

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

*Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*  
*Faculté de Génie de la Construction.*  
*Département De Génie Mécanique.*



## **Mémoire de fin d'études**

*En vue de l'obtention du diplôme de master académique*  
*Département : Génie mécanique*  
*Option : Construction mécanique*

### ***Thème :***

**Etude et conception d'un  
moule d'injection  
d'aluminium pour un  
flasque-bride d'un moteur  
asynchrone de type 113-4  
4KW**

***Réalisée par :***

***Mr. OULD TAHAR Said***

***Mlle. MERRI Selma***

***Dirigé par :***

***Mr. ZIANI.H***

***Proposé par :***

***L'ENEL***

***Année universitaire : 2017 /2018***

# Remerciements

---

**Nous rendons grâce au tout puissant pour nous avoir accordé santé et courage jusqu'à l'aboutissement de ce modeste travail .**

**Nous adressons nos sincères remerciements à Mme H.Sabrina qui nous a aidé tout au long de la période de stage au sein de l'entreprise l'E.N.E.L sans oublié Mr.LAARBI Arezki et tout le personnel de l'unité moteur prestation .**

**Nos remerciements vont aussi à Mr.Ziani pour la confiance qu'il nous a accordé en proposant ce sujet .**

**Que les membres de jury trouvent ici nos sincères remerciements pour avoir accepté d'examiner ce mémoire .**

**Nous n'oublierons pas de remercier tous les enseignants du département de génie mécanique ayant contribué à notre formation .**

**Que les personnes citées ci-dessus , ainsi celles ayant participé de près ou de loin , moralement ou financièrement à l'élaboration de ce mémoire , trouveront ici notre sincère gratitude et nous les prions de croire en nos profonds sentiments.**

# Dédicaces

*Je dédie mon travail à :*

*Mes chers parents ,*

*A ma grand-mère (paix à son âme) , à mon grand-père ,*

*Mes chers frères et sœur ( Adel , Bilel , Slimene , Meriem )*

*A ma sœur Wissem , son mari Nabil et leur fille Cécilia ,*

*A Reda qui m'a soutenue tout au long de ces années ,*

*A tous les membres de ma famille ,*

*A mes amies et amis qui m'ont encouragée ,*

*Je ne vous remercierai jamais assez .*

*Selma*

# Liste des tableaux

---

**Tableau 1 : Dimensions des pièces en fonction des différents procédés de moulage .**

**Tableau 2 : Grandeur de poids des pièces par rapport au couple (technique de moulage – alliage) .**

**Tableau 3 : Condition de choix du procédé .**

**Tableau 4 : Comparaisons des possibilité techniques entre les procédés de moulage.**

**Tableau 5 : Utilisation des métaux dans les nombreux procédés de moulage .**

**Tableau 6 : Types de seuils de canaux .**

**Tableau 7 : Aciers constitutifs des moules .**

**Tableau 8 : Capacité d'injection des machines disponible à l'entreprise .**

**Tableau 9 : Pourcentage du dispositif de coulée .**

**Tableau 10 : Caractéristiques techniques de la machine .**

**Tableau 11 : Temps de remplissage en fonction de l'épaisseur de la pièce .[**

**Tableau 12 : Epaisseur de l'attaque de coulée en fonction de l'alliage coulé .**

**Tableau 13 : Poids des pièces qui constituent le moule .**

**Tableau 14 : Le prix de la matière brut des organes du moule .**

**Tableau 15 : Frais lié au temps de réalisation .**

# Liste des figures

**Figure 1 : Composants d'un moteur électrique .**

**Figure 2 : Partie fixe et partie mobile d'un moteur électrique .**

**Figure 3 : Description du stator et du rotor .**

**Figure 4 : Orientation du champ magnétique .**

**Figure 5 : Bloc moteur en aluminium .**

**Figure 6 : De la conception à la réalisation d'une pièce de fonderie .**

**Figure 7 : Eléments constituant le moulage en sable .**

**Figure 8 : Plaque modèle métallique pour moulage en sable .**

**Figure 9 : Moule en coquille avec noyau positionné .**

**Figure 10 : Châssis de moulage .**

**Figure 11 : Angle de dépouille .**

**Figure 12 : Pièce en sortie de moule avec masselottes, coulée et chenal d'alimentation .**

**Figure 13 : Haut de la coulée (a) immédiatement après la coulée, aluminium encore liquide (b) après quelques minutes de refroidissement, formation de la retassure externe.**

**Figure 14 : Exemple d'assemblage de noyaux et pièce obtenue .**

**Figure 15 : Les différents types de moulage .**

**Les figures 16 : Retassures dans le cas de bossages isolés (figures 1-a et 1-b) ou de raccords de formes (figure 1-c).**

**Figure 17 : Défaut des pièces de fonderie : crique.**

**Figure 18 : Défaut des pièces de fonderie : piqûres .**

**Figure 19 : Moulage en coquille .**

**Figure 20 : Machine à chambre chaude .**

**Figure 21 : Dispositif d'injection du métal liquide d'une machine à chambre froide .**

**Figure 22 : Machine d'injection sous pression à chambre chaude .**

**Figure 23 : Fermeture du moule et remplissage du cylindre .**

**Figure 24 : Injection du métal en fusion dans l'empreinte .**

**Figure 25 : Ouverture du moule après solidification du métal dans l'empreinte.**

**Figure 26 : Ejection de la pièce coulée .**

**Figure 27 : Machine d'injection sous pression à chambre froide .**

**Figure 28 : Fermeture du moule et injection du métal dans la chambre de compression .**

**Figure 29 : Injection du métal en fusion dans l'empreinte .**

**Figure 30 : Ouverture du moule .**

# Liste des figures

**Figure 31 : Ejection de la pièce coulée .**

**Figure 32 : Cycle d'un traitement thermique par revenu et par maturation .**

**Figure 33 : Schéma d'un moule moulage à injection sous pression .**

**Figure 34 : Schéma détaillé d'un moule à moulage sous pression .**

**Figure 35 : Disposition équilibrée des empreintes .**

**Figure 36 : Dessin définition du moule .**

**Figure 37 : Les fonctions du moule d'injection sous pression. .**

**Figure 38 : Le canal d'alimentation .**

**Figure 39 : Type d'attaque de coulée .**

**Figure 40 : Section d'attaque de coulée .**

**Figure 41 : Plaques du moule .**

**Figure 42 : Bague de centrage .**

**Figure 43 : Colonne de guidage .**

**Figure 44 : Schéma représentant le plateau d'une presse .**

# Liste des figures

# **Introduction générale**

# Introduction générale

---

Les techniques de **mise en forme des matériaux** 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 les paramètres expérimentaux (composition du matériau, température, pression, vitesse de refroidissement, etc.). Les techniques diffèrent selon les matériaux (leur solidité, l'usage, etc...).

De manière générale, la mise en forme des matériaux en métallurgie tient au découpage, formage, soudage et usinage. S'ajoutent à cela différents traitements (traitement thermique ...) visant à donner au produit des propriétés particulières.

Le marché algérien connaît des mutations importantes car l'industrie change de forme. En effet, nombre d'entreprises de production locale voient le jour, d'autres plus anciennes, qui comptaient sur l'importation de leurs pièces de rechange, se dirigent, aujourd'hui vers la fabrication de ces dites pièces et veillent à leur amélioration continue.

Ceci, a amené l'entreprise, dans laquelle nous avons effectué notre stage pratique, ELECTRO INDUSTRIE à nous confier l'importante tâche d'un flasque bride d'un moteur électrique type 113-4 4KW-1500 Tr/min .

Ce présent travail est réparti sur quatre chapitres :

- ✚ Le premier chapitre comporte des généralités sur les moteurs électriques et leur fabrication.
- ✚ Le deuxième chapitre cite les différents procédés de formage des métaux .
- ✚ Le troisième chapitre montre les critères de choix du moule et du procédé pour lequel nous avons opté dans notre conception .
- ✚ Le quatrième chapitre est la partie calcul de ce mémoire . Il comporte le dimensionnement du moule ainsi que la résistance de ses éléments lors des sollicitations auxquelles ils sont soumis ainsi qu'une partie étude économique .
- ✚ Le cinquième chapitre est consacré pour la conception des pièces par le logiciel SolidWorks .
- ✚ Ce travail termina par une conclusion générale .

## **PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :**

**Electro-industries** est issue de la réorganisation du secteur industriel opérée en Algérie entre 1980 et 2000 , qui a conduit en 1999 à la restructuration de l'ancienne ENEL ( Entreprise Nationale des Industries Electrotechniques ) en un certain nombre d'EPE/SPA , parmi lesquelles figure ELECTRO-INDUSTRIES .

Elle est située à environ 30 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou , et à 8kilomètres avant la ville de Azazga . l'entreprise compte environ 902 travailleurs . c'est une société par action au capitale de ( 44.753.000.000 DA ) détenus à 100% par la SGP CABELEC pour le compte de l'état .

L'usine a été réalisée dans le cadre d'un contrat produit en main avec des partenaires allemands , en l'occurrence , SIEMENS pour le produit et FRITZ WERNER pour l'ingénierie et la construction . L'infrastructure est réalisée par les entreprises algériennes ECOTEC , COSIDER et BATIMETAL .

L'entreprise comporte 02 unités qui sont :

Unités de fabrication des moteurs électriques , alternateurs et prestation techniques ,

Unité de fabrication de transformateurs de distribution MT/BT .

La production prévue initialement porte sur :

- 1500 transformateurs de 50 à 1600 KVa .
- 50.000 moteurs asynchrones triphasés de 0.18 à 400 kW .
- 2.000 alternateurs 17.5 à 200 kVa .

Entré en production :

- Secteur transformateur 1985 .
- Secteur moteur / alternateur 1986 .

Ces produit sont fabriqués sous licence SIEMENS jusqu'à 1992 .

Extension des capacités de production de transformateurs de 1500 à 5000 unités / an ( en 1991) .

## **COOCDONNEES DE L'ENTREPRISE :**

ADRESSE : BP 17 15300 Azazga Tizi Ouzou .

TELEPHONE : +213 26 34 16 86 .

FAX : +231 26 34 14 .

ADRESSE E-MAIL : [contact.ei@enectro-indistries.com](mailto:contact.ei@enectro-indistries.com) .

SITE WEB : [www.electro-insutries.com](http://www.electro-insutries.com) .

Pour plus de précision , voici donc :

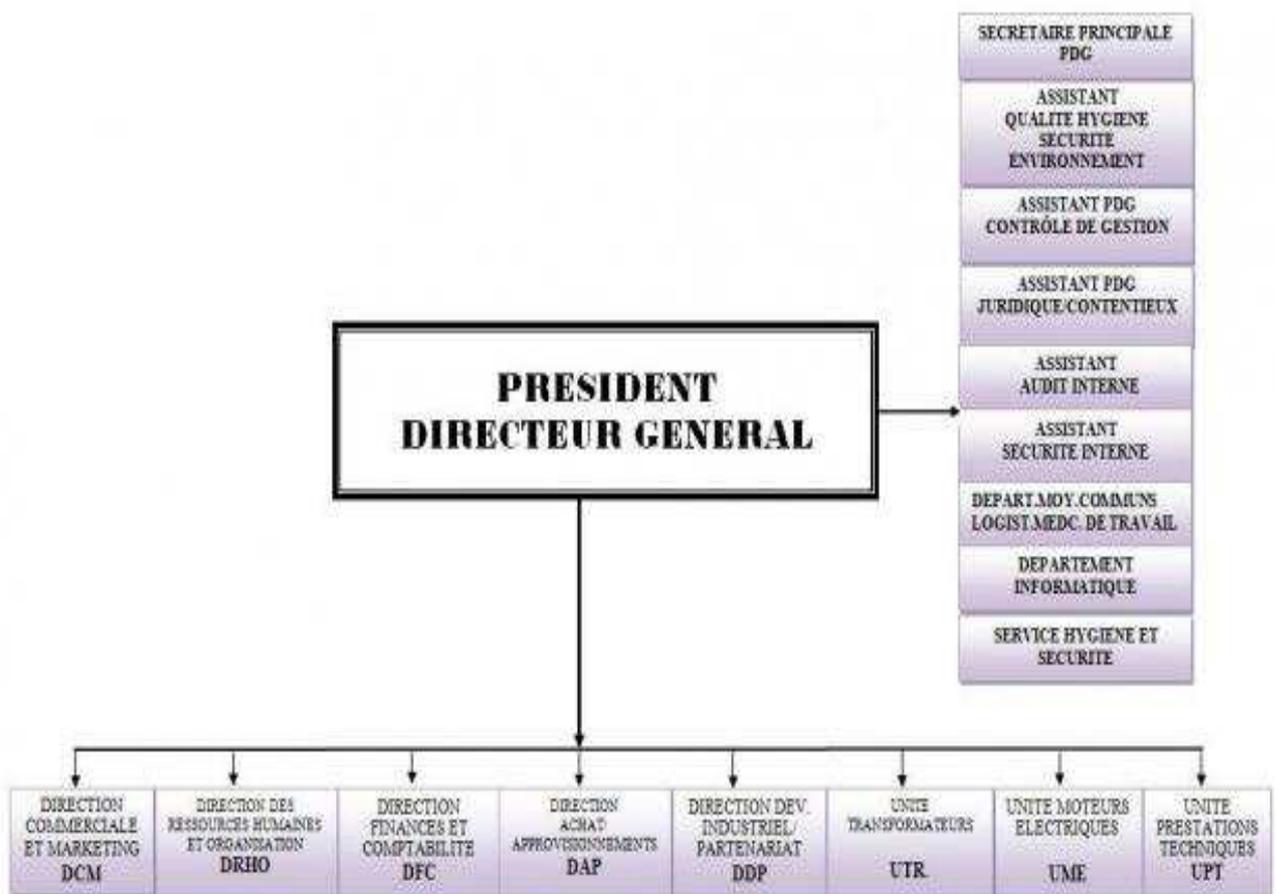
**Les coordonnées de l'unité moteur et prestation ( UMP ) :**

TELEPHONE : +213 26 34 51 31 .

FAX : +213 26 34 51 29 .

ADRESSE E-MAIL : [conctact.ump@electro-industries.com](mailto:conctact.ump@electro-industries.com) .

**ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE :**



# Table des matières

---

Introduction générale.

Présentation de l'entreprise .

## CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES MOTEURS ELECTRIQUES .

<b>1</b>	<b>Histoire du moteur électrique :</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Les moteurs électrique :</b> .....	<b>2</b>
2.1	<b>Composante d'un moteur électrique :</b> .....	<b>3</b>
2.2	<b>Description du moteur :</b> .....	<b>4</b>
2.3	<b>Fonctionnement :</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Description globale :</b> .....	<b>8</b>
3.1	<b>Matériaux utilisé pour les différentes parties :</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Ateliers installés :</b> .....	<b>8</b>
4.1	<b>Atelier de découpage encochage et emboutissage :</b> .....	<b>9</b>
4.2	<b>Atelier d'emballage :</b> .....	<b>9</b>
4.3	<b>Emballage des paquets statoriques :</b> .....	<b>9</b>
4.4	<b>Atelier de moulage sous pression :</b> .....	<b>9</b>
4.5	<b>Atelier d'usinage :</b> .....	<b>9</b>
4.6	<b>Atelier de bobinage :</b> .....	<b>10</b>
4.6.1	Section de préparation des bobines : .....	11
4.6.2	Section de préparation des éléments d'isolation : .....	11
4.6.3	Section de bobinage : .....	11
4.7	<b>Atelier de montage :</b> .....	<b>12</b>
4.7.1	Section équilibrage : .....	12
4.7.2	Section pré-montage : .....	13
4.7.3	Section montage final : .....	13

## CHAPITRE 2 : PROCEDES DE FORMAGE DES METAUX .

<b>1</b>	<b>Généralité :</b> .....	<b>14</b>
1.1	<b>Définition :</b> .....	<b>14</b>
1.2	<b>Quelques notions de base :</b> .....	<b>14</b>
1.3	<b>Champs d'application :</b> .....	<b>15</b>
1.4	<b>Vocabulaire utilisé en fonderie :</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Type de moulage :</b> .....	<b>20</b>
2.1	<b>Quelque procédés :</b> .....	<b>20</b>
1.3	<b>Moulage par centrifugation:</b> .....	<b>21</b>
1.4	<b>moulage à modèle gazéifiable</b> .....	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>Epaisseur des pièces moulées :</b> .....	<b>21</b>

# Table des matières

---

4	Poids des pièces moulées :.....	22
5	Défauts des pièces moulées :.....	23
6	Règles de tracé des pièces moulées en fonderie : .....	25
6.1	Importance des règles de tracé :.....	25
7	Choix du procédé de moulage : .....	26
8	Moulage en moule métallique : .....	27
8.1	Généralité :.....	27
8.2	Moulage en coquille : .....	27
8.2.1	Caractéristiques générales :.....	28
	Utilisation des coquilles :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
8.3	Le moulage basse pression :.....	29
8.4	La centrifugation :.....	29
8.5	Le Cobapress : .....	30
8.6	Le moulage sous pression : .....	30
8.6.1	Caractéristiques du moulage sous pression :.....	32
8.6.2	Les machines utilisées en moulage sous pression : .....	32
8.7	D' autres procédés de fonderie en moule métallique :.....	40
9	Les procédés les plus répandus parmi les procédés en moulage métallique :.....	40
10	Choix de la machine :.....	41
10.1	Facteurs qui orientent le choix : .....	41
10.2	Nature de l'alliage coulé : .....	41
11	Conclusion :.....	42
<b>CHAPITRE 3 : CHOIX DU MOULE ET DU PROCEDE .</b>		
1	Problématique : .....	43
1.1	Principales caractéristiques de l'aluminium : .....	43
1.2	Les alliages d'aluminium de fonderie :.....	43
1.3	Les traitements thermiques : .....	44
1.3.1	Traitement de stabilisation et de recuit : .....	44
1.3.2	Traitement de durcissement :.....	44
2	Définition :.....	46
2.1	Composantes du moule : .....	46
2.2	Nombre d'empreinte :.....	48
2.2.1	Calcul du nombre d'empreinte :.....	48
2.2.2	Remplissage des empreintes :.....	50
3	Types de moule d'injection :.....	51
4	Les fonctions d'un moule :.....	53
4.1	Fonction alimentation d'un moule :.....	55

# Table des matières

4.1.1	Coulée par le haut ( coulée en chute) :.....	56
4.1.2	Coulée par le bas ( coulée source) :.....	56
4.1.3	Coulée sur le côté ( coulée latérale) :.....	56
4.2	Forme du canal d'alimentation :.....	56
4.2.1	Les différents types d'alimentation :.....	58
4.2.2	Types des seuils de canaux :.....	60
4.3	Fonction Mise en Forme :.....	62
4.4	Fonction Ejection .....	62
4.4.1	Rôle des éjecteurs : .....	63
4.4.2	Leurs formes : .....	63
4.4.3	Le nombre : .....	63
4.4.4	Le positionnement : .....	63
4.4.5	Le guidage : .....	63
4.4.6	La longueur : .....	63
4.4.7	La course : .....	64
4.5	Fonction régulation thermique ( refroidissement) :.....	64
4.5.1	Equilibre thermique du moule : .....	64
4.5.2	Mise en équilibre thermique du moule : [10] .....	64
4.5.3	Maintien de l'équilibre thermique dans un moule :.....	65
5	Autre paramètre à prendre en compte pour la conception du moule :.....	65
5.1	Le maintien :.....	65
5.2	Le positionnement : .....	67
5.3	Le guidage : .....	67
5.4	La fixation : .....	67
5.5	Eventation des empreintes :.....	67
6	L'entretien des moules :.....	68
7	Choix des matériaux de construction des moules :.....	68
	Conclusion : .....	69
<b>CHAPITRE 4 : PARTIE ETUDE ET CONCEPTION .</b>		
1	Introduction :.....	69
2	Paramètres à prendre en compte pour le choix de la machine : .....	71
2.1	Capacité d'injection :.....	71
2.2	Force de fermeture : .....	72
2.3	Distance entre colonnes :.....	73
2.4	Epaisseur mini du moule:.....	73
3	Caractéristiques de la machine 380T : .....	74
4	Choix du diamètre du piston:.....	74

# Table des matières

---

<b>5</b>	<b>Taux de remplissage :</b> .....	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>Dimensionnement du système d'alimentation :</b> .....	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>Dimensionnement du circuit de refroidissement :</b> .....	<b>78</b>
<b>8</b>	<b>Calcul du temps de refroidissement :</b> .....	<b>79</b>
<b>9</b>	<b>Calcul du temps de cycle :</b> .....	<b>79</b>
<b>10</b>	<b>Calcul de résistance :</b> .....	<b>80</b>
<b>10.1</b>	<b>Le poids des pièces qui constituent notre moule :</b> .....	<b>80</b>
<b>10.2</b>	<b>Résistance des éléments constituant le moule au matage dû à la force de fermeture du moule :</b> .....	<b>81</b>
<b>11</b>	<b>Résistance des éjecteurs au flambement :</b> .....	<b>86</b>
<b>ETUDE ECONOMIQUE .</b>		
<b>12</b>	<b>Etude économique :</b> .....	<b>71</b>
<b>12.1</b>	<b>Calcul du prix de revient du moule :</b> .....	<b>71</b>
<b>12.2</b>	<b>Frais lié au temps de réalisation :</b> .....	<b>73</b>
<b>Conclusion générale .</b>		

***Chapitre 1 :***  
***Généralités sur les moteurs électriques .***

## **1 Histoire du moteur électrique :**

Comme de nombreux dispositifs électriques, les moteurs électriques sont nés d'expériences scientifiques, progressivement améliorées pour servir de démonstration d'un principe physique, avant de trouver des applications pratiques.

On attribue à Andrew Gordon l'invention du premier moteur électrique au début des années 1700. Son modèle était remarquablement simple par rapport à ceux d'aujourd'hui.

En 1821, Michael Faraday, un des plus grands noms de l'ingénierie électrique, a réussi une expérience qui a clairement démontré la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique. Bien que cette réussite semble aujourd'hui assez évidente, elle a été la base de toutes les évolutions qui ont suivies dans ce domaine.

Ányos Jedlik est un physicien hongrois qui a commencé ses expériences sur les bobines électromagnétiques en 1827. Il a construit ce qu'il a appelé la « foudre magnétique auto-rotor » et qui est le premier exemple de moteur électrique, tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Les développements se sont poursuivis jusque dans les années 1800 pour aboutir aux moteurs électriques à courant continu et à courant alternatif. L'efficacité et la longévité des moteurs électriques actuels est le fruit des efforts continus de la recherche pendant près de cent ans. Grâce à ce développement continu, la résistance à l'usure, la puissance et la fiabilité des moteurs électriques ont progressé, pour en faire des composants incroyablement solides et omniprésents dans notre vie quotidien .

## **2 Les moteurs électrique :**

Une machine électrique est un dispositif électromécanique permettant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique, grâce au champ magnétique tournant. Cependant il existe des machines électrostatiques utilisant l'effet piézoélectrique. Les machines qui produisent une énergie électrique à partir d'une énergie mécanique sont les dynamos, alternateurs ou générateurs suivant la technologie utilisée. Celles qui produisent une énergie mécanique à partir d'une énergie électrique sont les moteurs. La quasi-totalité des machines électriques sont réversibles.

Pour les applications de faible et moyenne puissance (quelques kilowatts), le réseau monophasé suffit comme source d'alimentation des machines. Pour des applications de forte puissance, les moteurs alternatifs sont alimentés par une source de courants polyphasés, notamment le triphasé . Il existe 03 grandes familles de moteurs à courant alternatif .[1]

- Les moteurs universels

- Les moteurs asynchrones

- Les moteurs synchrones

- **Les moteur universels :** Un moteurs universel est une machine à courant continu à excitation en série: le rotor est connecté en série avec l'enroulement inducteur. Le couple de la machine est indépendant du sens de circulation du courant (couple proportionnel au carré du courant) et peut donc être alimenté en courant alternatif. Pour limiter les courants de Foucault qui apparaissent systématiquement dans toutes les zones métalliques massives soumises à des champs magnétiques alternatifs, son stator est feuilleté

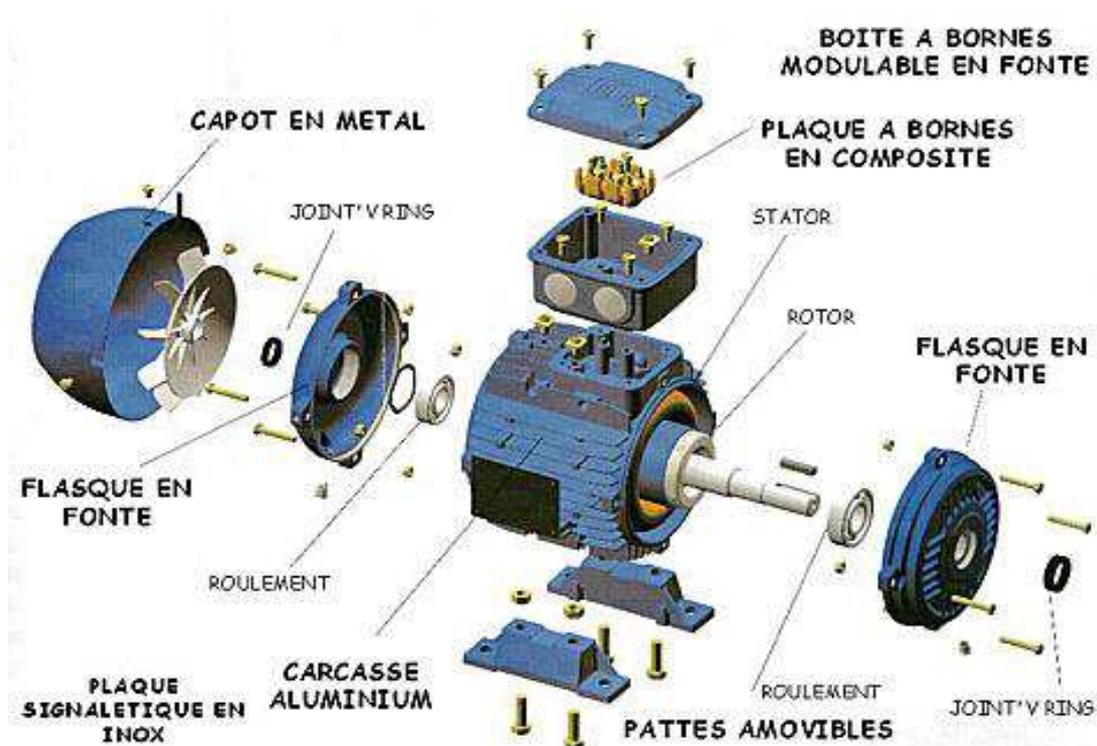
Il tient son nom du fait qu'il peut être alimenté indifféremment en courant continu ou en courant alternatif.

