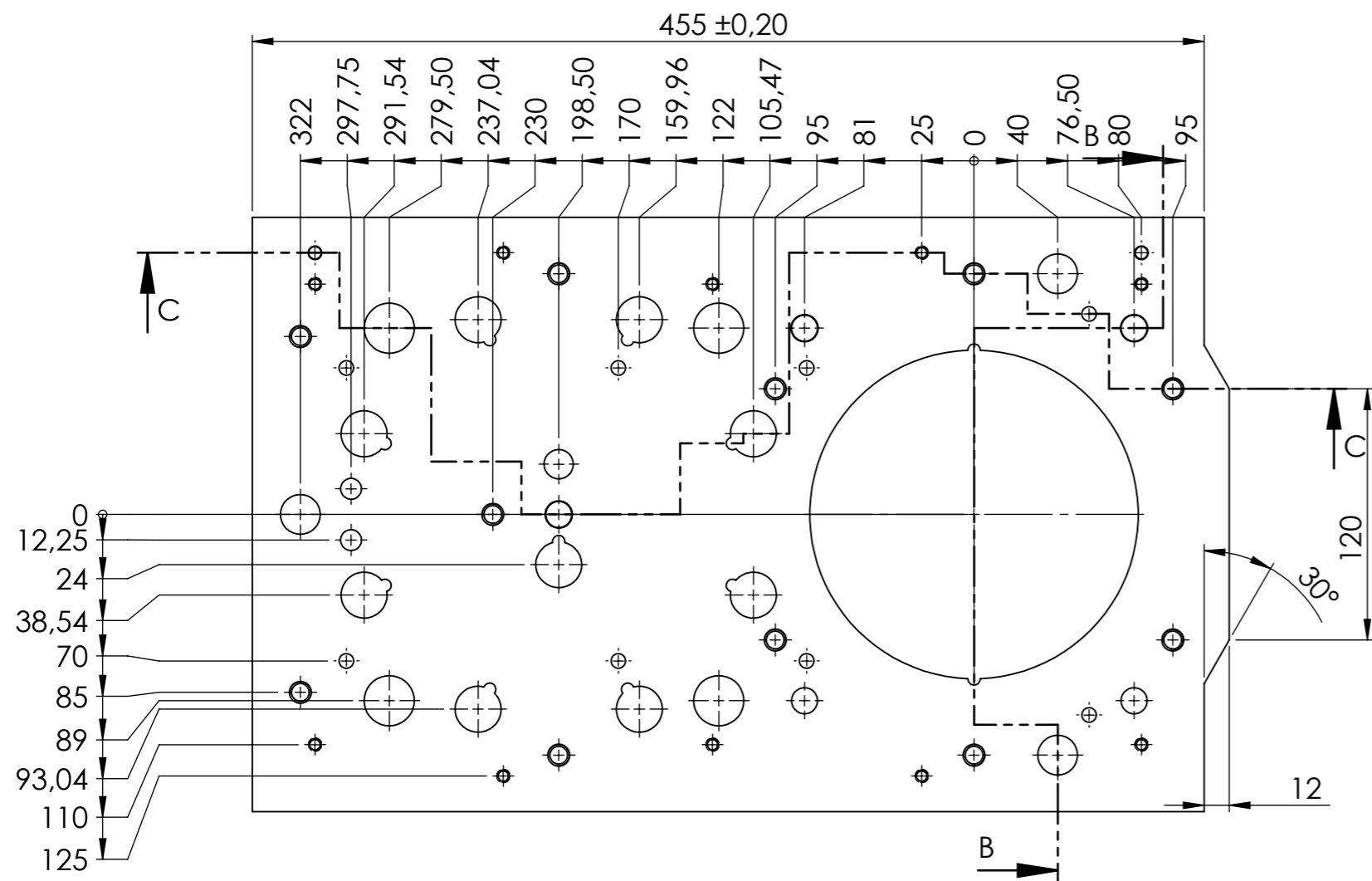
## **Chapitre V: Généralité sur les acier.**

V.1 Introduction .....	62
V.2 Généralités sur les aciers : .....	62
V.2.1 Définition.....	62
V.2.2 La structure cristalline .....	62
V.2.3 Les différentes phases du fer .....	62
V.2.6 Les aciers de l'outil réalisé:.....	69
V.3 Conclusion.....	74

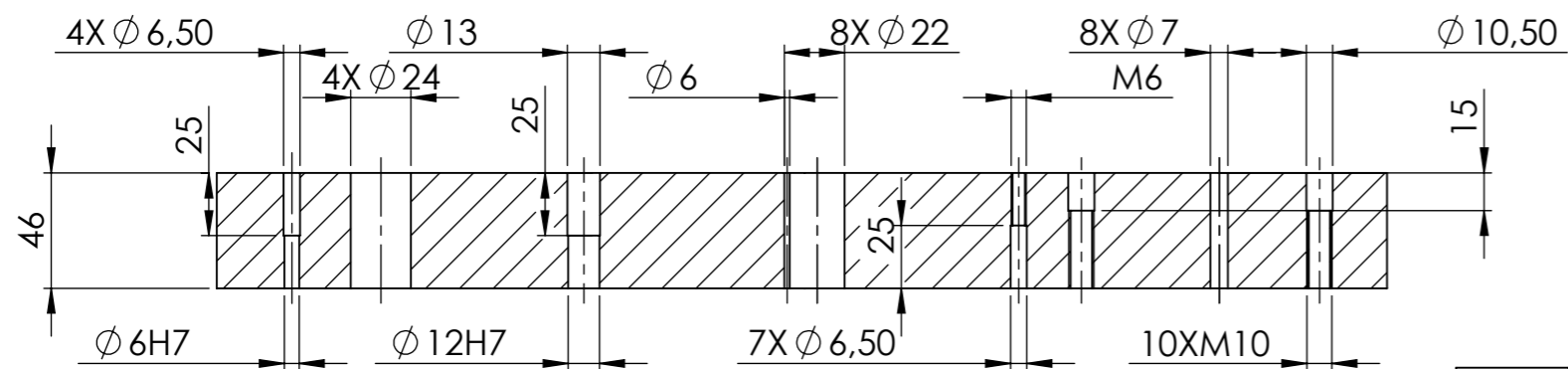
## **Chapitre VI : sécurité.**

VI.1 Introduction :.....	75
VI.2 Les principaux risques de l'usinage des métaux :.....	75
VI.2.1 Les risques physiques: .....	75
VI.2.2.Les risques chimiques : .....	75
VI.3 Sécurité : .....	76
VI.3.1 Généralité :.....	76
VI.3.2 Les mesures de prévention des risques de l'usinage des métaux :.....	76

VI.4 Les dispositifs de protection : .....	77
VI.5 Montage de l’outil .....	78
<b>Chapitre VII : Etude et conception de l’outil.</b>	
VII. Calcul des efforts .....	79
VII.1 Effort de découpage .....	79
VII.2 Calcul de la force de pression du dévétisseur .....	82
VII.3 Calcul de l’effort total que doit fournir la presse .....	83
VII.4 Le choix de la presse à utiliser :.....	83
VII.5 Choix du nombre de ressorts .....	84
VII.6 Calcul des poinçons au flambement .....	86
VII.7 Calcul des poinçons à la compression .....	89
VII.8 Calcul de jeu entre poinçon et matrice .....	92
V.9 Description de l’outil .....	93
VII.9.1 Les éléments constituant l’outil. ....	94
VII.10 Conclusion .....	107
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>108</b>

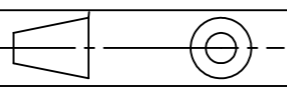


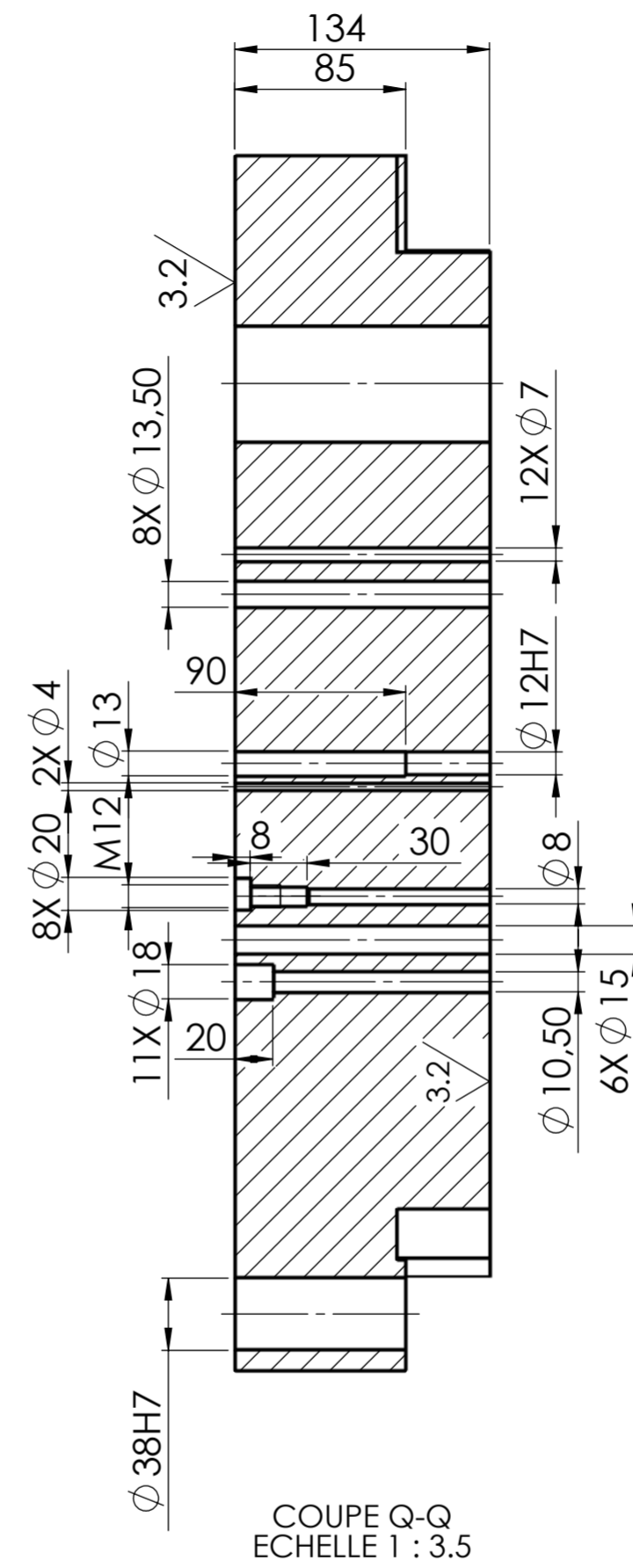
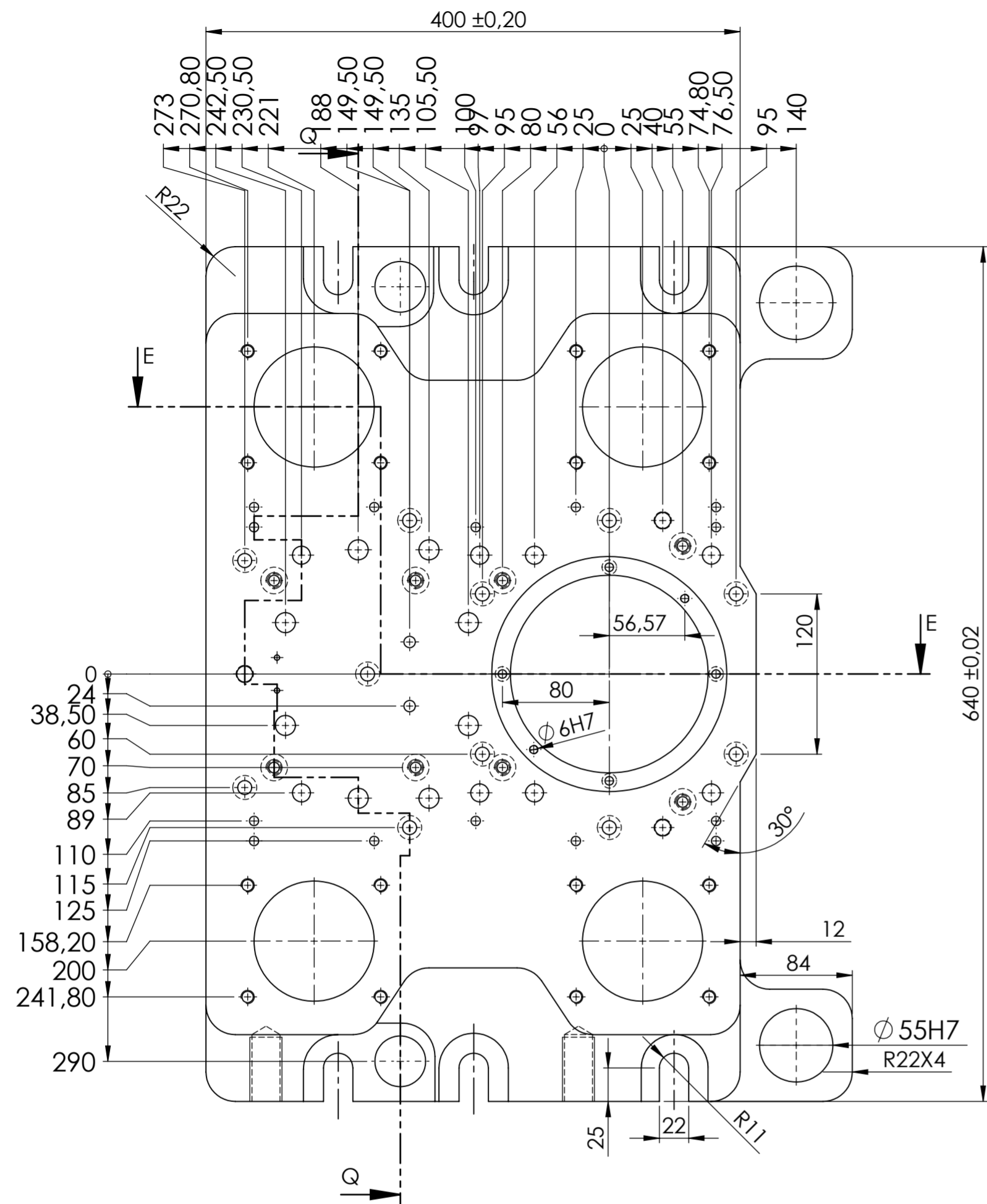
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 3



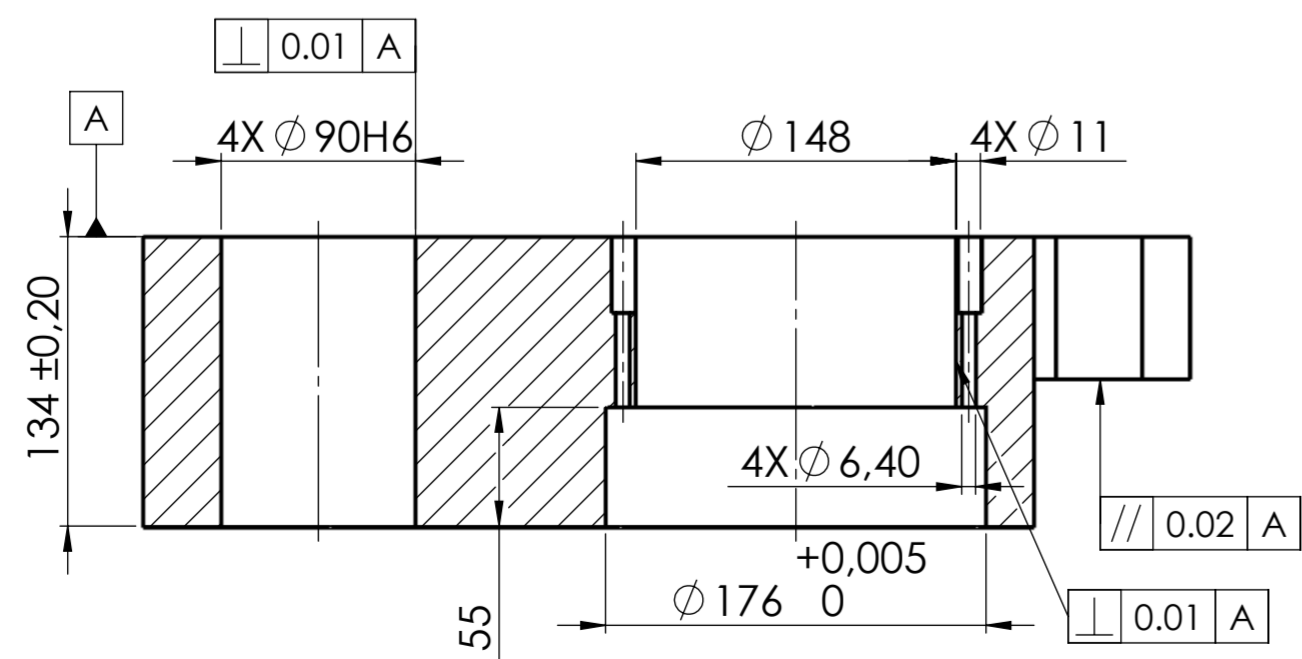
COUPE C-C  
ECHELLE 1 : 3

Tolérance d'usinage  $\pm 0.01$  sauf indication  
Etats de surfaces  $Ra=3.2$  sauf indication

1	1	Plaque de fixation etages	90Mn Cr V8	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
Ech:1/3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
A3		FGC-GM-UMMTO		M2 FMP



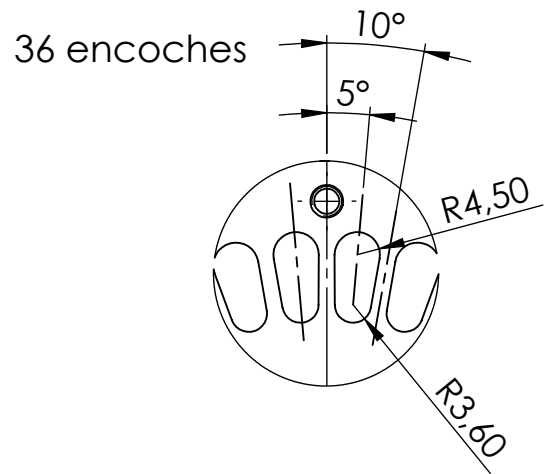
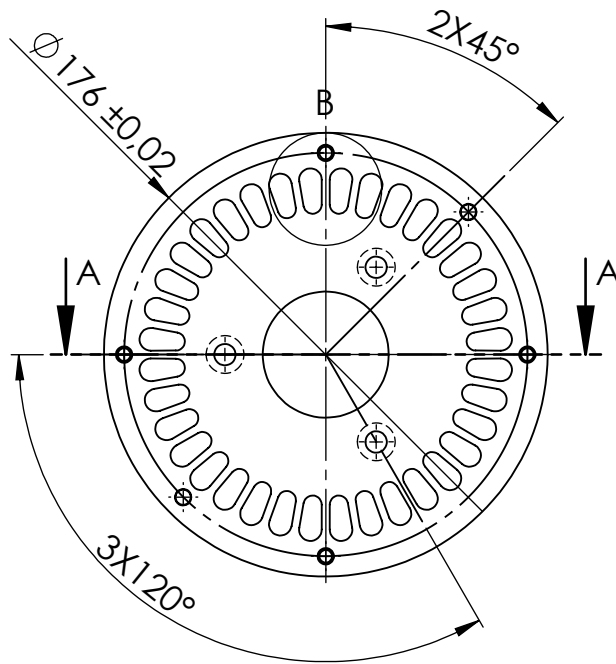
COUPE Q-Q  
ECHELLE 1 : 3.5



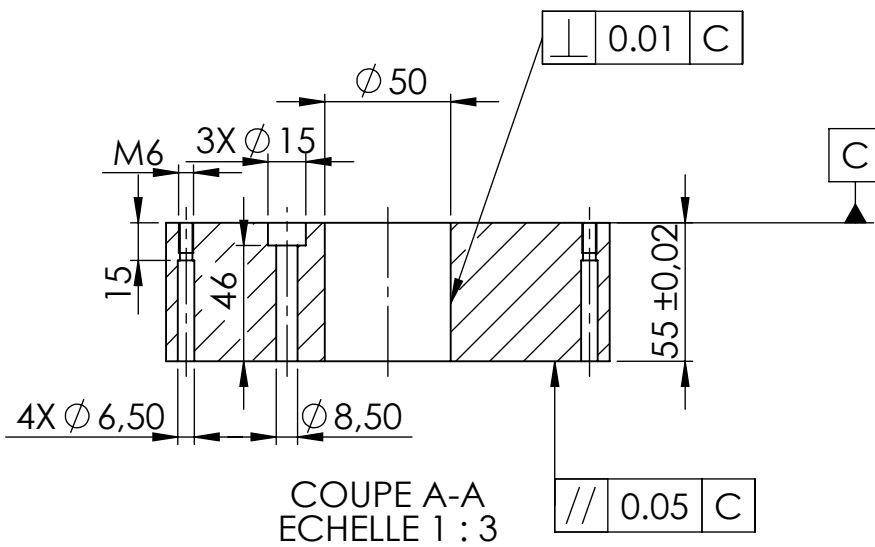
COUPE E-E  
ECHELLE 1 : 3.5

Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$  sauf indication  
Etats de surfaces  $Ra=6.3$  sauf indication

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
9	1	Plaque de montage	GS 60	
Ech: 1.3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMMAR B
A2				2017/2018
		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



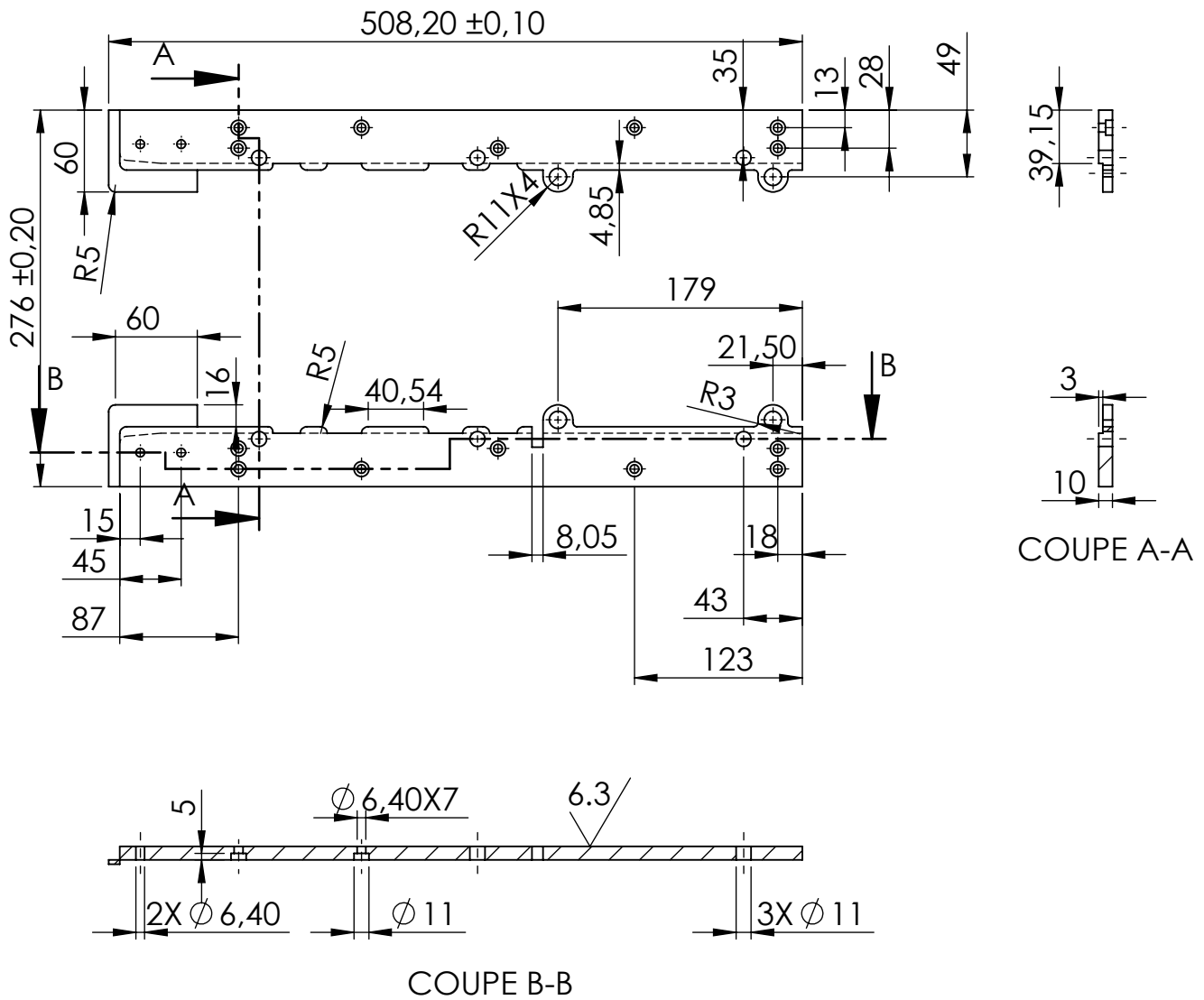
DÉTAIL B  
EHELLE 2 : 3



COUPE A-A  
EHELLE 1 : 3

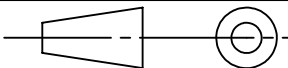
Ra=1.6 partout  
tolérance de fabrication  $\pm 0.1$  sauf indication