Les moteurs universels sont utilisés dans des dispositifs exigeant un couple assez fort, tel que les robots de cuisine, l'outillage électroportatif de faible puissance (jusqu'à 1200 W) ou encore les aspirateurs.

- **Le moteur synchrone** : est généralement triphasé, il est souvent utilisé comme alternateur notamment dans les centrales électriques. La vitesse de rotation de ce moteur est proportionnelle à la fréquence du courant qui l'alimente. Le moteur est utilisé comme compensateur synchrone pour relever le facteur de puissance d'une installation électrique, et aussi dans les systèmes de traction. Ces machines sont associées à des onduleurs de courants, ce qui permet de fixer le couple moteur moyen constant avec un minimum de courant.
- **Le moteur asynchrone** : connu également sous le terme anglo-saxon de machine à induction, est une moteur électrique à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor.

Pour fonctionner en courant monophasé, ces machines nécessitent un système de démarrage, condensateur en série sur l'un des enroulements ou bague de démarrage . Les moteurs à bague de démarrage sont employés dans les hottes aspirante, pompes de vidange de machine à laver et ventilateurs car le couple de démarrage est extrêmement faible. Pour les applications de puissance, au-delà de 6 kilowatts, les moteurs asynchrones sont uniquement alimentés par des systèmes de courants triphasés.

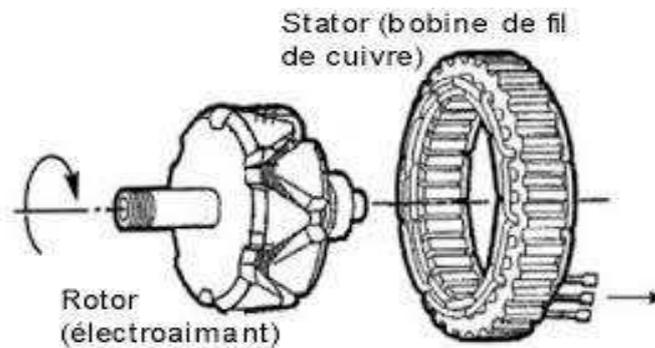
## 2.1 Composants d'un moteur électrique :



*Figure1 :Composants d'un moteur électrique .[4]*

## 2.2 Description du moteur :

Le stator est la partie fixe ("statique") du moteur: il est constitué d'un électro-aimant alimenté en courant continu, dont le rôle est de produire un champ magnétique. Le stator, fixé sur la carcasse cylindrique du moteur, entoure le rotor. Le stator est aussi appelé "inducteur".



*Figure : Partie fixe et partie mobile d'un moteur électrique .*

Le rotor, placé à l'intérieur du stator, est la partie tournante ("rotative") du moteur. Il est constitué d'un cylindre portant des bobinages (conducteurs), disposés latéralement sur sa surface.

Les extrémités des fils de ces bobinages sont reliées au collecteur, qui entoure l'arbre moteur. Le rotor est aussi appelé "induit".

Le collecteur, monté sur l'arbre du moteur, ressemble à une couronne. Il comporte des contacts métalliques isolés les uns des autres, qui assurent la distribution du courant continu aux bobinages du rotor par l'intermédiaire de deux "balais" (contacts glissants). Ces derniers , parfois appelés "charbons", sont reliés à la source de tension continue. L'ensemble collecteur-balais, est la partie la plus fragile d'un moteur.

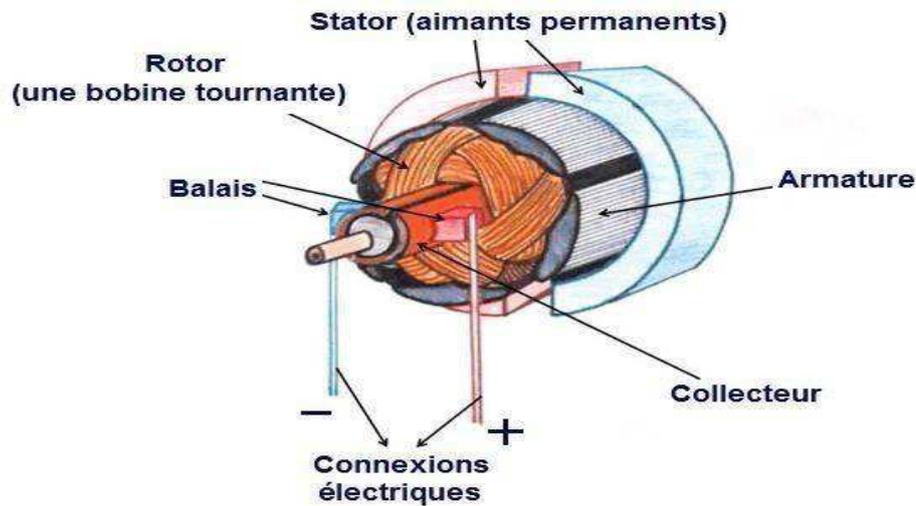


Figure 2 : Description du stator et du rotor .

- **Les flasques** : ils ferment le carter moteur aux deux extrémités et sont réalisés en fonte grise ou en aluminium injecté. Les flasques sont centrés sur le carter et réunis entre eux par des tirants ou tiges d'assemblage.
- **L'arbre du rotor** : Le rotor est monté sur un arbre en acier. A une de ses extrémité est monté le ventilateur et éventuellement le frein, à l'autre on trouve l'arbre de sortie avec une rainure de clavetage pour le montage du pignon d'entraînement.
- **Le ventilateur** : Placé à l'arrière du moteur, il permet le refroidissement du moteur. Le capot oriente le flux d'air vers les ailettes du carter
- **Les roulements** : Sur le moteur proposé, le guidage en rotation de l'arbre se fait par deux roulements à billes montés dans les flasques (d'autres combinaisons sont possibles)

### 2.3 Fonctionnement :

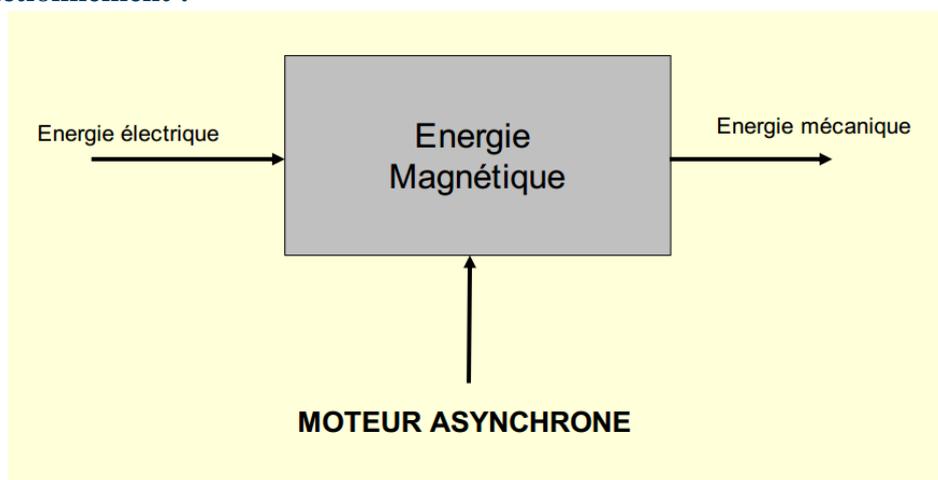
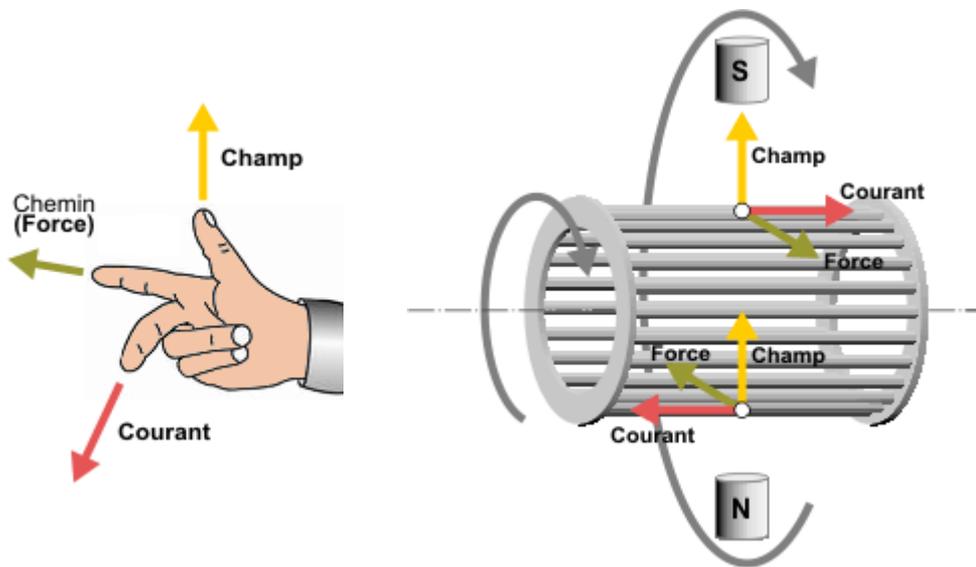


Figure 3 : Schéma de principe .

Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone repose :

D'une part sur la création d'un courant électrique induit dans un conducteur placé dans un champ magnétique tournant. Le conducteur en question est un des barreaux de la cage d'écureuil ci-dessous constituant le rotor du moteur. L'induction du courant ne peut se faire que si le conducteur est en court-circuit (c'est le cas puisque les deux bagues latérales relient tous les barreaux).

D'autre part, sur la création d'une force motrice sur le conducteur considéré (parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique tournant ou variable) dont le sens est donné par la règle des trois doigts de la main droite.



**Figure 4 : Orientation du champ magnétique .**

Comme le montre la figure ci-dessus, le champ tournant, à un instant donné, est orienté vers le haut. En considérant deux conducteurs diamétralement opposés, on constate que les courants induits dans ces deux conducteurs sont en sens inverse et, associés au champ magnétique, créent des forces motrices en sens inverse. Le rotor étant libre de tourner sur l'axe X-Y, les deux forces s'associent pour imprimer aux deux conducteurs un couple permettant la rotation de la cage d'écureuil : le moteur électrique est inventé.

Pour entretenir la rotation du moteur, il est nécessaire de faire varier soit le courant dans les conducteurs de la cage, soit le champ magnétique. Dans un moteur asynchrone, c'est le champ magnétique qui varie sous forme de champ tournant créé dans le stator.

Au démarrage le champ tournant balaye les conducteurs de son flux à la vitesse angulaire de synchronisme. Le rotor mis en rotation tend à rattraper le champ tournant. Pour qu'il y ait un couple entretenu au niveau des conducteurs, la variation de flux doit être présente en permanence; ce qui signifie que si les conducteurs tournent à la vitesse de synchronisme comme le champ tournant, la variation de flux sur les conducteurs devient nulle et le couple moteur disparaît.

L'entreprise l'ENEL fabrique des moteurs asynchrones de sorte :

- monophasé à condensateurs permanents .
- triphasés à deux vitesse max .

### **3 Description globale :**

La carcasse ventilée, en fonte et alliage d'aluminium .

Les rotors en court-circuit, à cage d'écureuil, en barre de cuivre pour les grands moteurs et en aluminium pur pour les petits et moyen moteurs .

#### **3.1 Matériaux utilisé pour les différentes parties :**

La matière première est reçue sous forme de :

- Rond d'acier de différents diamètres .
- Lingot d'aluminium pur à 99.5%.
- Les ventilateurs des petits moteurs sont en matériau plastique .
- Les carcasses , les pattes, les flasques et les ventilateurs des grand moteurs sont en fonte .

On aura aussi besoin de :

- Matériaux d'isolation de bobinage.
- Anneaux élastiques, rondelles et visserie .
- Rouleaux de fil de bobinage .
- Bobine de tôle magnétique .
- Roulement à billes et à rouleaux cylindriques.
- Fils électriques et peinture .

### **4 Ateliers installés :**

L'usine E.I comporte plusieurs ateliers dont chacun a une tâche bien précise. Ces ateliers sont cités par ordre de fonction :

1. Atelier de découpage encochage et emboutissage .
2. Atelier d'emballage.
3. Atelier de moulage sous pression .
4. Atelier d'usinage .
5. Atelier de bobinage .

6. Atelier de montage.

#### **4.1 Atelier de découpage encochage et emboutissage :**

Les moteurs sont répartis en plusieurs catégories d'après leur hauteur d'axe . Dans cet atelier, on s'occupe de découper et encocher les tôles destinées à la réalisation de deux de ces catégories ainsi que l'emboutissage des capot de ventilation. Le découpage se fait à l'aide d'une presse mécanique. Le découpage des tôles fini, ces dernières passe au contrôle avant de quitter l'atelier. Les paramètres à contrôler sont :

- Le diamètre intérieur et extérieur .
- Circularité et Co-axialité .
- Epaisseur de la tôle et contrôle des bavures .

#### **4.2 Atelier d'empaquetage :**

Une presse s'occupe de réaliser les paquets statoriques et rotoriques .

Empaquetage des paquets rotoriques :

Pour obtenir la hauteur du paquet rotorique , on empile les tôles sur un calibre et avec un pieds à coulisse on vérifie à chaque fois la hauteur du paquet jusqu'à l'obtention de la hauteur recherchée .

#### **4.3 Empaquetage des paquets statoriques :**

On empile un certain nombre de tôles sur l'outil de la presse puis on les agrafes .

A leurs sorti de la presses, les paquets sont contrôlés visuellement au décalage des tôles et aux bavures .

Après ça , il y a certains paramètres à contrôler aussi comme les diamètre intérieur et extérieur , la cylindricité .....

#### **4.4 Atelier de moulage sous pression :**

Réalisation des pièces en aluminium qui constituent le moteur :

- Pièce faite en alliage d'aluminium (Si,Mg,Cu) flasque carcasse , boîte à bornes et son couvercle.
- Injection du rotor en aluminium pur à 99.5%

Après réalisation des paquets rotoriques, on vérifie la conductivité de l'aluminium .

#### **4.5 Atelier d'usinage :**

Réalisation de quelques pièces comme les flasque et les arbres des rotors.

➤ **Réalisation des arbres des rotors :**

Une fois les ronds d'acier contrôlés (diamètre , concentricité...) les arbres sont découpés grâce, à une scie mécanique puis sont envoyés au centre d'usinage ,pour qu'ils soient centrés et pour cela , on doit percer deux trous qui vont servir de références ,ensuite on tourne le rotor dans un axe bien définie .

➤ **Réalisation des différentes pièces :**

- Boite à borne :

Opérations effectuées : perçage et taraudage des trous de fixation recevant le couvercle

- Carcasse :

opérations effectuées : perçage et taraudage des trous de fixation où seront fixés les boites à bornes et flasque . aussi , l'alésage des carcasse à l'aide des tours verticaux .

- Flasque (As et Bs) :

Opérations réalisées : tournage des bords de centrage et cage des roulements .

➤ **Usinage du rotors :**

- Tournage du paquet :

Le tournage s'effectue avec un tour parallèle ( dressage, chariotage, gorge...)

- Rectification :

On rectifie l'état de surface où les roulements seront monté aussi les sorties d'arbres et ceci à l'aide d'une rectifieuse .

- Le fraisage :

cette opération est nécessaire pour réaliser les rainures de clavettes et ceci avec une fraiseuse .

- Lavage des pièces :

Après toutes ces opérations , les pièces usinées vont passer à l'étape de lavage pour éliminer tout encrassements .

#### **4.6 Atelier de bobinage :**

Cet atelier est séparé en 3 parties :

Section de préparation des bobines , section de préparation des éléments d'isolation et la section de bobinage .

#### 4.6.1 Section de préparation des bobines :

Sur une feuille de calcul, on note certaines caractéristiques que doivent avoir les bobines :

- Diamètre du fil .
- Nombre de bobines .
- Type de moteur à bobines .

A l'aide d'une bobineuse équipée d'un gabarit et préalablement réglée à un nombre défini de spires, on réalise les bobines .

En attendant le bobinage dans le stator, on attache le paquet obtenu pour qu'il garde sa forme .

#### 4.6.2 Section de préparation des éléments d'isolation :

Cette partie est responsable de la fabrication des éléments suivants :

- Cales de fermeture .
- Séparateurs de phases .
- Câbles de raccordement .
- Lames intermédiaires .
- Caniveaux d'encoche .
- Gaines isolantes .

#### 4.6.3 Section de bobinage :

C'est dans cette partie qu'est finalisé le stator et pour cela il doit passer par différentes étapes :

##### 4.6.3.1 Insertion des caniveaux d'encoche :

Cette opération consiste à découper du papier isolant et le faire pénétrer dans les encoches du stator.

##### 4.6.3.2 Insertion des bobines dans le rotors :

Chaque série de stator a sa propre feuille de calcul . Sur cette feuille de calcul , est noté :

- Type de moteur .
- Nombre de pôles .
- Nombre de bobines en série par phase .
- Nombre de bobines en parallèle par phase .
- Nombre de conducteur par encoche.
- Nombre de câble de raccordement et leur section .

- Nombre de spires par encoche de stator .
- Diamètre de file.
- Type de connexion .
- Type d'enroulement .
- Schéma de bobinage.
- Angle d'inclinaison du paquet rotorique .
- Caractéristique du paquet statorique : longueur du paquet et nombre d'encoche .

Pour les moteurs de hauteur d'axe entre 70mm et 130mm , l'insertion est faite automatiquement .

Par contre , pour les moteur dont la hauteur d'axe est comprise entre 132mm et 400mm , l'insertion des bobines est manuelle .

Après l'insertion des bobines , afin d'éviter un court-circuit entre phases , on met des séparateurs de phases.

#### 4.6.3.3 Imprégnation :

Pour rendre le stator plus solide et compact , on lui met de la résine au niveau du bobinage.

On appel cette opération : imprégnation et ça se fait par deux méthodes :

Imprégnation dans un bain de résine.

Imprégnation goutte à goutte

Après tout ces étapes , nous obtiendrons donc le produit voulu , c'est-à-dire un stator fini qui restera stocké au magasin en attendant d'être assemblé avec les autres éléments pour constituer un moteur .

### 4.7 Atelier de montage :

Cet atelier aussi est divisé en 3 parties :

Section équilibrage , section pré-montage et section montage final .

#### 4.7.1 Section équilibrage :

Dans cette opération , on s'assure que le rotor est bien homogène et pour cela soit on rajoute de ma matière ou bien on en enlève (tout dépend du besoin ) et puis on fini par mettre une couche de peinture antirouille dessus pour envoyer ensuite le rotor au magasin intermédiaire .

4.7.2 Section pré-montage :

- Opérations faites au sein de cette partie sont :
- Emmanchement du paquet statorique avec une presse .
- Mise en longueur et tournage des bords de centrage de la carcasse coté As et Bs .
- Huiler l'intérieur la carcasse pour faciliter l'insertion du stator dedans .
- Appliquer une couche de peinture antirouille sur le diamètre intérieur du paquet statorique .
- Fraisage des pattes pour avoir la hauteur d'axe voulue .

4.7.3 Section montage final :

Opérations effectuées dans cette partie de l'atelier :

- ✓ Placer le couvercle du palier intérieur coté Bs .

Emmanchement des roulements coté As et Bs avec une presse verticale et emplacement de clavette coté As .

- ✓ Visser le couvercle de palier sur le flasque .
- ✓ Emplacement de la clavette coté Bs et emmanchement du ventilateur insertion de la bague d'arrêt pour ventilateur .
- ✓ Intégration du rotor complet dans le stator bobiné et fixation du flasque coté Bs avec des vis .
- ✓ Emplacement des rondelles de compensation et des rondelles élastiques sur le flasque coté As pour éviter un jeu axiale du rotor .
- ✓ Fixation du flasque sur la carcasse .
- ✓ Montage du capot du ventilateur.
- ✓ Fixation des câbles de raccordement sur la plaque à bornes et préparation de la boîte à bornes.
- ✓ Le moteur est monté et prêt à être soumis à des tests .

*Chapitre 2 :*  
*Procédés de formage des métaux*

## **1 Généralité :**

### **1.1 Définition :**

La fonderie consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule afin de reproduire une pièce dans ses formes intérieures et extérieures, en limitant les travaux de finition après refroidissement. Utilisées dans des secteurs variés (aéronautique, automobile, robinetterie, appareils ménagers, ...) les techniques dépendent du matériau, des dimensions et des caractéristiques géométriques de la pièce à obtenir, mais également, des quantités à produire.



**Figure 5 : Bloc moteur en aluminium .**

Cette ressource offre une présentation générale de la fonderie, les éléments communs et fondamentaux des différents procédés de moulage sont décrits, les principaux procédés sont expliqués.

### **1.2 Quelques notions de base :**

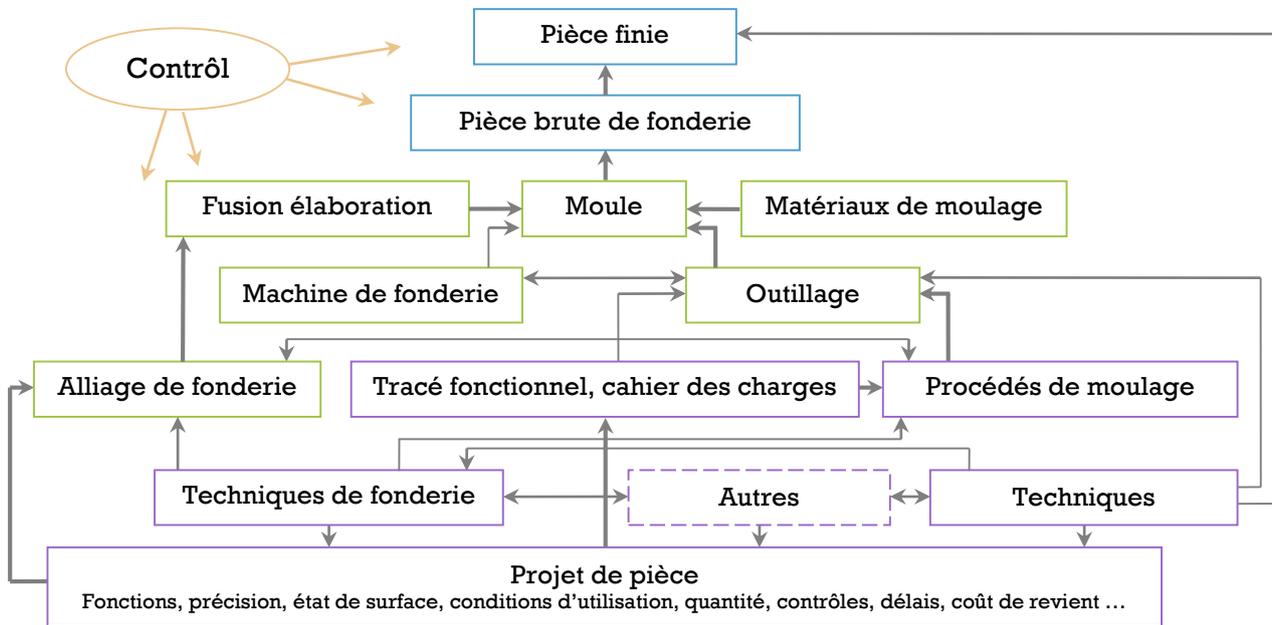
Le principe de la fonderie est de couler un alliage dans un moule. La température de coulée dépend du type d'alliage utilisé ; à titre d'exemple les alliages de zinc sont chauffés à 400°C, les alliages d'aluminium à 700°C, les alliages cuivreux à 1250°C et les alliages ferreux à 1550°C.

Le refroidissement génère la solidification et l'obtention de la pièce brute ou finie.

Dans un procédé de fonderie, trois classes de problèmes se posent :

- Fabriquer le moule .
- Couler la pièce .
- Extraire la pièce .

Un procédé de fonderie correspond à la résolution de ces trois problèmes.



*Figure 6 : De la conception à la réalisation d'une pièce de fonderie .*

### 1.3 Champs d'application :

La fonderie permet d'obtenir des pièces creuses, des pièces complexes avec des cavités . La précision des côtes permet de supprimer les reprises de finition, réduisant ainsi les coûts d'usinage comme de matières.

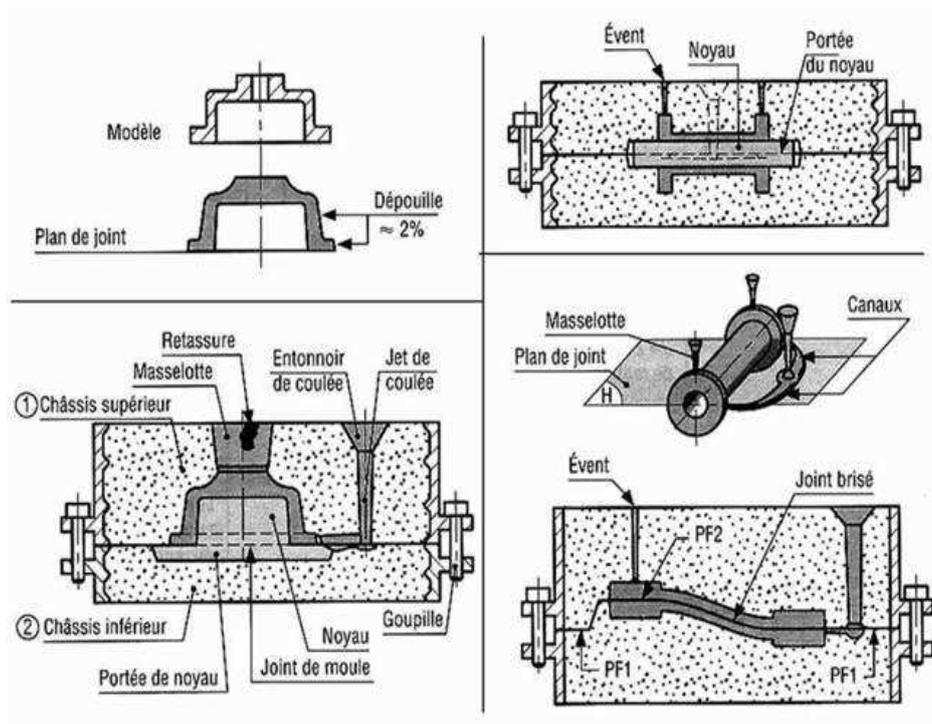
Ce procédé permet également de réaliser des pièces dans des matériaux difficiles à usiner, qui ne se prêtent pas au laminage, forgeage ou matriçage comme des pièces à haute teneur en silicium ou en fonte .

Les pièces obtenues font quelques grammes à plusieurs centaines de tonnes l'unitaire à la grande série et à destination de bien des domaines :

- Automobile, cycles, moto .
- Machines agricoles .

- Chemin de fer .
- Construction navale .
- Construction aérospatiale .
- Construction électrique .
- Appareils ménagers .
- Machines de travaux publics .
- Machines-outils .
- Serrurerie, quincaillerie .
- Robinetterie, raccords, pompes .
- Constructions mécaniques divers .

**1.4 Vocabulaire utilisé en fonderie :**



*Figure 7 : Eléments constituant le moulage en sable .*

1. **Modèle** : Objet destiné à être reproduit. Il est l'œuvre du modelleur.



*Figure 8 :Plaque modèle métallique pour moulage en sable .*

2. **Moule** : Corps suffisamment solide et façonné pour recevoir un métal ou un alliage en fusion ( fonderie en moule permanent) .



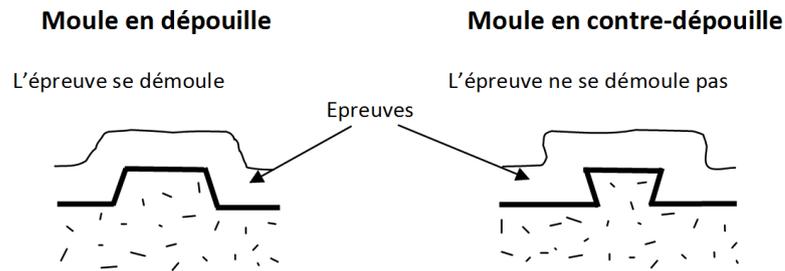
*Figure 9 : Moule en coquille avec noyau positionné .*

3. **Châssis** : Cadre en métal destiné à maintenir le sable comprimé autour du modèle ( fonderie en moule non permanent) .



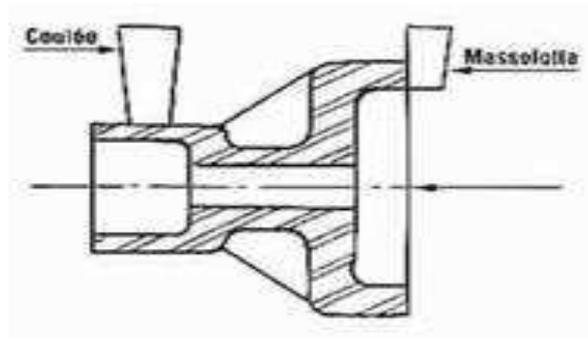
*Figure 10 : Châssis de moulage .*

4. **Dépouille** : Elle est prévue sur le modèle afin de l'extraire sans provoquer l'effritement du sable lors de sa sortie.



*Figure 11 : Angle de dépouille .*

5. **Masselotte** : Les masselottes sont des réserves de métal liquide destinées à nourrir la pièce durant son refroidissement et à compenser le retrait volumique que subira le métal.



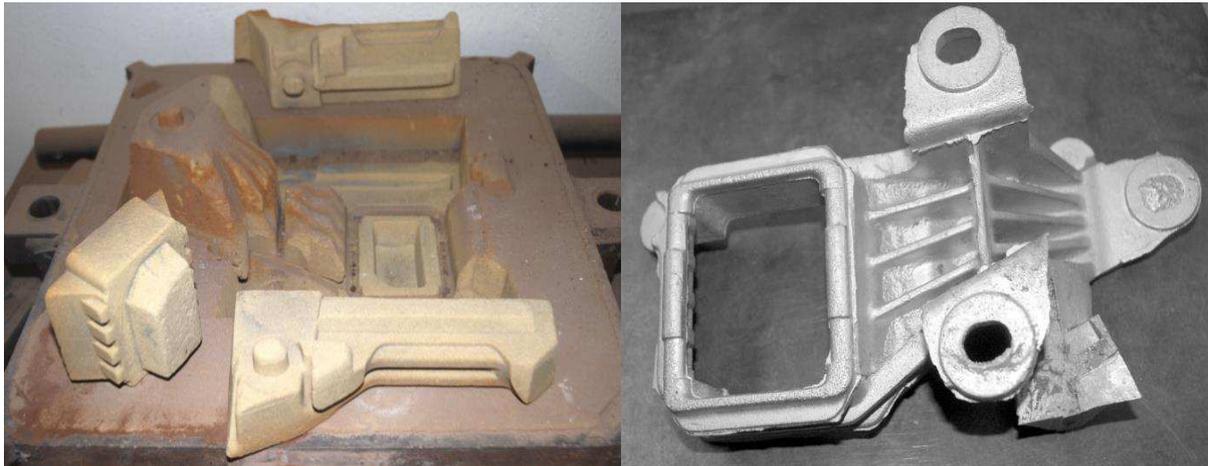
*Figure 12 : Pièce en sortie de moule avec masselottes, coulée et canal d'alimentation .*

- 6 **Retassure** : Principal défaut de fonderie, dont la cause est due à la contraction de l'alliage lors de sa solidification .



*Figure 13 : Haut de la coulée (a) immédiatement après la coulée, aluminium encore liquide (b) après quelques minutes de refroidissement, formation de la retassure externe .*

- 7 **Joint de moule ( Plan de joint )** : Séparation entre les châssis. Une pièce peut être réalisée avec plusieurs châssis donc plusieurs plan de joint.
- 8 **Noyau** : Réalisé en sable , il permet d'obtenir les formes intérieures. Il est réalisé dans une boîte à noyau (fonderie en moule non permanent) .



*Figure 14 : Exemple d'assemblage de noyaux et pièce obtenue .*

- 9 **Event** : Canal destiné à faciliter l'échappement des gaz formés au moment où le métal chaud entre en contact avec la surface de l'empreinte , en incluant l'air présent dans le moule) .
- 10 **Ebarbage** : Opération qui permet d'enlever les différentes parties superflues ( canaux d'alimentation , masselotte , évents....) pour obtenir la pièce brute.
- 11 **Décochage** : Opération qui consiste à libérer la pièce du moule lorsque le métal est solidifié.
- 12 **Chape** : Tout châssis intermédiaire entre le châssis supérieur et le châssis inférieur .

## 2 Type de moulage :

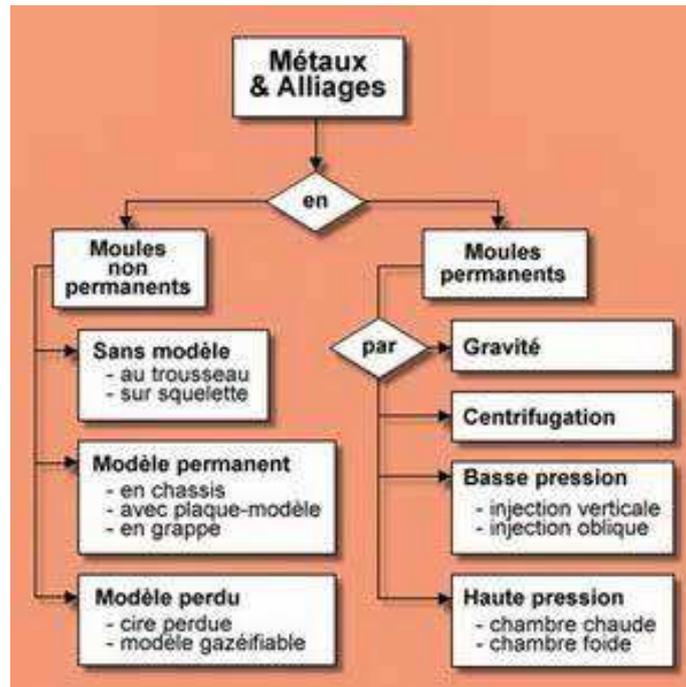


Figure 15 : Les différents types de moulage .

### 2.1 Quelques procédés :

**1.1 Moulage au sable :** On coule le matériau, rendu liquide dans un four, dans une forme. Cette forme est réalisée par une empreinte. Le moule est séparable en deux parties pour permettre le démoulage. L'empreinte est réalisée en bois ou en métal. Le moule est en sable. Les formes intérieures sont réalisées par des noyaux en sable ou en métal.

Procédés associés : Le moulage en carapace et le moulage à la cire perdue sont dérivés de ce procédé.

Ce procédé présente une particularité qui est que le moule et les noyaux en sable sont détruits pour démouler la pièce. Il faut donc créer un outillage complet (deux moules + tous les noyaux) pour créer une pièce.

**1.2 Moulage à la cire perdue :** On réalise une empreinte en cire. Cette empreinte est réalisée en associant la pièce à réaliser, les masselottes et le trou de coulée. On trempe cette cire dans une matière réfractaire liquide pour créer une carapace. On enlève

ensuite la cire par chauffage et fusion. On peut alors couler l'alliage dans la carapace .  
Après refroidissement , on casse la carapace par jet d'eau ou décochage.

Procédés associés : modèle perdu en résine ou en polystyrène .

Ce procédé présente une particularité qui est que l'empreinte et le moule sont détruits pour chaque pièce . On a donc pas de plan de joint . Donc pas de dépouille ni d'éjecteurs .

**1.3 Moulage par centrifugation: Injection de l'alliage dans une révolution et possibilité de réaliser des pièces bi ou multi métaux. Souvent utilisé pour des pièces de grande dimension. (Ex: canalisations).**

**1.4 moulage à modèle gazéifiable : Modèle généralement en polystyrène expansé, détruit lors de la coulée. Destiné pour une production unitaire (prototypage rapide).**

**1.5 moulage sous pression :** La matière est injectée sous pression à l'intérieur du moule .  
Ce procédé destiné aux travaux de grandes séries avec outillage automatisé .

### **3 Epaisseur des pièces moulées :**

On conditionne les dimensions minimales et maximales des épaisseurs de la pièce .

La dimension minimale est fonction de :

- de l'alliage utilisé .
- du procédé de moulage .
- Des dimensions de la pièce .
- Des difficultés rencontrées pour assurer un remplissage total du moule .

Les valeurs minimales recommandées sont représentées sur le graphe en annexe .les différentes courbes font apparaitre les épaisseurs minimales en fonction de la plus grande dimension de la pièce pour les procédés de moulage courants .

Le tableau représente les dimensions principales et permet de comparer les différents procédés. On constate que le moulage sous pression est celui qui permet de faire les parois les

plus minces mais tout comme le moulage en coquille, il est limité aux alliages à bas point de fusion .

*Tableau 1 : dimensions des pièces en fonction des différents procédés de moulage .*

Procédé	Fonte	Acier	Alliage d'Al	Alliage de Cu	Alliage de Zn
Moulage au sable	3 à 12	5 à 60	3 à 8	2.5 à 10	
Moulage en coquille			2.5 à 7	2.5 à 10	2 à 3
Moulage sous pression			0.8 à 3.5	0.8 à 3.5	0.4 à 2.5

La dimension maximale est fonction de :

- La masse minimale du métal coulée .
- Des moyens de fusion du métal .
- Des dimensions des moules .

#### **4 Poids des pièces moulées :**

Le poids de la pièce que l'on va pouvoir réaliser dépend de la technique de moulage, notamment en moule permanent ou non , et aussi de l'alliage. Le tableau ci-dessous donne un ordre de grandeur pour un couple ( technique de moulage – alliage ) . on constate que les possibilités s'étalent de quelques grammes à plusieurs tonnes.

**Tableau 2 : grandeur de poids des pièces par rapport au couple (technique de moulage – alliage) .**

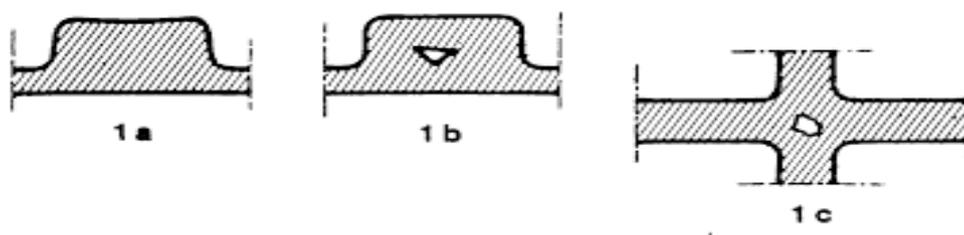
Moules non permanents					
fonte	acier	Alliage d'aluminium	Alliage de cuivre	Alliage de magnésium	Alliage de zinc
20 kg à 300T	20 kg à 300T	Quelques kg à 3T	Quelque kg à 50 T	Quelque kg à 50 kg	20 kg à 100 kg
Moules permanents					
Fonte	Acier	Alliage d'aluminium	Alliage de cuivre	Alliage de magnésium	Alliage de zinc
100 kg à 10T	20 kg à 10T	Quelques grammes à 50 kg	Quelques kg à 10T	10 kg à 30 kg	10 kg à 50 kg

## 5 Défauts des pièces moulées :

Les défauts de fonderie liés à la solidification et au refroidissement des pièces appartiennent aux types suivants :

### 6.1 Retassures :

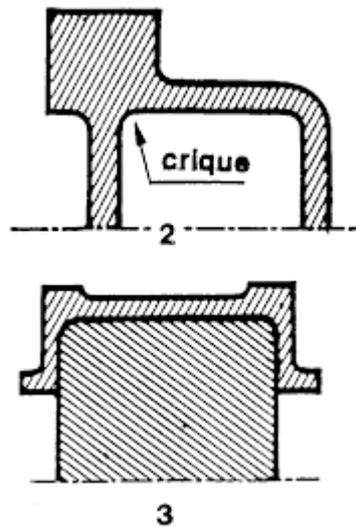
Les retassures sont des cavités situées en profondeur (retassures internes) ou en surface (retassures externes) des masses métalliques. Les figures 1a, 1b et 1c donnent des exemples de retassures dans le cas de bossages isolé (figures 1-a et 1-b) ou de raccords de formes (figure 1-c). Les retassures sont dues à la différence des volumes occupés par le métal à l'état liquide et à l'état solide. Si aucun artifice (masselottes, refroidisseurs) ne vient compenser ce phénomène, cette variation de volume se répartit en cavités de formes très diverses. Il existe également des micro-retassures non visibles.



*Les figures 16 : Retassures dans le cas de bossage isolé (figures 1-a et 1-b) ou de raccord de formes (figure 1-c).*

### **6.2 Criques :**

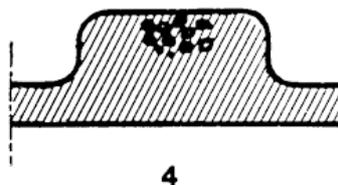
Les criques sont des ruptures partielles qui se produisent à température élevée en présence d'une petite quantité de métal encore liquide. Elles se produisent sous l'action d'efforts transmis au métal et résultant d'inégalité de retrait ou de la rigidité du moule. La pièce de la figure 2 , présente une crique due à la formation d'un point chaud dans la partie massive. La figure 3, est un exemple de formation de crique liée à la différence de coefficient de dilatation entre la pièce et une partie du moule. La contraction différentielle est l'origine d'une crique si le métal de la pièce ne possède pas la capacité de déformation nécessaire.



*Figure 17 : Défauts des pièces de fonderie : crique.*

### **6.3 Piqûres et porosités dues aux gaz :**

Les piqûres sont des défauts d'origine gazeuse. Elles proviennent de la dissolution de gaz dans le métal liquide lors de la fusion. Lorsqu'un métal gazé est coulé, la solidification s'accompagne d'un dégagement gazeux. Suivant l'avancement de la solidification, les bulles restent à l'endroit de leur formation en prenant l'aspect de piqûres dont la taille est inférieure à 2 mm ou tendent à se rassembler vers la surface libre en donnant naissance à des porosités plus importantes.



*Figure 18 : Défauts des pièces de fonderie : piqûres .*

#### **6.4 Soufflures :**

Les soufflures sont aussi des défauts d'origine gazeuse dûes à l'entraînement d'air pendant la coulée.

### **6 Règles de tracé des pièces moulées en fonderie :**

Afin d'éviter l'apparition des défauts évoqués ci avant, pour garantir les caractéristiques mécaniques attendues de la pièce brute, un certain nombre de précautions doivent être prises pour la conception des pièces moulées. Ces règles s'appliquent au tracé de la pièce brute. Elles prennent en compte les propriétés de l'alliage moulé et le procédé retenu pour la fabrication . Ces recommandations permettent d'élaborer un tracé optimal aux plans économique et qualité de la pièce .

#### **6.1 Importance des règles de tracé :**

- Compacité maximale de l'alliage .
- Forme ; dimension, état de surface.
- Structure fonctionnelle la plus allégée possible .
- Prix de revient minimal en réduisant au mieux les reprises d'usinage .

Ces règles sont :

➤ Les dépouilles :

La dépouille ou angle de dépouille est l'inclinaison des parois du moule nécessaire pour faciliter le démoulage de la pièce. On parle de contre-dépouille lorsque la forme de la pièce interdit un démoulage direct .

➤ Plan de joint :

Lors de la conception du moule, il faut tenir compte du sens de démoulage du modèle ou de la pièce qui se fait généralement perpendiculairement au plan de joint . Un joint plan est plus facile à réaliser. Il est préférable de reporter l'empreinte dans une seule partie du moule. La dépouille d'un seul côté est plus importante mais le modèle est plus économique.

➤ Les surépaisseurs d'usinage:

Les surépaisseurs d'usinage est un volume de matière ajouté aux côtes fonctionnelles du dessin de définition par le fondeur, afin de permettre ensuite des reprises en usinage. L'épaisseur de celles-ci varient en fonction des côtes attendues du retrait .

## **7 Choix du procédé de moulage :**

Pour le moulage en série , on choisira le procédé en fonction des moyens techniques et des caractéristiques des pièces . L'étude doit s'appuyer sur un critère économique pour calculer la rentabilité d'un procédé par rapport à un autre .

A l'aide du tableau ci-dessous, on va pouvoir comparer certains types de moulage pour déterminer quel type nous sera le plus rentable.

*Tableau 3 : Conditions de choix du procédé .*

procédés	Remplissage et alimentation	Type de moule	Série minimale	Cadence moyenne	Durée de vie moyenne du moule
En coquille	Par gravité	métallique	2.000 pièces	15 p/ h	40.000 pièces
Haute pression	Pression du métal par piston	Entièrement métallique	20.000 pièces	50 éject/h	70.000 éjections
Basse pression	Pression du métal par air comprimé	Métallique et noyaux en sable possible	5.000 pièces	20 éject/h	40.000 éjections
centrifugation	Force centrifuge	Métallique ou en graphite	Pièces unitaires possible	5 à 10 p/h	N/A

Tableau 4 : Comparaisons des possibilités techniques entre les procédés de moulage.

	coquille	Basse pression	Sous pression
Cadence de coulée	3	2	1
Durée de vie du moule	1	1	3
Dimensions des pièces	1	3	1
Mise au mille	3	1	1
Légereté des pièces	3	2	1
Précision dimensionnelle	3	2	1
Caractéristique mécanique	3	1	1
Traitement thermique	1	1	3
Etat de surface	3	2	1

## 8 Moulage en moule métallique : [12]

### 8.1 Généralité :

Alors que les procédés de moulage sable imposent , chaque fois, la destruction du moule pour récupérer la pièce coulée. Les moules permanents (métalliques), permettent d’obtenir avec le même moule, une série de pièces aux formes et dimensions identiques. Il n’est par contre pas possible, sauf rares exceptions, de mouler que des matériaux ayant un point de fusion relativement bas, tel que :

- Aluminium .
- Alliage d’aluminium (Alpax, A-U8S ...) .
- Alliage cuivreux (Laiton, Bronze, Cupro-aluminium ...) .
- Alliage de Zinc .

Le souci d’obtenir, avec un moule permanent, une série de pièces dont la forme et les dimensions soient identiques , a conduit à la réalisation de moules métalliques permettant deux méthodes de moulage.

- Moulage à la pression atmosphérique ou moulage en coquille.
- Moulage sous pression .

### 8.2 Moulage en coquille :

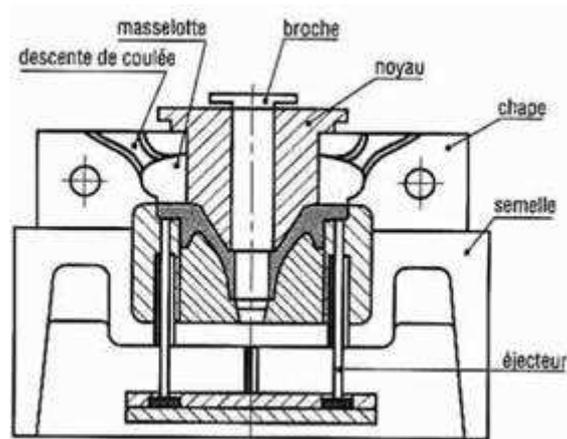
Le moulage en coquille est un procédé qui permet de couler par gravité, le métal en

fusion directement, dans un moule métallique en fonte ou en acier appelé coquille.

Ce type de moulage est destiné pour la réalisation de pièces compliquées en métaux et alliages ferreux (fonte grise et acier) et alliages non ferreux à point de fusion relativement bas, bronzes (10 à 13 % Zinc), Al-Si possédant de bonnes propriétés de fonderie, Al-Si-Cu, Al-Cu (4 à 12 % Cu).

Le moule est constitué de deux ou plusieurs parties appelées chapes formant l'empreinte, de trou de coulée et les évents . Les chapes sont solidement assemblées pendant la coulée du métal afin d'éviter leur séparation.

Le métal liquide remplit les cavités du moule sous l'effet de son propre poids (par gravité). Les masselottes et le trou de coulée doivent être situés dans le plan de joint avec des formes permettant le démoulage. Les joints ont généralement des surfaces finement striées, ce qui permet l'évacuation des gaz lors de la coulée du métal. Dans certains cas, les évents sont réalisés dans les noyaux.



**Figure 19 : moulage en coquille .**

### **8.2.1 Caractéristiques générales :**

- Rigidité de l'empreinte .
- Grande précision dimensionnelle .
- Excellent état de surface des éléments moulants .
- Conductivité thermique élevée .
- Un meilleur état de surface .
- Des caractéristiques mécaniques plus élevées de l'alliage coulé, conséquence d'une vitesse de refroidissement et de solidification plus élevée, donnant un grain plus fin et une matière

plus compacte; mais des contraintes résiduelles à l'état brut peuvent nécessiter un traitement thermique de détente des pièces surtout pour les métaux ferreux .

- Une plus grande précision des dimensions des pièces avec la possibilité de faire venir, des trous de fixation et de permettre une réduction appréciable des surépaisseurs d'usinage .

### **8.3 le moulage basse pression :**

le moulage basse pression consiste à injecter verticalement ( à faible vitesse ) le métal liquide à partir d'un four placé sous le moule par l'intermédiaire d'un tube céramique ( ou en fonte poteyé) via une pression d'un gaz neutre qui appliqué sur le métal liquide va le forcer à remonter dans le tube et à remplir l'empreinte. La basse pression en croissance , est presque exclusivement réservée à la transformation des alliages d'aluminium. La qualité des pièces réalisées en basse pression est supérieure à celle des pièces en moulage coquille car le remplissage (de bas en haut) est très maîtrisé et permet une très bonne santé interne. On fabrique typiquement des jantes ou des culasses automobiles (avec noyaux sable) par ce procédé.

### **8.4 La centrifugation :**

La centrifugation consiste à mettre en rotation une coquille creuse (généralement cylindrique) et à y verser le métal liquide qui, via la force centrifuge, va être alors plaqué contre les parois du moule où il va se solidifier. L'intérieur de la coquille peut être laissé sans protection (procédé « de LAVAUD ») ou bien recouvert par une fine couche de silice réfractaire (procédé WET SPRAY). Si le procédé est assez peu répandu, le tonnage produit est considérable car il est le procédé utilisé pour la production de tuyaux en fonte de grande taille pour l'adduction d'eau (Saint Gobain PAM). A côté de ce marché très important en tonnage, d'autres alliages peuvent être transformés par centrifugation (acier, cuivreux...).

L'axe de centrifugation peut être horizontal (le plus courant) ou vertical (moins répandu). La qualité des pièces est très bonne car la centrifugation permet de comprimer naturellement le métal. De plus, ce procédé permet de produire si besoin des CMM (Composites à Matrice Métallique) de manière assez aisée car les particules les plus lourdes sont plaquées vers les parois du moule. La principale limitation du moulage par centrifugation est liée, à sa faible latitude, à réaliser des pièces en dehors des formes simples de révolution.

### 8.5 Le Cobapress :

Le COBAPRESS (comme COulée-BAsculée-PRESSée), procédé hybride mêlant fonderie et forge, consiste à réaliser tout d'abord une ébauche moulée en moulage en coquille, puis une fois le système d'alimentation éliminé, à forger (après réchauffage) cette ébauche pour lui apporter un fibrage très bénéfique (comme en forge). Ce procédé, développé par Saint Jean Industries pour les alliages d'aluminium (AlSi7Mg0.3...), permet d'atteindre de très bonnes propriétés mécaniques après traitement thermique. De très nombreuses pièces automobiles, en particulier dans la liaison au sol, pour un grand nombre de constructeurs sont réalisées sur les différents sites du fondeur ou chez des partenaires licenciés. Deux variantes innovantes du procédé ont été développées : le COBAPRESS™ Optimal – pour « Optimized Alloy » – qui amène des caractéristiques mécaniques améliorées de l'ordre de +25% et le Hollow COBAPRESS qui permet d'optimiser le poids et la raideur tout en gardant les avantages du COBAPRESS.