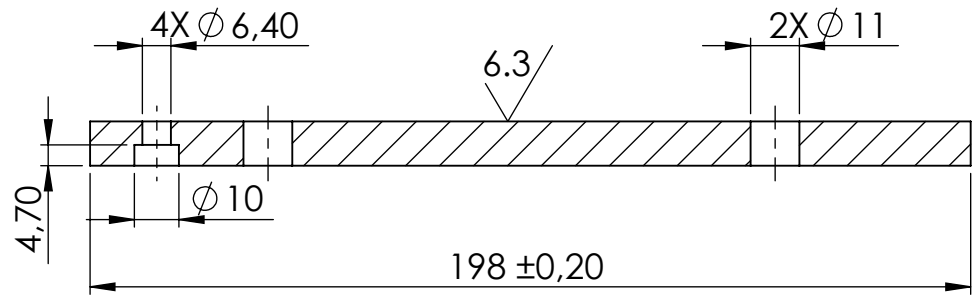
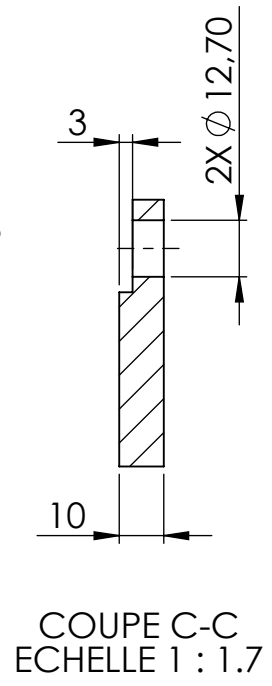
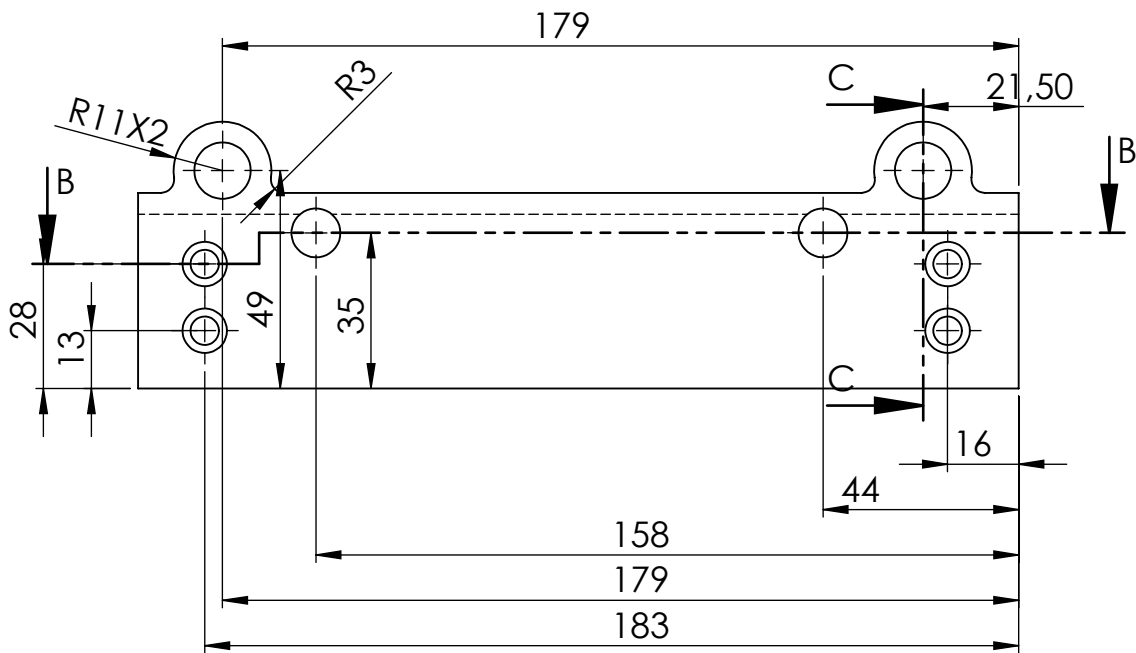
8	1	plaque intermédiaire stator	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1.3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



Ra=6.3 partout

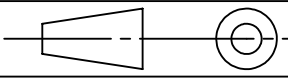
Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication

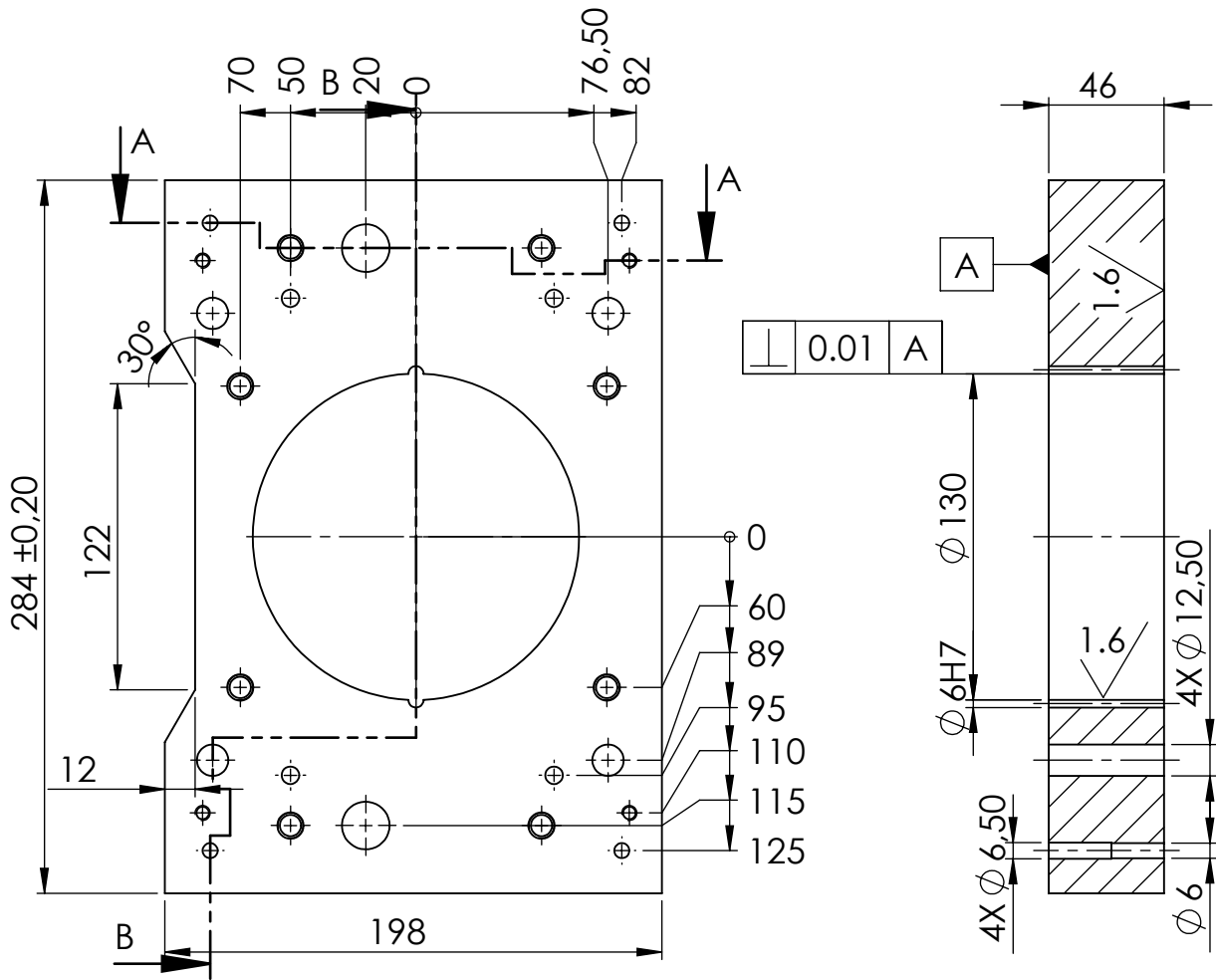
16	1	Listel de guidage 2	90Mn Cr V8	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/5	<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>			AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				
A4	<b>FGC-GM-UMMTO</b>			M2 FMP



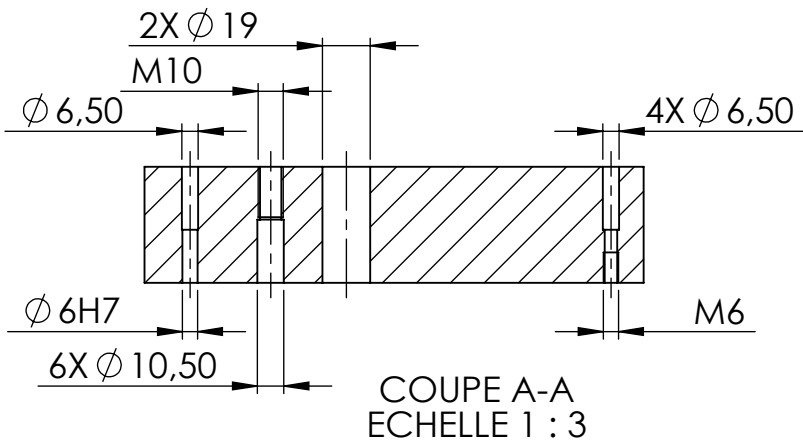
Ra=3.2 sauf indication

Tolérance d'usinage ±0.1 sauf indication

14	1	Listel de guidage 1	90Mn Cr V8	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/1.7		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



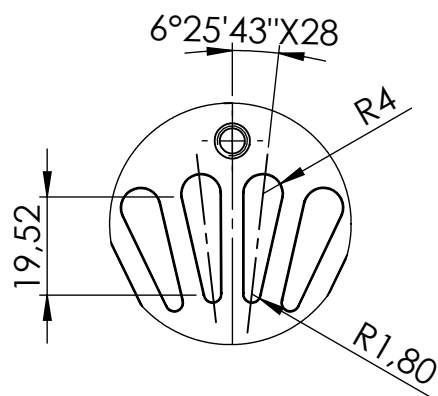
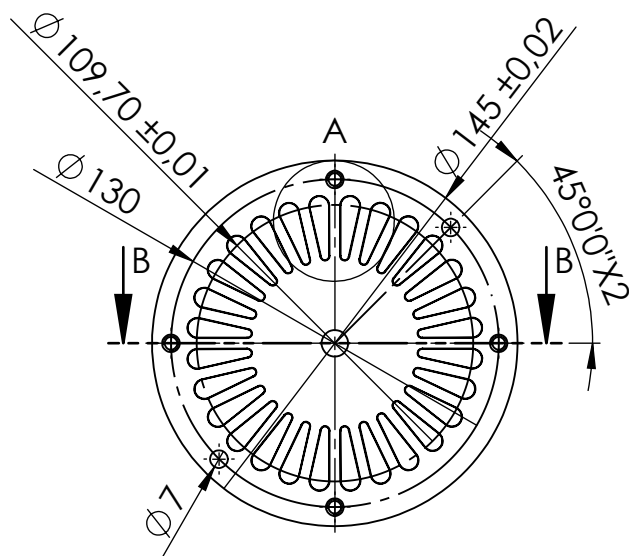
COUPE B-B  
EHELLE 1 : 3



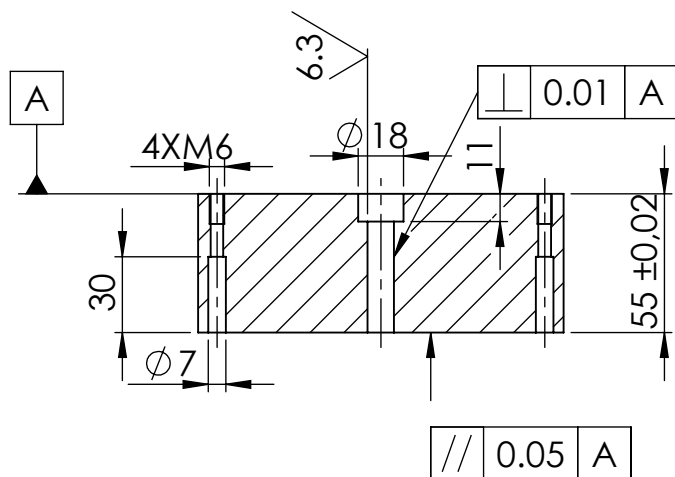
COUPE A-A  
EHELLE 1 : 3

Ra=6.3 Sauf indication  
Etats de surfaces ±0.1 sauf indication

15	1	Plaque de fixation etagé	90 Mn Cr V8	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



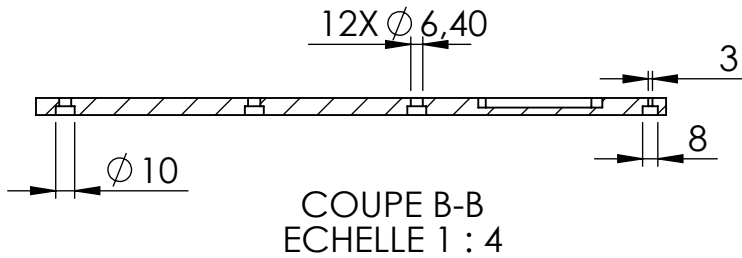
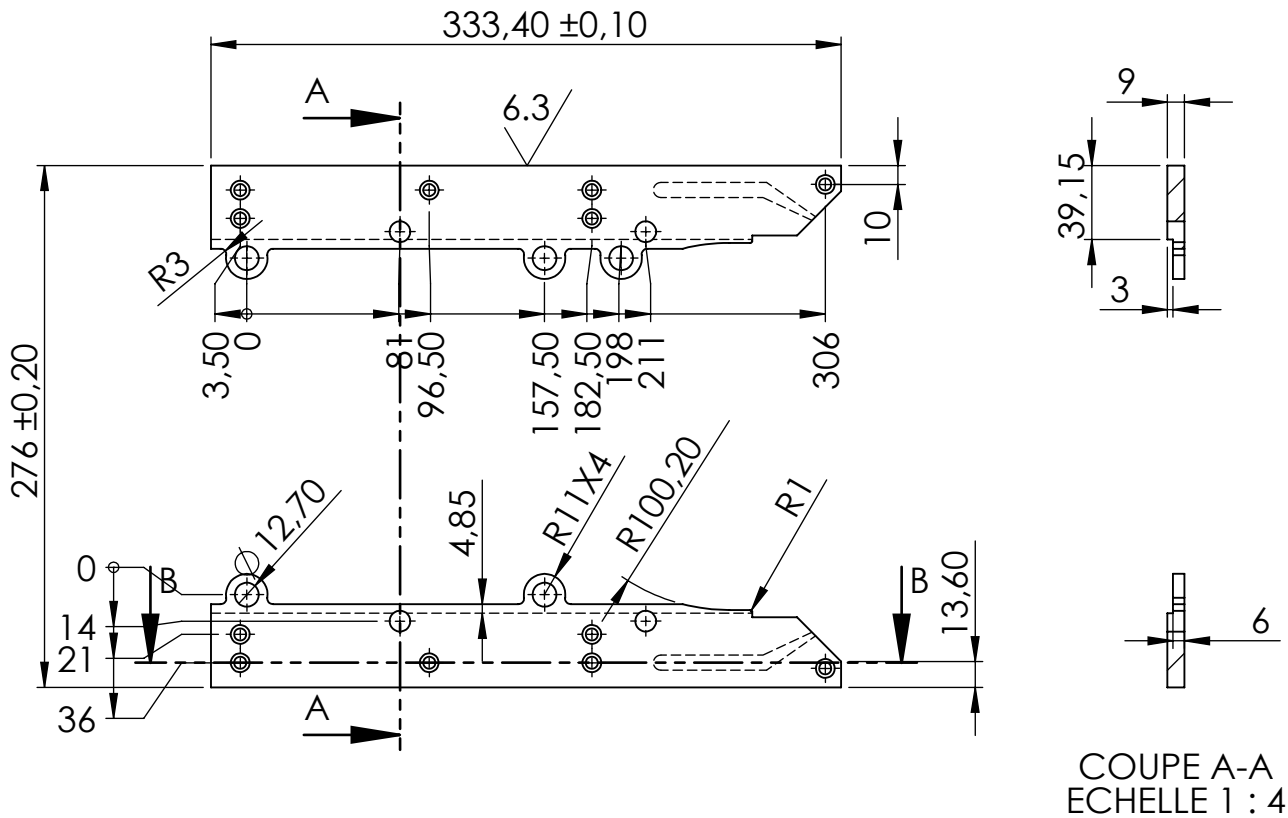
DÉTAIL A  
ECHELLE 2 : 3



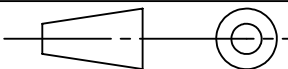
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 3

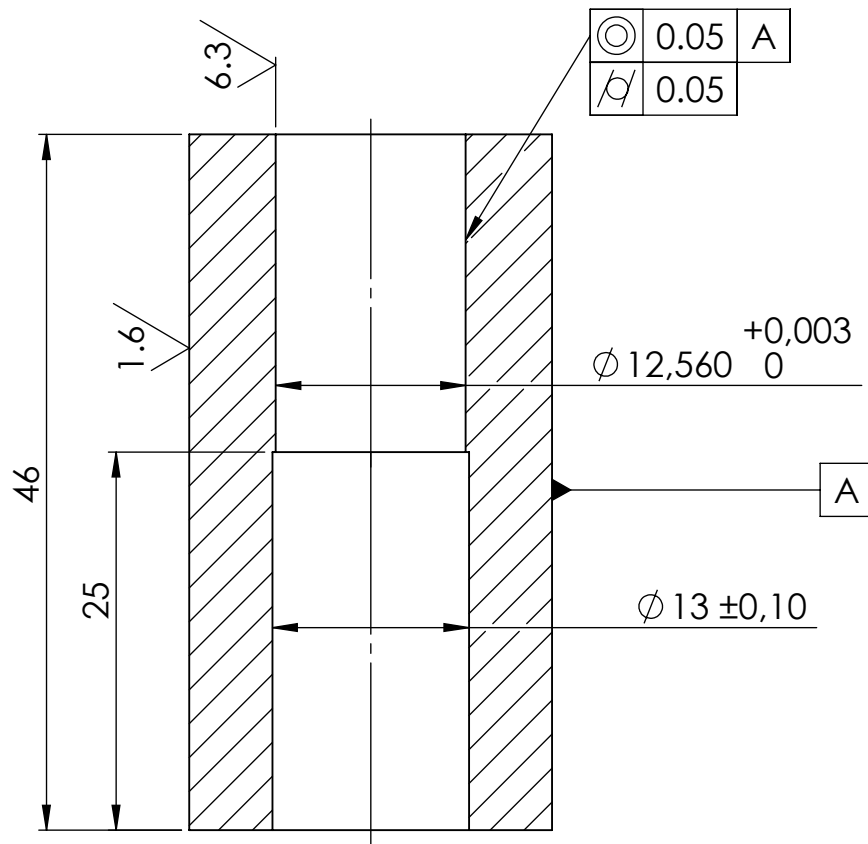
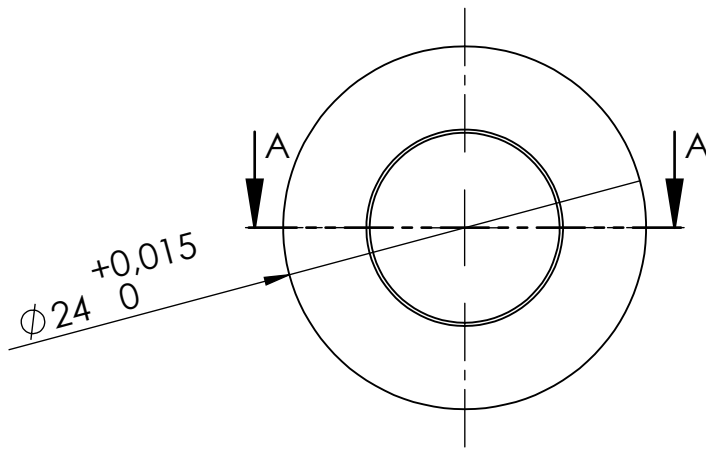
surfaces non spécifiés=1.6  
tolérance de fabrication  $\pm 0.1$

12	1	plaque intermediaire rotor	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



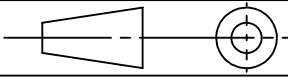
Ra=6.3 partout  
Tolérance d'usinage ±0.1 sauf indication

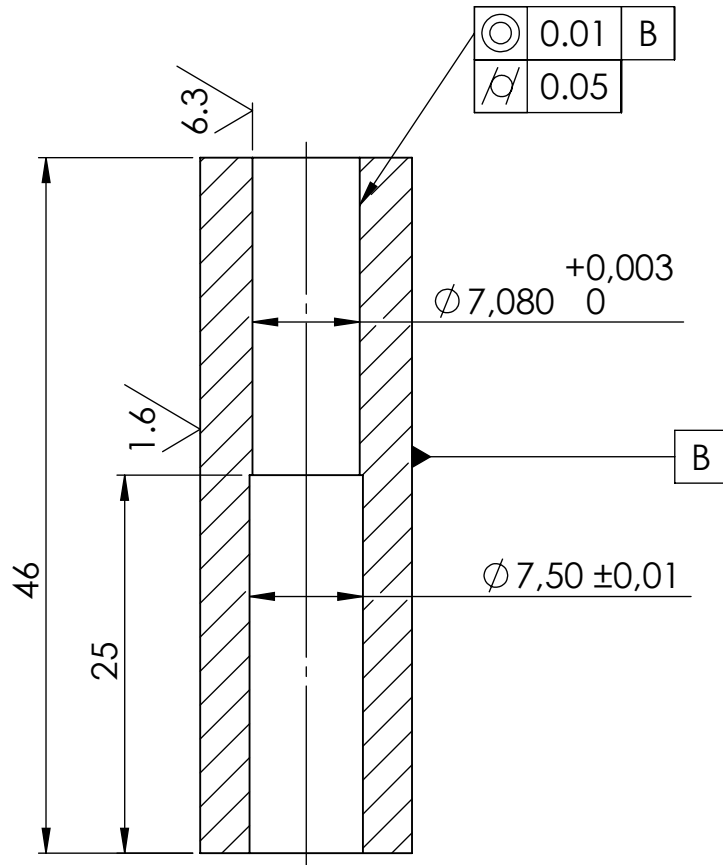
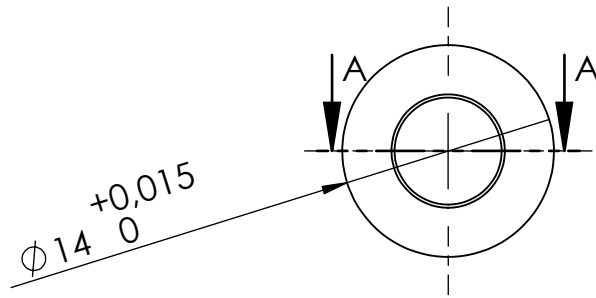
17	1	listel de guidage 3	90Mn Cr V8	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/4		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>	M2 FMP	



COUPE A-A

60-62 HRC

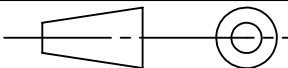
3	4	Douille de coupe	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 2/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP

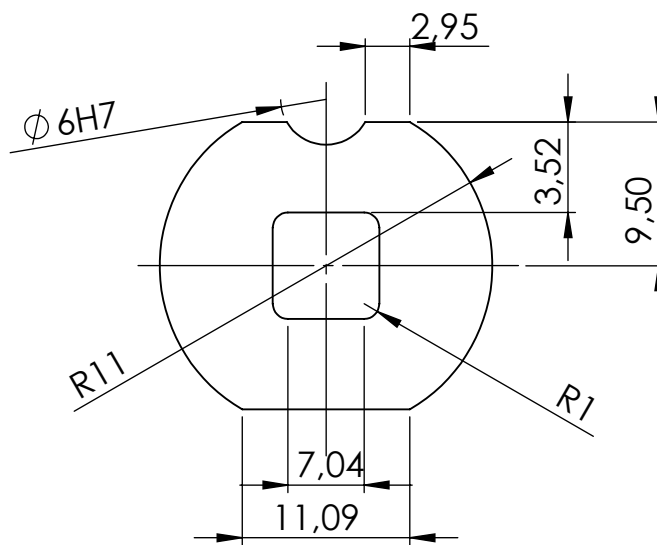
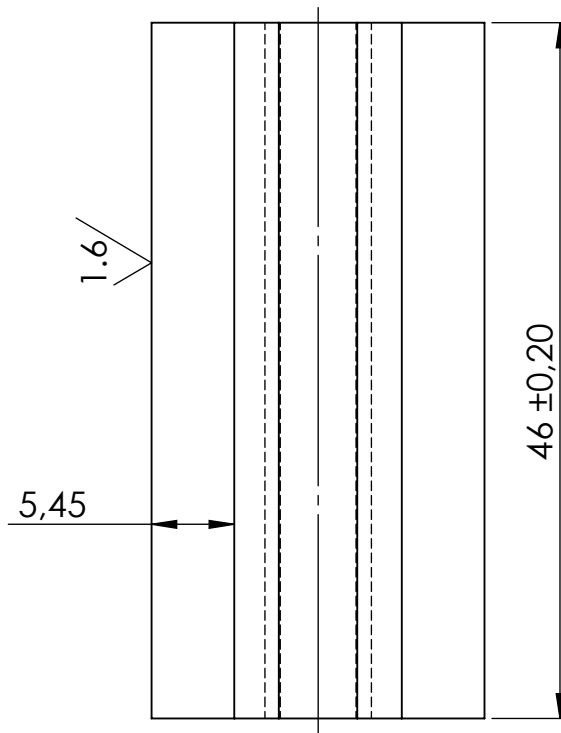


COUPE A-A

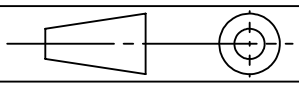
Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication

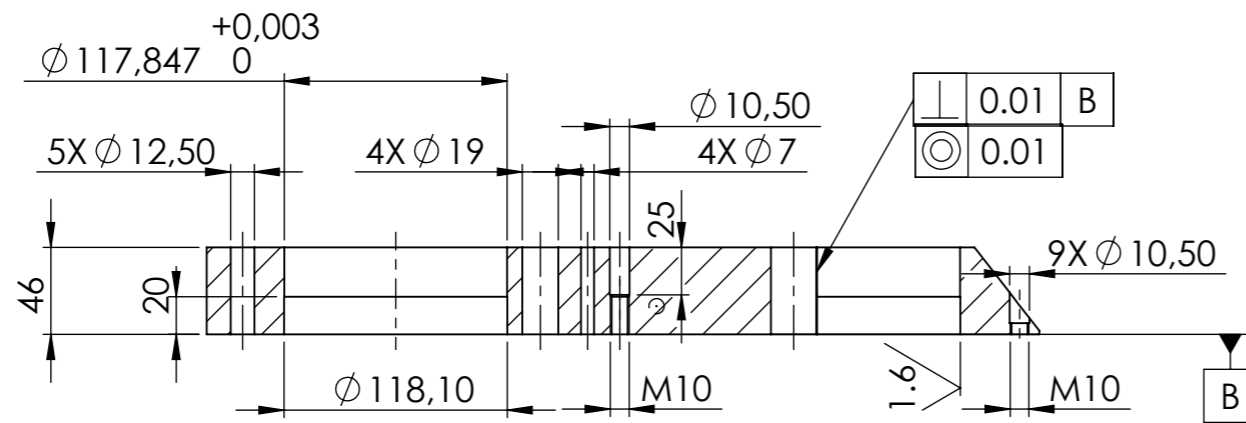
60-62 HRC

2	1	Douille de coupe	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 2/1		<p align="center"><b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b></p>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP

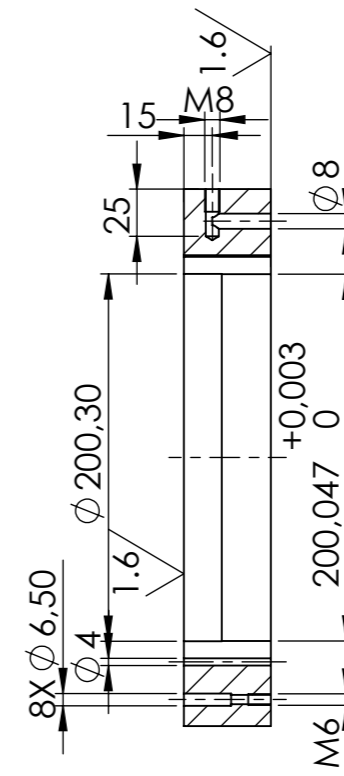
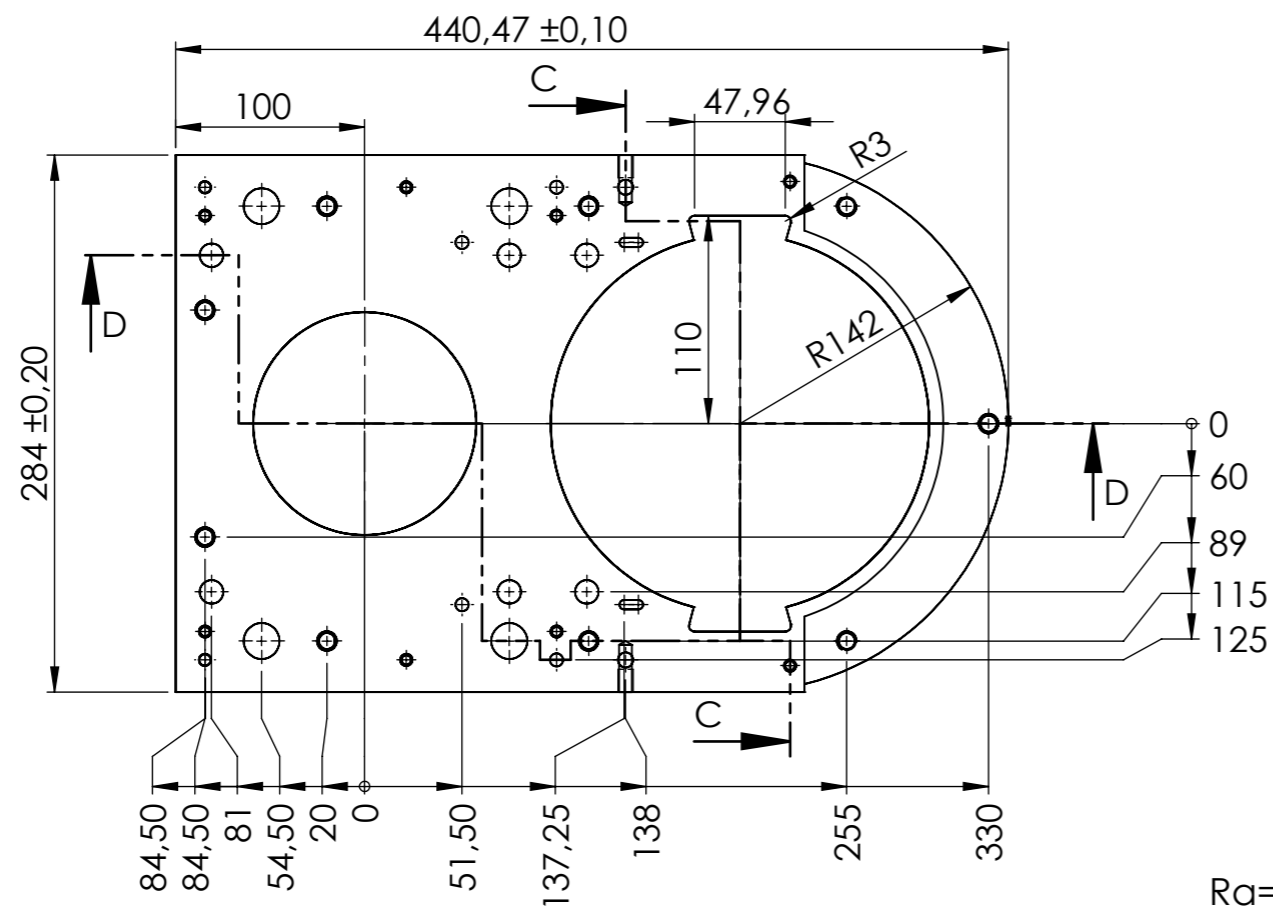


Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication  
 jeu de coupe de 0.020mm et la conicité de 4.5'

5	1	Garniture de découpage	X210Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 2/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>			<b>FGC-GM-UMMTO</b>	
			M2 FMP	



COUPE D-D  
ECHELLE 1 : 4

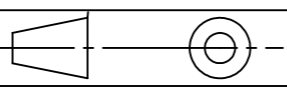


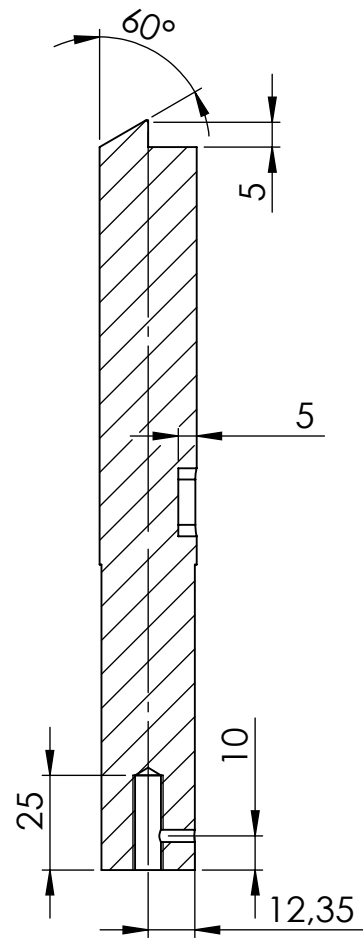
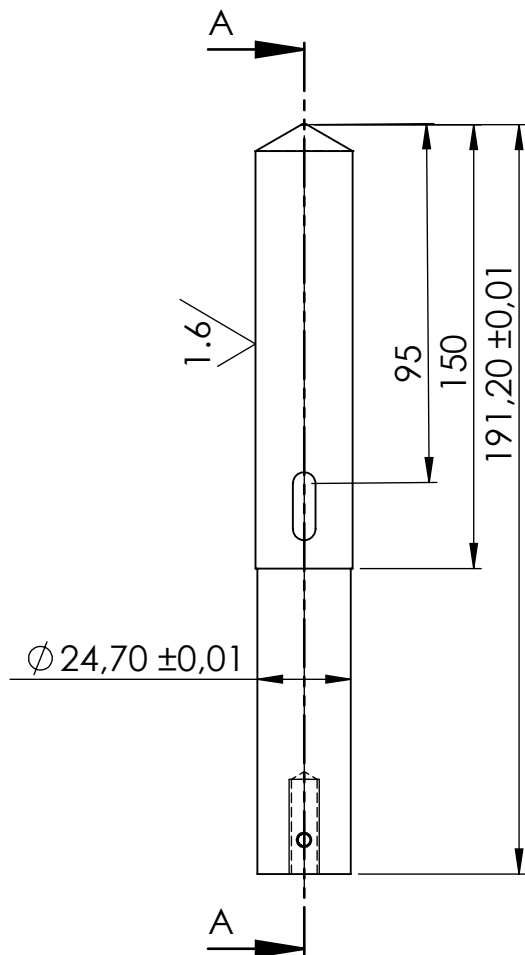
COUPE C-C  
ECHELLE 1 : 4

Ra=6.3 sauf indication

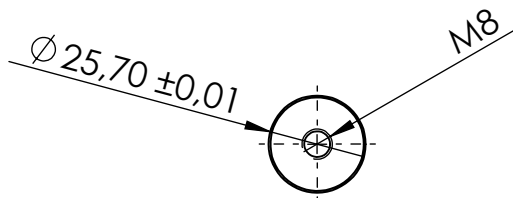
Tolérance d'usage ±0.1 sauf indication

60-62 HRC

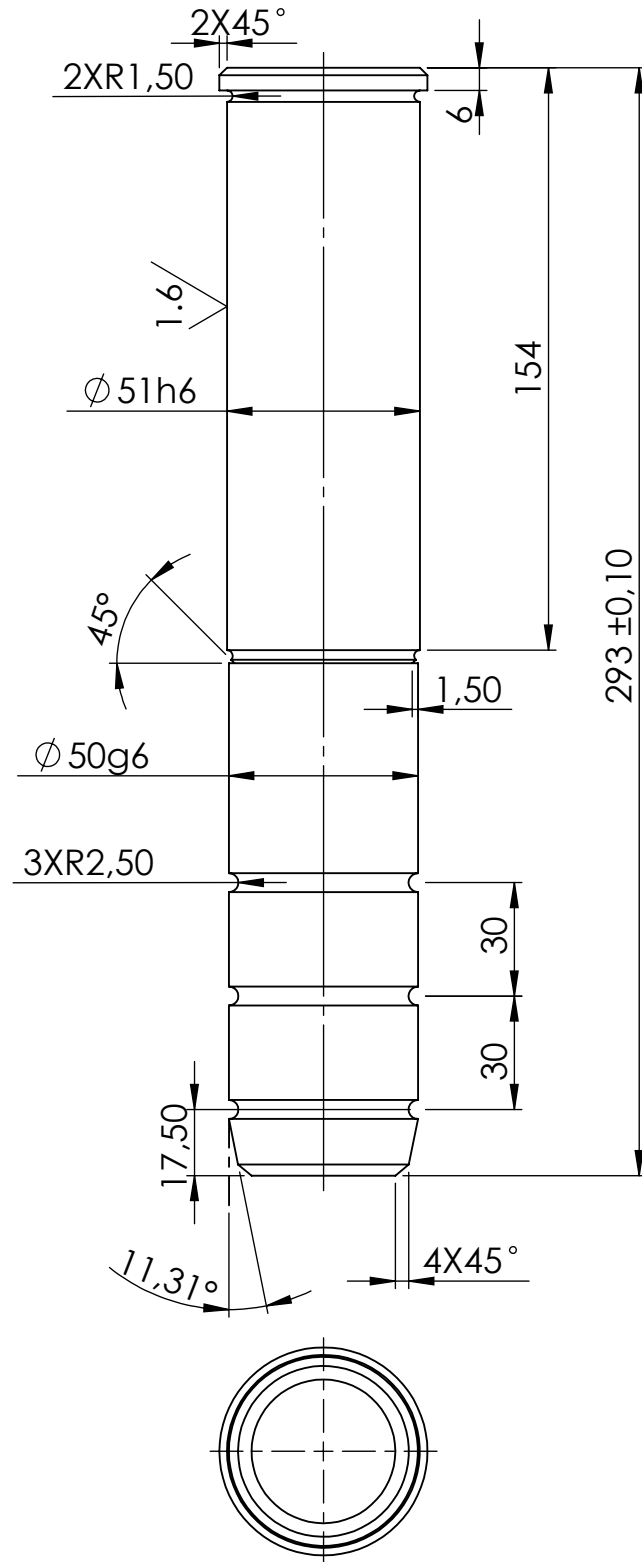
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
13	1	Garniture de découpage	X210 Cr W12	Trempé
Ech: 1/4		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
A3			FGC-GM-UMMTO M2 FMP	



COUPE A-A



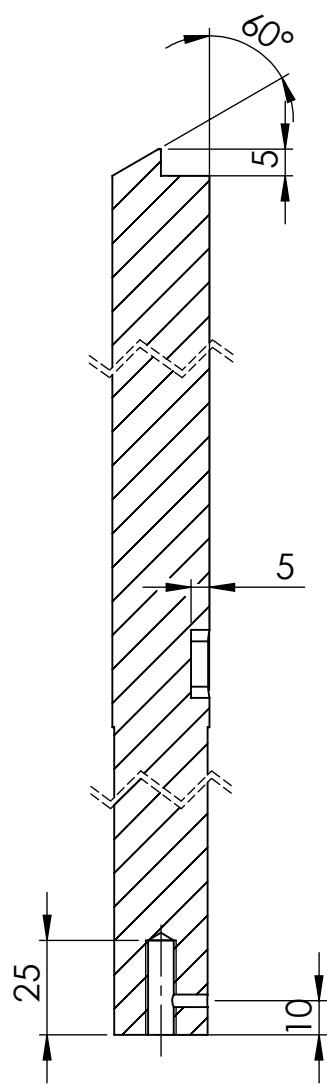
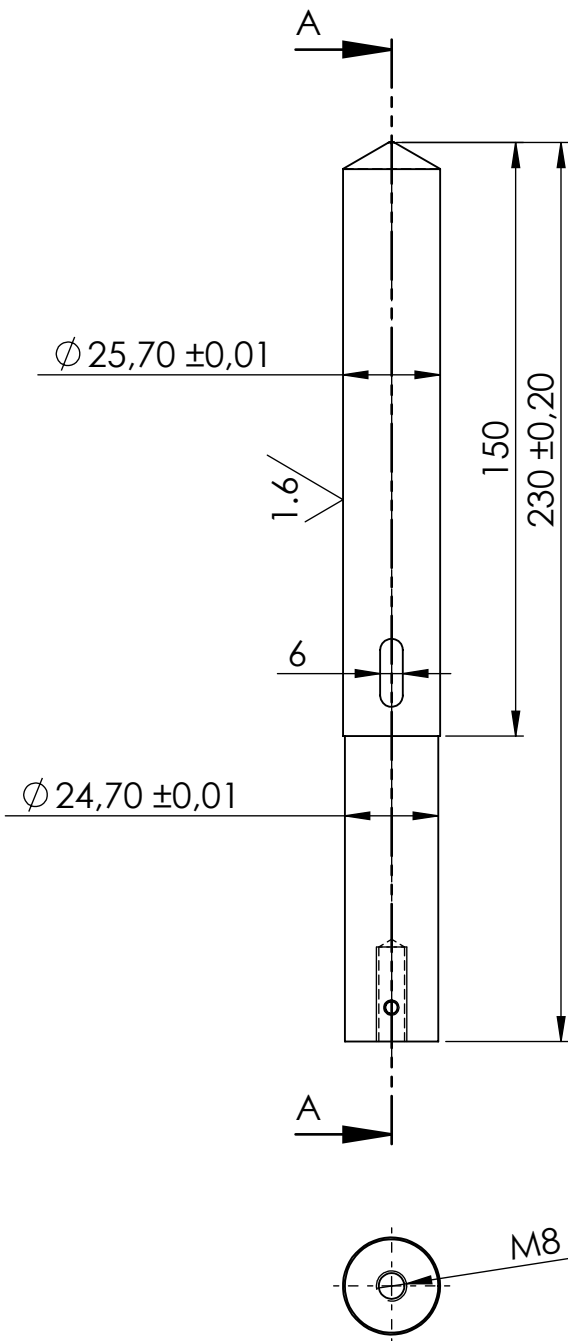
21	2	Boulon de retenue	15Cr Ni6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/2		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
			M2 FMP	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		



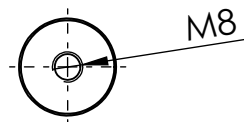
Ra=1.6 sauf indication

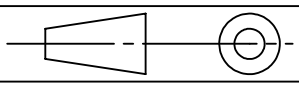
Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$

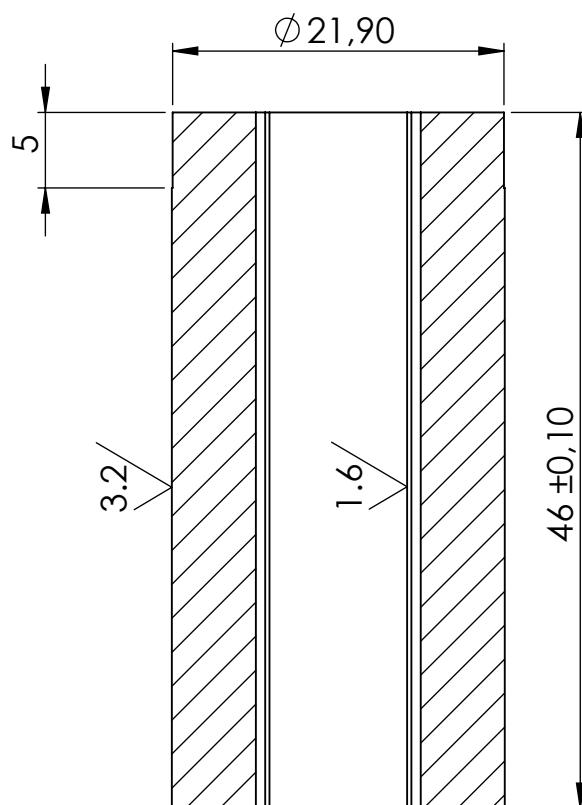
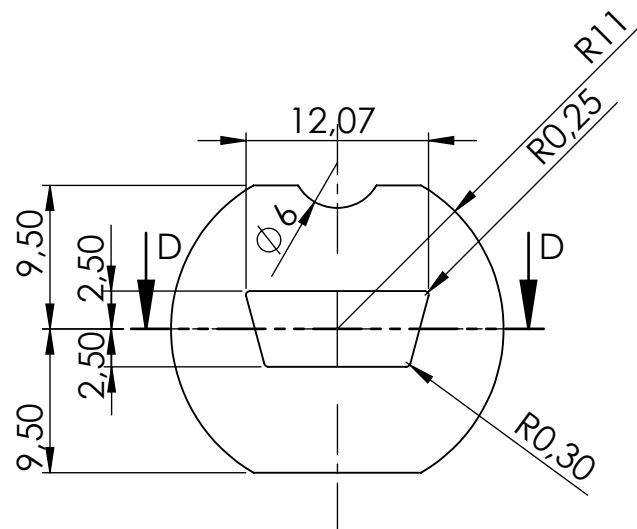
22	8	colone de guidage	C60E	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/2		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>	M2 FMP	



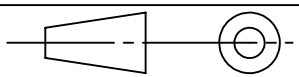
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 2