### 8.6 Le moulage sous pression :

Le moulage sous pression est le plus court chemin de la matière première à la pièce finie. Il permet d'obtenir des pièces de formes et dimensions précises, en refoulant le métal liquide ou pâteux dans le moule sur une machine à mouler spéciale. La solidification se réalise par refroidissement dans l'empreinte du moule, par circulation d'eau. Ce procédé consiste à injecter le métal liquide à grande vitesse (50 m/s aux attaques) et à lui appliquer une très forte pression (80 à 100 MPa) pendant la solidification. Ce procédé est utilisé majoritairement pour réaliser des pièces en aluminium de deuxième fusion (AlSi9Cu3, AlSi12, AlSi10Mg...), mais également des alliages de zinc (zamak3, zamak5), des alliages de cuivre (laiton 60/40), des alliages de magnésium (AZ91) ou (plus rarement) des alliages de plomb.

Il existe deux types de machines à mouler sous pression. :

***Machine à chambre chaude*** : L'injection se fait par air comprimé ou plus généralement par piston. Celui-ci plonge directement dans le creuset contenant le métal liquide et le refoule dans le moule.

## Le moulage en fonderie

### 2.1.c - le moulage sous pression

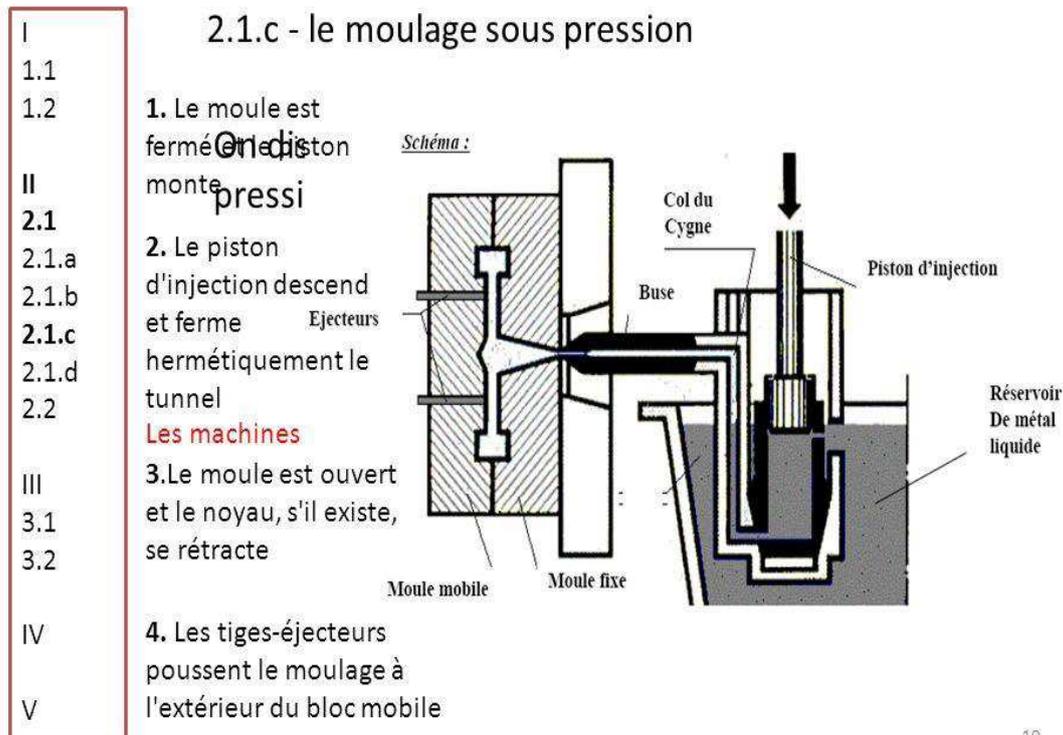


Figure 20 : Machine à chambre chaude .

- ✓ Pression d'injection de l'ordre de 20 à 150 bars
- ✓ Possibilité de 50 à 150 injections/heure selon le volume de la pièce.

**Machine à chambre froide :** Le creuset est indépendant de la machine. L'alliage est versé dans le cylindre d'injection à la louche ou par un doseur spécial (machine automatisées). Moins rapides que les précédentes, Ces machines sont surtout utilisées pour le moulage des alliages d'aluminium ou cuivreux dont le point de fusion est trop élevé pour les machines à chambres chaudes.

- ✓ Pression d'injection de l'ordre de 400 à 1600 bars .

**Remarque :** Ces machines comportent toujours, quel que soit leur type, un dispositif d'ouverture et de fermeture du moule, avec serrage énergique au moment de l'injection.

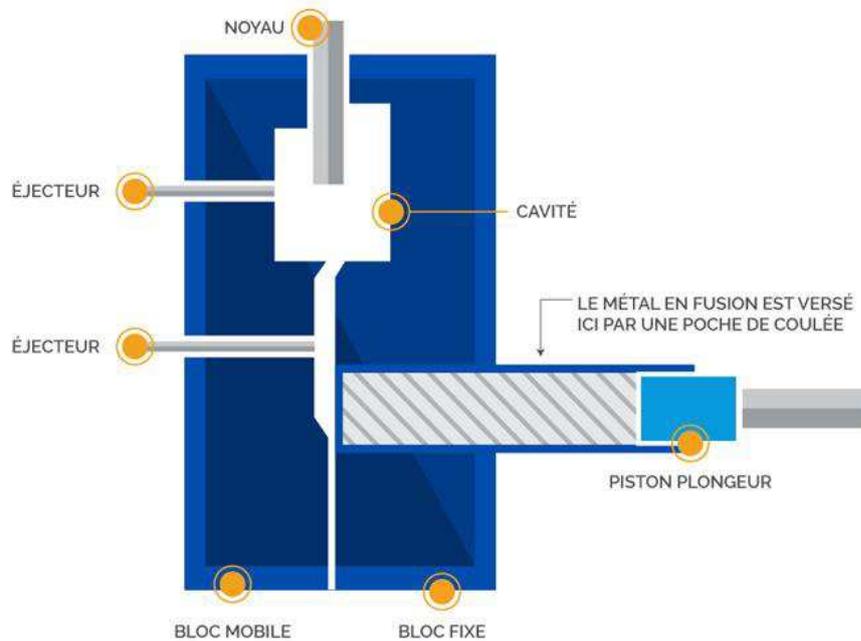


Figure 21 : Dispositif d'injection du métal liquide d'une machine à chambre froide .

### 8.6.1 Caractéristiques du moulage sous pression :

- Alliages coulés sensiblement les mêmes qu'en moulage Coquille.
- Tolérances :  $\pm 0,05$  mm sur dimensions  $\leq 25$  mm.
- Aspect des pièces excellent.
- Réduction ou suppression totale de l'usinage.
- Poids des pièces coulées : 20 Kg.

### 8.6.2 Les machines utilisées en moulage sous pression :

Il existe deux types de système d'injection sur les machines utilisées :

Le premier , constitué d'une chambre appelée GOOSNEEK , est continuellement immergé dans l'alliage en fusion contenu dans un four placé derrière le plateau de la machine . ce sont **les machines à chambre chaude** .

2) le second système d'injection est constitué d'un cylindre appelé conteneur , dans lequel coulisse un piston . Le four de maintien n'est pas intégré à la machine et l'alliage est déversé ( manuellement ou mécaniquement ) dans le conteneur avant chaque injection . ce sont **les machines à chambres froides** .

8.6.2.1 Machine à chambre chaude :

la fonderie sous pression à chambre chaude peut être utilisée pour le Zinc , pour le Magnésium et pour d'autres alliages à bas point de fusion. Le procédé à chambre chaude est idéal pour les métaux qui n'attaquent pas et n'érodent pas facilement les pistons , les cylindres et creusets métalliques .

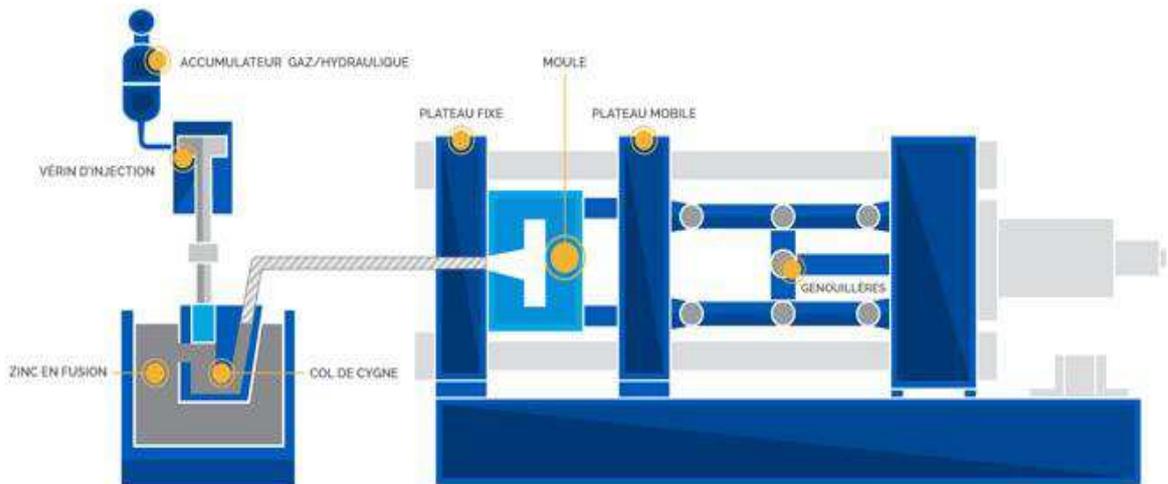


Figure22 : Machine d'injection sous pression à chambre chaude .

➤ Séquence de fonctionnement de la fonderie sous pression à chambre chaude conventionnelle : [11]

1. Le moule est fermé et le piston se soulève en dégageant la lumière, ce qui permet au métal en fusion de remplir le cylindre .

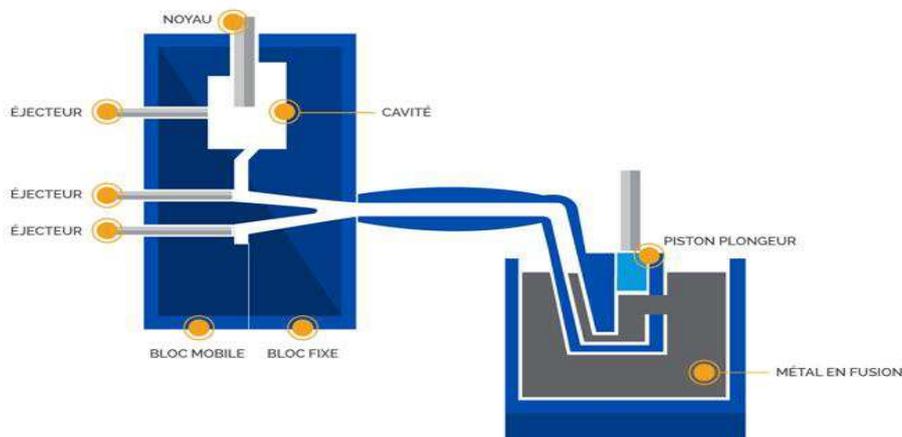
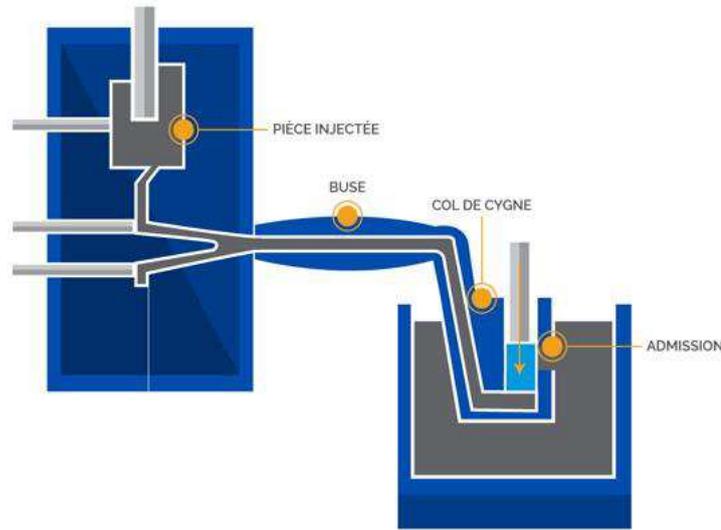


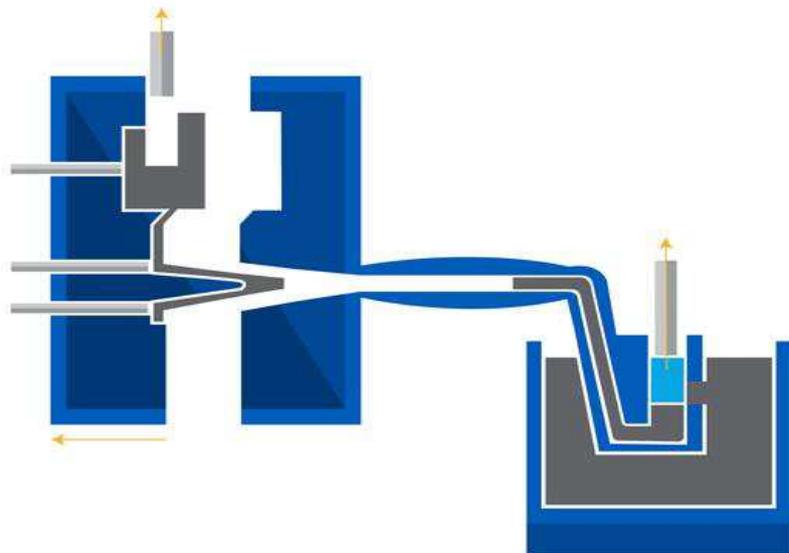
Figure23 : Fermeture du moule et remplissage du cylindre .

2. Le piston masque ensuite la lumière et injecte le métal en fusion à travers le col de cygne et la buse dans l’empreinte du moule, où il est maintenu sous pression jusqu’à ce qu’il se solidifie.



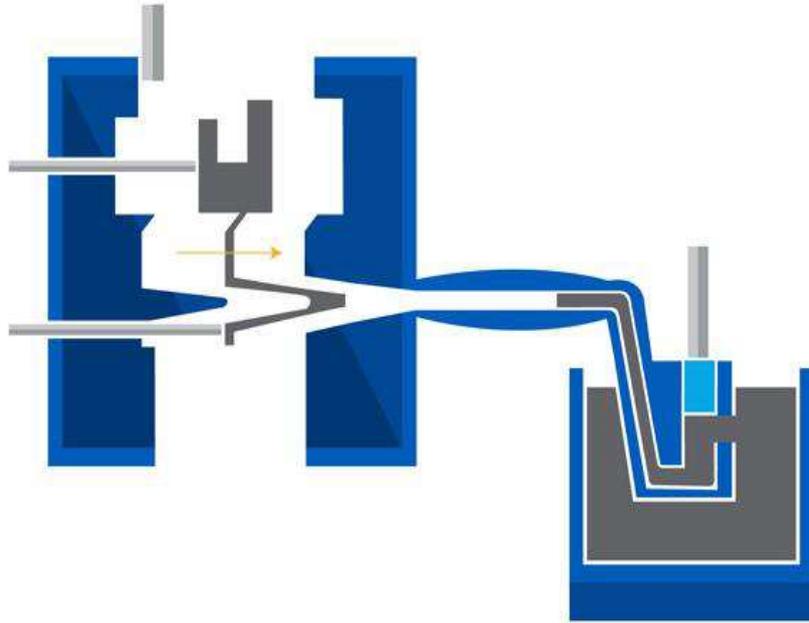
*Figure 24 : Injection du métal en fusion dans l'empreinte .*

3. Le moule s’ouvre et les noyaux, s’il y en a, se rétractent. La pièce coulée reste prise dans une seule moitié du moule, côté éjecteur. Le piston revient alors en position initiale, permettant au métal en fusion restant de repartir à travers la buse et le col de cygne.



*Figure 25 : Ouverture du moule après solidification du métal dans l'empreinte .*

4. Les éjecteurs poussent la pièce coulée pour la faire sortir du bloc mobile. Lorsque le piston dégage la lumière de remplissage, le métal en fusion coule à travers celle-ci pour remplir à nouveau le col de cygne.



*Figure26 : Ejection de la pièce coulée .*

#### **8.6.2.2 Machine à chambre froide :**

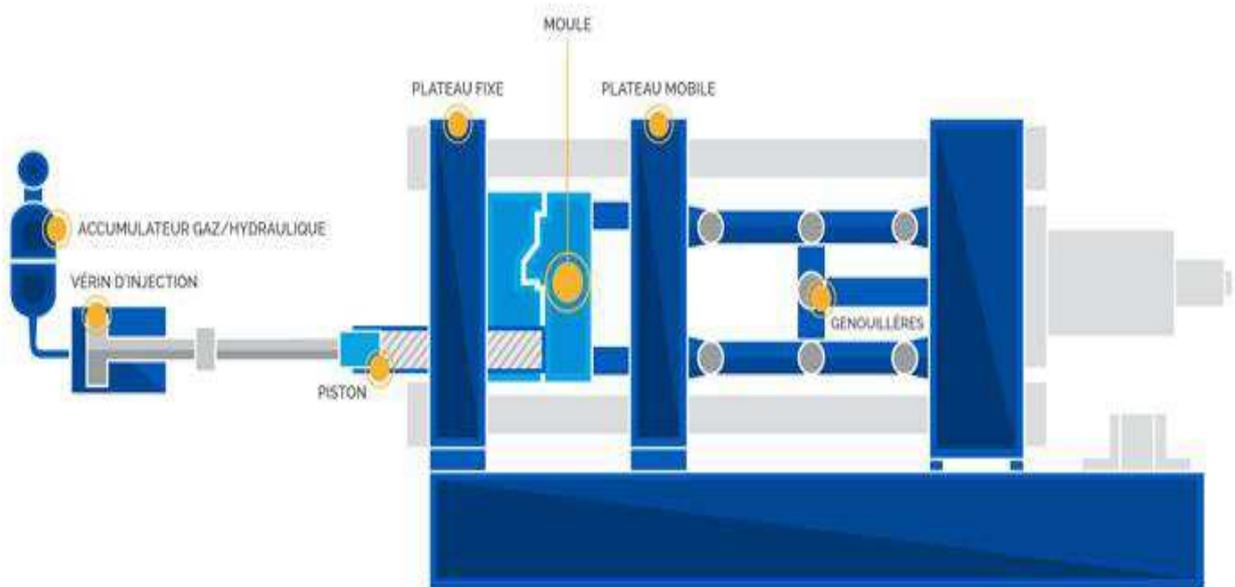
La fonderie sous pression à chambre froide est idéale pour les métaux comme l'aluminium, qui possèdent une température de fusion élevée. Au cours de ce procédé, le métal est liquéfié dans un four à des températures extrêmement élevées, puis versé dans une chambre froide grâce à une poche de coulée pour être injecté dans le moule.

#### **➤ Les composants de base de la machine de fonderie sous pression à chambre froide :**

Au cours de la fonderie sous pression à chambre froide, la charge en fusion (qui comprend plus de matière que nécessaire pour remplir le moule) est versée depuis le creuset dans un conteneur grâce à une poche de coulée, où un piston à commande hydraulique injecte le métal dans le moule (plus précisément dans la chambre de compression ) et de cette façon , on limite le contact entre le métal et la chambre de compression à la durée d'injection . La

matière excédentaire sert à forcer plus de métal à rentrer dans l’empreinte afin de compenser la contraction (le retrait) qui a lieu au cours de la solidification.

Les principaux composants d’une machine de fonderie sous pression à chambre froide sont montrés ci-dessous. Ce type de machine permet d’obtenir des pressions d’injection de plus de 70 000 KPa (10 000 psi).



*Figure 27 : Machine d'injection sous pression à chambre froide .*

Selon l’orientation de la chambre de compression , les machines sont dites horizontales ou verticales.

#### **8.6.2.2.1 Machines à chambre froide horizontale :**

- 1) La machine est constituée d’un plateau fixe dans lequel est inséré le conteneur qui représente la chemise d’injection ; à l’intérieur se déplace un piston en accouplement non rigide avec le vérin d’injection pour faciliter le guidage , celui-ci est relié au plateau fixe par des tirants qui absorbent la réaction d’injection .

➤ **Le conteneur et le piston :**

L’extrémité du conteneur assure un bon centrage de la partie mobile du moule, pour permettre le bon fonctionnement du piston d’injection dans sa course à l’intérieur du conteneur de la partie fixe du moule . L’autre extrémité comporte le trou de coulée, par lequel on conduit le métal liquide . Le refroidissement du piston est généralement par un circuit d’eau forcée dans

la tige , pour pouvoir garder un jeu fonctionnel constant entre ces deux éléments et pour éviter à froid l'infiltration du métal liquide .

➤ **Hauteur du système d'injection :**

Pour garantir une bonne marche de coulée sous pression , en général , il convient de respecter les points suivants :

- Opposer le plus possible en résultante des efforts d'ouverture à celles de fermeture du moule .
- Faire partir les canaux d'alimentation avec les parties supérieures de la pastille .
- Disposer la pièce dans le moule de telle manière à faciliter le guidage de la partie mobile.

Pour satisfaire ces objectifs , les systèmes d'injection sont réglables en hauteur .

La force  $F_f$  fermeture  $F_o$  est opposé à l'effort d'ouverture  $F_o$  ceci après décalage vers le bas de l'axe d'injection par rapport à l'axe de fermeture coïncidant avec l'axe géométrique des plateaux .

**8.6.2.2.2 Machines à chambre froide verticale :**

L'intérêt de cette machine , c'est que le métal ne peut s'écouler dans l'empreinte sans l'action du piston d'injection ; ainsi que la quantité d'air injectée dans le moule . En effet , si la vitesse du piston est bien réglée , l'air situé entre le métal et le piston d'injection peut s'échapper par le jeu entre le piston et le conteneur .Par contre l'étanchéité est difficile à réaliser au niveau du centre du piston , celui-ci reste en contact avec le métal en fusion pendant un temps relativement long.

➤ **Séquence de fonctionnement du procédé de fonderie sous pression à chambre froide : [11]**

- 1 Le moule est fermé et le métal en fusion est versé grâce à une poche de coulée dans le conteneur de la chambre froide.

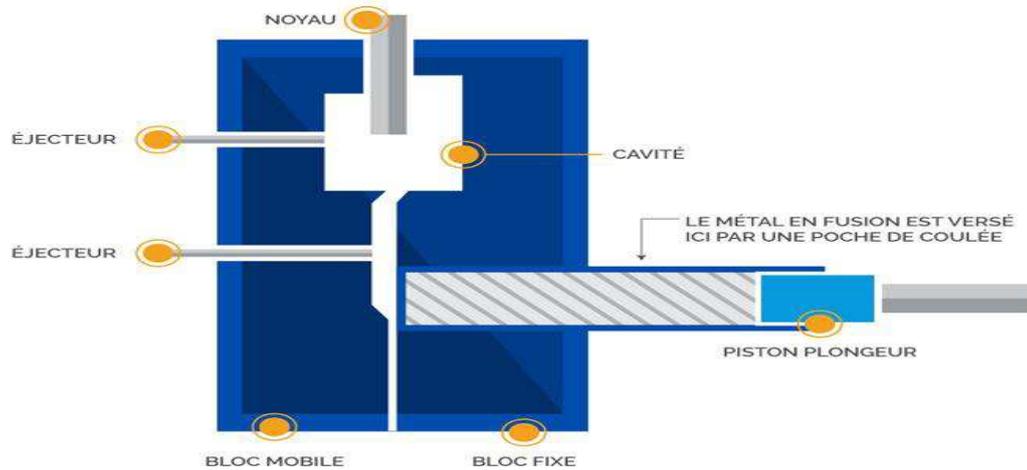


Figure 28 : Fermeture du moule et injection du métal dans la chambre de compression .

- 2 Le piston injecte le métal en fusion dans l’empreinte du moule, où il est maintenu sous pression jusqu’à ce qu’il se solidifie.

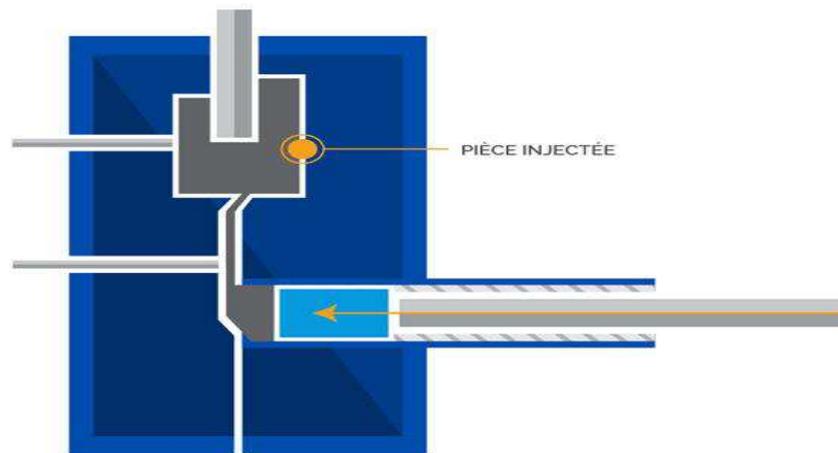


Figure 29 : Injection du métal en fusion dans l’empreinte .

- 3 Le moule s’ouvre et le piston avance pour s’assurer que la pièce coulée reste prise du côté du bloc mobile. Les noyaux se rétractent, le cas échéant.