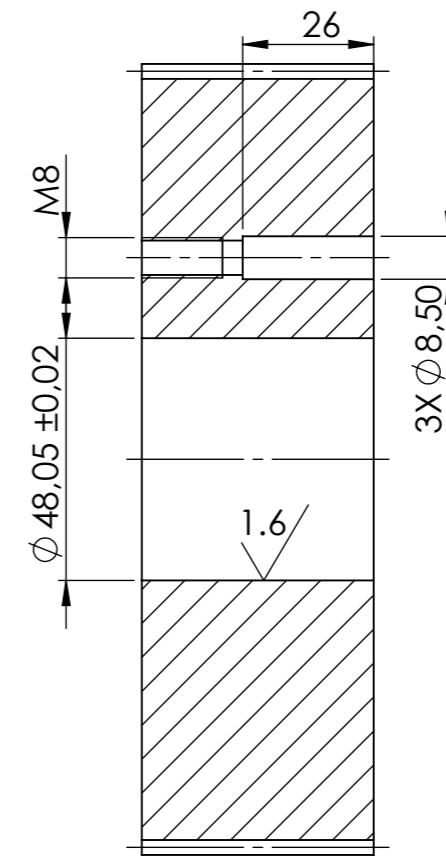
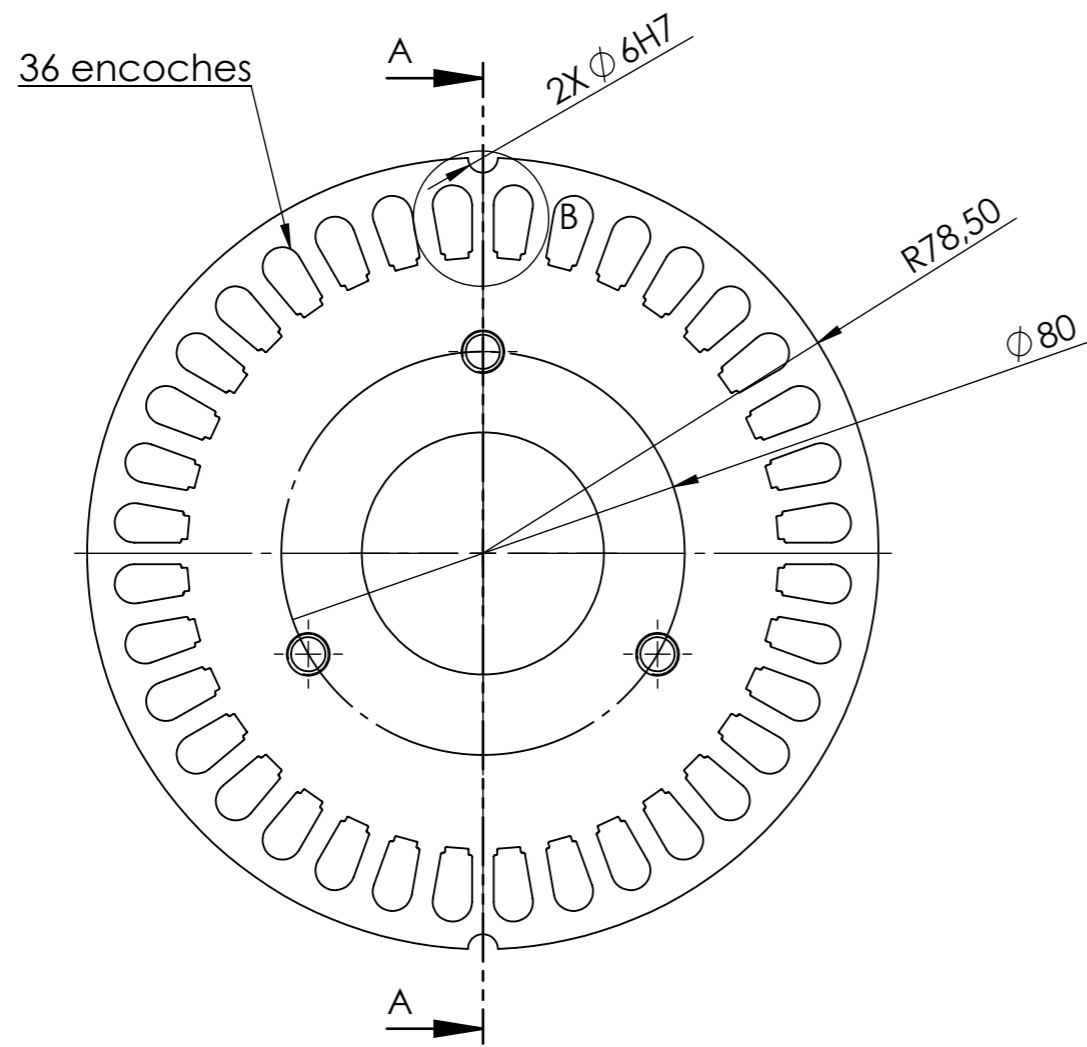


20	1	Boulon de retenue	15Cr Ni6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/2		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>	M2 FMP	

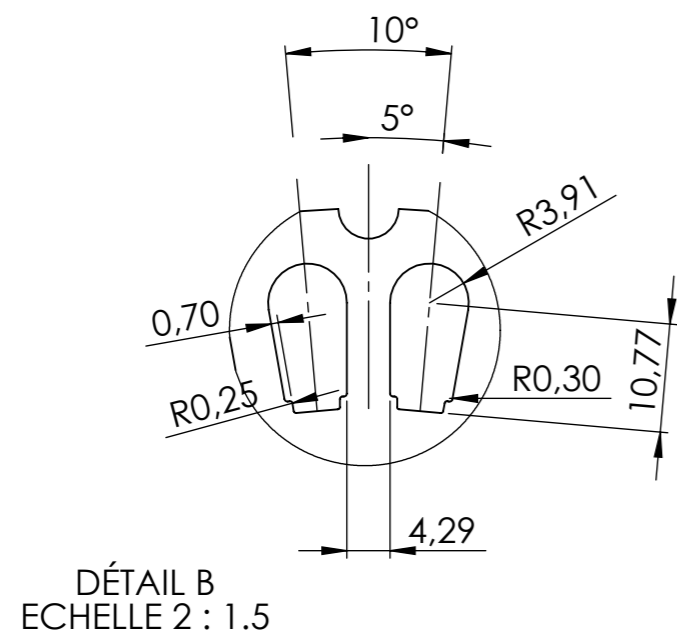


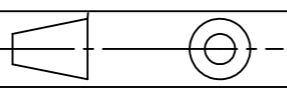
COUPE D-D  
ECHELLE 2 : 1

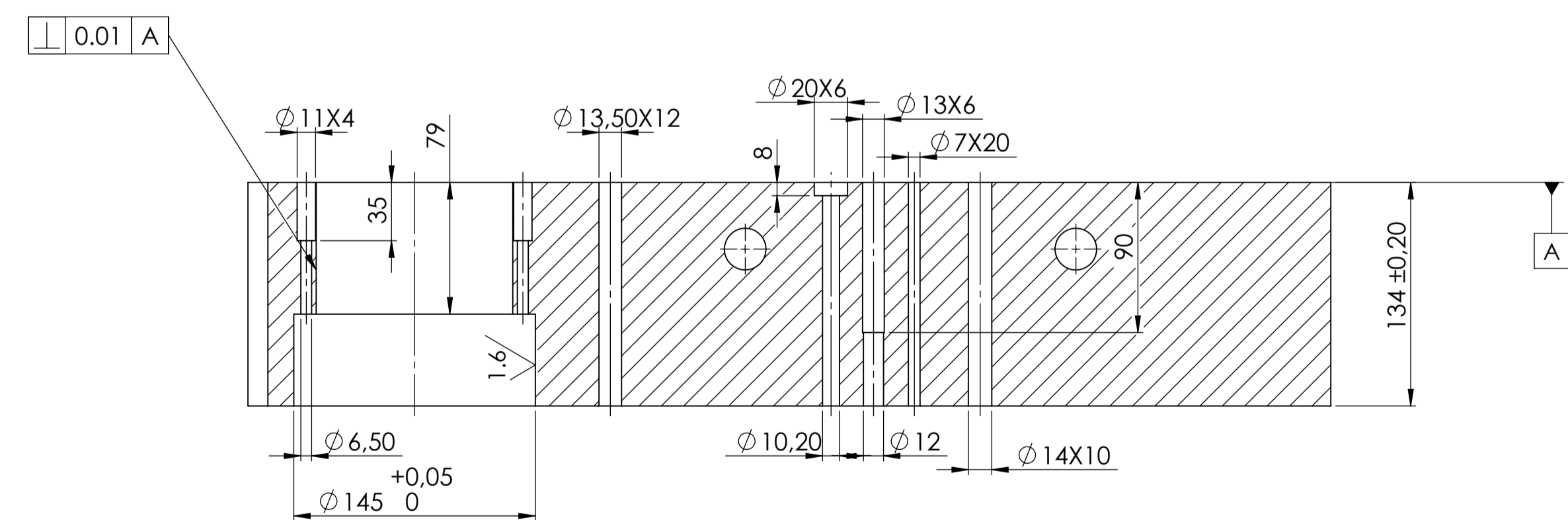
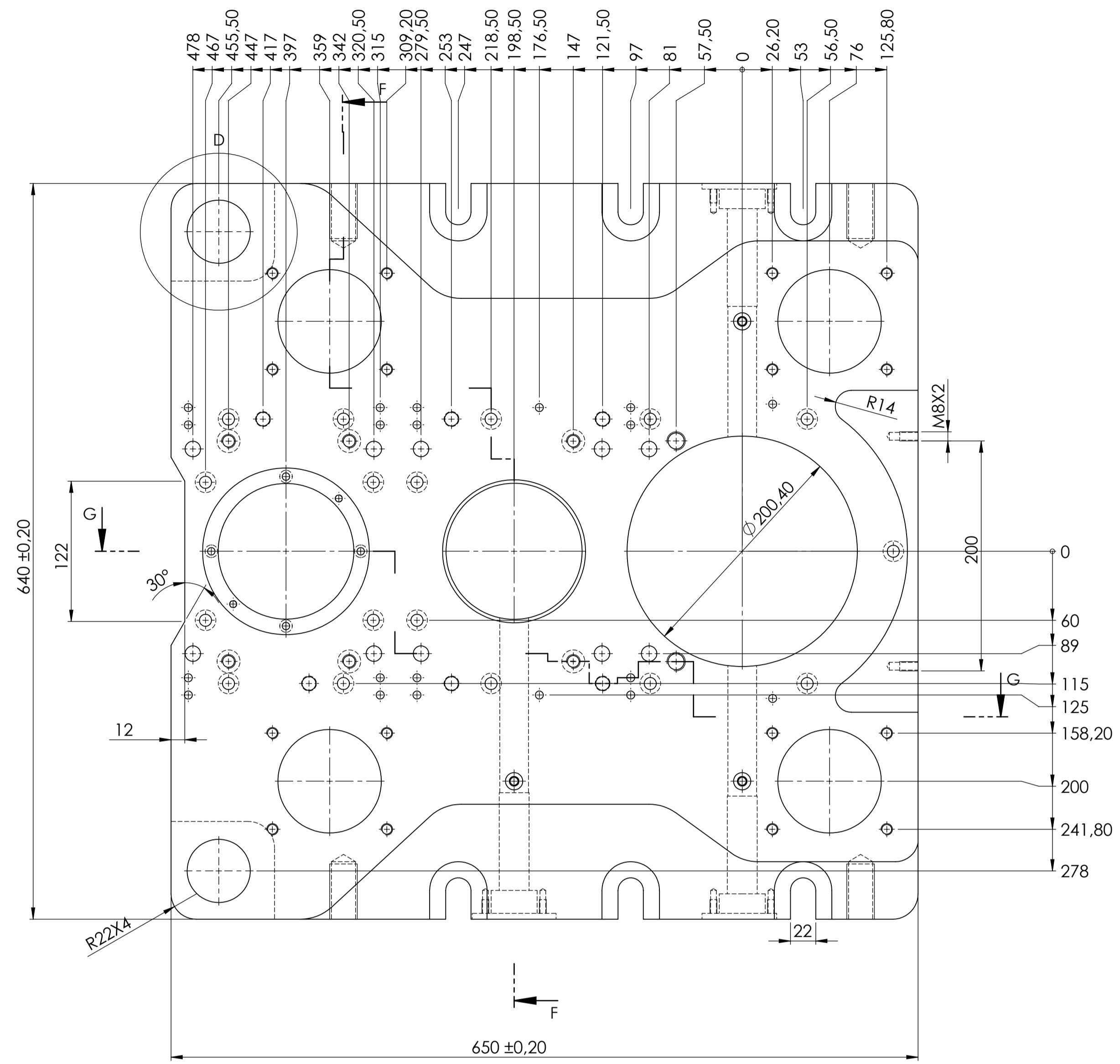
4	8	garniture de rainure d'agrafe	X210 Cr w12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:2/1	<b>Outil de découpage - poinçonnage 130-2</b>			AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
A4	<b>FGC-GM-UMMTO</b>			M2 FMP



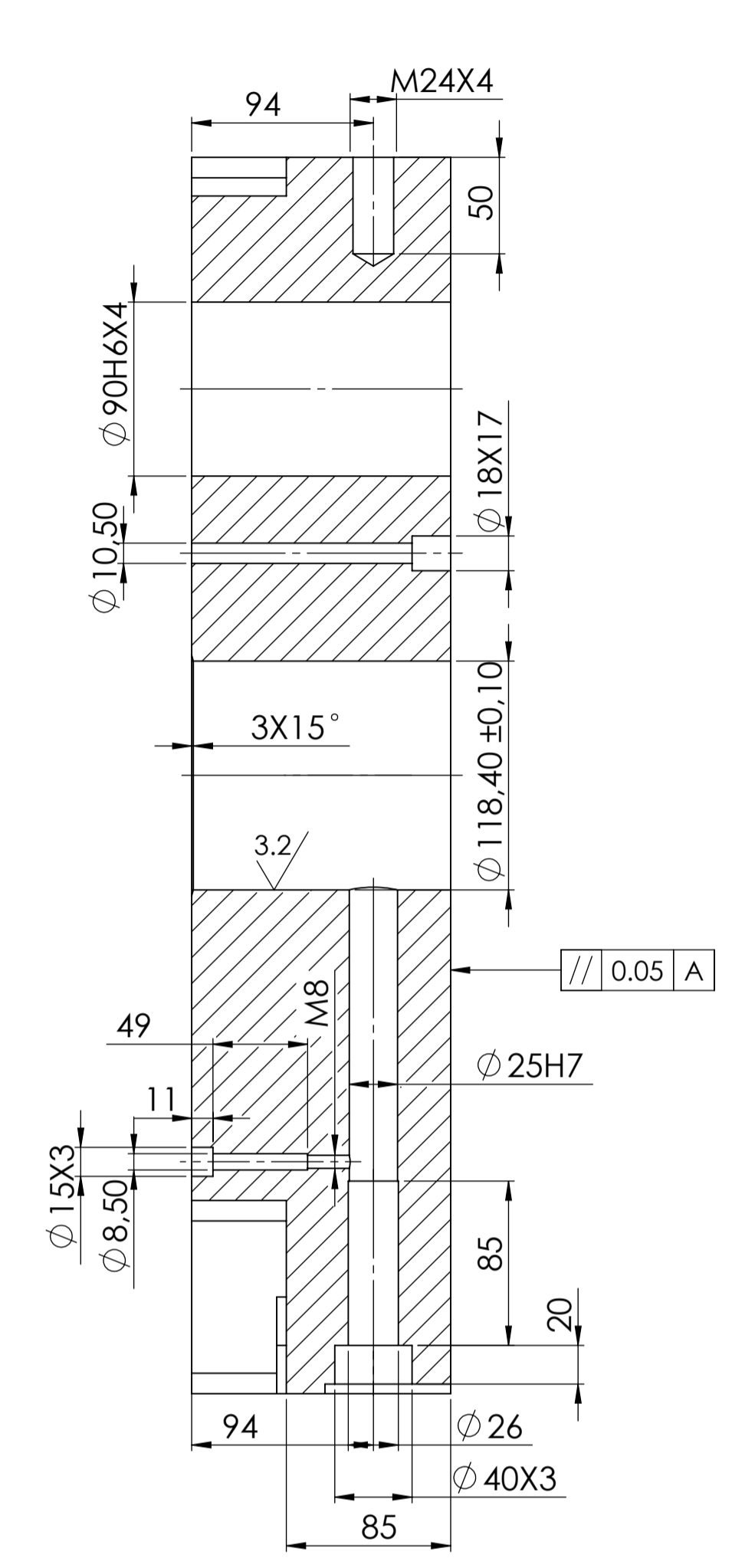
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1.5



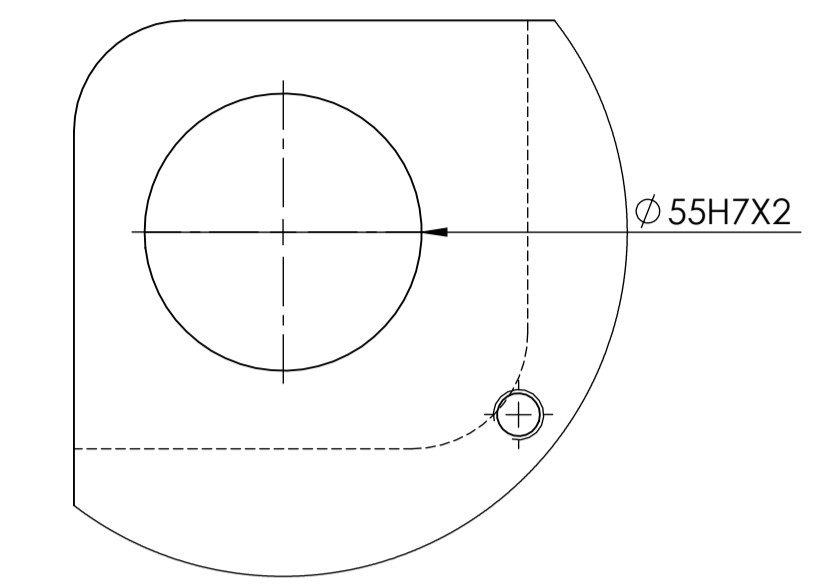
7	1	matrice stator	X210 Cr w12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
Ech:1/1.5			<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B
A3				2017/2018
		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



COUPE G-G  
ECHELLE 1 : 3



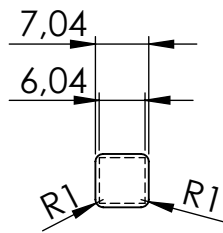
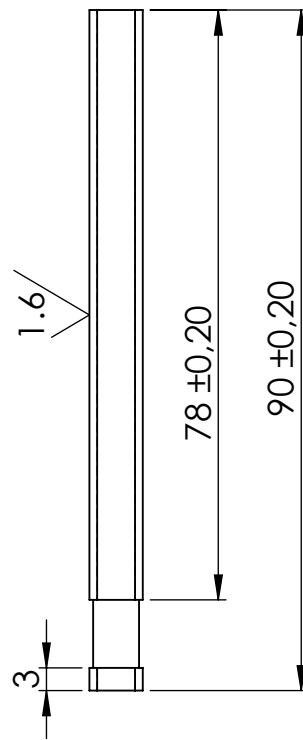
COUPE F-F  
ECHELLE 1 : 3



DÉTAIL D  
ECHELLE 2 : 3

Ra=6.3 sauf indication  
Tolérance de fabrication ±0.003 sauf indication

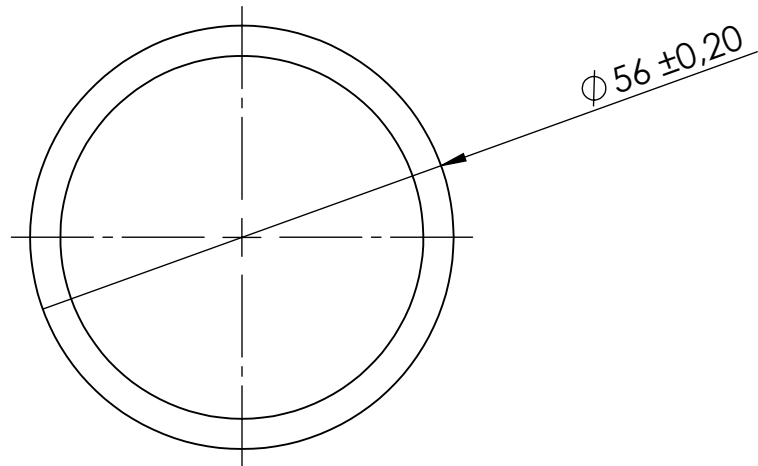
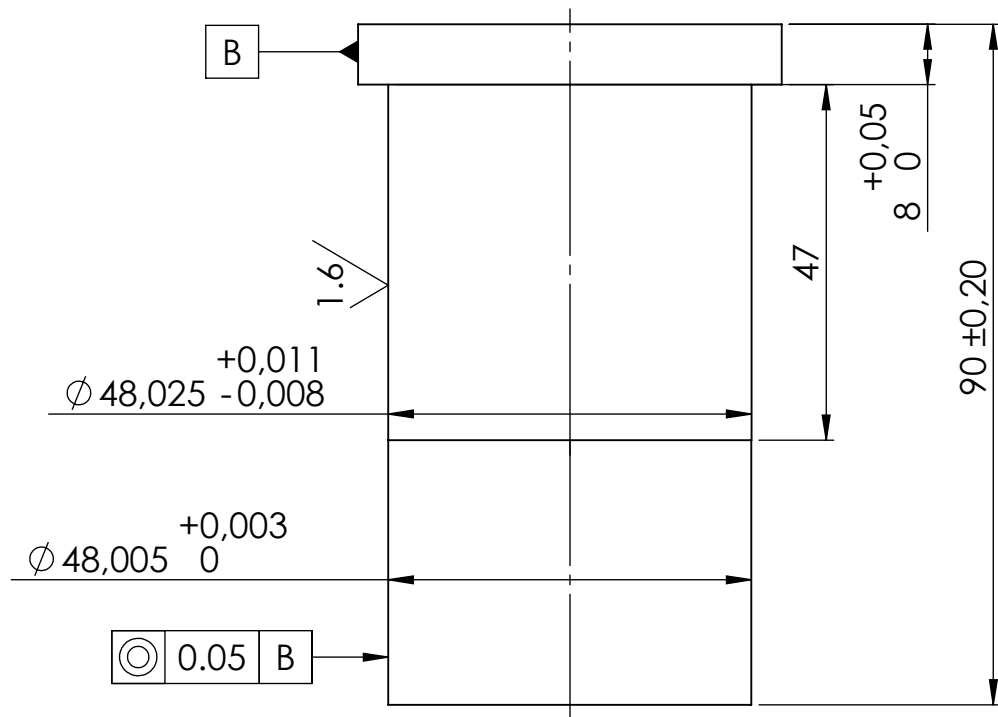
11	1	Plaque de montage etages	GS 60	
Rep Nbr		Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/3		<b>Outil de découpage - poiçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
A2		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



Etats de surfaces  $\pm 0.1$  sauf indication

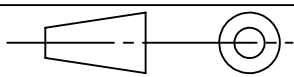
60-62 HRC

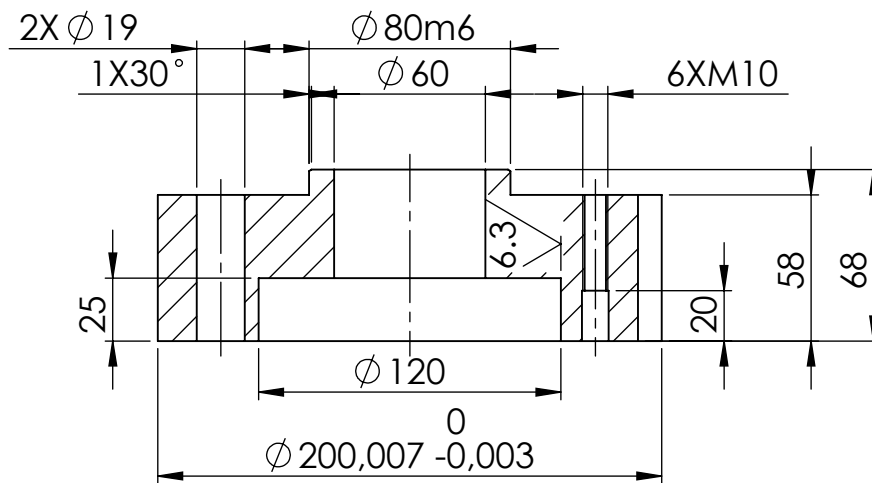
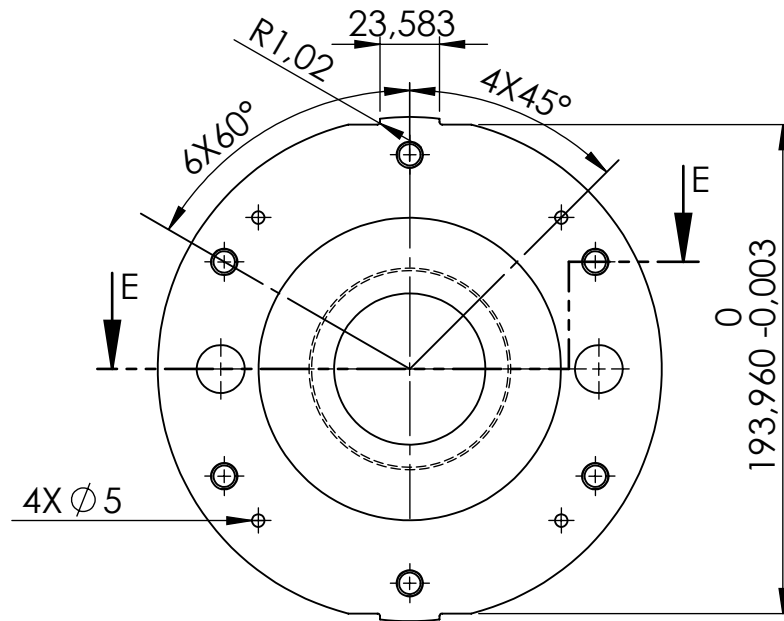
38	1	poinçon de rainure d'empilage	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



Ra=1.6 partout

Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication

40	1	Poinçon de trou d'axe	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP

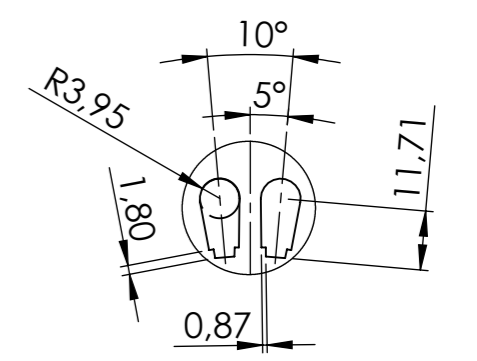
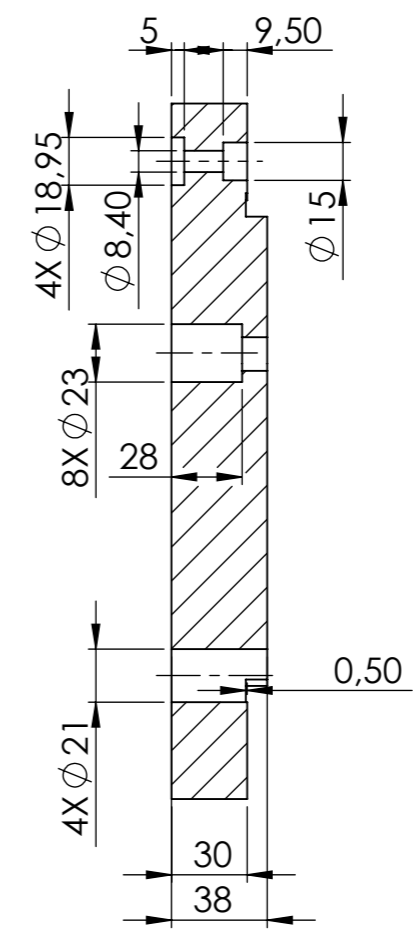
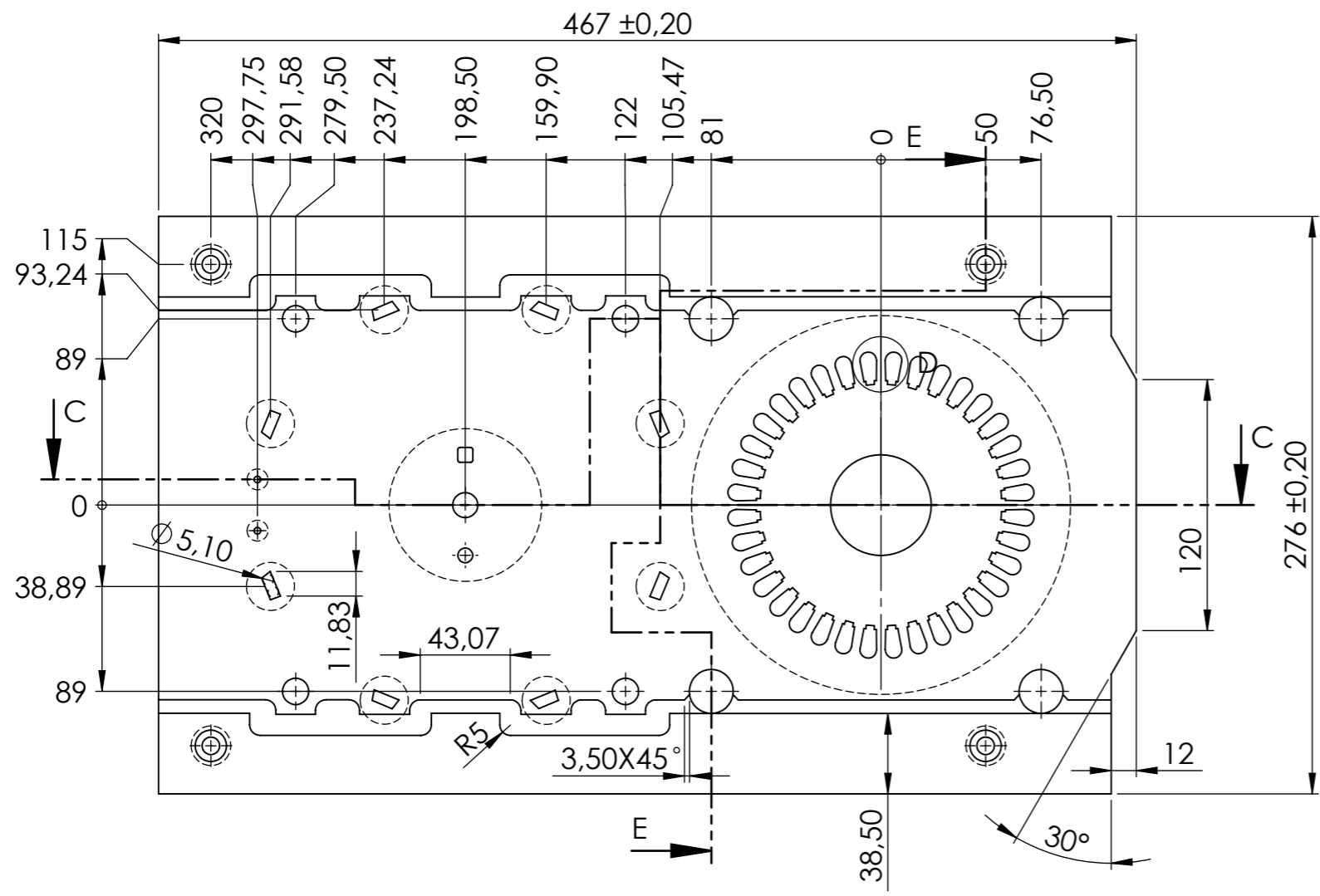


COUPE E-E  
ECHELLE 1 : 3

Ra=0.8 sauf indication

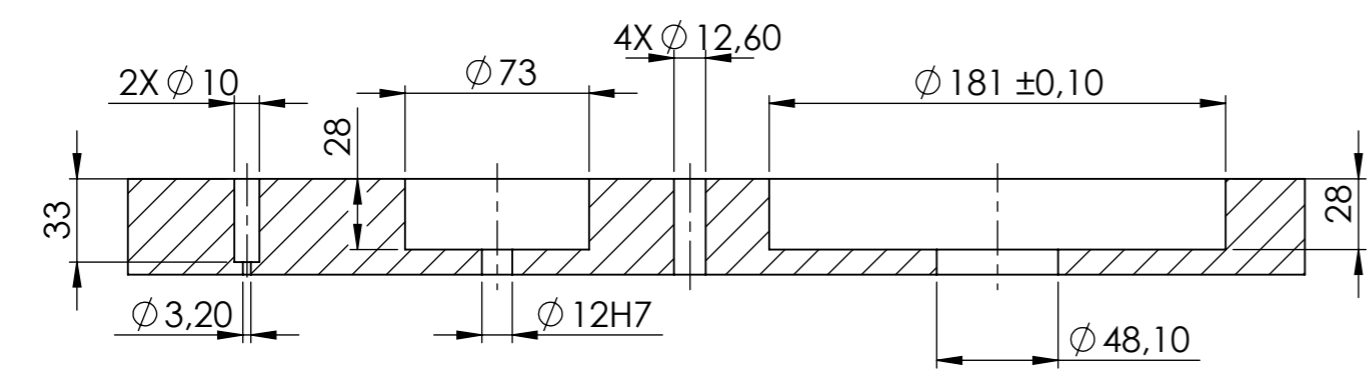
60-62 HRC

35	51	Poinçon de découpage a la matrice	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



DÉTAIL D  
ECHELLE 2 : 3

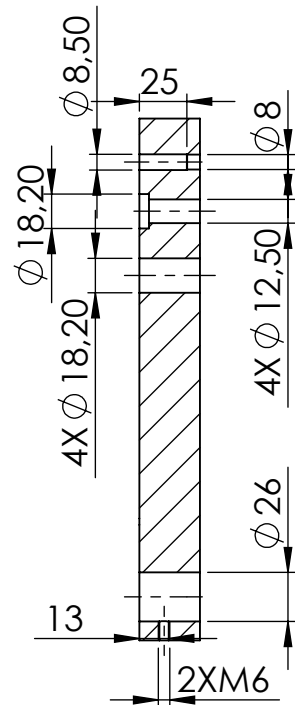
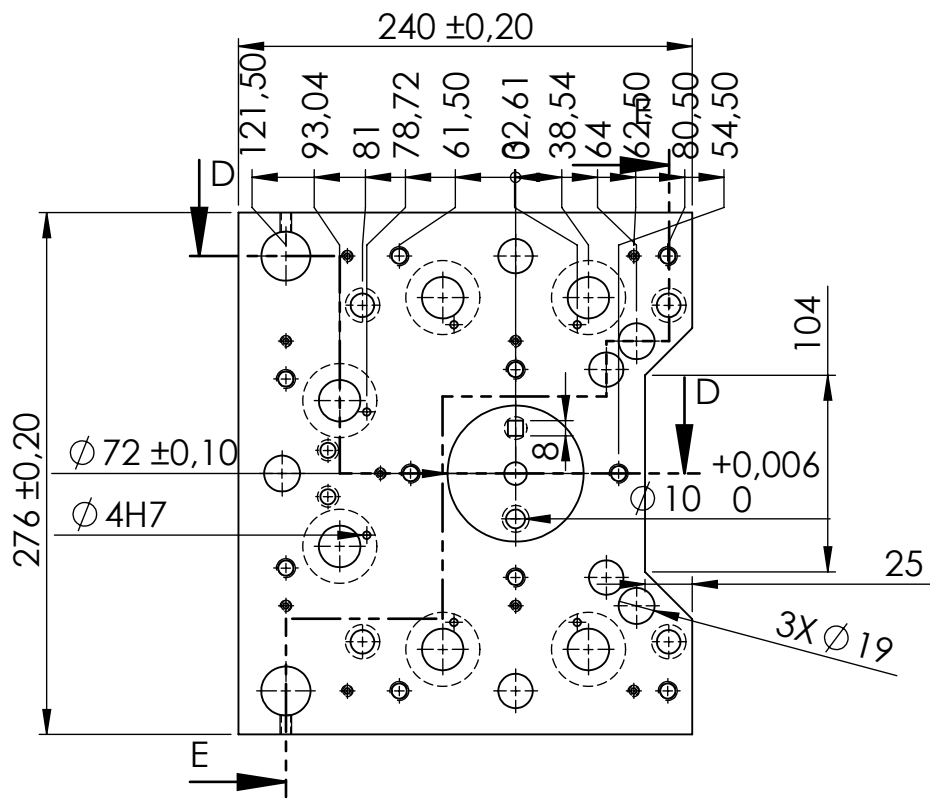
COUPE E-E  
ECHELLE 1 : 3



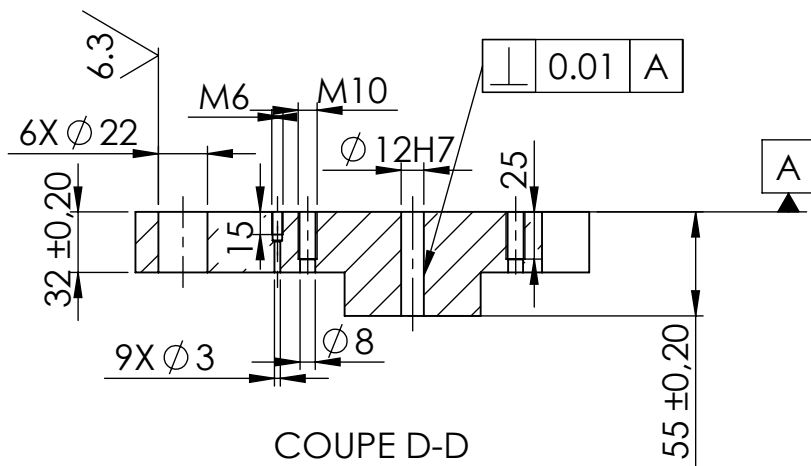
COUPE C-C  
ECHELLE 1 : 3

Ra=1.6 partout  
Etats de surfaces ±0.1 sauf indication

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
33	1	Racloir etages 1+2	C45W	
Ech: 1/3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
A3				2017/2018
		FGC-GM-UMMTO		M2 FMP



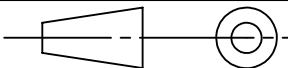
COUPE E-E  
ECHELLE 1 : 4

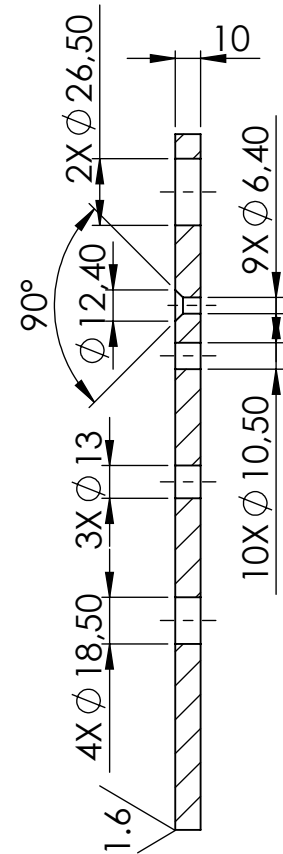
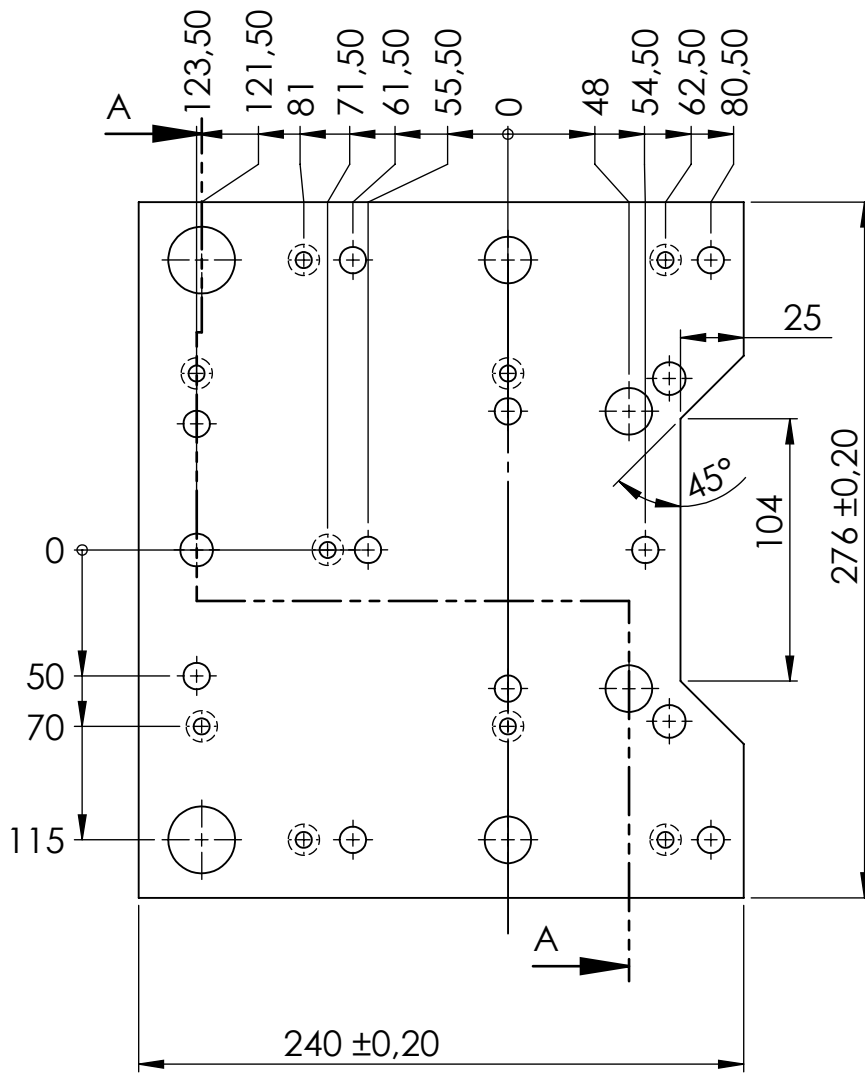


COUPE D-D  
ECHELLE 1 : 4

Etats de surfaces non spécifiés Ra=3.2

Tolérance de fabrication ±0.1 sauf indication

30	1	plaque de retenue de poinçon	C 45 W	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/4	<b>Outil de découpage-ponçonnage 130-2</b>			AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-UMMTO</b>			M2 FMP

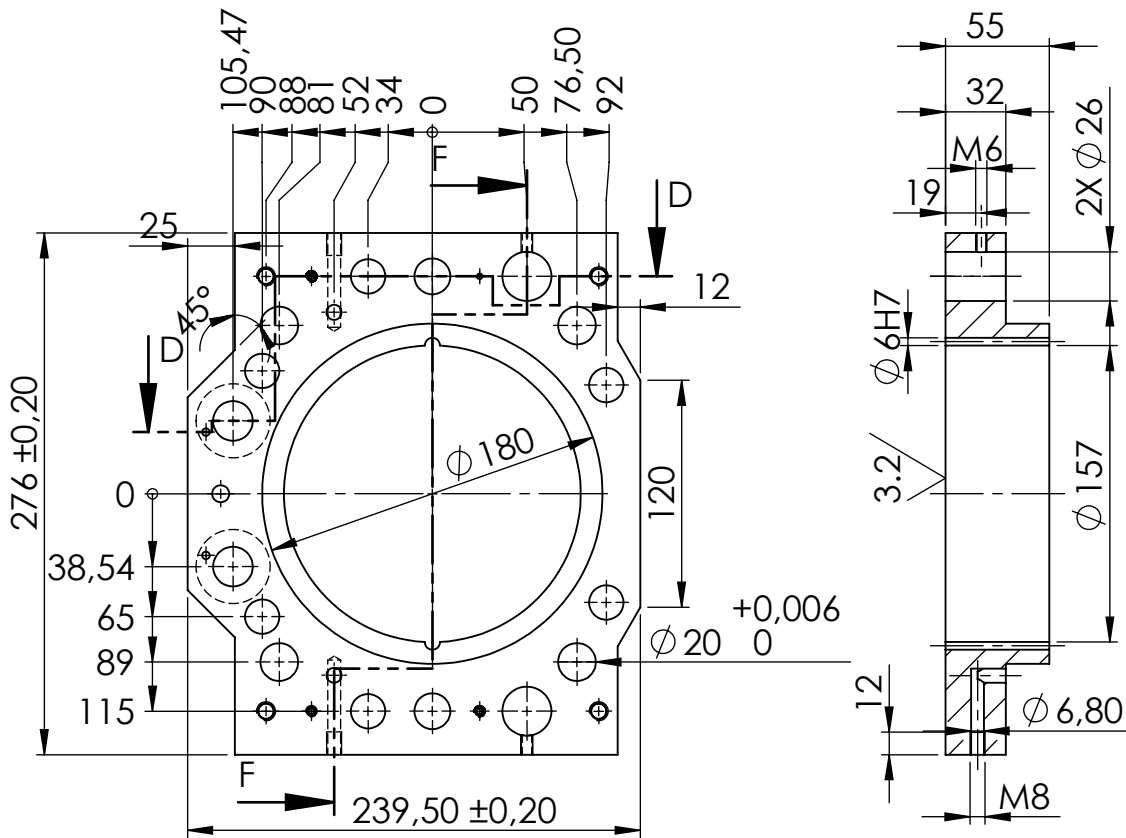


COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 3

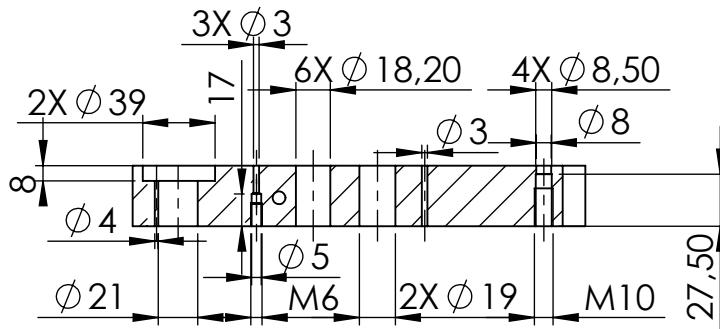
Ra=6.3 sauf indication

Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication

27	1	plaque de pression	105Cr S	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



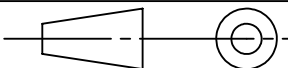
COUPE F-F  
ECHELLE 1 : 4

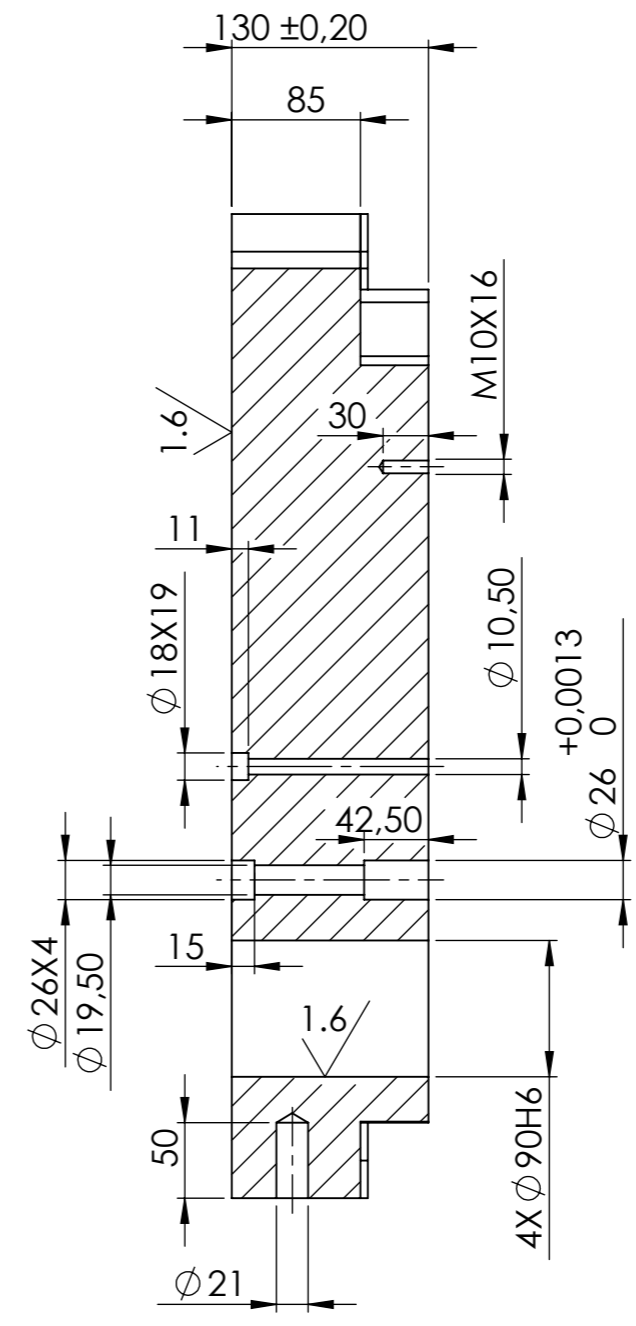
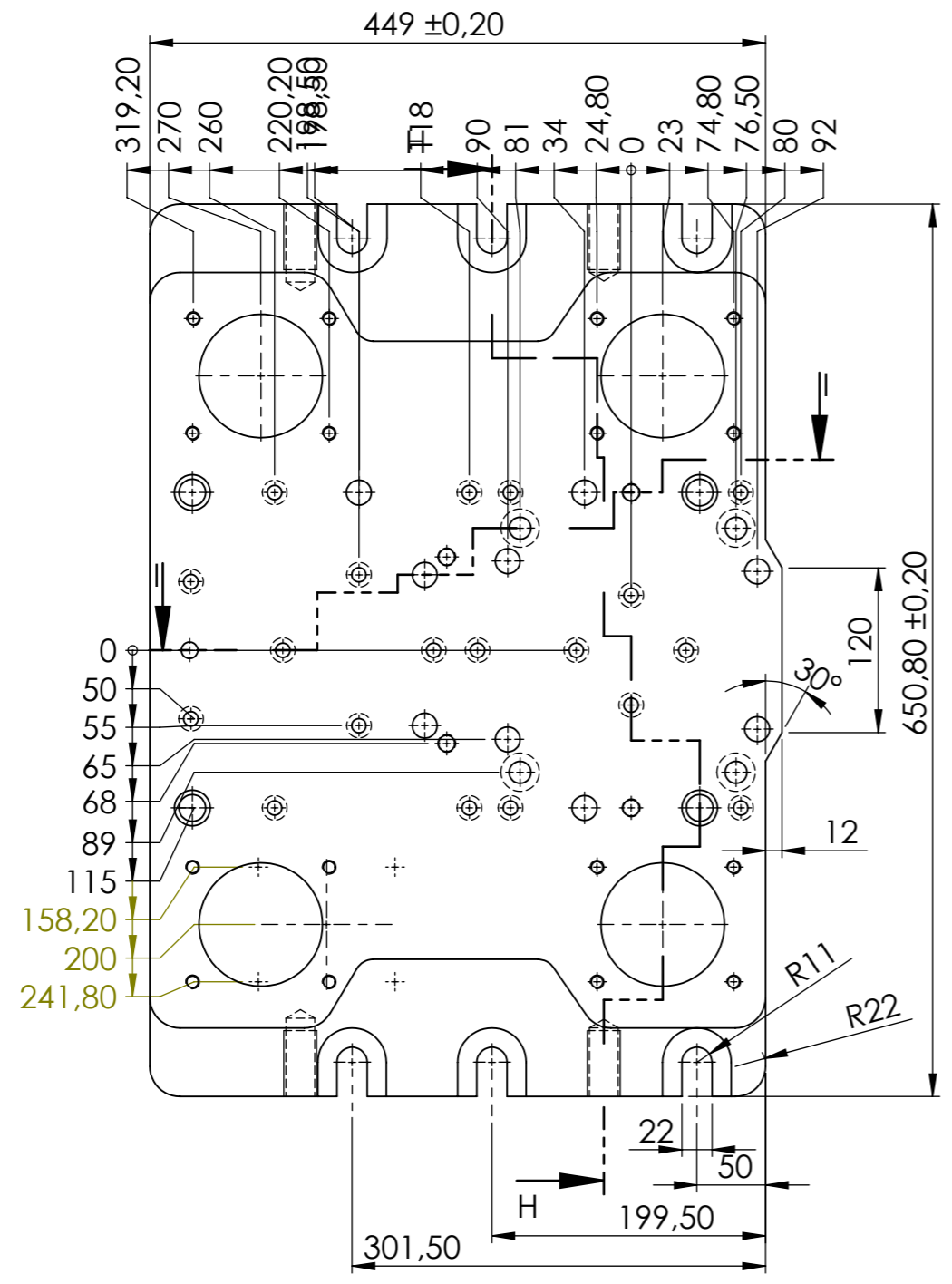