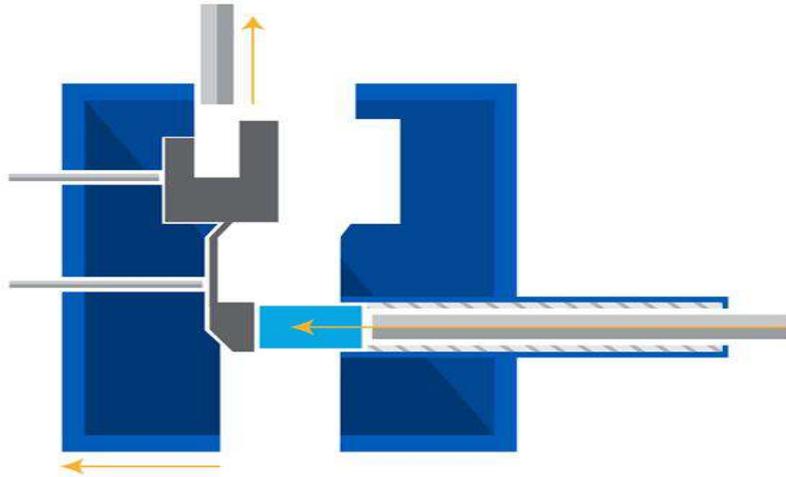


Figure 30 : Ouverture du moule .

- 4 Les éjecteurs poussent la pièce coulée pour la faire sortir du demi-moule mobile et le piston reprend sa position initiale.

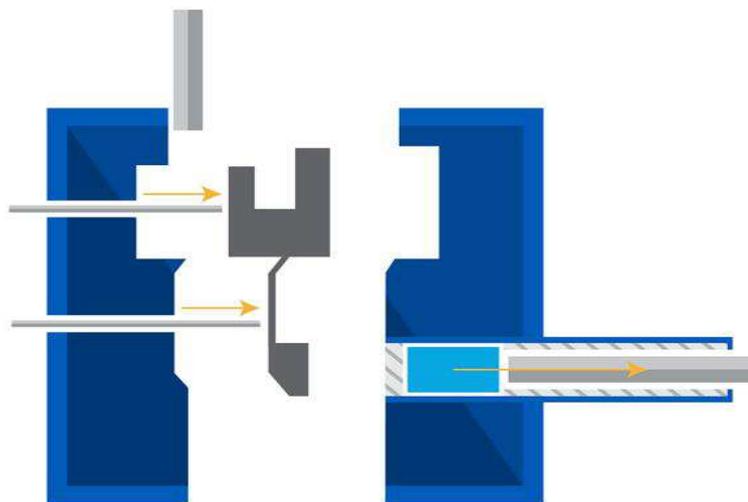


Figure 31 : Ejection de la pièce coulée .

La fonderie sous pression présente de nombreux avantages : une forte productivité (temps de cycle court, forte automatisation), des pièces à forte précision dimensionnelle (near-net-shape) et à faible épaisseur. C'est le process de fonderie le plus économique pour des grandes séries. En revanche, il présente un certain nombre de limitations : des porosités piégées pendant le remplissage, des caractéristiques mécaniques (statique et dynamique) en dessous de celles obtenues avec les autres procédés et l'impossibilité de réaliser des zones creuses non démoulables. Ce procédé a pour débouché majeur le marché automobile pour l'aluminium (blocs moteur, carter d'embrayage, colonne de direction, carter d'huile, ...) et le magnésium (volant) mais est d'avantage diversifié au niveau des marchés clients pour les autres alliages (zamak, cuivreux, plomb).

### **8.7 D' autres procédés de fonderie en moule métallique :**

Il existe également d'autres procédés de fonderie en moule métallique très peu développés ou propriétaires (breveté et commercialisé par une seule entreprise pour ses productions internes). On peut citer (sans vouloir être exhaustif) les procédés New Injection Die Casting, PCPC (Pressure Counter Pressure Casting), Tridem Process , Le squeeze casting direct , Le squeeze casting indirect , Le rhéocasting. Bien d'autres process existent encore, dont certains différents seulement à la marge des procédés traditionnels.

## **9 Les procédés les plus répandus parmi les procédés en moulage métallique :**

On peut distinguer, en première approche, deux procédés très largement répandus au niveau industriel (fonderie sous pression, moulage coquille) par rapport à tous les autres (centrifugation, basse pression, squeeze casting, rhéocasting...). Ces procédés concernent majoritairement les alliages non ferreux à l'exception notable de la centrifugation.

*Tableau 5 : Utilisation des métaux dans les nombreux procédés de moulage .*

	Fonderie sous pression	Moule en coquille	Cobapress	Centrifug.	Squeeze casting
Al	xxx	xxx	x		x
Zn	xx				
Cu	x	x		x	
Mg	x	x			
Pb	x	x			
Fonte		x		xxx	
Acier				x	

## **10 Choix de la machine :**

Sachant qu'il n'existe pas de machines universelles pour couler tout sorte de pièces , il convient donc, de choisir une machine dont le type et la force de fermeture conviennent aux problèmes de production .

### **10.1 Facteurs qui orientent le choix :**

- Nature de l'alliage coulé .
- Caractéristiques de forme et de dimensions de la pièce coulée .

### **10.2 Nature de l'alliage coulé :**

- Machine à chambre chaude pour les alliages à bas point de fusion tel que : le plomb , le zinc et le magnésium .
- Machine à chambre froide pour les alliages d'aluminium et de cuivre .

Caractéristiques des pièces à couler :

Le choix s'appuie sur la forme , les dimensions et le poids de la pièce à réaliser .

- Pour les pièces minces , il est nécessaire d'avoir une grande vitesse d'injection .

- Pour les pièces épaisses , une injection avec surpression finale.
- Pour les pièces profondes, on choisit les machines à grande course d'ouverture.

Parmi les facteurs qui orientent le choix de la machine, on peut citer encore :

- L'importance des séries .
- L'analyse des avantages et inconvénients des machines.
- Le coût de revient de la machine et de la pièce .

## **11 Conclusion :**

Avec Les procédés cités précédemment , on est capable de produire des pièces avec une cadence élevée , une bonne finition ou semi finition et tout ça avec un bon état de surface.

le moulage sous pression est recommandé pour les pièces de petite ou moyenne taille afin d'obtenir un bon niveau du détail, une excellente qualité de surface et une uniformité dimensionnelle pour une importante cadence .

*Chapitre 3 :*  
*Choix du moule et du procédé .*

## **1 Problématique :**

Notre travail consiste à étudier et concevoir un moule pour flasque bride ( d'un moteur électrique asynchrone ) en alliage d'aluminium-silicium .

L'aluminium et ses alliages sont classés dans la catégorie des alliages légers .

Leurs principales applications sont :

- Le transport aéronautique et automobile .
- Le bâtiment et le génie électrique .

### **1.1 Principales caractéristiques de l'aluminium :**

La conductibilité thermique de l'aluminium est cinq fois plus élevée que celle de l'acier .

- Un bas point de fusion (658 c°) .
- Une ductibilité élevée ( A%  $\approx$ 40 %) .
- Faible densité ( 2.7 g/cm<sup>3</sup> ) .
- Bonne propriété électrique .

Sa structure cristalline est cubique à face centrée . Il présente un bon rapport résistance/ poids.

### **1.2 Les alliages d'aluminium de fonderie :**

Les alliages d'aluminium pour fonderie sont des alliages dont le constituant principal est l'aluminium , destinés à être transformés par des techniques de fonderie. On les appelle souvent : alliages légers du fait de leur masse volumique nettement inférieure à celle d'autres métaux utilisés dans l'industrie .

A l'ENEL , l'alliage qui sera utilisé pour la fabrication du flasque est le AlSi12Cu . C'est un alliage eutectique , qui présente tous les critères pour être choisi pour le moulage sous pression .

Le silicium est présent dans cet alliage pour lui procurer sa principale caractéristique qui est d'améliorer la fluidité du métal, par conséquent de limiter les risques de criques. Les alliages à fort pourcentage de Silicium étaient les préférés de fondeurs .

En revanche il diminue l'usinabilité de la pièce .

Le cuivre contribue fortement à l'amélioration des caractéristiques mécaniques des alliages et améliore considérablement les aptitudes à l'usinage des pièces réalisées y compris dans le cas où elles ne sont pas traitées thermiquement .

Les alliages aluminium cuivre , dans lesquels la teneur en silicium est très faible sont assez facilement sujets aux critiques (amorce de rupture ) si le refroidissement est mal contrôlé , ou bien lors du traitement thermique si certaines précautions ne sont pas prises .

Les alliages d'aluminium sont des alliages délicats en fonderie , mais très appréciés des usineurs . Lorsque les fonderies sont bien réalisées, les pièces réalisées dans cette série d'alliage sont très souvent des pièces soumises à des contraintes mécaniques importantes et de ce fait , font presque toujours l'objet d'un traitement thermique .

### **1.3 Les traitements thermiques :[4]**

Les traitements thermiques sont des ensembles de chauffe de maintien et de refroidissement qui ont pour but de modifier les propriétés mécaniques de l'alliage.

On distingue :

#### **1.3.1 Traitement de stabilisation et de recuit :**

Son but est généralement de réduire, dans les pièces, les contraintes résiduelles qui risquent de causer des déformations dans le temps ou à l'usinage . Il consiste en une chauffe, dont la température varie avec l'alliage et d'un refroidissement lent .

#### **1.3.2 Traitement de durcissement :**

Son but est d'augmenter la résistance de la matière mais tous les alliages ne peuvent pas se durcir, il faut que l'alliage contienne du cuivre , du silicium et magnésium , du zinc et magnésium . On ne peut durcir l'AS13 .

Le traitement s'effectue en deux temps :

##### **1.3.2.1 Mise en solution ou trempe :**

Qui consiste en une chauffe dont la température dépend de l'alliage et à refroidir la pièce rapidement dans l'eau froide ou tiède.

##### **1.3.2.2 Durcissement :**

Obtenu après trempe par revenu ou maturation .

##### **Maturation :**

Immédiatement après la trempe , le métal est toujours aussi malléable ; mais cette malléabilité diminue dans le temps à température ambiante .

C'est la maturation , selon sa composition ; l'alliage peut durcir assez rapidement, quatre jours ou plus longtemps voir 20 à 30 jours . Dans ce dernier cas , on accélère le durcissement en chauffant la pièce, c'est le revenu.

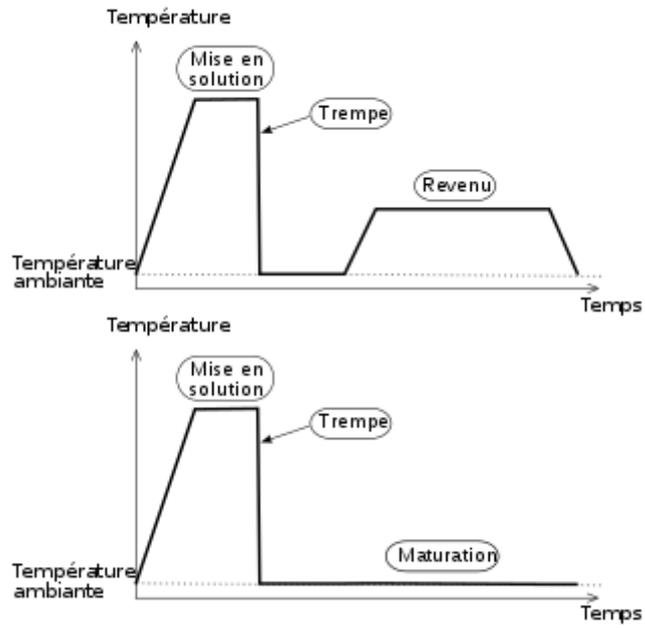


Figure 32 : Cycle d'un traitement thermique par revenu et par maturation .

## **2 Définition :**

Un moule est un outil de transformation comportant une cavité destinée à recevoir un matériau liquide, plus ou moins fluide, et à le mettre sous une forme ayant déjà été déterminée à l'avance. Le moule se constitue de deux parties : une partie fixe et autre mobile.

### **2.1 Composantes du moule :**

On distingue deux parties , **une partie fixe** et **une partie mobile**.

#### **Composants de la partie fixe :**

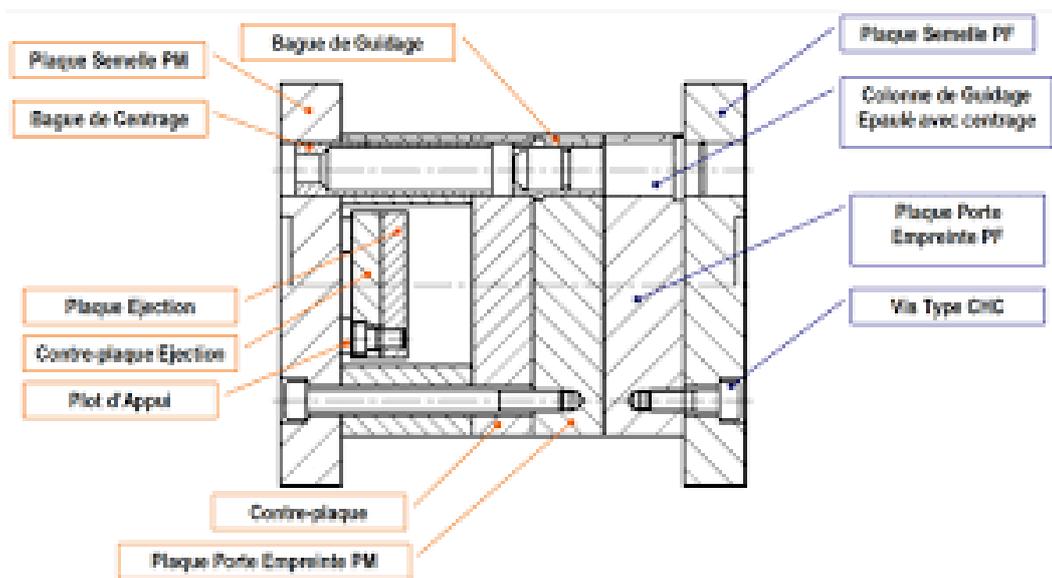
- 1 L’empreinte fixe:** Jumelée avec l’empreinte mobile, donnant la forme de la pièce désirée.
- 2 Bloc porte empreinte fixe :** Pièce qui comporte l’empreinte.
- 3 Colonnes de guidage :** Des pièces principalement utilisées dans les outillages de découpage et d’emboutissage permettant le centrage des deux parties du moule.
- 4 Cheminée :** Un élément permettant l’évacuation des gaz emprisonnés dans l’empreinte lors de la coulée.
- 5 Rondelle de centrage :** Appelée aussi bague de centrage, c’est une bague fixée dans la plaque de fixation supérieure et qui sert à centrer le moule entre les plateaux de la presse.

#### **Composants de la partie mobile :**

- 1 Empreinte mobile :** Pièce qui donne la forme de l’article désiré (dans notre cas on trouve deux empreintes ).
- 2 Bloc porte empreinte mobile :** Pièce qui comporte l’empreinte accompagnée des tasseaux. Le rôle des tasseaux est de créer la course d’injection et déterminer la côte du moule fermé pour qu’il soit monté sur une presse d’injection. Ce bloc comporte également une plaque de fixation qui sert à fixer le moule sur la machine. On trouve aussi des tiges de remise à zéro permettant le recul de la batterie d’éjection .

- 3 **Plaque d'éjection** : Est un terme utilisé en fonderie sous pression pour désigner la plaque à laquelle sont fixés les éjecteurs qui, lors de l'ouverture du moule, viennent pousser la pièce pour l'extraire de ce dernier.
- 4 **Contre-plaque d'éjection** : Elle empêche la formation de bavures. Elle doit apporter une rigidité suffisante pour s'opposer à la déformation des parties moulantes sous l'action de la pression d'injection.
- 5 **Bagues de guidage** : Sont indispensables pour que le moule s'ouvre et se ferme avec précision. Elles sont placées en dissymétrie par rapport à l'axe du moule dans leurs positions ou leurs diamètres pour éviter toute erreur lors du montage du moule.

Le moulage par injection contribue au 'zéro déchets' tant qu'il est possible d'utiliser la matière recyclée.



*Figure 33 : Schéma d'un moule moulage à injection sous pression .*

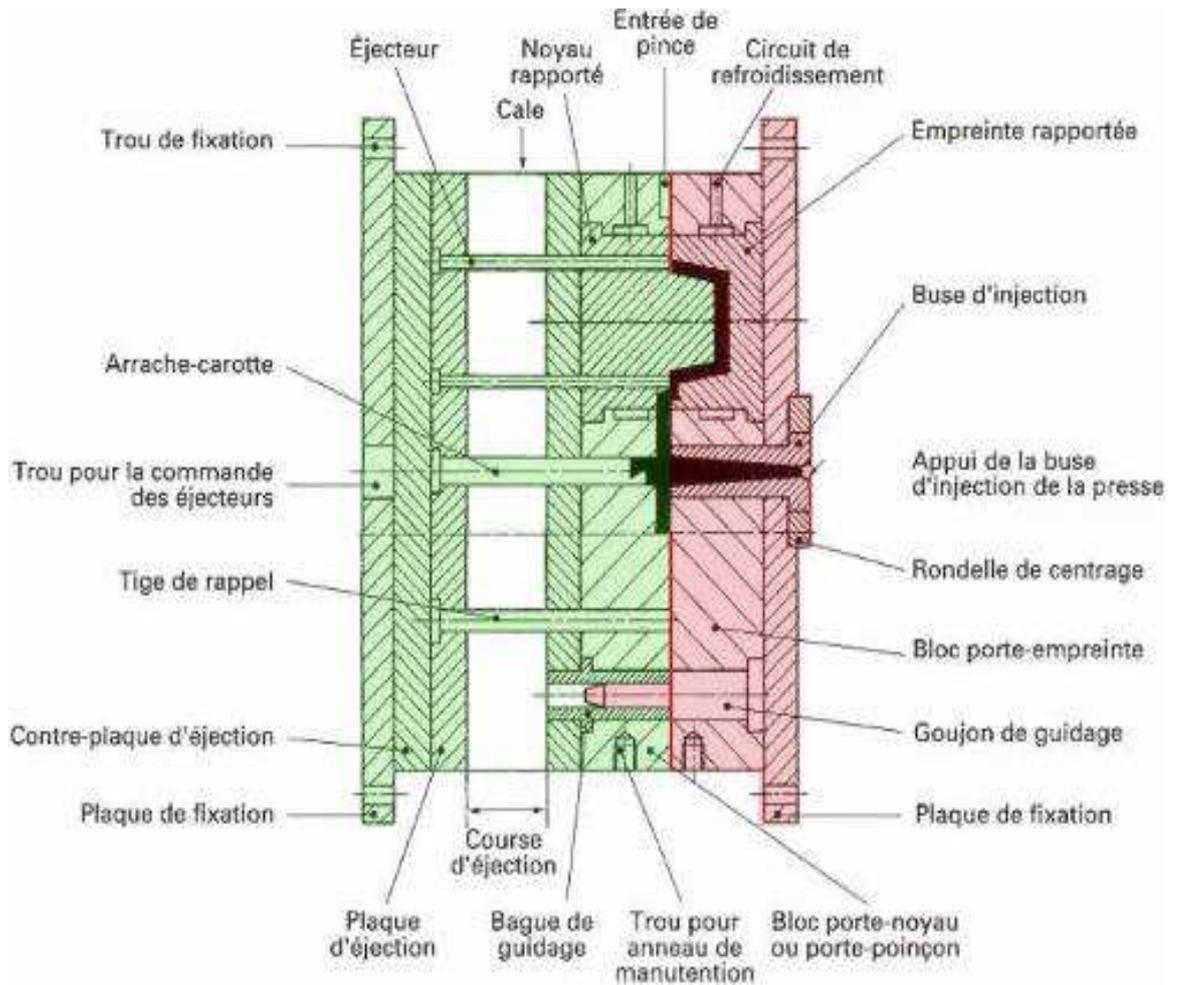


Figure 34 : Schéma détaillé d'un moule à moulage sous pression .

## 2.2 Nombre d'empreintes :

Le nombre d'empreintes dépend du volume de la pièce. Si la pièce est volumineuse, on se limite à une seule empreinte et si elle est petite, on réalise plusieurs empreintes, selon les possibilités pour produire des grandes quantités de pièces dans un temps réduit.

Il faut aussi prendre en considération les critères suivants : Critères économiques et les Critères techniques (la machine et la quantité exigée).

### 2.2.1 Calcul du nombre d'empreintes :

Le calcul est nécessaire chaque fois que l'on aura le choix du nombre d'empreintes à disposer dans un moule d'injection, sans que celui-ci modifie notablement l'architecture générale du moule ou le choix de la presse.

Les données de calcul sont :

- **X** : le prix du moule à 1 empreinte
- **Y** : le coût de l'empreinte additionnelle
- **Q** : le coût horaire de la presse
- **S** : le coût horaire des salaires
- **N** : le nombre total de pièces à fabriquer
- **T** : la durée du cycle
- **n** : le nombre d'empreintes recherché La démarche de calcul.

**Coût du moule pour n empreintes :**

$$C_n = X + Y (n-1) = (X - Y) + Yn$$

**Coût du fonctionnement de la presse**

$$Q_u = (Qt / 60n)$$

**Coût du salaire par pièce :**

$$S_u = St/60n$$

**Coût du moule par pièce :**

$$C_u = C_n / N$$

**En remplaçant Cn par sa valeur :**

$$C_u = ((X-Y) + Yn) / N$$

**Coût de moulage d'une pièce :**

$$C_{um} = Q_u + S_u + C_u$$

**En remplaçant Qu, Su et Cu par leurs valeurs :**

$$C_{um} = (Qt/60n) + (St/60n) + ((X-Y)/N) + Yn/N$$

$$C_{um} = (t / (60n)) (Q+S) + ((X-Y)/N) + Yn/N$$

Pour trouver la valeur de ce nombre d'empreintes nous donnant le coût minimum, nous procédons à la dérivée de la fonction, puis nous égalons à zéro pour trouver son minimum.

Dérivons donc par rapport à n et Egalons à zéro :

$$dC_{um} / dn = ((-t / (60n^2)) (Q+S)) + Y/N$$

ou

$$((-t/ (60n^2)) (Q+S)) + Y/N = 0$$

D'où :

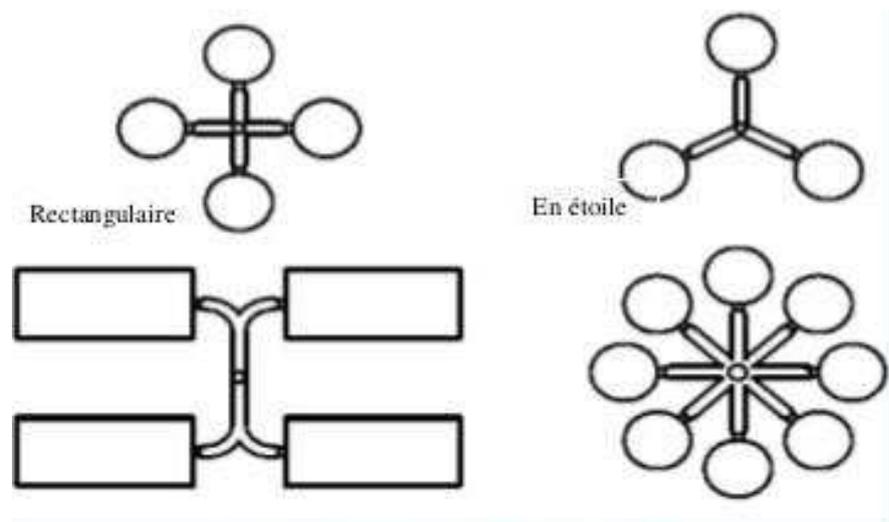
$$n^2 = ((Q+S)/60) t (N/Y)$$

d'où

$$n = [((Q+S) t N)/ (60Y)]^{1/2}$$

**Note :**

Nous remarquons que X a disparu de la dérivée. Ceci paraît normal puisque le calcul n'a d'intérêt qu'à partir de la deuxième empreinte .



*Figure 35 : Disposition équilibrée des empreintes .*

**2.2.2 Remplissage des empreintes :**

En fonderie sous pression , il existe trois régimes d'écoulement du métal dans l'empreinte :

– **Écoulement pulvérisé :**

L'écoulement pulvérisé est obtenu pour de grandes vitesses du métal. Ce type d'écoulement conduit à un front de métal déchiqueté et à une répartition très homogène de l'air résiduel

( non évacué par les tirage d'air ) sous forme de micropores (micro soufflures) de très faible taille ( quelques 1/100 mm ) non pénalisante .

L'écoulement n'est cependant plus parfaitement pulvérisé dès que s'établit une pression dans la cavité. La notion d'écoulement pulvérisé ne semble réaliste que pour l'avant du front du métal.

Néanmoins , dans tous les cas , de grandes vitesses du métal sont plutôt favorables pour disperser finalement les porosités d'origine gazeuse (soufflures ) .

– **Écoulement en jet :**

L'écoulement en jet est obtenu pour des vitesses du métal trop faibles. Ce régime d'écoulement est pénalisant car il est susceptible de conduire à des entrainement d'air important et des soufflures de forte taille ( 0.5 à 1 mm). Il doit être absolument évité.

– **Écoulement en front continu :**

Le régime d'écoulement en front continu est obtenu en moulage par gravité pour des vitesses du métal très lentes ( 0.5 à 1 m/s ). Ce régime garantit un front de métal très homogène et régulier, ce qui permet d'évacuer l'air de manière optimal, mais conduit à un refroidissement du métal très important . L'écoulement en front continu n'est jamais obtenu en phase rapide d'injection . Il est obtenu en première phase d'injection seulement. Seules les pièces épaisses ( 7 à 10 mm ou plus ) peuvent être injectées en très grande partie en écoulement laminaire, ce qui garantit un niveau de qualité très bon .

### **3 Types de moule d'injection :**

– **Moule à deux plaques :**

Le plus couramment utilisé à cause de sa simplicité dans la fabrication et la mise en forme .

– **Moule à trois plaques :**

Permet le d'égrappage automatique des pièces injectées et des déchets ( canaux , carotte ) lors de l'ouverture du moule .

– **Moule à tiroir :**

Permet le démoulage des pièces possédant une contre-dépouille .