COUPE D-D  
ECHELLE 1 : 4

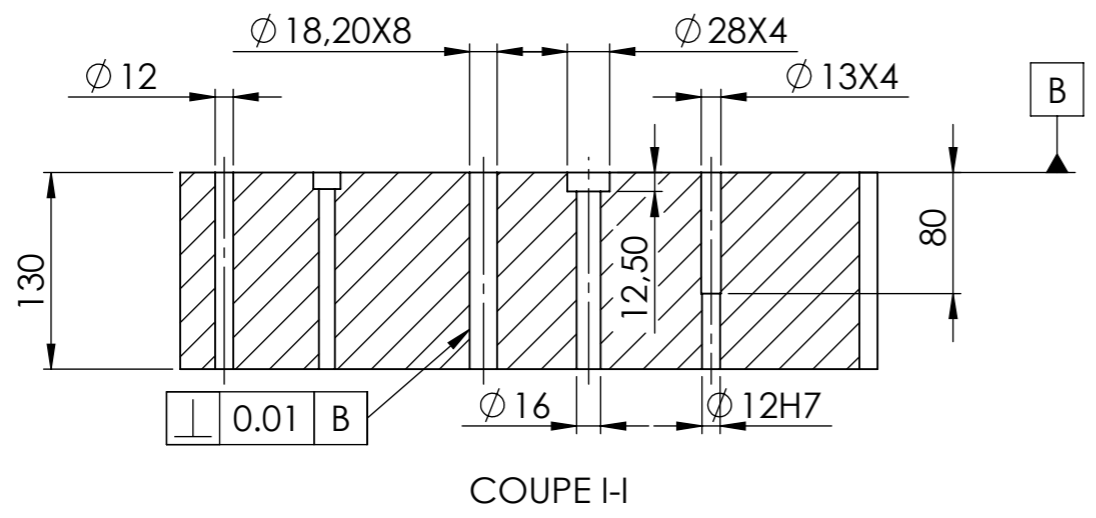
Ra=6.3 sauf indication

Tolérance d'usage  $\pm 0.1$  sauf indication

31	1	Plaque de retenue de poinçon	40Cr Mn Mo S8-6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/4		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



COUPE H-H

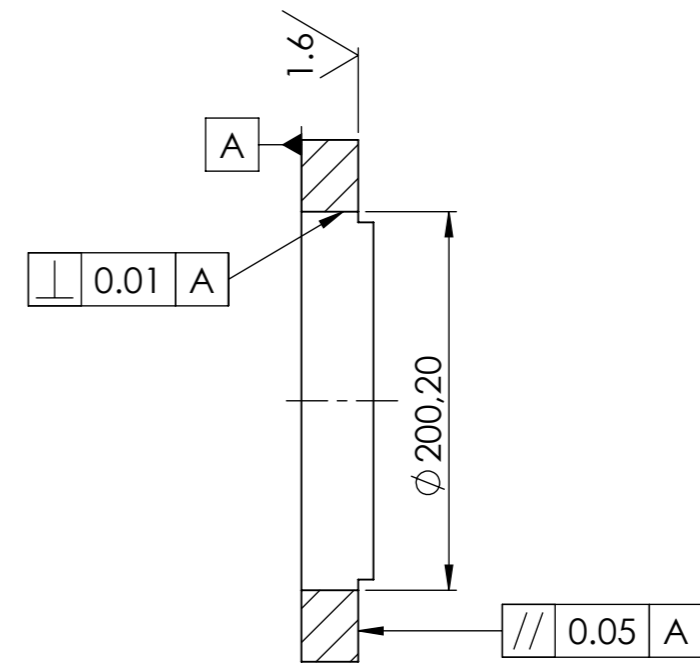
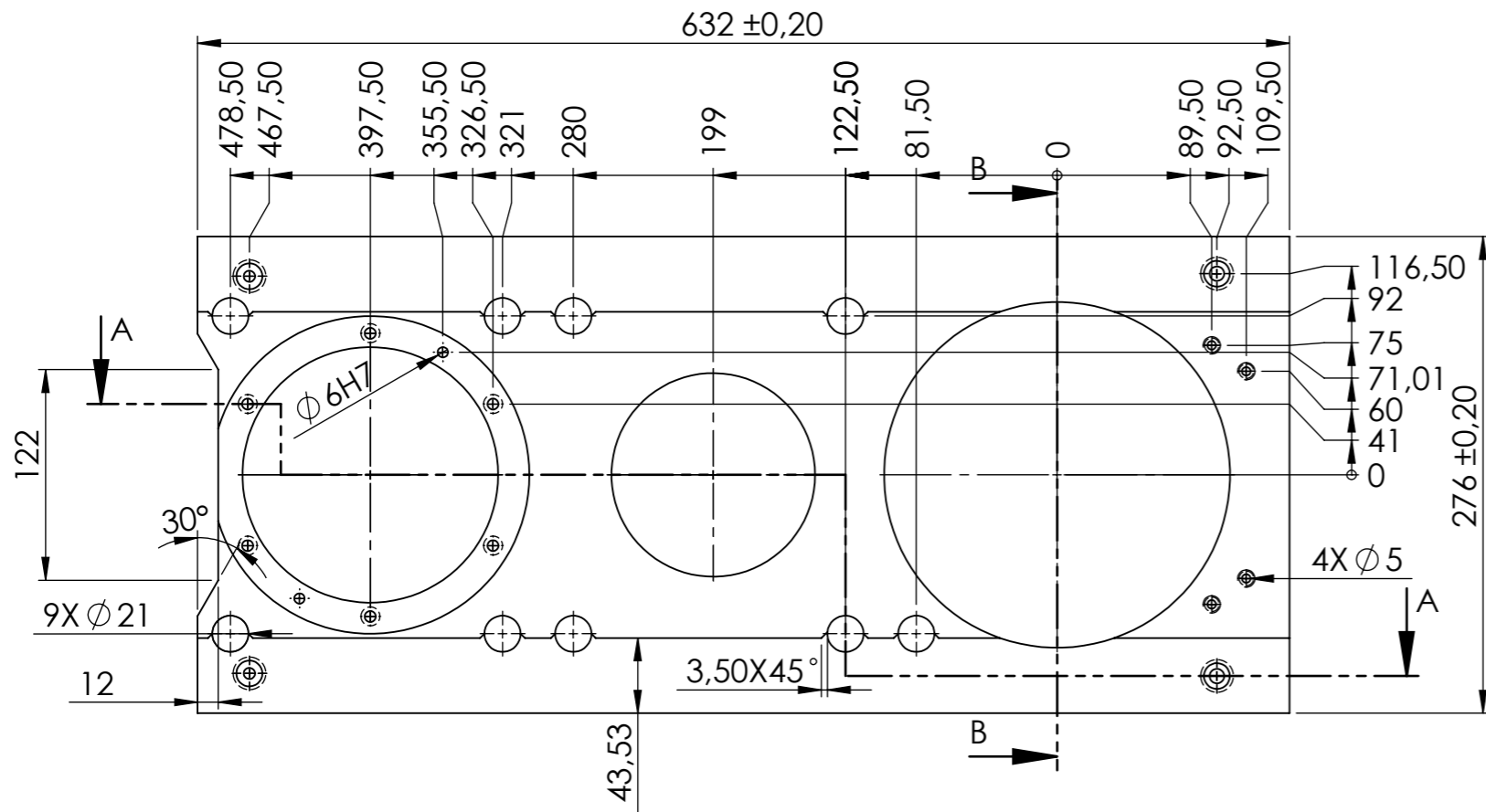


COUPE I-I

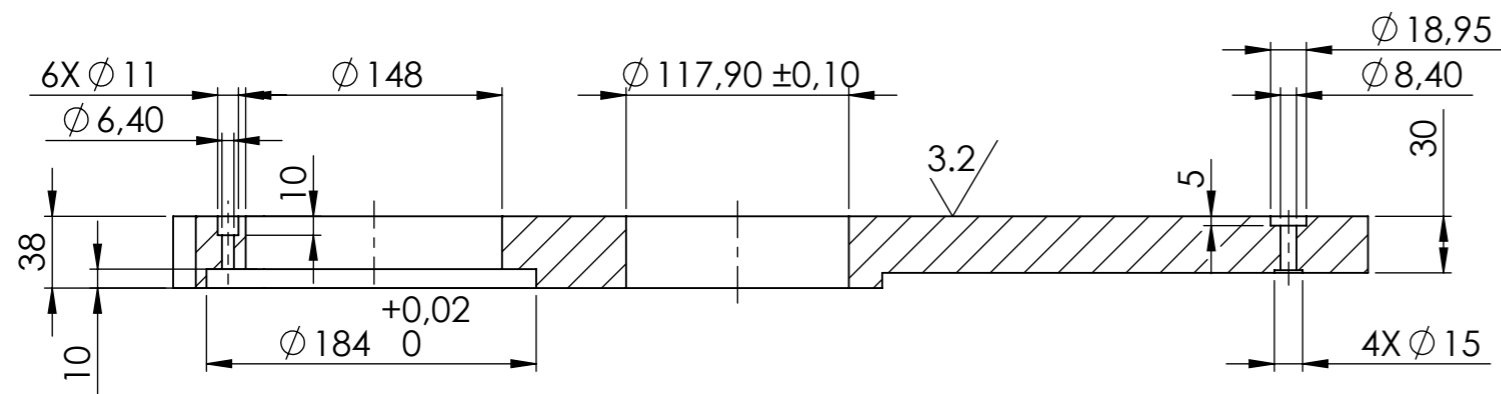
Ra=3.2 sauf indication

Tolérance d'usinage ±0.003 sauf indication

23	1	Plaque de montage	GS 60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/5		<b>Outil de découpage-poiçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
A3			2017/2018	
		GM - FGC - UMMTO - FMP	M2 FMP	

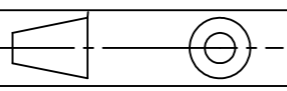


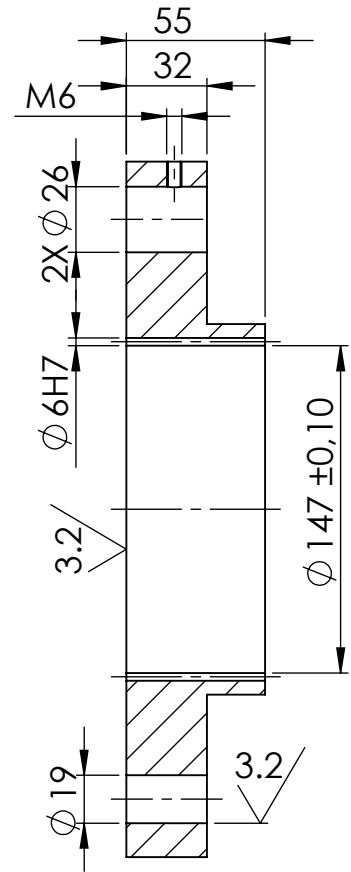
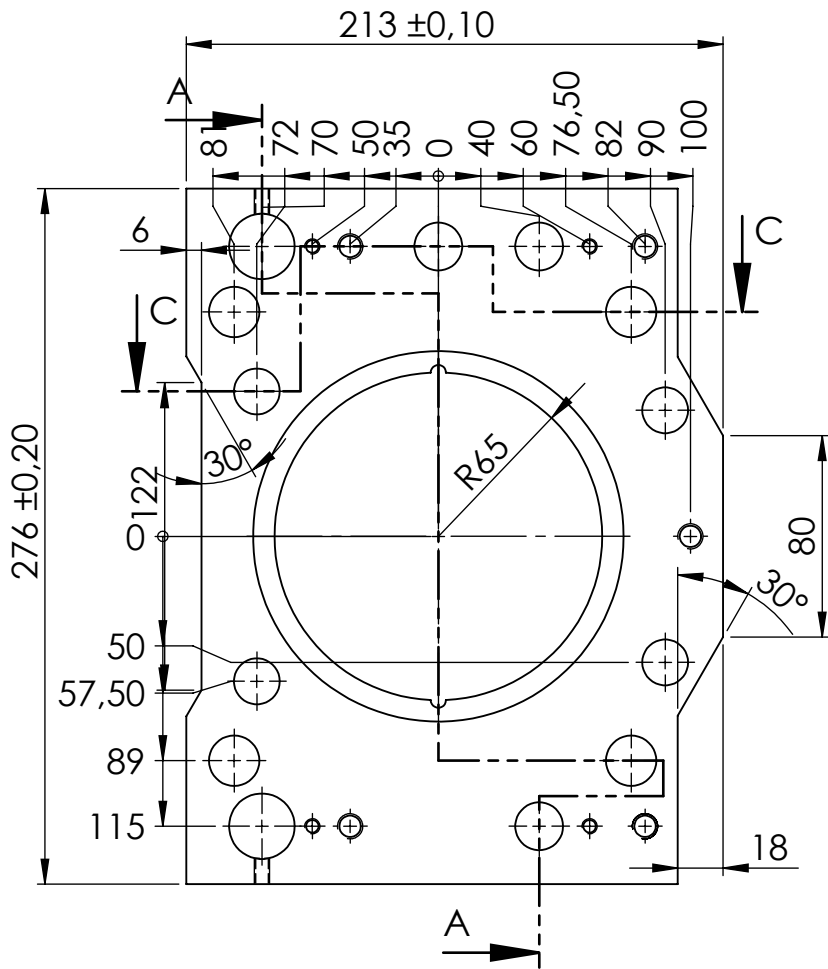
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 4



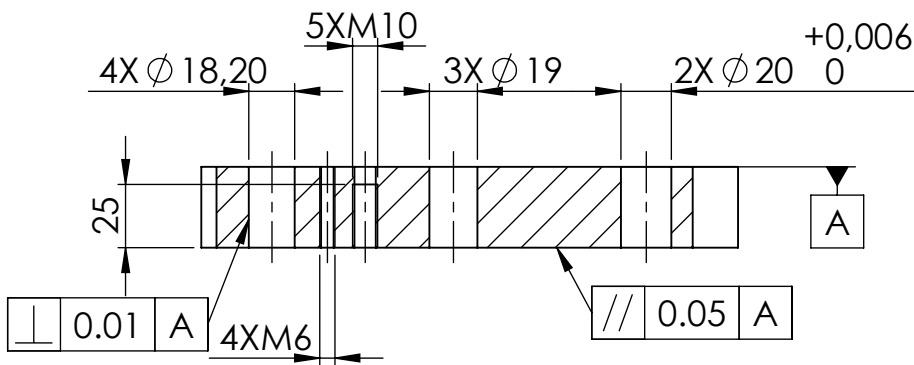
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 4

Etats de surfaces  $Ra=6.3$  sauf indication  
tolérance de fabrication à 0.5 sauf indication

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
25	1	Racloir etages 3-5	C 45 w	
Ech:1/4		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
A3			FGC-GM-UMMTO	M2 FMP



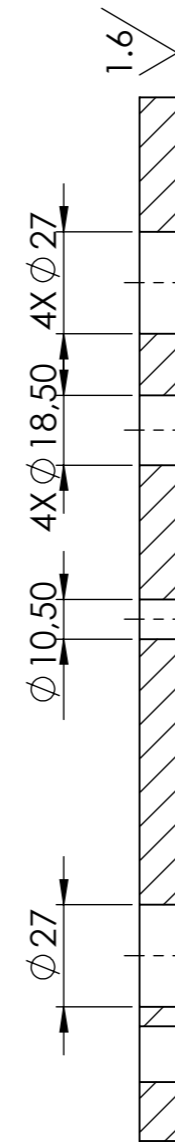
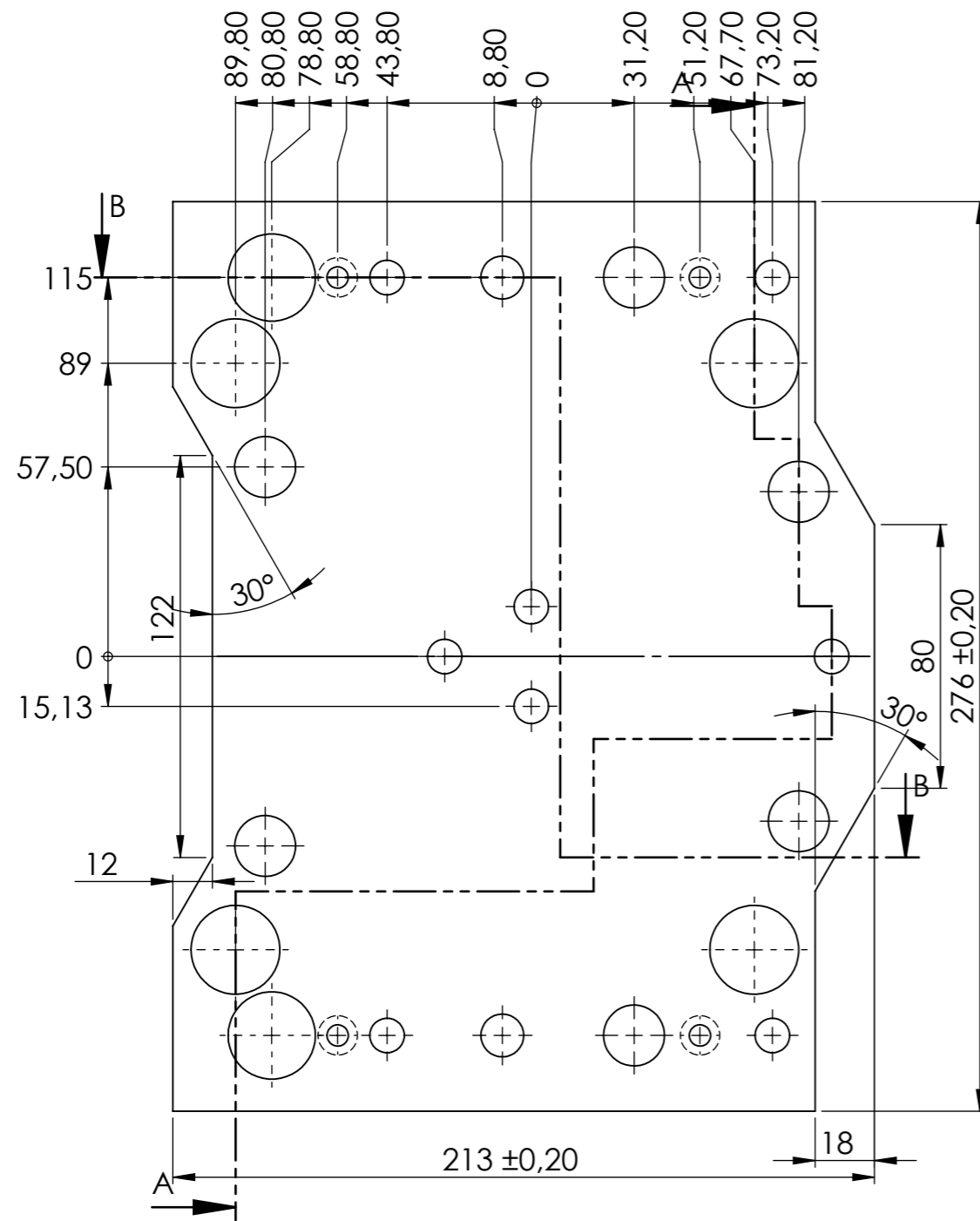
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 3



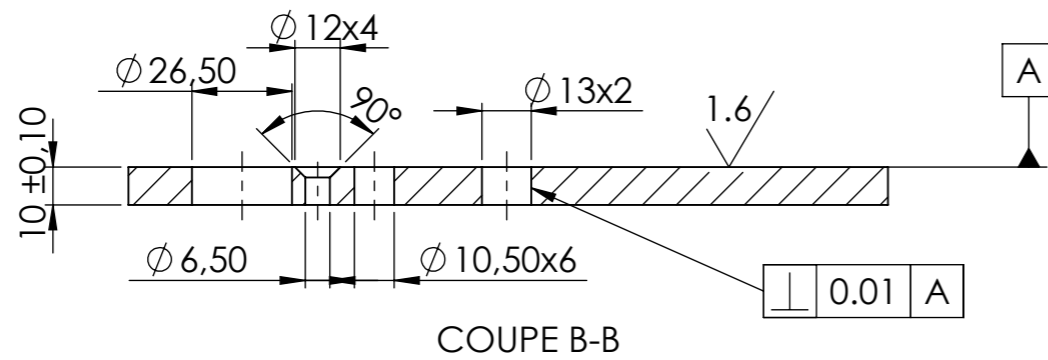
COUPE C-C  
ECHELLE 1 : 3

Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication  
Ra=6.3 sauf indication

28	1	Plaque de retenue poinçon	40Cr Mn Mo8-6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1:3	<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>			AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-UMMTO</b>			M2 FMP