3.1 Dessin définition du moule :

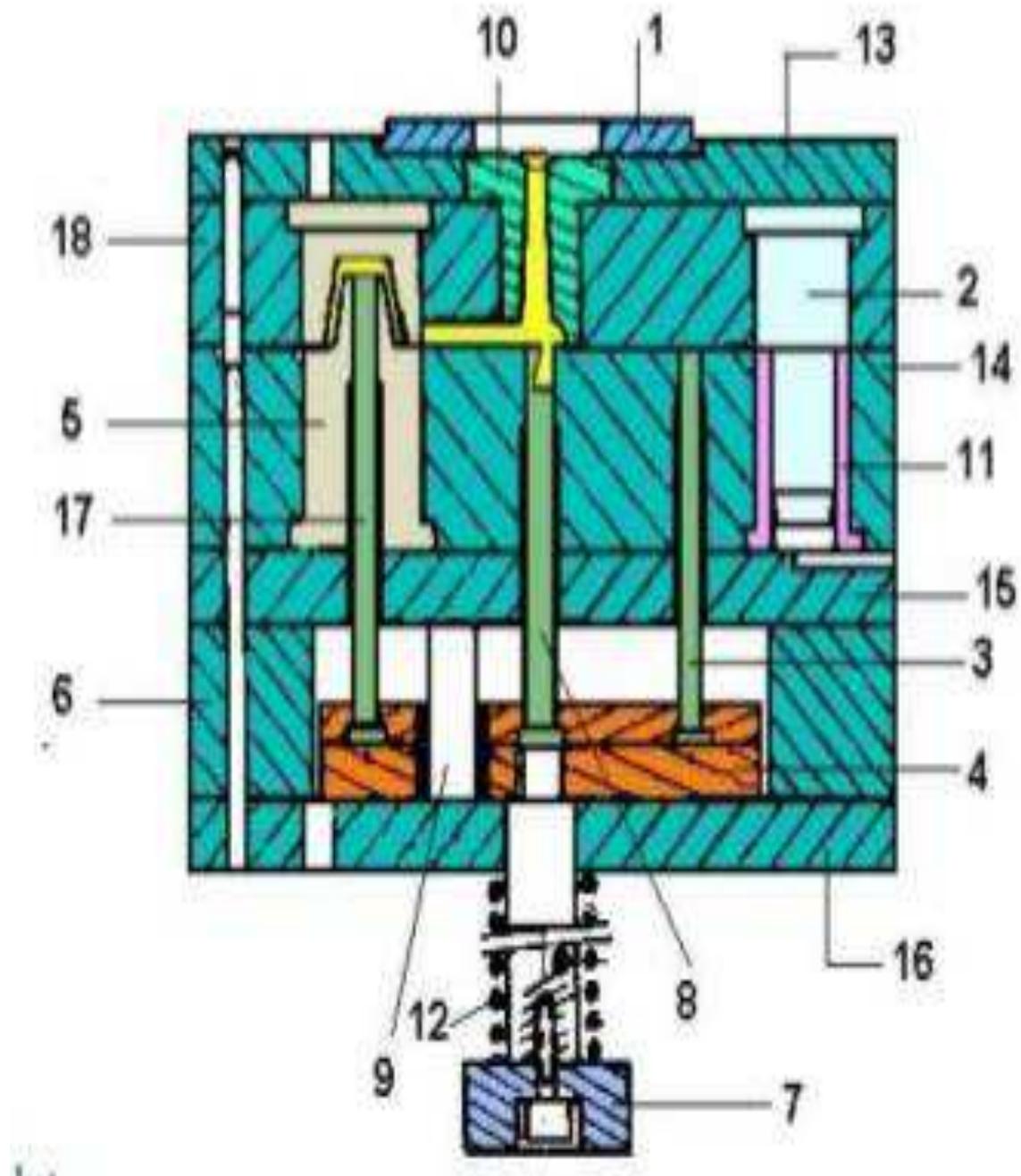


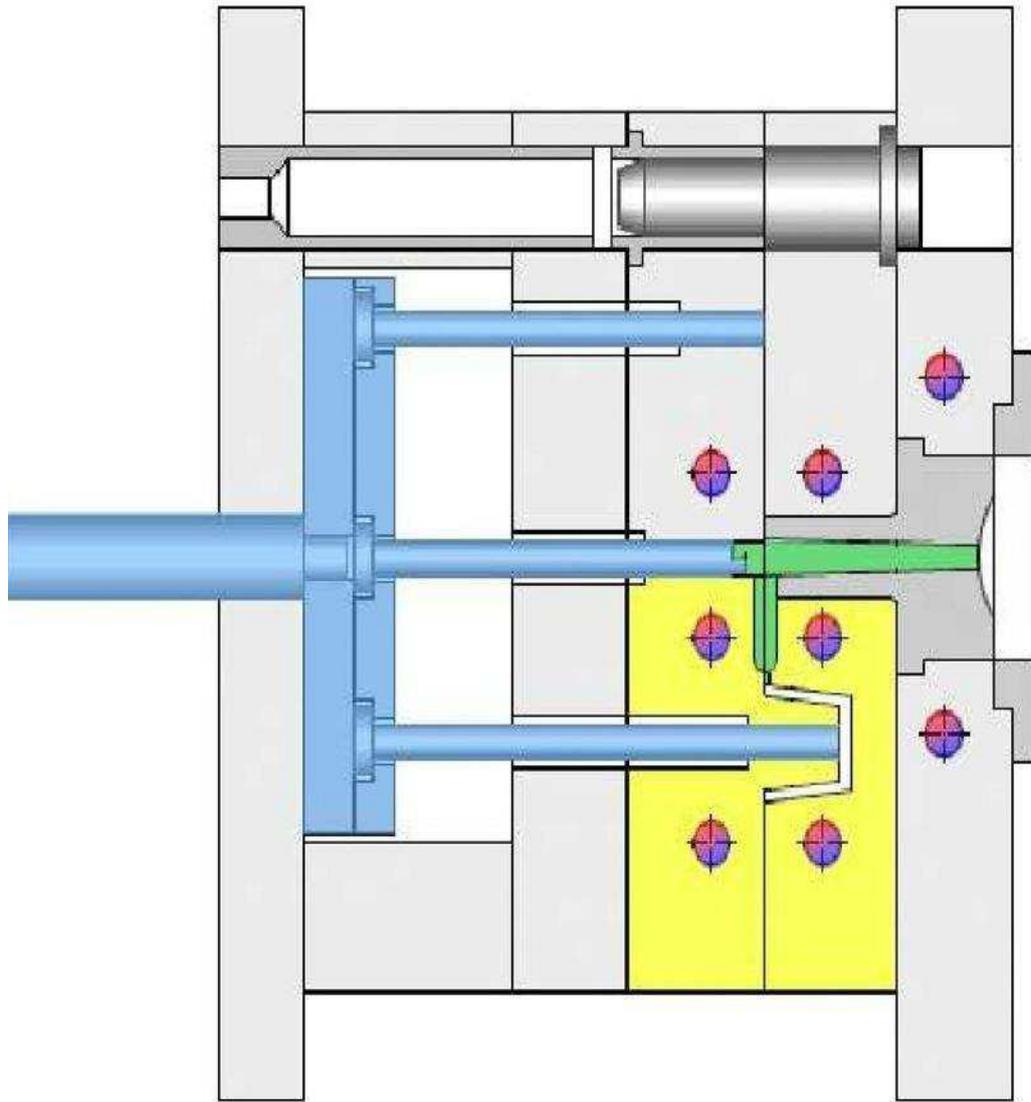
Figure 36 : Dessin définition du moule .

- 1: Bague de centrage .
- 2: Bague de centrage .
- 3: Rappel d'éjection .
- 4: Plaque d'éjection .
- 5: Empreinte .
- 6: Tasseau.
- 7: Queue d'éjection.
- 8: Arrache carotte.
- 9: Plot de soutien.
- 10 : Contre buse.
- 11 : Cague de guidage .
- 12 : Ressort de rappe .
- 13 : Plaque arrière coté injection .
- 14 : Plaque port empreinte inférieure.
- 15 : Plaque porte empreinte coté injection .
- 16 : Plaque porte empreinte coté éjection .
- 17 : Ejecteur .
- 18 : Plaque pote empreinte supérieure .

#### **4 Les fonctions d'un moule :**

Il existe 4 grandes fonctions d'un moule d'injection :

- 1** La fonction alimentation .
- 2** la fonction mise en forme .
- 3** la fonction régulation .
- 4** la fonction éjection .



-  Fonction Alimentation
-  Fonction Mise en Forme
-  Fonction Ejection
-  Fonction Régulation

Figure 37 : Les fonctions du moule d'injection sous pression. .

#### **4.1 Fonction alimentation d'un moule :**

L'alimentation d'un moule est assurée après remplissage, par la pression du piston d'injection sur l'alliage, durant sa solidification dans le moule.

La réserve d'alliage, ( carotte ou pastille ) se situe dans la buse d'injection ( du bloc fixe).

La chape solidaire du bâti de la machine est la chape fixée sur le chariot mobile, assurant la fermeture et l'ouverture du moule, forment principalement le moule de coulée.

Après la mise en place du noyau, s'il y a lieu, et lorsque le moule est fermé, le métal liquide est versé manuellement à l'aide d'une louche ou automatiquement dans l'orifice de coulée. Ensuite commence le mouvement d'injection qui se compose de 3 phases réglables et dépendantes l'une de l'autre.

- **1ère Phase :** Approche lente du piston de conduite du métal vers l'empreinte du moule.

- **2ème Phase :** Mouvement à grande vitesse du deuxième piston pour injection, ou remplissage du moule.

- **3ème Phase :** La pression de maintien, après remplissage du moule, agit sur le métal encore liquide en donnant une densité plus élevée à la pièce coulée. Après refroidissement, le piston revient dans sa position initiale et suivi par l'ouverture du moule, qui s'effectue par déplacement du chariot avec la chape mobile, ce dernier entraînera avec la pièce refroidit hors du moule fixe et le détachement de la pièce s'effectuera par éjection.

Tout le cycle de l'opération s'effectue automatiquement.

Les paramètres essentiels pouvant exercer une influence sur la qualité des pièces coulées sous pression sont :

- La température de coulée du métal liquide.
- La température du moule.
- Le volume du dosage.
- La pression d'injection.
- La durée du cycle d'injection.
- Le réglage de la machine.

Il y a 3 sortes de coulée :

#### **4.1.1 Coulée par le haut ( coulée en chute) :**

Elle s'adresse en priorité aux pièces de faibles hauteurs.

Avantages :

- Elle favorise une solidification correcte du métal. La pièce après l'arrêt de la coulée, continue à être approvisionnée par le métal par sa descente par gravité.
- Les masselottes sont de petites dimensions.

Inconvénients :

- Le métal tend à s'oxyder pendant la coulée .
- L'évacuation de l'air n'est pas optimale .
- Turbulences du métal.

Remèdes :

- Basculer progressivement le moule pendant la coulée .
- Déporter le canal de coulée.

#### **4.1.2 Coulée par le bas ( coulée source) :**

Elle s'adresse de préférences aux pièces moulées avec noyaux en sable .

- Le remplissage de l'empreinte se fait progressivement , sans turbulences.
- La remontée du métal dans l'empreinte facilite l'évacuation de l'air .
- Le métal au cours de sa remontée dans l'empreinte , refroidit. Cela nécessite une température de coulée plus élevée .

#### **4.1.3 Coulée sur le côté ( coulée latérale) :**

Elle s'adresse aux pièces de hauteur moyenne ou importante.

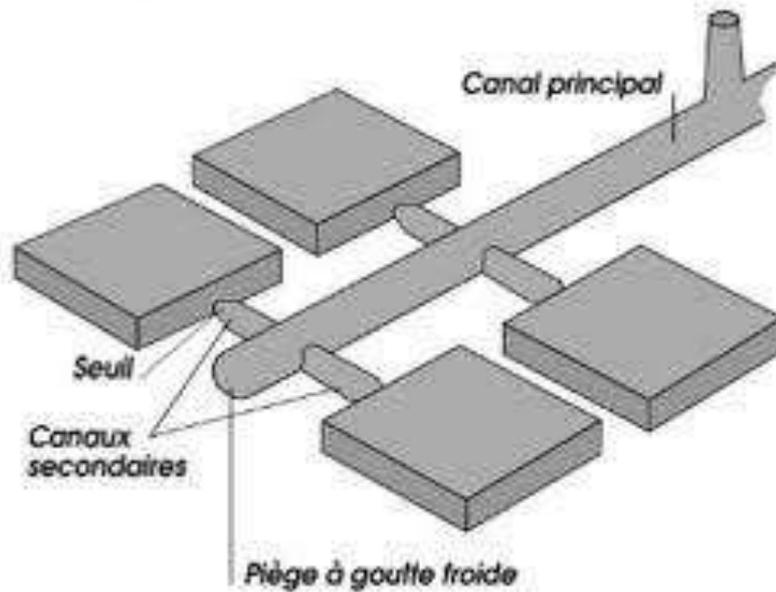
- Le remplissage de l'empreinte est assez calme, peu de turbulences et l'alimentation suffisante .
- Des masselottes et des tirages d'air sont prévus à la construction du moule.

### **4.2 Forme du canal d'alimentation :**

Le canal d'alimentation est généralement composé de :

- La carotte , la buse .

- Le canal principal .
- Les canaux secondaires .
- Les seuils .



*Figure 38 : Le canal d'alimentation .*

**La buse :**

C'est la pièce standard qui produit la carotte , elle est choisie dans le catalogue des éléments standards .

**Le canal principal :**

Permet de conduire la matière de la buse vers les canaux secondaires. Sa conception doit respecter deux règles fondamentales :

- Chaque empreinte doit être alimentée sous la même pression et la même température de façon simultanée.
- La longueur du canal doit être de la même pour la chaque empreinte, avec une maximale optimisation de la longueur . Il doit être aussi direct et court que possible afin d'éviter les pertes de charges et les pertes thermiques.

Les types de canaux d'alimentation :

- Circulaire .
- Parabolique .
- Trapézoïdal .

**Les seuils :**

Les seuils permettent d'établir une relation entre le canal d'alimentation et l'empreinte.

Le choix de l'emplacement est caractérisé par :

L'axe et le point de symétrie de la pièce .

Les défauts sur la pièce à injecter comme : les lignes de soudures , le retrait.

**4.2.1 Les différents types d'alimentation :**

➤ **Attaque de coulée :**

Elle assure l'écoulement de l'alliage et régule la vitesse de remplissage de l'empreinte. Elle est située, en principe , au droit des parties minces à couler.

Une partie épaisse peut avoir son attaque spécifique ou plusieurs attaques (remplissage de deux cotés d'un noyau).

Une seule attaque est préférable pour les alliages d'aluminium ( évite l'oxydation) .

La hauteur de l'attaque est fonction de l'épaisseur de la toile des pièces à obtenir ( 2 à 3 mm pour les pièce en alliage d'aluminium, 0.5 à 1.5 mm pour les pièces en zamak ).

Exemple d'attaque de coulée :

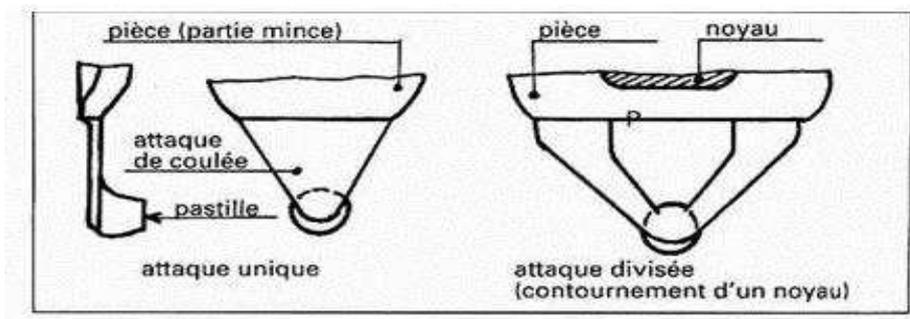


Figure 39 : Type d'attaque de coulée .

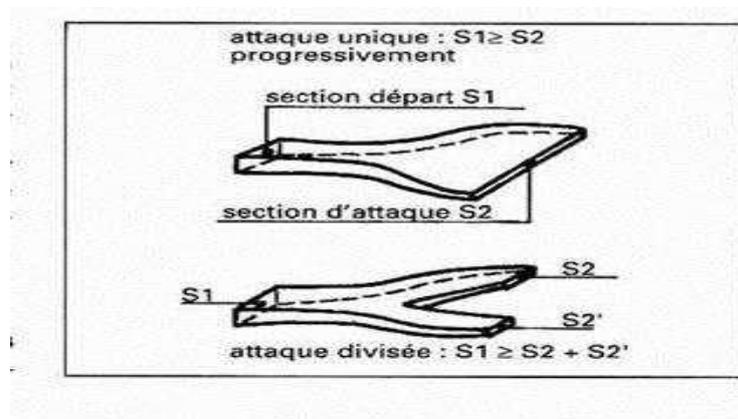


Figure 40 : Section d'attaque de coulée .

Il existe plusieurs types d'alimentation :

➤ **Attaque directe :**

C'est le tracé le plus simple et le meilleure fonderie d'aluminium . La perte d'énergie est réduite au minimum. Les courbes prononcées sont à éviter , il y a découlement du jet d'où entrainement d'air. On préfère alors les parcours brisés lorsqu'ils ne peuvent être rectilignes .

➤ **Attaques multiples :**

Dans ce cas , il faut s'assurer que toutes les attaques aient les mêmes sections , afin que toutes les zones de l'empreinte bénéficient simultanément de la pression finale. Pourtant dans des pièces compliquées , on spéculé sur la différences des sections d'attaques pour équilibrer le remplissage de l'empreinte ; des talons de lavage sont alors nécessaires .

➤ **Attaque autour d'un noyau :**

C'est la solution la plus classique, elle assure un remplissage bien dirigé ; à condition de prévoir une partie conique ( 5° minimum ) au niveau du canal torique .

➤ **Alimentation des grappes :**

Pour une question d'économie , les fondeurs sont amenés à mettre plusieurs empreintes dans le même moule.

En chambre chaude , la position de la pièce par rapport à l'axe d'injection est sans intérêt ,et à partir de la carotte , il est possible de prévoir des canaux d'alimentation dans tous les sens .

**Avantages :**

Même distance depuis la carotte aux seuils des empreintes.

Par contre en chambre froide horizontale , il est obligatoire que les canaux qui viennent de la pastille partent vers le bas afin d'éviter l'écoulement du métal dans l'empreinte avant l'enclenchement de l'injection .

Néanmoins , il est possible de placer l'empreinte plus haut que l'axe d'injection :

- Cas des pièces alimentées dans leur partie supérieure.
- Cas des canaux à trace particulière .

➤ **Attaque centrale :**

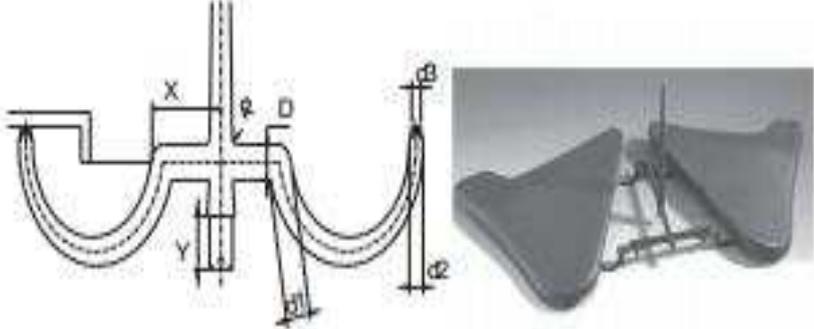
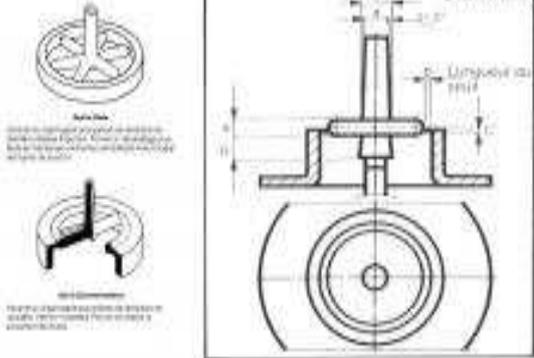
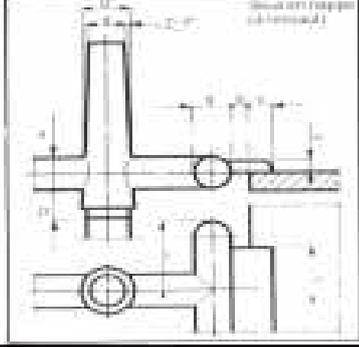
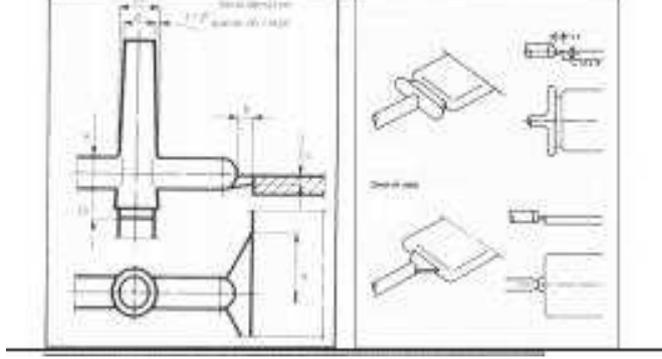
Concerne particulièrement les pièces présentant un évidement permettant de loger l'attaque, le métal se propage vers la périphérie de la pièce.

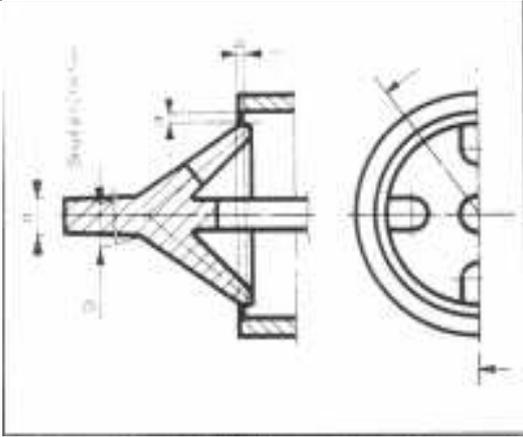
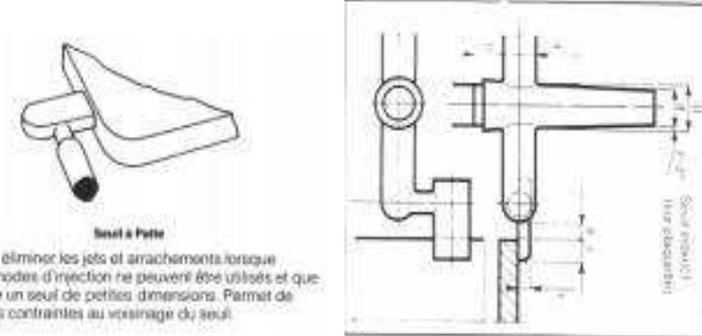
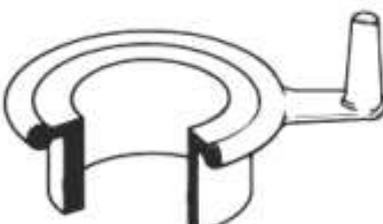
**4.2.2 Types des seuils de canaux :**

Nous pouvons distinguer plusieurs types de seuils :

**Tableau 6 : Types de seuils de canaux .**

Type de seuil	Schéma associé
Seuil direct	
Seuil capillaire	
Seuil dit sous-marin ou en tunnel	

<p>Seuil dit en courge ou tunnel courge</p>	
<p>Seuil dit en toile</p>	
<p>Seuil dit en nappe</p>	
<p>Seuil dit en queue de carpe</p>	

<p>Seuil dit entrée conique</p>	
<p>Seuil indirect</p>	 <p>Utilité pour éliminer les jets et arrachements, lorsque d'autres modes d'injection ne peuvent être utilisés et que l'on désire un seuil de petites dimensions. Permet de réduire les contraintes au voisinage du seuil.</p>
<p>Seuil annulaire</p>	

#### 4.3 Fonction Mise en Forme :

Cette fonction définit les formes de l'empreinte pour obtenir une pièce conforme au cahier des charges fonctionnels mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problème.

#### 4.4 Fonction Ejection :

Cette fonction assure l'extraction correcte des pièces et suivant le besoin de leur système d'alimentation hors de l'outillage. L'étude des plans de joint et du sens du démoulage, détermine la partie de l'outillage, sur laquelle s'opérera la retenue globale de la pièce. Cette partie est dans la plupart des cas la partie mobile, où sont implantés les dispositifs d'éjection de pièce.

Dans le cas du moulage à chambre froide , le moule s'ouvre et le piston avance, pour s'assurer que la pièce coulée reste prise du côté du bloc mobile.

#### **4.4.1 Rôle des éjecteurs :**

- Démouler la pièce après ouverture du plan de joint.
- Remise à zéro des plaques d'éjection.
- Le démoulage de la carotte par un arrache carotte.
- De retenir la carotte lors de la séparation des plaques.
- D'évents ou de Soupape.
- D'accroche lors de mouvement latéraux.

#### **4.4.2 Leurs formes :**

- Circulaire autant que possible (facilité d'usinage).
- A lame , si l'appui se trouve sur un rebord ou à l'extrémité d'une nervure.
- Tubulaire , si nous sommes en présence d'une forme circulaire creuse à démouler.

#### **4.4.3 Le nombre :**

- Le plus grands nombres possibles afin d'assurer une extraction sans problème.
- Le minimum afin de réduire les coûts de l'outillage.

#### **4.4.4 Le positionnement :**

- Sur des surfaces non visibles et non fonctionnelles.
- A proximité des endroits où l'empreinte est profonde (nervure, bossage, rebord...) .
- A proximité immédiate des contre-dépouilles ou des surfaces ayant des dépouilles faibles.
- Proche des seuils sous-marins.

#### **4.4.5 Le guidage :**

- Un guidage long est préconisé, soit environ 3 à 4 fois le diamètre de l'éjecteur.

#### **4.4.6 La longueur :**

- Chaque éjecteur est ajusté individuellement par rapport à la surface de l'empreinte .

#### **4.4.7 La course :**

- Elle sera au minimum égale à la profondeur maxi de l'empreinte à démouler ou de la longueur du noyau .

On choisira un type d'éjection , en fonction de la forme de la pièce, du nombre de pièces et des spécifications du cahier des charges de la pièce.

#### **4.5 Fonction régulation thermique ( refroidissement) :**

On refroidit les moules par rapport à la température d'injection du métal. La plus part du temps, on perce des trous pour faire circuler un liquide de refroidissement.

##### **4.5.1 Equilibre thermique du moule :**

Lors de la coulée sous pression , le moule en acier se comporte comme un échangeur de chaleur. Pour un moule donné, le flux de chaleur transmis dépend , essentiellement de l'écart de température métal-moule. La température du métal est imposée par sa nature ; on doit toujours couler avec une surchauffe minimale en dessous du point de fusion. La plage de variation de température de l'alliage est assez limitée. D'une part, il faut une coulabilité suffisante pour remplir l'empreinte. D'autre part , il faut éviter la surchauffe à cause des risques d'oxydation d'aggravation du chose thermique sur l'outillage . L'équilibre thermique du moule est une condition nécessaire pour pouvoir obtenir des pièces saines ,à cadence élevée. Cet équilibre est réalisé lorsque le flux de chaleur dissipé par le moule naturellement , est égale au flux de chaleur donné par les injections successives du métal. Le niveau d'équilibre dépend , des masses et des formes respectives de la grappe ,du moule et de la cadence de coulée .

##### **4.5.2 Mise en équilibre thermique du moule : [10]**

Cette opération a pour but de préétablir l'équilibre thermique du moule par préchauffage. On ne peut démarrer une coulée avec un moule froid, il faut donc préchauffer le moule à une température voisine de l'équilibre qu'il prendra lors de la coulée.

En effet , l'arrivée d'un alliage léger à 650° C dans un moule à la température ambiante , provoquerait un échauffement élevé en surface ; il en résulte des craquelures , des criques et parfois même la rupture du bloc.

En général, on préchauffe l’empreinte du moule pour pièces en alliage d’aluminium vers 200°- 250° C et celle des moules pour des pièces en alliage de zinc ( ZAMAC) vers 150° - 200° C . Ce préchauffage permet de réduire le nombre de pièces rebutées, à chaque démarrage du moule, avant sa mise en température . le moule correctement préchauffé , les premières injections conduisent rapidement à l’équilibre thermique définitif .

Si le moule comporte des refroidissement par circulation d’eau , ces circuits doivent être mis en service à leur débit minimal , avant le préchauffage ; car l’eau froide arrivant dans un moule chaud , provoquerait des chocs thermiques préjudiciables au moule .

#### **4.5.3 Maintien de l’équilibre thermique dans un moule :**

Le maintien de la température dans un moule , est une condition essentielle à la production de pièces saines . les variations des températures des moules entraînent un mauvais état de surface sur les pièces ; ainsi que des variations dimensionnelles et des porosités. La cadence de fabrication ne doit être limitée que par la nécessité d’éviter la déformation des pièces lors de l’éjection .

Cette condition nécessite une durée convenable de refroidissement avant l’ouverture du moule.

### **5 Autre paramètre à prendre en compte pour la conception du moule :**

La conception du moule se fait suivant des règles bien définies, afin d’assurer les propriétés suivantes :

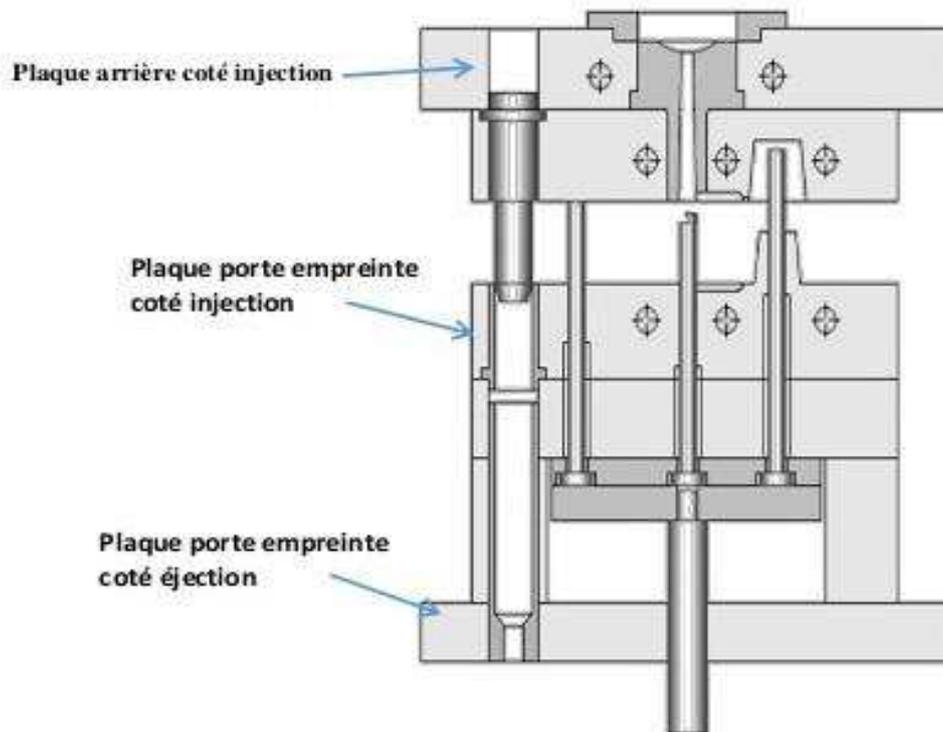
#### **5.1 Le maintien :**

Assuré par :

**Plaque arrière coté injection ( fixe) :** Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage. Ainsi que le bridage.

**Plaque porte empreinte coté injection ( fixe) :** Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de refroidissement.

**Plaque porte empreinte coté éjection :** Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.



*Figure 41 : plaques du moule .*

## 5.2 Le positionnement :

Assuré par la bague de centrage : Permet le centrage du moule sur les plateaux de la presse , afin de centrer la buse moule à la buse machine. Elle est caractérisée par son diamètre extérieur, qui est en fonction de la presse à injection et par le diamètre intérieur qui est fonction de la buse d'injection choisie .

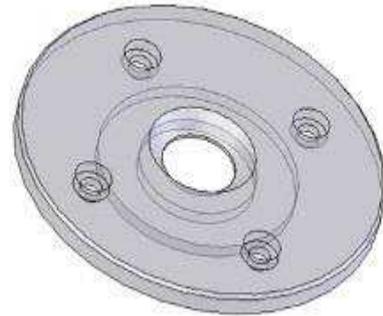


Figure 42 : Bague de centrage .

## 5.3 Le guidage :

Assurée par les colonnes de guidage : Permet de guider la partie mobile sur la partie fixe pour aligner parfaitement l'empreinte tel que le montage se fait par jeu.

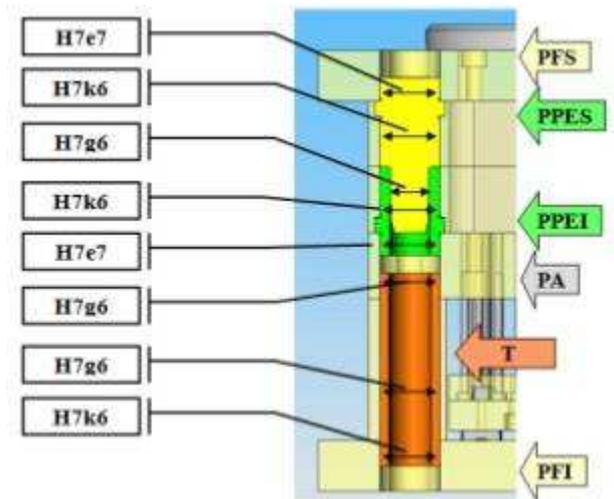


Figure 43 : Colonne de guidage

## 5.4 La fixation :

Elle permet de fixer la plaque arrière coté injection sur la plaque porte empreinte coté éjection et elle se fait soit :

- Par vis de fixation .
- Fixation par bridage .

## 5.5 Eventation des empreintes :

Lors de l'injection, la matière injectée prend la place de l'air dans l'empreinte. Dans la majorité des cas, cet échange doit se faire dans un temps très court. Des orifices placés correctement permettront cette évacuation rapide de l'air.

En général, ces événements sont placés sur le plan de joint de l'outillage, autour des broches d'éjection, des noyaux, des éléments rapportés. En fonction de la forme de la pièce, de l'emplacement du point d'injection et de l'écoulement de la matière dans l'empreinte, les événements seront positionnés différemment.

## **6 L'entretien des moules :**

Dans la production, le moule est soumis à des sollicitations très élevées, dues aux chocs et la fatigue thermique. Ces conditions provoquent des fissures. Ces effets de la fatigue thermique peuvent être réduits et la durée de vie allongée par des recuits intermédiaires de détente ou de stabilisation effectués périodiquement au bon moment. Pour un moule neuf, on devrait effectuer un recuit intermédiaire après 5000 injections et ensuite régulièrement toutes les 10000 à 15000 injections.

Les températures recommandées se situent entre :

Alliage de plomb et étain : 60 °C à 120° C .

Alliage de zinc : 150 °C à 200° C .

Alliage d'aluminium : 180° C à 300° C .

Alliage de magnésium : 200 °C à 250 °C .

Alliage de cuivre : 300 °C à 350° C .

## **7 Choix des matériaux de construction des moules :**

La durée de vie de l'outillage est en fonction du bon choix du matériau qui le constitue et les traitements convenables qu'on doit lui apporter .

Les exigences posées aux aciers pour le travail à chaud des moules de coulée sous pression sont très déterminantes à savoir :

- degré de pureté, régularité de la structure et bonne possibilité de polissage .
- susceptibilité à la forge et à l'usinage.
- L'insensibilité à la déformation et aux fissures de trempe ainsi qu'aux variations dimensionnelles les plus réduites.
- Insensibilité aux variations de températures et aux chocs thermiques, bonne conductibilité thermique .
- Résistance à l'usure .
- Stabilité vis-à-vis des effets physiques et chimiques (agressivité) du flux du métal.

Le tableau qui suit regroupe les nuances d'aciers utilisés dans la fabrication des éléments constitutifs des moules .

**Tableau 7 : aciers constitutifs des moules .**

<b>Matériaux</b>	<b>Elements du moule</b>
<b>40CrMnMoS 8-6 et 38CrMnMoS 8-6</b>	Porte empreinte fixe et mobile Plaque de serrage fixe et mobile Broches Colonnes de guidage
<b>X37CrMoV5-1 et X40CrMoV5-1</b>	Centre fixe et mobile Empreinte fixe et mobile Ejecteurs goupille
<b>42CrMo4</b>	Plaque d'éjection

**Conclusion :** afin d'obtenir un produit ayant toutes les caractéristiques voulues, la conception du moule à injection aluminium doit impérativement suivre les règles citées auparavant s'assurant de bien les respecter .

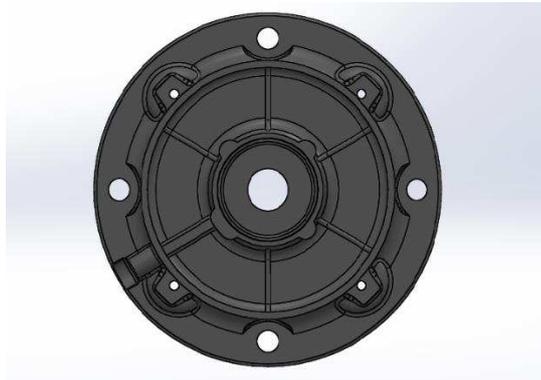
*Chapitre 4 :*  
*Partie étude et conception*

### 1 Introduction :

Pour des raisons économiques, l'entreprise Electro-industrie se trouve face à une situation, où il est recommandé de réaliser certaines pièces au sein de ses ateliers, afin d'optimiser son système économique et améliorer les performances de ses produits.

Parmi les pièces qui sont proposées pour la réalisation locale, on a le flasque bride pour les moteurs électriques type 113-4 4KW-1500 Tr/min .

Le travail demandé étant l'étude et conception d'un moule à injection aluminium pour un flasque- bride .

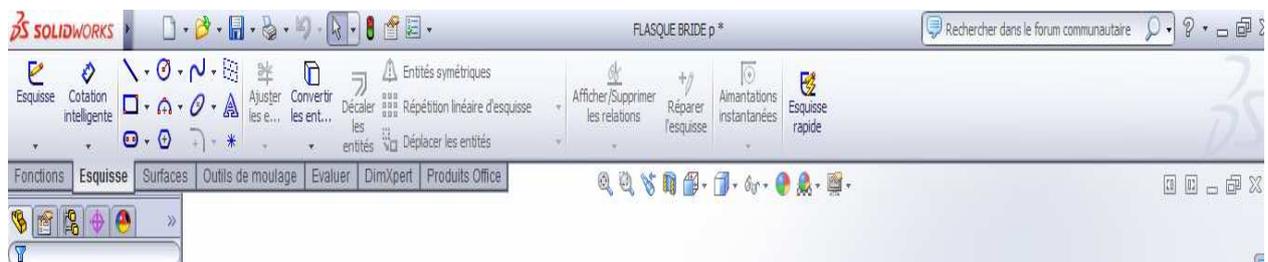


La conception du moule se fera grâce à l'outil informatique CAO qui nous permettra de représenter en 2D ou 3D toutes les pièces du moule et de le modéliser.

#### ➤ Description de l'outil CAO :

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

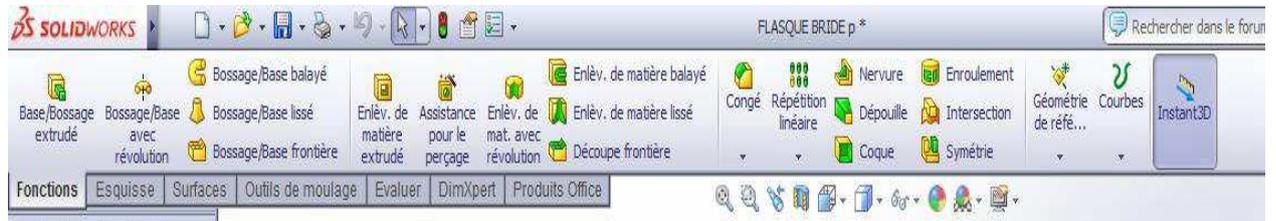
La barre d'outils de l'esquisse :



## Chapitre 4 : Partie étude et conception .

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

La barre d'outils des fonctions :



Dans le prochain chapitre de ce mémoire, nous nous attacherons à présenter une synthèse sur la conception du moule d'un flasque-bride d'un moteur électrique type 113-4 4KW-1500 Tr/min .

## 2 Paramètres à prendre en compte pour le choix de la machine :

Les critères du choix de la machine sont les suivants :

- La force de fermeture du moule .
- L'épaisseur mini du moule .
- La capacité d'injection .
- La distance entre colonnes .

### 2.1 Capacité d'injection :

Chaque type de machine à sa propre capacité d'injection , on pourra donc choisir la machine d'après le poids de la grappe .

Masse de la grappe ( masse de la pièce + la masse du dispositif de coulée) =

La masse de la pièce est donnée par le logiciel SolidWorks qui est égale à 1563g.

#### La masse de la grappe :

La masse de la pièce = 1563 g . ( obtenue par le logiciel SolidWorks) .

La masse du dispositif de coulée est calculée d'après le tableau suivant :

**Tableau 8 : Pourcentage du dispositif de coulée. [6]**

Poids de la pièce ( Kg )	Pourcentage du dispositif de coulée (%)
0.05 à 0.3	70 à 100
0.5 à 1.99	50 à 70
2 à 5	30 à 50

Le poids du dispositif de coulée qui sera égale à 60% du poids de la pièce ce qui revient à dire que le poids est de : 937.8 g.

Après addition , la masse totale est de :

$$1563+937.8= 2500.8 \text{ g .}$$

**Tableau 9 : Capacité d'injection des machines disponible à l'entreprise .**

#### Chapitre 4 : Partie étude et conception .

Les machines	Pression moyenne d'injection ( tonnes/ cm <sup>2</sup> )	Capacité d'injection (g)
380T	0.15	5054
700T	0.28	17013
900T	0.33	17092

D'après le tableau , toutes les machines peuvent injecter cette quantité.

### 2.2 Force de fermeture :

La pression à l'intérieure du moule engendre une force dite force de verrouillage

Qui tend à ouvrir le moule. De ce fait, la force de fermeture du moule doit être supérieure à cette force de verrouillage .

$$F = F_v \times K$$

**F<sub>v</sub>** : force de verrouillage

**K** : coefficient de sécurité ( entre 1.5 à 2)

**F** : force de fermeture du moule. (T)

On a :

$$F_v = P \times S_t$$

**P** : pression moyenne d'injection (0.15 t/cm<sup>2</sup>) .

**S<sub>t</sub>**: surface projetée de la pièce + dispositif de coulée .

La surface projetée de la pièce est donnée par le logiciel SolidWorks = 58790 mm<sup>2</sup>.

La surface du dispositif est de 10% de la surface projetée de la pièce . ce qui fait donc : 5786mm<sup>2</sup> .

$$S_t = 58760 + 5786 = 64669 \text{ mm}^2 = 646.69 \text{ cm}^2$$

$$F_v = 646.69 \times 0.15 = 97 \text{ T}$$

$$F = 97 \times 2 = 194 \text{ T}$$

On aura alors besoin de 2500.8 g d'aluminium et une force de fermeture de 194 tonne. De ce fait, on prendra alors la machine 380 T .

### 2.3 Distance entre colonnes :

Notre moule sera fixé sur des plaques de la presse à l'aide de 4 colonnes de guidage, il est donc primordial que l'une des dimensions du moule ( hauteur ou largeur ) soit inférieure à la distance entre ces mêmes colonnes.

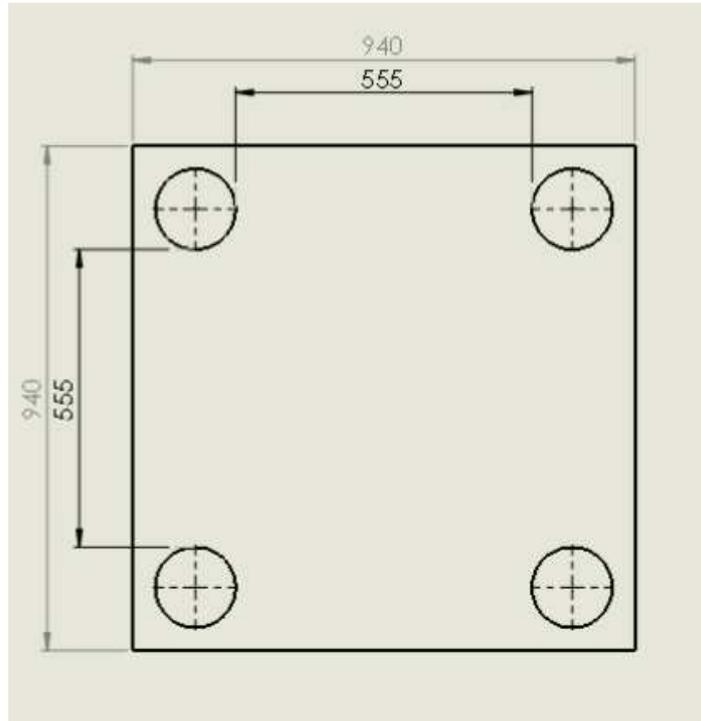


Figure 44 : Schéma représentant le plateau d'une presse .

### 2.4 Epaisseur mini du moule:

L'épaisseur minimale du moule est imposée par la machine ; c'est l'une de ses caractéristiques ( voir le tableau suivant ) .

### 3 Caractéristiques de la machine 380T :

Tableau 10 : Caractéristiques techniques de la machine .

<b>Commande</b>	<b>Oléo dynamique</b>
<b>diamètre du piston</b>	<b>De 50 à 90</b>
<b>Exécution</b>	<b>A chambre froide</b>
<b>épaisseur mini du moule</b>	<b>250 mm</b>
<b>Force de serrage</b>	<b>380 Tonnes</b>
<b>Force d'ouverture</b>	<b>75 Tonnes</b>
<b>Moteur destiné à la pompe (puissance)</b>	<b>30KW</b>
<b>Moteur destiné à la pompe ( tours)</b>	<b>960 tr/min</b>
<b>Pression d'injection</b>	<b>2298 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Position</b>	<b>Horizontale</b>
<b>Puissance d'injection</b>	<b>14.1 Mpa</b>
<b>Puissance d'injection avec multiplicateur</b>	<b>De 14.1 à 45.1 Mpa</b>
<b>Quantité d'injection</b>	<b>5054 g</b>
<b>Volume de remplissage de conteneur</b>	<b>1907 cm<sup>3</sup></b>

### 4 Choix du diamètre du piston:

$$V = m/\rho$$

V : Volume nécessaire pour 2.5008 kg d'aluminium ( volume de la grappe ) .

M : Poids de la grappe( pièce + dispositif de coulée) .

$\rho$  : La masse volumique de l'alliage .(2650kg /m<sup>3</sup>) .

A.N :

$$V = 2.5008/2650$$

$$V= 0.000943 \text{ m}^3$$

#### Chapitre 4 : Partie étude et conception .

$$V=943 \text{ cm}^3$$

On a 
$$V = \pi \times \frac{d^2}{4} \times h$$

**d** : Diamètre du piston d'injection .

**h** : Course du piston d'injection (h=400mm) .

**Donc :**

$$d^2 = \frac{4 \times V}{\pi \times h}$$

A.N :

$$d^2 = \frac{4 \times 943000}{3.14 \times 400} = 3003 \text{ mm}^2$$

$$d = 54.8 \text{ mm} .$$

les diamètres disponibles sur la machine 380T sont :

55 mm    65 mm    75 mm    85 mm et 95 mm

Par mesure de sécurité , on prend donc le diamètre : 65 mm .

### 5 Taux de remplissage :

Le grand problème du moulage sous pression réside dans l'évacuation de l'air , dans un temps aussi court que celui du remplissage élevé soit 60 à 80% selon la chambre de compression .

$$T = \frac{V_i}{V_{\text{chambre}}} \quad [9]$$

T : Taux de remplissage .

$V_i$  : Volume d'injection .

$V_{\text{chambre}}$  : Volume de la chambre de compression .

On a : La longueur de la chambre de compression est de : 400 mm .

$d = 65 \text{ mm}$  . de ce fait  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  .

$$S = 33.16 \text{ cm}^2 .$$

$$V_i = 943 \text{ cm}^3 .$$

$$V_{\text{chambre}} = 33.16 \times 40 = 1326.4 \text{ cm}^3 .$$

On a : 
$$T = \frac{943}{1326.4} = 0.71 = 71\% .$$

## 6 Dimensionnement du système d'alimentation :

- Calcul de la vitesse d'attaque de coulée :

$$(V_a)^2 = \frac{p_m \times c_d^2 \times 2g}{\rho} \quad [10]$$

**V<sub>a</sub>** : Vitesse à l'attaque

**C<sub>d</sub>** : Coefficient de décharge (0.45-0.50)

**ρ** : La masse volumique de l'alliage (2650kg/m<sup>3</sup>).

**P<sub>m</sub>** : Pression sur le métal P<sub>m</sub>=750×10<sup>3</sup> kg/m<sup>2</sup> (Annexes)

On prend :

$$c_d = 0.45$$

$$\text{A.N :} \quad (V_a)^2 = \frac{750 \times 10^3 \times 0.2025 \times 20}{2650} = 1146.22 \text{ (m/s)}^2$$

$$V_a = 33.85 \text{ m/s}$$

### Calcul du débit de l'attaque :

On a 
$$Q = \frac{V}{T}$$

**Q** : Le débit .

**V** : Volume de la grappe .

**T** : Temps de remplissage de l'empreinte .

**Tableau 11 : temps de remplissage en fonction de l'épaisseur de la pièce .[6]**

Epaisseur (mm)	Temps de remplissage
1.5	0.01-0.03
1.8	0.02-0.04
2.0	0.02-0.06
2.3	0.03-0.07
2.5	0.04-0.09
3.0	0.05-0.10
3.8	0.05-0.12
5.0	0.06-0.20
6.4	0.08-0.30

#### Chapitre 4 : Partie étude et conception .

L'épaisseur minimale de la pièce est donnée par le logiciel SolidWorks (  $e=4\text{mm}$  ) .

On prendra alors :  $T=0.06\text{s}$

Volume de la grappe :

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{2.5}{2650} = 9.43 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V=0.94 \text{ dm}^3$$

$$Q = \frac{0.94}{0.06} = 15.66 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$Q=15.66 \text{ dm}^3/\text{s}$  .

- **Calcul de la surface d'attaque :**

$$A_a = \frac{Q}{V_a}$$

Où :  $A_a$  : Surface de l'attaque .

A.N :

$$A_a = \frac{15.66}{33.85} * 10^3$$

$A_a = 462.62 \text{ mm}^2$  .

- **calcul de la longueur de l'attaque :**

$$L_a = \frac{A}{Ea}$$

on choisira l'épaisseur de l'attaque de coulée en fonction de l'alliage utilisé :

**Tableau 12 : Epaisseur de l'attaque de coulée en fonction de l'alliage coulé .[6]**

Alliage	Epaisseur de l'attaque
Al Si	1 à 1.4
Al Si Cu	1.2 à 2.5
Al Zn4	0.35 à 0.38
Al Zn4 Cu	0.5 à 0.12
Mg Al2	0.6 à 2

L'alliage qu'utilise l'entreprise est Al Si Cu .

On prendra alors l'épaisseur de l'attaque de coulée :

#### Chapitre 4 : Partie étude et conception .

Ea = 2 mm.

A.N :

$$La = \frac{462.62}{2} = 231.31 \text{ mm}$$

La = 231.31 mm .

### 7 Dimensionnement du circuit de refroidissement : [10]

Il existe plusieurs types de refroidissement ( à l'air , à l'huile , à l'eau ... ) . Pour des raisons techniques , l'entreprise l' ENEL utilise un refroidissement à l'huile .

$$S_{con} = S_p \times 2$$

$$S_{con} = \pi * D * L$$

$$L = \frac{S_p * 2}{\pi * D}$$

**Sp** : Surface projetée de la pièce ( 58760 mm<sup>2</sup> ) .

**D** : Diamètre du conduit de refroidissement .

**L** : Longueur du conduit de refroidissement .

**Scon** : Surface du conduit de refroidissement .

Il y a 3 facteurs à voir pour bien choisir de diamètre du conduit de refroidissement qui sont :

- Le fluide de refroidissement utilisé ( qui est l'huile thermique dans notre cas ) .
- Le volume et le poids du moule .
- Le raccordement avec le système de refroidissement central .