COUPE A-A

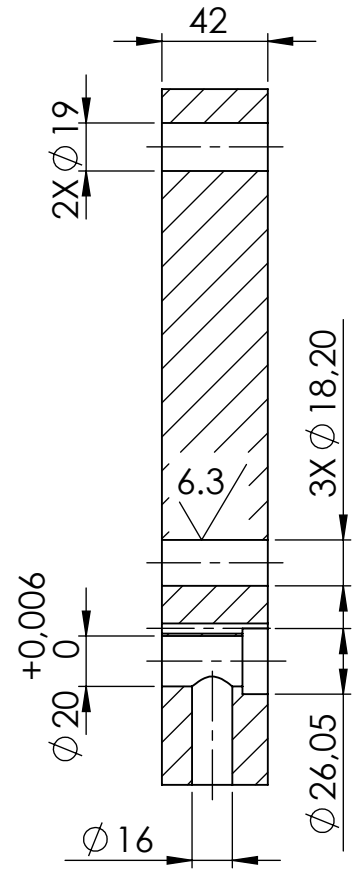
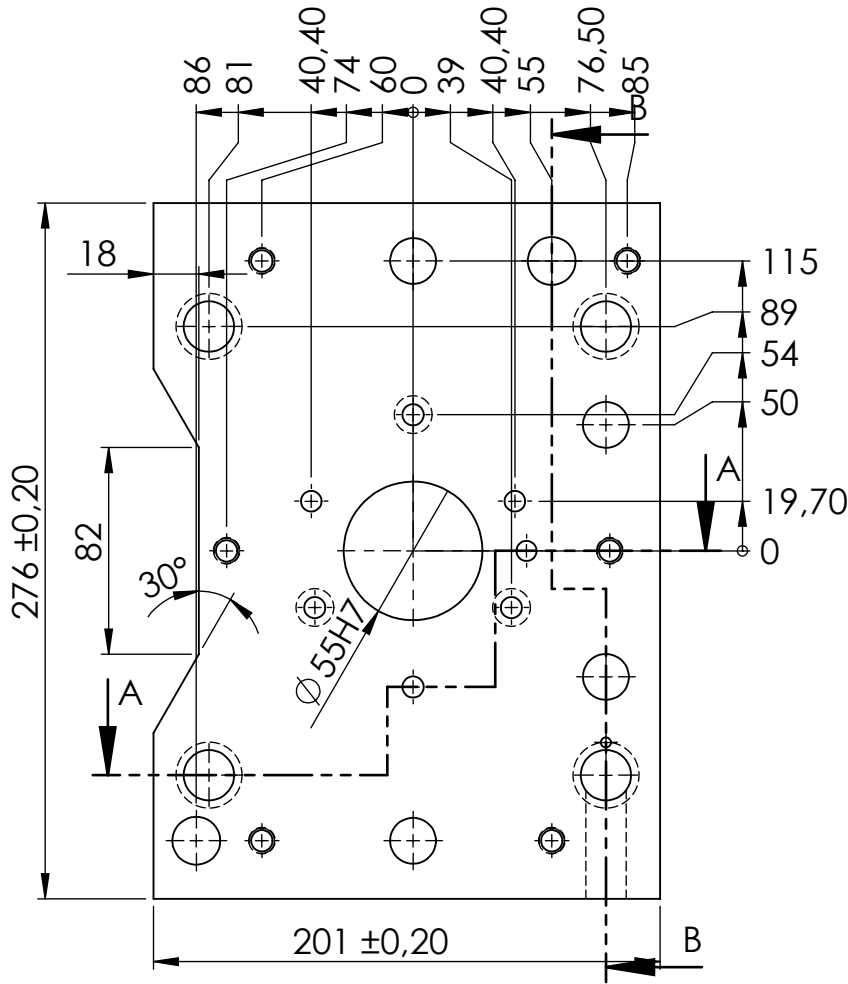


COUPE B-B

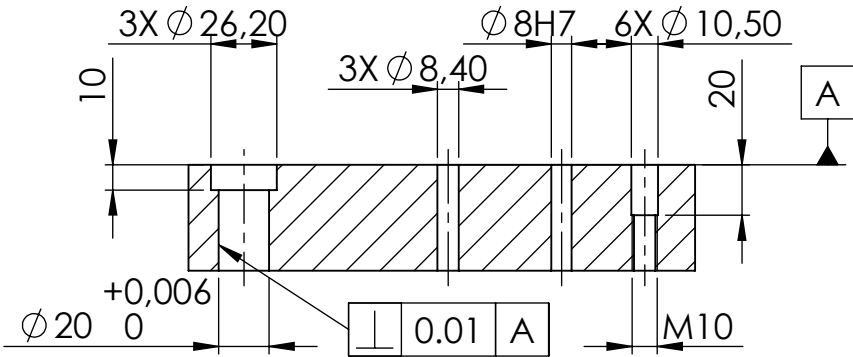
Ra=6.3 sauf indication

Tolérance d'usinage ±0.1 sauf indication

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
29	1	Plaque de pression	105Cr S	
Ech: 1/2		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
A3				2017/2018
				M2 FMP

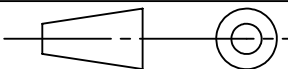


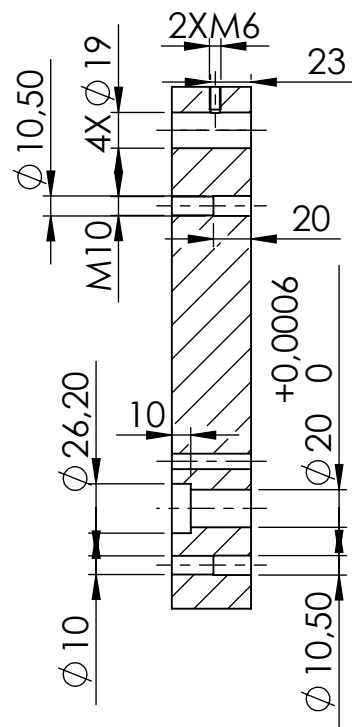
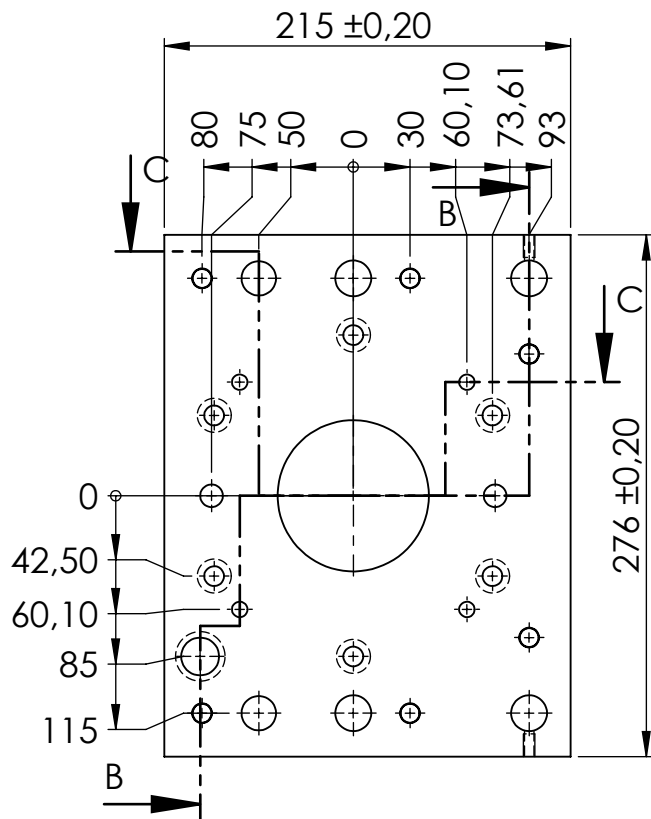
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 3



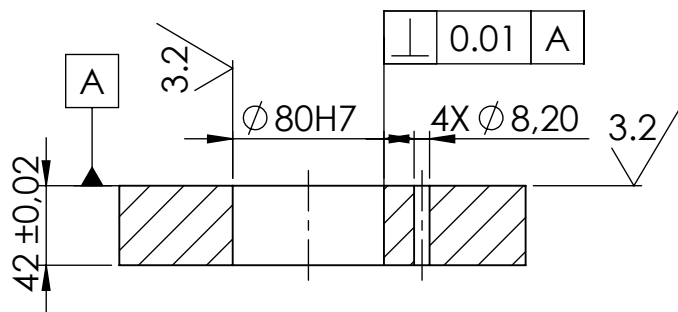
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 3

Ra=6.3 sauf indication  
Tolérance d'usinage  $\pm 0.1$  sauf indication

44	1	Plaque de retenue poinçon	C45W	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/3	<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>			AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-UMMTO</b>			M2 FMP



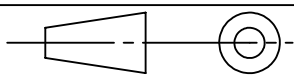
COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 4

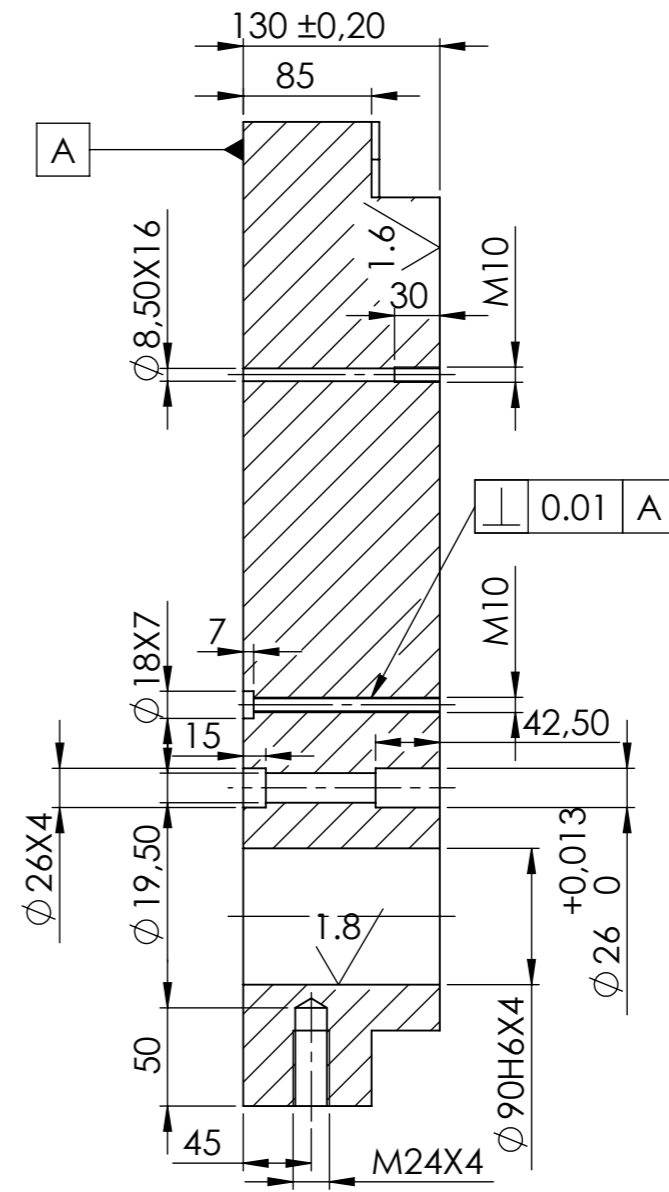
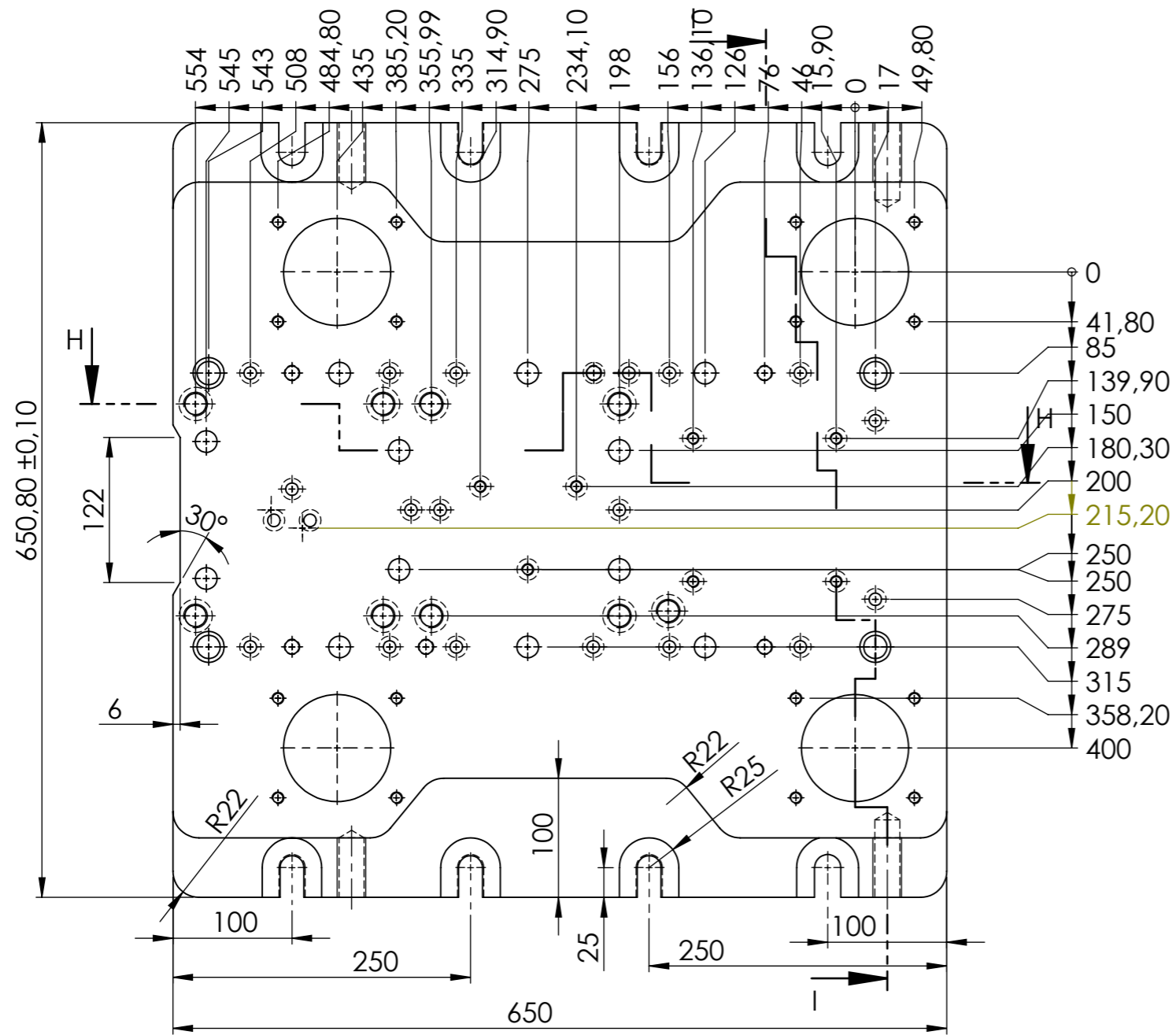


COUPE C-C  
ECHELLE 1 : 4

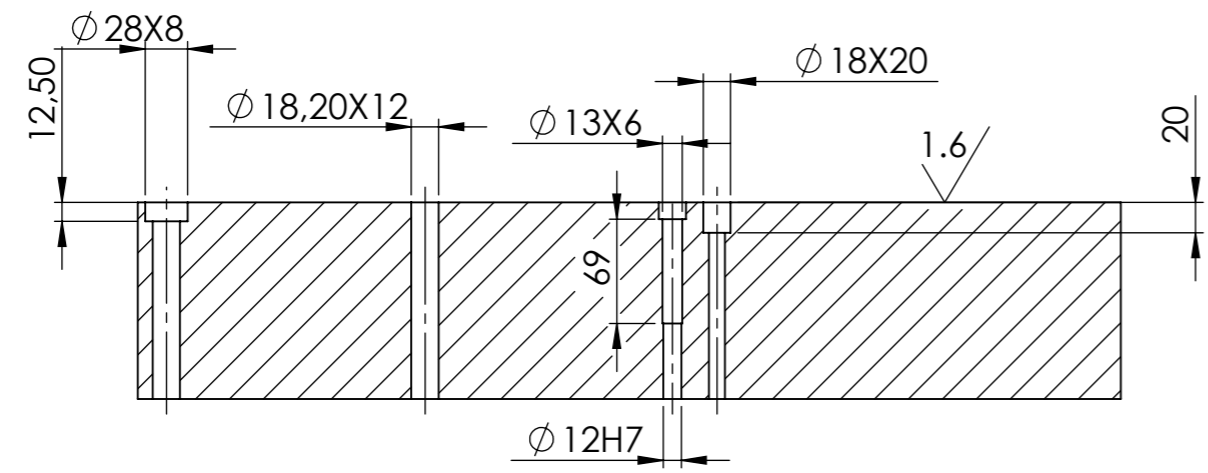
Etats de surfaces non spécifiés=6.3

Les cotes sans tolérances sont usinées à 0.1

34	1	Plaque de retenue de poinçon	C 45 W	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1.4	<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>			AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



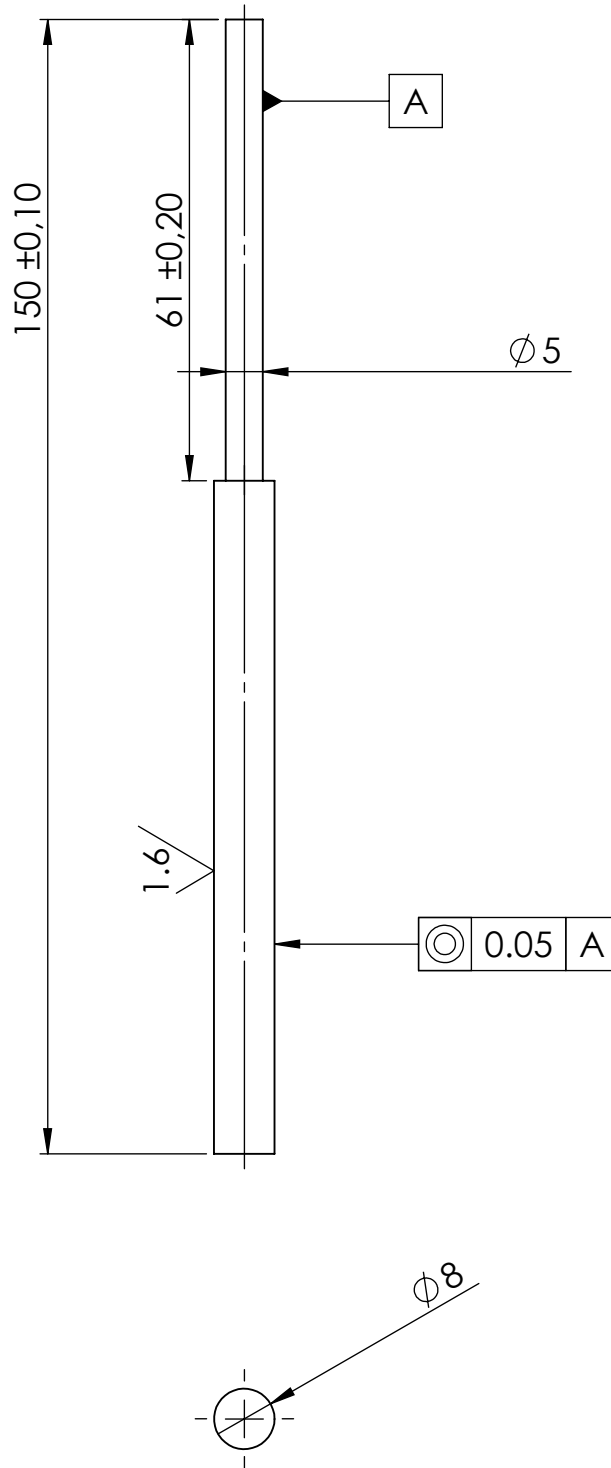
COUPE I-I



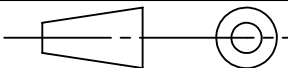
COUPE H-H

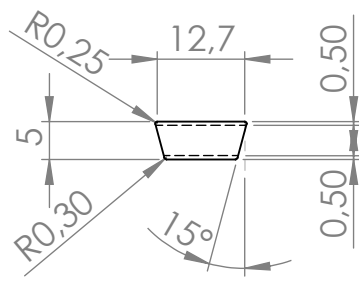
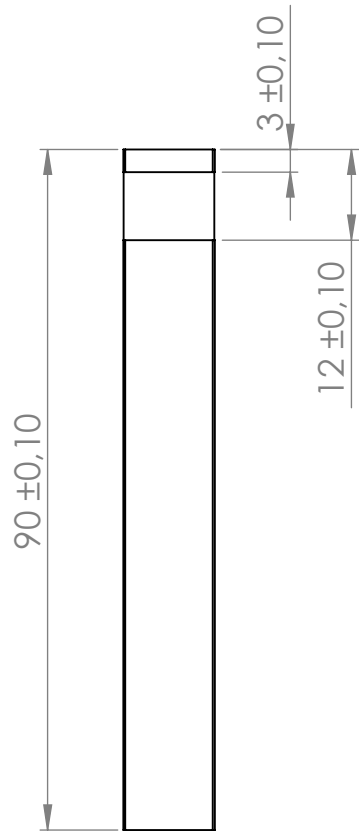
Ra = 3.2 sauf indication  
 Etats de surfaces ±0.003 sauf indication

24	1	Plaque de montage	GS 60	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/5		<b>Outil de découpage-poiçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
A3			2017/2018	
		GM - FGC - UMMTO - FMP	M2 FMP	



Ra=3.2 sauf indication

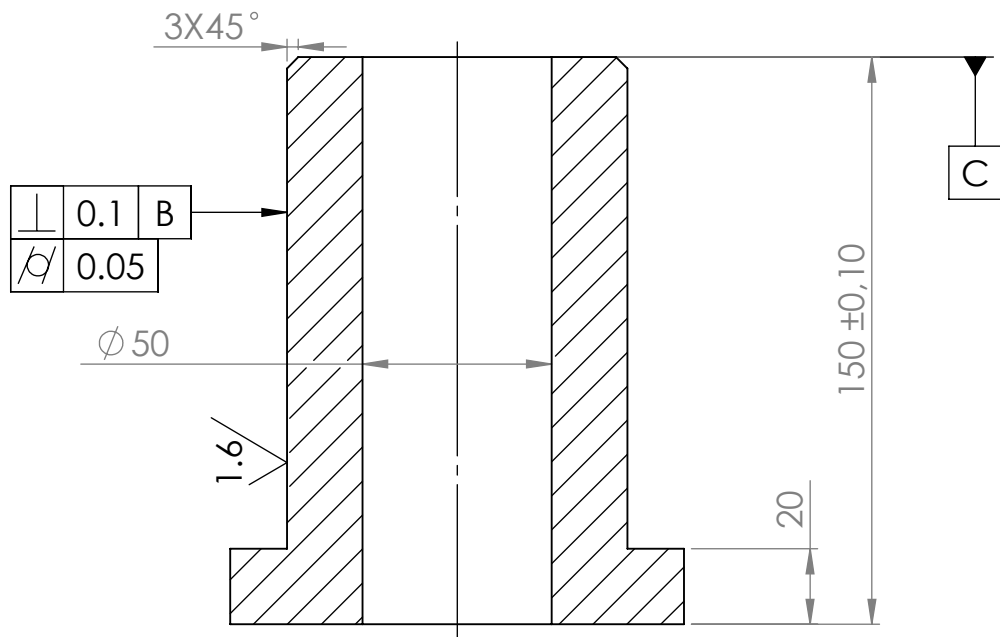
10	7	Boulon d'écartement	115Cr V3	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



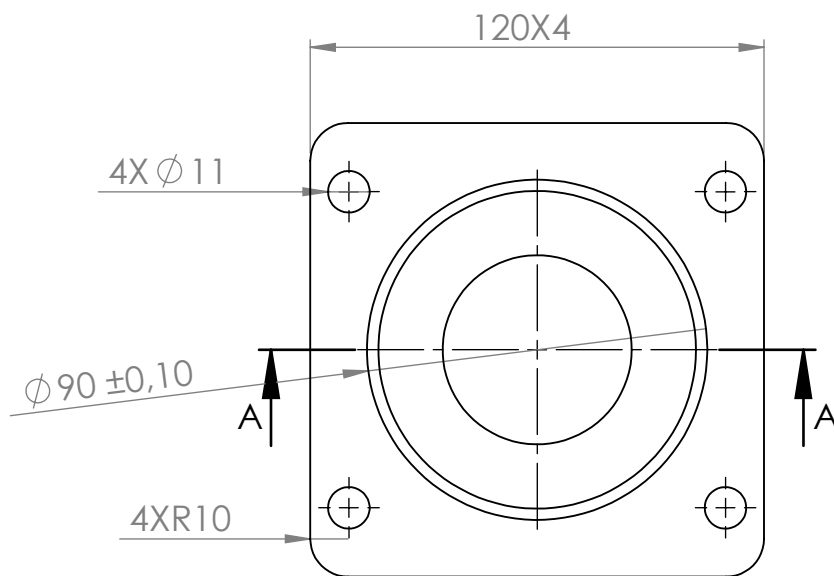
Ra=1.6 Partout

Tolérance de fabrication  $\pm 0.003$  sauf indication

43	08	Poiçon d'agraphe	X210 Cr w12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 1/1		<b>Outil de découpage-poiçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				Planche N°:38
A4		UMMTO - FGC - GM - FMP		M2 FMP



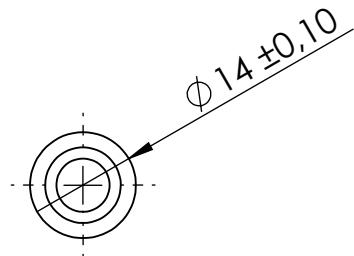
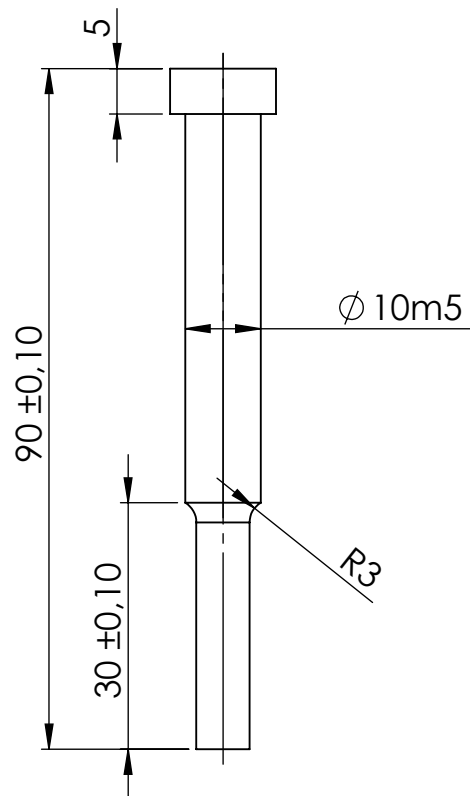
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 2



Ra=6.3 sauf indication

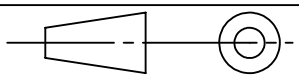
Tolérance de fabrication  $\pm 0.003$  sauf indication

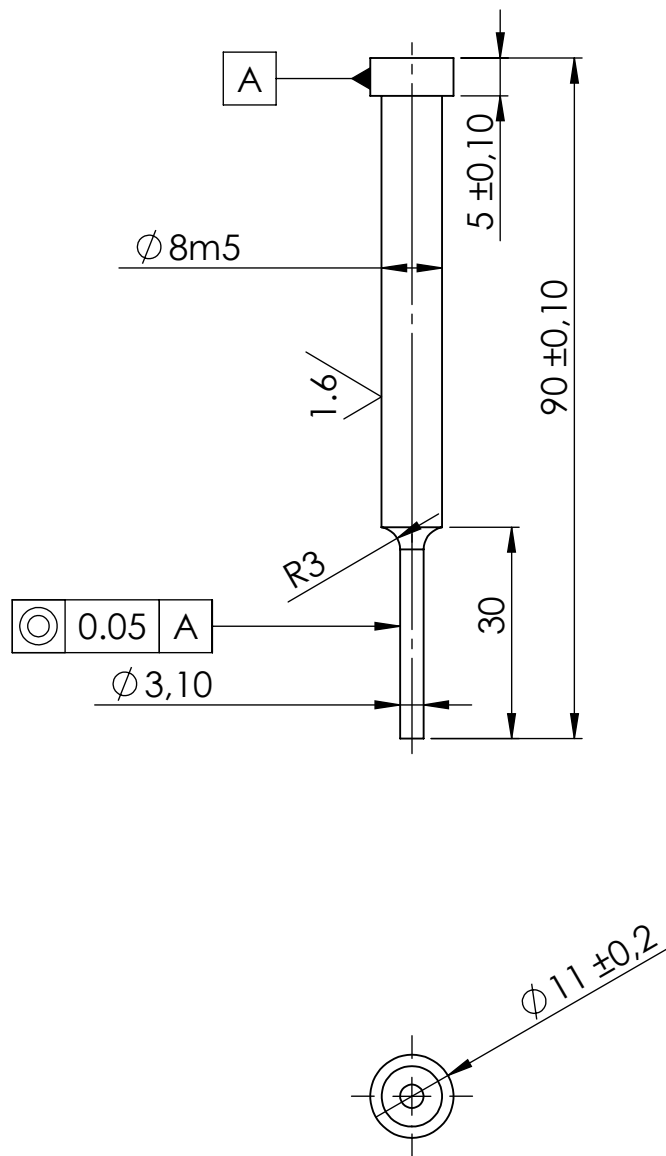
18	16	Bague	Branze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech : 2/1		<b>Outil de découpage-poiçonnge 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			<b>20/10/2018</b>	
A4		<b>UMMTO - FGC - GM - FMP</b>	M2 FMP	



Ra=1.6 Partout

Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$  sauf indication

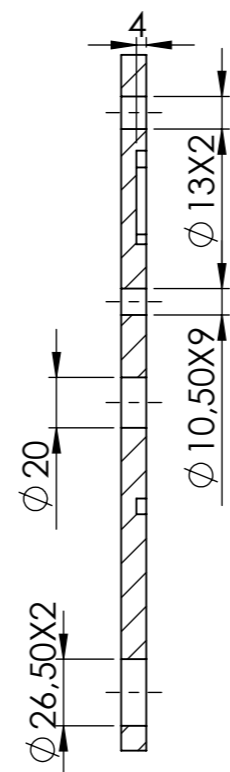
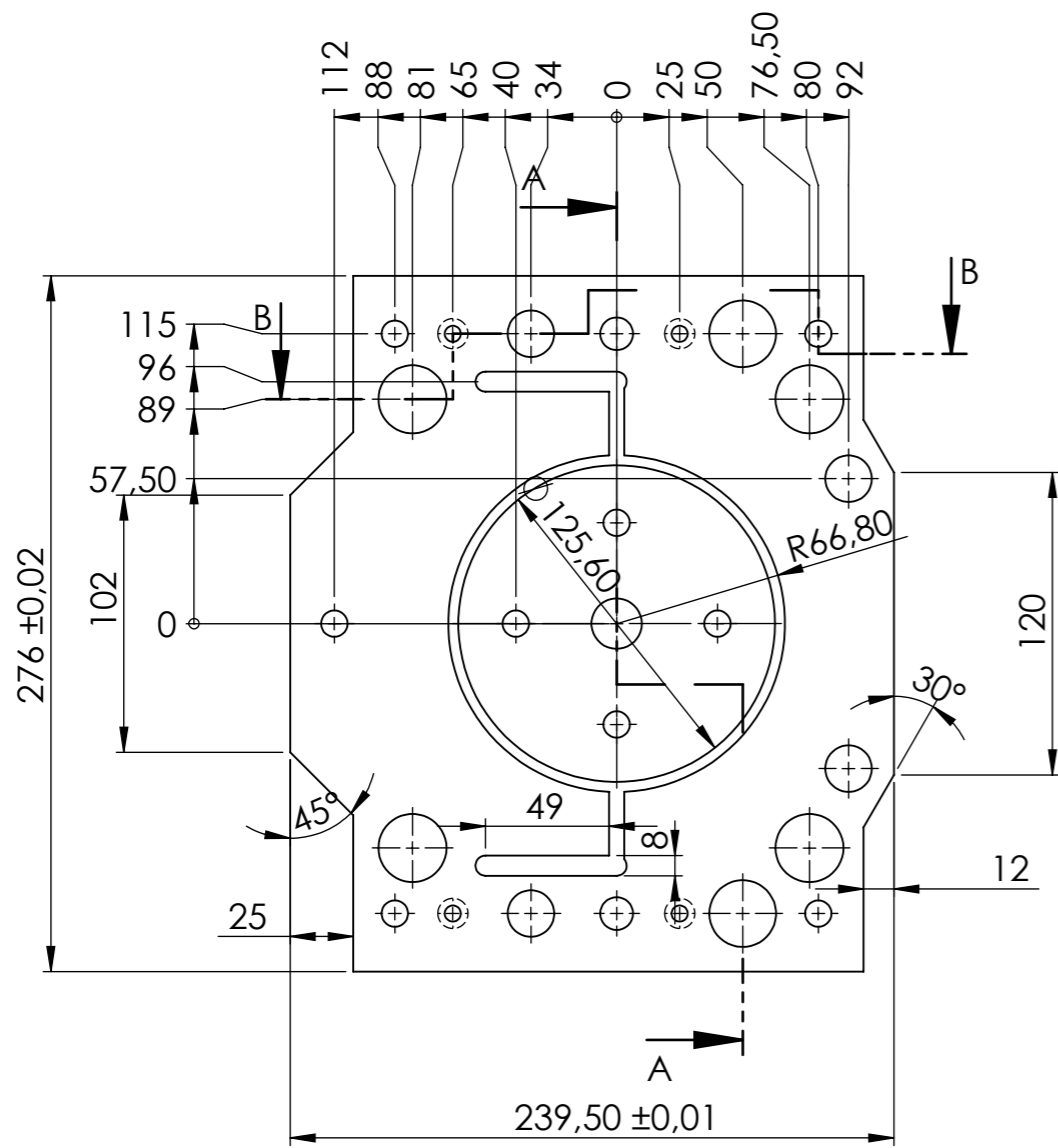
37	1	perforateur $\phi 7.04$	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1:1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



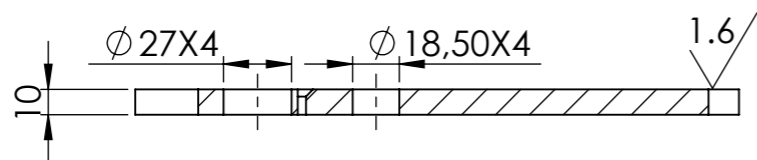
Ra=3.2 sauf indication

Tolérance d'usinage  $\pm 0.01$  sauf indication

36	2	Perforateur $\phi$ 3.1	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



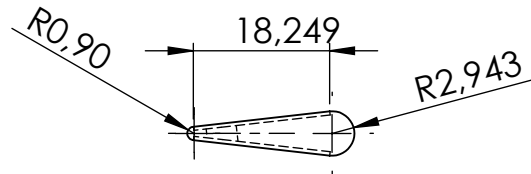
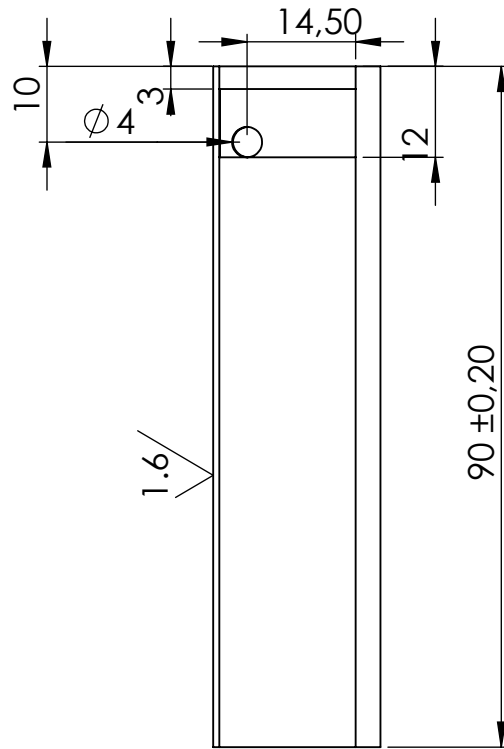
COUPE A-A  
EHELLE 1 : 3



COUPE B-B  
EHELLE 1 : 3

Remarque:tolerance de fabrication  $\pm 0,003$   
Etats de surfaces non spécifiés Ra= 6.3

26	1	Plaque de pression	105 Cr5	Trempé
REP	NBR	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/1		<b>outil de découpage-poiçonnage 130-2</b>	Amzali M Ameur L Ammar B	
			2017/2018	
A3		GM - FGC - UMMTO - FMP	M2 FMP	

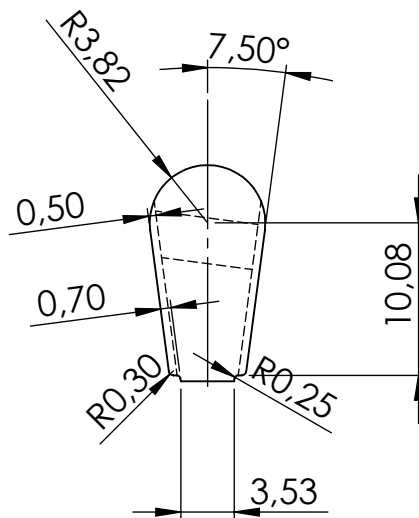
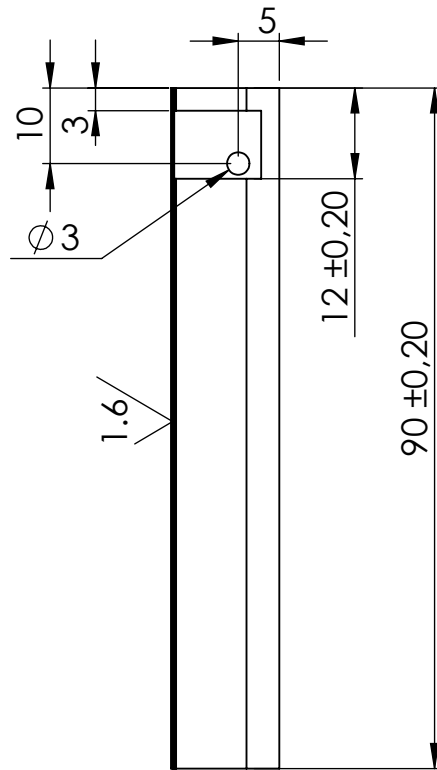


Ra=1.6

Tolérance d'usinage  $\pm 0.01$  sauf indication

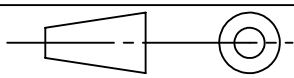
60-62 HRC

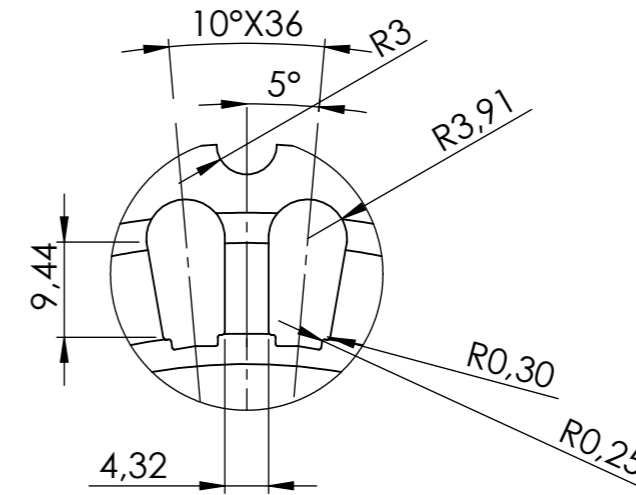
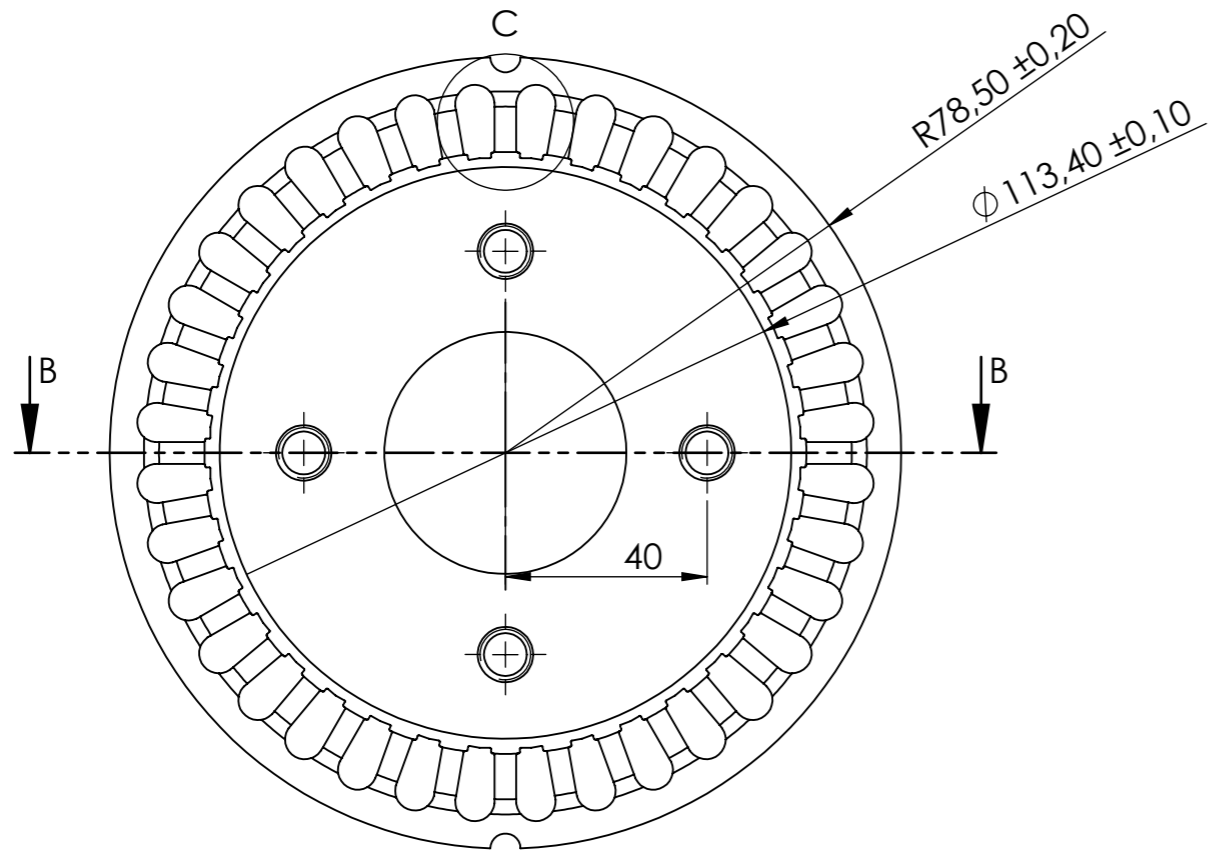
42	28	Poinçon de rotor	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP



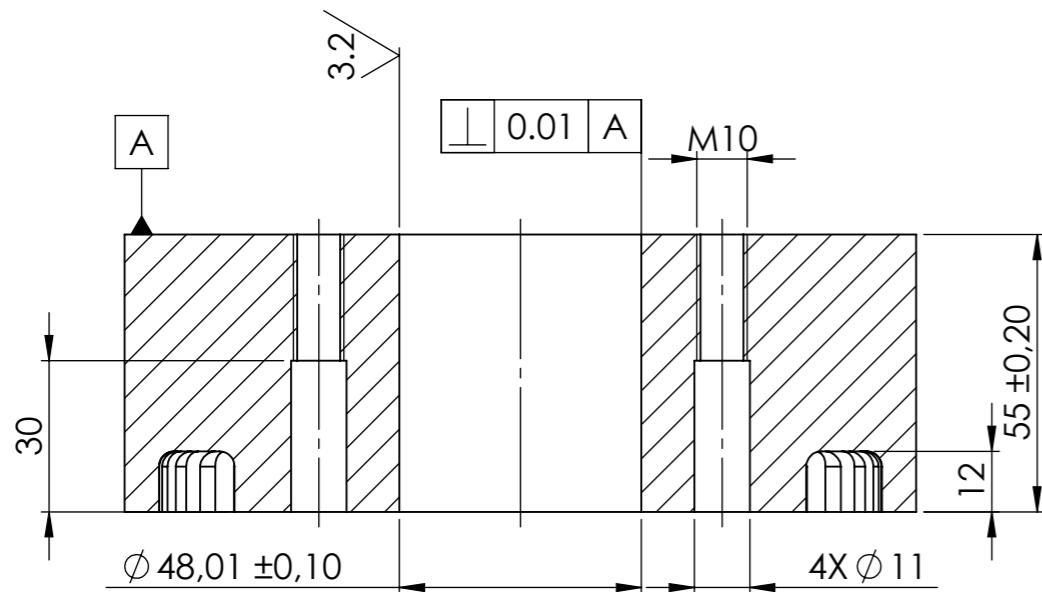
Ra=1.6 partout

Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$  sauf indication

39	36	poinçon statorique	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/1		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP

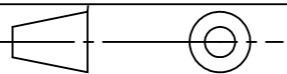


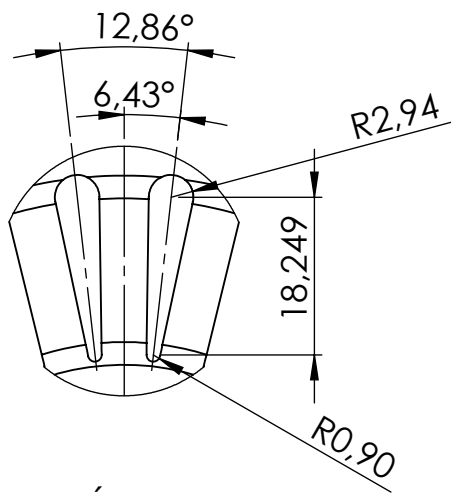
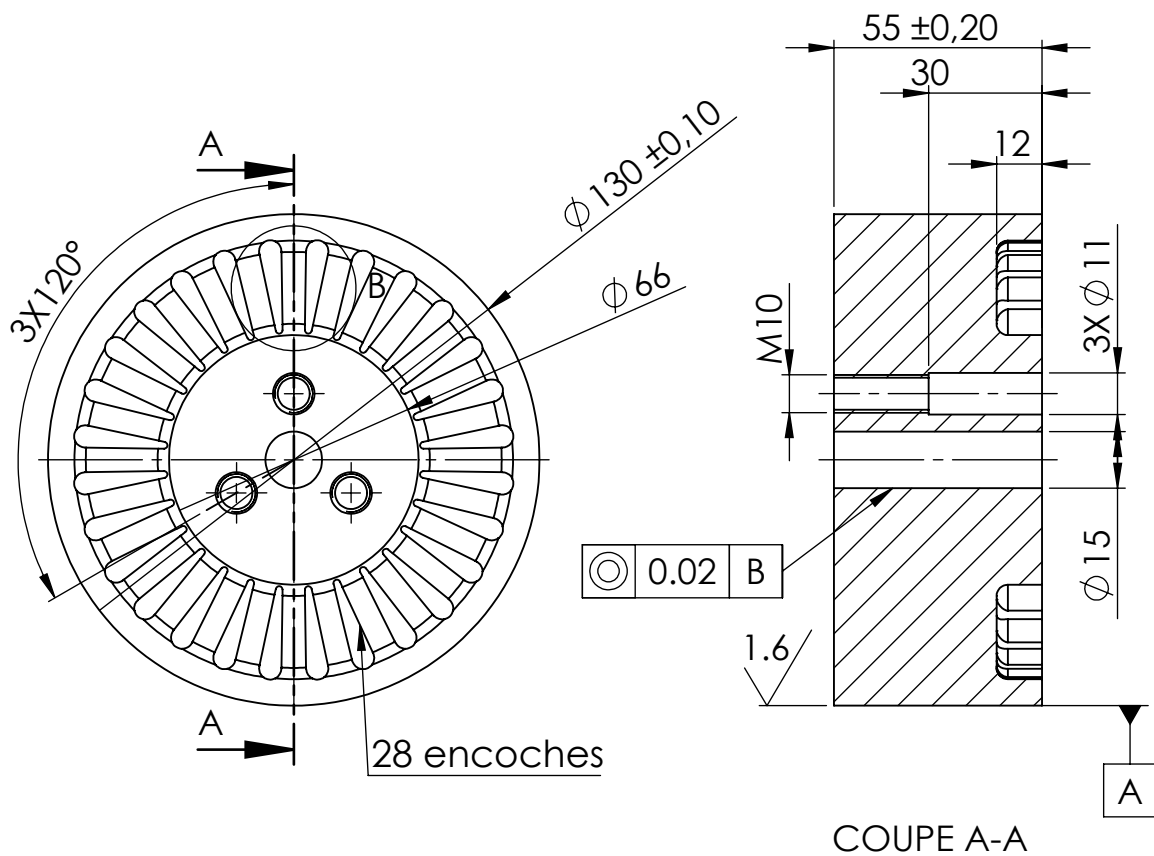
DÉTAIL C  
ECHELLE 4 : 3



COUPE B-B  
ECHELLE 2 : 3

Etats de surfaces  $Ra=6.3$  sauf indication  
tolérances de fabrication à  $\pm 0.1$  sauf indication

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Obsevation
32	1	Porte poinçon statorique	X210 Cr W12	Trempé
Ech: 2.3		<b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b>	AMZALI M AMEUR L AMMAR B	
			2017/2018	
A3			M2 FMP	
		FGC-GM-UMMTO		



DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 1

Ra = 1.6 partout

Tolérance de fabrication ±0.1 sauf indication

41	1	Porte poinçon rotorique	X210 Cr W12	Trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Ech: 1/2		<p align="center"><b>Outil de découpage-poinçonnage 130-2</b></p>		AMZALI M AMEUR L AMMAR B
				2017/2018
<b>A4</b>		<b>FGC-GM-UMMTO</b>		M2 FMP