Pour des raisons techniques , l'entreprise ENEL est contrainte de prendre pour diamètre de circuit de refroidissement le diamètre 15 mm .

A.N :

$$L = \frac{58760 * 2}{3.14 * 15} = 2495 \text{ mm.}$$

**L = 2495mm** soit une longueur de **L/2** qui est de **1247.5mm** pour chaque partie du moule ( empreinte fixe et empreinte mobile ) .

## 8 Calcul du temps de refroidissement :

$$tr = \frac{e^2}{\pi^2 * D} \text{Ln} \left[ \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{Ti - Tm}{Te - Tm} \right) \right] \quad [7]$$

**e** : Epaisseur moyenne de la pièce  $e = 7.5 \text{ mm}$  .

**D** : La diffusité thermique de l'aluminium  $D = 0.02 \text{ m}^2/\text{s}$

**Te** : Température d'éjection  $Te = 300^\circ\text{C}$

**Ti** : Température d'injection  $Ti = 680^\circ\text{C}$

**Tm** : Température du moule  $Tm = 120^\circ\text{C}$

A.N :

$$tr = \frac{7.5^2}{\pi^2 * 0.02} \text{Ln} \left[ \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{680 - 120}{300 - 120} \right) \right]$$
$$tr = 8.11 \times 0.924 = 2.63 \times 10^{-4} \text{ s} .$$

Le temps de refroidissement est de  $2.63 \times 10^{-4} \text{ s}$  .

## 9 Calcul du temps de cycle :

On additionne tout les temps du procédé de l'injection pour obtenir le temps de cycle .

$$tc = tf + ti + tm + tr + te + té$$

**tc** : Temps de cycle

**tf** : Temps de fermeture 3s

**ti** : Temps d'injection 0.06s

**tm** : Temps de maintien 3s

**tr** : Temps de refroidissement  $2.63 \times 10^{-4} \text{ s}$  .

**te** : Temps d'ouverture 3 s

**té** : Temps éjection 5s

A.N :

$$tc = 3 + 0.06 + 3 + 2.63 + 3 + 5 = 15 \text{ s}$$

$$tc = 15 \text{ s} .$$

## 10 Calcul de résistance :

Dans cette partie , nous allons étudier la résistance de pièces qui sont sollicitées mécaniquement .

### 10.1 Le poids des pièces qui constituent notre moule :

On obtient le poids grâce à la relation suivante :

$$P = \delta * V$$

**P** : Poids de la pièce.

**$\delta$**  : Masse volumique de la pièce .

**V** : Volume de la pièce  $dm^3$ .

**Tableau 13 : Poids des pièces qui constituent le moule .**

Les pièces	Les matières	Volume ( $dm^3$ )	Les poids (daN)	$\Delta$ ( daN / $dm^3$ )
<b>Plaque de serrage mobile</b>	40CrMnMoS 8-6	15.68	123.1	7.85
<b>Porte empreinte mobile</b>	40CrMnMoS 8-6	15.68	123.1	7.85
<b>Empreinte mobile</b>	X37CrMoV5-1	7.77	60	7.80
<b>Baguette support</b>	40CrMnMoS 8-6	10.36	81.32	7.85
<b>Centre mobile</b>	X37CrMoV5-1	23.72	185.05	7.80
<b>Plaque de serrage fixe</b>	40CrMnMoS 8-6	25.85	202.94	7.85
<b>Porte empreinte fixe</b>	40CrMnMoS 8-6	26.83	210.62	7.85
<b>Empreinte fixe</b>	X37CrMoV5-1	12.4	96.7	7.80
<b>Centre fixe</b>	X37CrMoV5-1	18.71	145.94	7.80

## 10.2 Résistance des éléments constituant le moule au matage dû à la force de fermeture du moule :

La force de fermeture de la machine presse 380T est de :

$$380\,000 \text{ Kg} = 3\,800\,000 \text{ N} .$$

Cette force engendre un matage sur les composants du moule .

**La Condition de résistance au matage :**

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq Rpe \quad \text{tel que} \quad Rpe = \frac{Re}{S'}$$

- **Résistance du plan de joint :**

$Re = 750 \text{ N/mm}^2$  ( porte empreinte ) .

$S'$  : Coefficient de sécurité . Par précautions , nous prenons :  $S' = 2.5$  .

A.N :

$$Rpe = \frac{750}{2.5} = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

$Rpe = 300 \text{ N/mm}^2$

**Surface du plan de joint :**

$$Spj \geq \frac{F}{0.4 \times Re}$$

A.N :

$$Spj \geq \frac{3800000}{0.2 \times 750} = 12666.66 \text{ mm}^2 .$$

La surface de contact entre le porte outil mobile et le porte outil fixe est de :

$Spj = 115\,756,60 \text{ mm}^2$  , qui est largement supérieure à la valeur calculée précédemment .

**la condition au matage est vérifiée .**

- **Concernant la partie mobile :**

Plaque de serrage mobile :

$Rpe = 300 \text{ N/mm}^2$  .

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq Rpe .$$

$$S = l \times e .$$

*Chapitre 4 : Partie étude et conception .*

**S = Surface mate . ( donnée par le logiciel SolidWorks )**

$$\mathbf{S = 319411 \text{ mm}^2}$$

**A.N :**

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{319411} = 12 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 12 \leq Rpe = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

**La condition au matage est vérifiée .**

**Centre mobile :**

$$\mathbf{Rpe = 320 \text{ N / mm}^2 .}$$

$$\mathbf{S = 107283 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{107283} = 35.42 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 35.42 \leq Rpe = 320 \text{ N/mm}^2 .$$

**La condition au matage est vérifiée .**

**Porte empreinte mobile :**

$$\mathbf{Rpe = 300 \text{ N /mm}^2 .}$$

$$\mathbf{S = 229327 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{229327} = 16.5 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 16.5 \leq Rpe = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

**La condition au matage est vérifiée .**

**Baguette support :**

$$\mathbf{Rpe = 300 \text{ N /mm}^2 .}$$

*Chapitre 4 : Partie étude et conception .*

$$S=33786 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{33786} = 112.5 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 112.5 \leq Rpe = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

La condition au matage est vérifiée .

**Baquette support 2 :**

$$Rpe = 300 \text{ N /mm}^2 .$$

$$S= 34493 \text{ mm}^2 .$$

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{34493} = 110.2 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 110.2 \leq Rpe = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

La condition au matage est vérifiée .

- **Concernant la partie fixe :**

La plaque de serrage fixe :

$$Rpe= 300 \text{ N /mm}^2 .$$

$$S= 249005 \text{ mm}^2 .$$

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{249005} = 15.26 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 15.26 \leq Rpe = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

La condition au matage est vérifiée .

Centre fixe :

$$Rpe= 320 \text{ N /mm}^2 .$$

$$S= 104511 \text{ mm}^2 .$$

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{104511} = 36.35 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 36.35 \leq Rpe = 320 \text{ N/mm}^2 .$$

La condition au matage est vérifiée .

Porte empreinte fixe :

$R_{pe} = 300 \text{ N/mm}^2$  .

$S = 224611 \text{ mm}^2$ .

$$\sigma = \frac{3\,800\,000}{224611} = 17 \text{ N/mm}^2 .$$

$$\sigma = 17 \leq R_{pe} = 300 \text{ N/mm}^2 .$$

La condition au matage est vérifiée .

### Conclusion :

D'après les résultats précédents , les éléments composant notre moule résistent au matage qui est causé par la force de fermeture .

### • Résistance des colonnes de guidage et des vis CHC au cisaillement :

Condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{S \times N \times n} \leq [\tau]_{\text{cis [8]}}$$

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma_e}{S'}$$

$$S = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$S$  : section cisailée .

$N$  : nombre de plans cisailés .

$n$  : nombre de vis .

$S' = S \times s$  ( $S$  : coefficient de sécurité =2.5 ;  $s=2.2$  coefficient des pièces en acier )

$D$  : diamètre de la vis .

$[\tau]_{\text{cis}}$  : résistance pratique au cisaillement .

$\sigma_e$  : résistance élastique .

- **Résistance des 16 vis CHC au cisaillement du au poids de la partie mobile :**

Notre étude a été réalisée en prenant des vis **CHC M10 en XC35**

Dont : **Re=335N /mm<sup>2</sup>** .

**Poids de la partie mobile :**

Le Centre mobile : **185.054 kg = 1850.54 N**

L'Empreinte mobile : **59.771kg = 597.71 N**

Le porte empreinte mobile : **123.105 kg = 1231.05 N**

La baguette support 1 : **81.326 kg = 813.26 N**

la baguette support 2 : **81.196 kg = 811.96 N**

**A.N :**

**N=1.**

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{335}{2.2 \times 2.5} = 60.9 \text{ N/mm}^2.$$

$$S = \frac{3.14 \times 10^2}{4} = 78.5 \text{ mm}^2 .$$

$$\tau = \frac{5304.52}{78.5 \times 1 \times 16} \leq 60.9 \text{ N/mm}^2$$

$$5304.52 \leq 76490 \text{ N/mm}^2$$

**La condition au cisaillement est vérifiée .**

- **Résistance des 7 vis CHC au cisaillement du au poids de la partie fixe :**

**Poids de la partie fixe :**

Le Centre fixe : **145.944 Kg = 1459.44 N**

L'empreinte fixe : **96.509 kg = 965.09 N**

Le porte empreinte fixe : **210.621 kg = 2106.21 N**

**A.N :**

**N=1**

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{335}{2.5 \times 2.2} = 60.9 \text{ N/mm}^2$$

$$S = \frac{3.14 \times 10^2}{4} = 78.5 \text{ mm}^2 .$$

$$\tau = \frac{4530.74}{78.5 \times 1 \times 16} \leq 60.9 \text{ N/mm}^2$$
$$4530.74 \leq 76486 \text{ N/mm}^2$$

La condition au cisaillement est vérifiée .

- **Résistance des 4 colonnes de guidage de  $\varnothing 50$  :**

On a uniquement le poids de la partie mobile qui exerce une force sur les vis lors de la manutention .

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{750}{2.5 \times 2.2} = 136.36 \text{ N/mm}^2 .$$
$$S = \frac{3.14 \times 50^2}{4} = 1962.5 \text{ mm}^2 .$$
$$\tau = \frac{5304.52}{1962.5 \times 1 \times 4} \leq 136.36 \text{ N/mm}^2 .$$
$$5304.52 \leq 1070426 \text{ N/mm}^2$$

La condition au cisaillement est vérifiée .

## 11 Résistance des éjecteurs au flambement :

Pour le dimensionnement des tiges des éjecteurs , il faut prendre en compte les critères de stabilité vu la minceur de la tige .

Ces éjecteurs doivent résister au flambement qui est dû à la pression d'injection .

Formule d'EULER :

$$F_{\text{app}} \leq F_{\text{cri}} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(Lk)^2}$$
$$I = D^4 \times \frac{\pi}{64} \text{ mm}^4 .$$
$$l_k = \frac{L}{2} \text{ mm} .$$

#### *Chapitre 4 : Partie étude et conception .*

Force appliquée sur l'éjecteur :

Poids de la grappe : **2.5008 kg** : **F = 25 N** .

**Avec :**

**E** : module de Young de l'éjecteur . ( E= 210 N/mm<sup>2</sup> )

**I** : moment quadratique .

**L<sub>k</sub>** : longueur de flambement .

**M** : masse de l'éjecteur .

**L** : longueur de la tige .

**Pour l'éjecteur D11 :**

L= 311 mm. ; I= 718.32 mm<sup>4</sup> . l<sub>k</sub> = 155.5mm .

$$F_{\text{cri}} = \frac{9.8596 \times 210 \times 718.32}{24180.25} = \mathbf{61.5 \text{ N}}$$

$$F \leq F_{\text{cri}}$$

**la condition au flambement est vérifiée .**

**pour l'éjecteur D 9 :**

L= 303.70 mm . ; I= 322 mm<sup>4</sup> ; l<sub>k</sub> = 151.85 mm.

$$F_{\text{cri}} = \frac{9.8596 \times 210 \times 322}{23058.8} = \mathbf{29 \text{ N}} .$$

$$F = 25 \text{ N} \leq 29 \text{ N} .$$

**La condition au matage est vérifiée .**

#### **Conclusion :**

Ce chapitre regroupe le calcul et dimensionnement du circuit d'alimentation et de refroidissement du moule , ainsi que la vérification de la résistance du moule après sollicitation et mise en activité , ce qui nous permettra de réaliser notre projet sans aucun problèmes .

*Etude économique .*

## 12 Etude économique :

### 12.1 Calcul du prix de revient du moule :

Tableau 14 : Le prix de la matière brut des organes du moule .

<u>Les pièces</u>	<u>Le volume des pièce</u>	<u>La masse volumique</u>	<u>Le poids des pièces</u>	<u>Le prix du brut</u>	<u>Le prix total</u>	<u>Nombre de pièces</u>	<u>La matière</u>
<u>Empreinte(1)</u>	12.4 dm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	96.7 kg	472 Da/kg	45650 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Empreinte (2)</u>	7.66 dm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	60 kg	472 Da/kg	28320 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Porte empreinte (1)</u>	26.83	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	210.62	300 Da.kg	63186 Da	(1)	40CrMnMoS 8-6
<u>Porte empreinte (2)</u>	15.68	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	123.1	300 Da.kg	36930 Da	(1)	40CrMnMoS 8-6
<u>Centre 1</u>	18.71	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	145.94	472 Da/kg	68912 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Centre 2</u>	23.72	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	185.05	472 Da/kg	87792 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Contre plaque éjectrice</u>	3.8 dm <sup>3</sup>	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	29.5 kg	130 Da/kg	3835 Da	(1)	42CrMo4
<u>Plaque éjectrice</u>	7 dm <sup>3</sup>	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	55 kg	130 Da/kg	7150 Da	(1)	42CrMo4
<u>Les éjecteurs D4</u>	3.4 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.03	500 Da/kg	60 Da	(4)	X37CrMoV5-1

<u>Les éjecteurs D5</u>	5.8 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.05	500 Da/kg	125 Da	(4)	X37C <sub>r</sub> M <sub>0</sub> V5-1
<u>Les éjecteurs D9</u>	20 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.15 kg	500 Da/kg	450 Da	(6)	X37C <sub>r</sub> M <sub>0</sub> V5-1
<u>Les éjecteurs D11</u>	30.20 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.25 kg	500 Da/kg	500 Da	(4)	X37C <sub>r</sub> M <sub>0</sub> V5-1
<u>Ejecteur carotte</u>	21.5 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.17 kg	500 Da/kg	170 Da	(2)	X37C <sub>r</sub> M <sub>0</sub> V5-1
<u>Bague en bronze</u>	3.85 dm <sup>3</sup>	8.8 kg/cm <sup>3</sup>	0.35 kg	800 Da/kg	1120 Da	(4)	Cu Sn 08
<u>Colonne de guidage</u>	58 dm <sup>3</sup>	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	45.22 kg	300 Da.kg	54264 Da	(4)	40C <sub>r</sub> M <sub>n</sub> M <sub>0</sub> S 8-6

**Le cout des organes de fixation Ensemble vis écrous rondelle :**

Ensemble vis écrous :

Prix unitaire **200 Da** nombre (16) prix total **3200 DA**

Prix unitaire **180 DA** nombre (16) prix total **2880 DA**

Prix unitaire **200 DA** nombre (46) prix total **9200 DA**

Prix unitaire **80 DA** nombre (22) prix total **1760 DA**

Les frais totaux sont de **17040 DA** .

12.2 Frais lié au temps de réalisation :

**Tableau 15 : Frais lié au temps de réalisation .**

Les pièces	Temps de réalisation		Prix sur machine pour 1h de travail	Prix total	Prix pour opérateur pour 1h de travail	Prix total	Le total pour chaque pièce
<b>Empreinte (1)</b>	<b>60h*1</b>	<b>60h</b>	<b>1000DA.h</b>	<b>60000 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>36000 DA</b>	<b>96000 DA</b>
<b>Empreinte (2)</b>	<b>47h*1</b>	<b>47h</b>	<b>1000DA.h</b>	<b>47000 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>28200DA</b>	<b>75200 DA</b>
<b>Porte empreinte (1)</b>	<b>12.5h*1</b>	<b>12.5h</b>	<b>340DA.h</b>	<b>4250 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>7500 DA</b>	<b>11750 DA</b>
<b>Porte empreinte (2)</b>	<b>4.5h*1</b>	<b>4.5h</b>	<b>340DA.h</b>	<b>1530 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>2700 DA</b>	<b>4230 DA</b>
<b>Centre 1</b>	<b>10h*1</b>	<b>9h</b>	<b>340Da/h</b>	<b>3060 DA</b>	<b>600DA.h</b>	<b>5400DA</b>	<b>8460 DA</b>
<b>Centre 2</b>	<b>10h*1</b>	<b>10h</b>	<b>340DA.h</b>	<b>3400 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>6000 DA</b>	<b>9400 DA</b>
<b>Plaque ejectrice</b>	<b>8h*1</b>	<b>8h</b>	<b>300DA.h</b>	<b>2400 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>4800 DA</b>	<b>7200 DA</b>
<b>Contre plaque éjectrice</b>	<b>1.5h*1</b>	<b>1.5h</b>	<b>300DA.h</b>	<b>450 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>675 DA</b>	<b>1125 DA</b>
<b>éjecteurs</b>	<b>0.4h*12</b>	<b>6h</b>	<b>300DA.h</b>	<b>1800 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>3600 DA</b>	<b>5400DA</b>
<b>Colonne de guidage</b>	<b>0.9h*4</b>	<b>3.6h</b>	<b>300DA.h</b>	<b>1080 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>2160 DA</b>	<b>3240 DA</b>

<b>Les bagues</b>	<b>0.25h*4</b>	<b>1h</b>	<b>300DA.h</b>	<b>300 DA</b>	<b>600 DA.h</b>	<b>600 DA</b>	<b>900 DA</b>
-------------------	----------------	-----------	----------------	---------------	-----------------	---------------	---------------

Le total des frais lié au temps de réalisation est de : 222 905 DA .Dans le calcul des prix de revient des outils , i y a ce qu'on appelle les charges indirectes .ce qu'on veut dire par les charges indirectes , les frais de traitements thermiques.

Le taux des charges indirectes est de 77% , d'où :

**Le prix total est de 945.201,5 DA .**

Le prix de l'aluminium est de 2100 euros → 2.1 euro/Kg .

Poids de la pièce évalué par le logiciel SolidWorks est : 1.563 Kg.

Coût de la pièce :  $1.563 \times 2.1 = 3,2823$  euros .

Prix de l'euro 1 euro →→150 DA .

$3.2823 \times 150 = 509$  DA .

Coût de l'usinage de la pièce : 1000 DA .

Prix total de la pièce en Al est **1509 DA**

Prix de la pièce importée en fonte :

Prix de la pièce (brute) est 12 euros. Pièce.

$12 \times 150 = 1800$  DA.

Prix de l'usinage de la pièce (brute) est : 1000 DA . pièce .

Prix total de la pièce importée en fonte est **2800 DA**

## 1 Etude économique :

### 1.1 Calcul du prix de revient du moule :

<u>Les pièces</u>	<u>Le volume des pièce</u>	<u>La masse volumique</u>	<u>Le poids des pièces</u>	<u>Le prix du brut</u>	<u>Le prix total</u>	<u>Nombre de pièces</u>	<u>La matière</u>
<u>Empreinte(1)</u>	12.4 dm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	96.7 kg	472 Da/kg	45650 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Empreinte (2)</u>	7.66 dm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	60 kg	472 Da/kg	28320 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Porte empreinte (1)</u>	26.83	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	210.62	300 Da.kg	63186 Da	(1)	40CrMnMoS 8-6
<u>Porte empreinte (2)</u>	15.68	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	123.1	300 Da.kg	36930 Da	(1)	40CrMnMoS 8-6
<u>Centre 1</u>	18.71	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	145.94	472 Da/kg	68912 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Centre 2</u>	23.72	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	185.05	472 Da/kg	87792 Da	(1)	X37CrMoV5-1
<u>Contre plaque éjectrice</u>	3.8 dm <sup>3</sup>	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	29.5 kg	130 Da/kg	3835 Da	(1)	42CrMo4
<u>Plaque ejectrice</u>	7 dm <sup>3</sup>	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	55 kg	130 Da/kg	7150 Da	(1)	42CrMo4
<u>Les éjecteurs D4</u>	3.4 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.03	500 Da/kg	60 Da	(4)	X37CrMoV5-1

<u>Les éjecteurs D5</u>	5.8 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.05	500 Da/kg	125 Da	(4)	X37CrMoV5-1
<u>Les éjecteurs D9</u>	20 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.15 kg	500 Da/kg	450 Da	(6)	X37CrMoV5-1
<u>Les éjecteurs D11</u>	30.20 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.25 kg	500 Da/kg	500 Da	(4)	X37CrMoV5-1
<u>Ejecteur carotte</u>	21.5 cm <sup>3</sup>	7.80 kg/cm <sup>3</sup>	0.17 kg	500 Da/kg	170 Da	(2)	X37CrMoV5-1
<u>Bague en bronze</u>	3.85 dm <sup>3</sup>	8.8 kg/cm <sup>3</sup>	0.35 kg	800 Da/kg	1120 Da	(4)	Cu Sn 08
<u>Colonne de guidage</u>	58 dm <sup>3</sup>	7.85 kg/cm <sup>3</sup>	45.22 kg	300 Da.kg	54264 Da	(4)	40CrMnMoS 8-6

Tableau 14 : le prix de la matière brut des organes du moule .

**Le cout des organes de fixation Ensemble vis écrous rondelle :**

Ensemble vis écrous :

Prix unitaire **200 Da** nombre (16) prix total **3200 DA**

Prix unitaire **180 DA** nombre (16) prix total **2880 DA**

Prix unitaire **200 DA** nombre (46) prix total **9200 DA**

Prix unitaire **80 DA** nombre (22) prix total **1760 DA**

Les frais totaux sont de **17040 DA** .

## 1.2 Frais lié au temps de réalisation :

Les pièces	Temps de réalisation		Prix sur machine pour 1h de travail	Prix total	Prix pour opérateur pour 1h de travail	Prix total	Le total pour chaque pièce
Empreinte (1)	60h*1	60h	1000DA.h	60000 DA	600 DA.h	36000 DA	96000 DA
Empreinte (2)	47h*1	47h	1000DA.h	47000 DA	600 DA.h	28200DA	75200 DA
Porte empreinte (1)	12.5h*1	12.5h	340DA.h	4250 DA	600 DA.h	7500 DA	11750 DA
Porte empreinte (2)	4.5h*1	4.5h	340DA.h	1530 DA	600 DA.h	2700 DA	4230 DA
Centre 1	10h*1	9h	340Da/h	3060 DA	600DA.h	5400DA	8460 DA
Centre 2	10h*1	10h	340DA.h	3400 DA	600 DA.h	6000 DA	9400 DA
Plaque ejectrice	8h*1	8h	300DA.h	2400 DA	600 DA.h	4800 DA	7200 DA
Contre plaque éjectrice	1.5h*1	1.5h	300DA.h	450 DA	600 DA.h	675 DA	1125 DA
éjecteurs	0.4h*12	6h	300DA.h	1800 DA	600 DA.h	3600 DA	5400DA
Colonne de guidage	0.9h*4	3.6h	300DA.h	1080 DA	600 DA.h	2160 DA	3240 DA
Les bagues	0.25h*4	1h	300DA.h	300 DA	600 DA.h	600 DA	900 DA

Tableau 15 : frais lié au temps de réalisation .

Le total des frais lié au temps de réalisation est de : 222 905 DA .Dans le calcul des prix de revient des outils , i y a ce qu'on appelle les charges indirectes .ce qu'on veut dire par les charges indirectes , les frais de traitements thermiques.

Le taux des charges indirectes est de 77% , d'où :

Le prix total est de 945.201,5 DA

Le pris de l'aluminium est de 2100 euros → 2.1 euro/Kg .

Poids de la pièce évalué par le logiciel SolidWorks est : 1.563 Kg.

Coût de la pièce :  $1.563 \times 2.1 = 3,2823$  euros .

Prix de l'euro 1 euro →→150 DA .

$3.2823 \times 150 = 509$  DA .

Coût de l'usinage de la pièce : 1000 DA .

Prix total de la pièce en Al est 1509 DA

Prix de la pièce importée en fonte :

Prix de la pièce (brute) est 12 euros. Pièce.

$12 \times 150 = 1800$  DA.

Prix de l'usinage de la pièce (brute) est : 1000 DA . pièce .

Prix total de la pièce importée en fonte est 2800 DA

# Conclusion générale

La fonderie est un procédé bien connu dans l'industrie et ce, depuis longtemps. Il permet l'Optimisation de la forme de la pièce en fonction des charges qui lui sont appliquées, l'allègement de cette dernière quand possible et réduit les coûts de production en série car les procédés de transformation sont réduits au minimum.

La présente étude, nous aura permis de comprendre l'étendue des avantages que peut effectivement présenter la fabrication de pièces mécaniques par fonderie, car au sein de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIE, nous avons pu concevoir un moule à injection d'aluminium concluant, destiné à la fabrication de pièces bride-flasque en utilisant le logiciel SolidWorks, dans le respect du cahier des charges imposé par l'entreprise.

Parallèlement, cette étude nous aura aussi permis de nous initier aux logiciels de CAO et de nous faire une idée du monde du travail. Nous considérons que c'est une bonne transition entre le monde des études et celui du travail.

Nous comprenons également, que le travail de recherche et d'optimisation dans le domaine de la fonderie, reste nécessaire et continuera pour encore très longtemps. Nous espérons que ce mémoire trouvera son utilité pour les travaux actuels et à venir.

## *bibliographie*

# *Bibliographie*

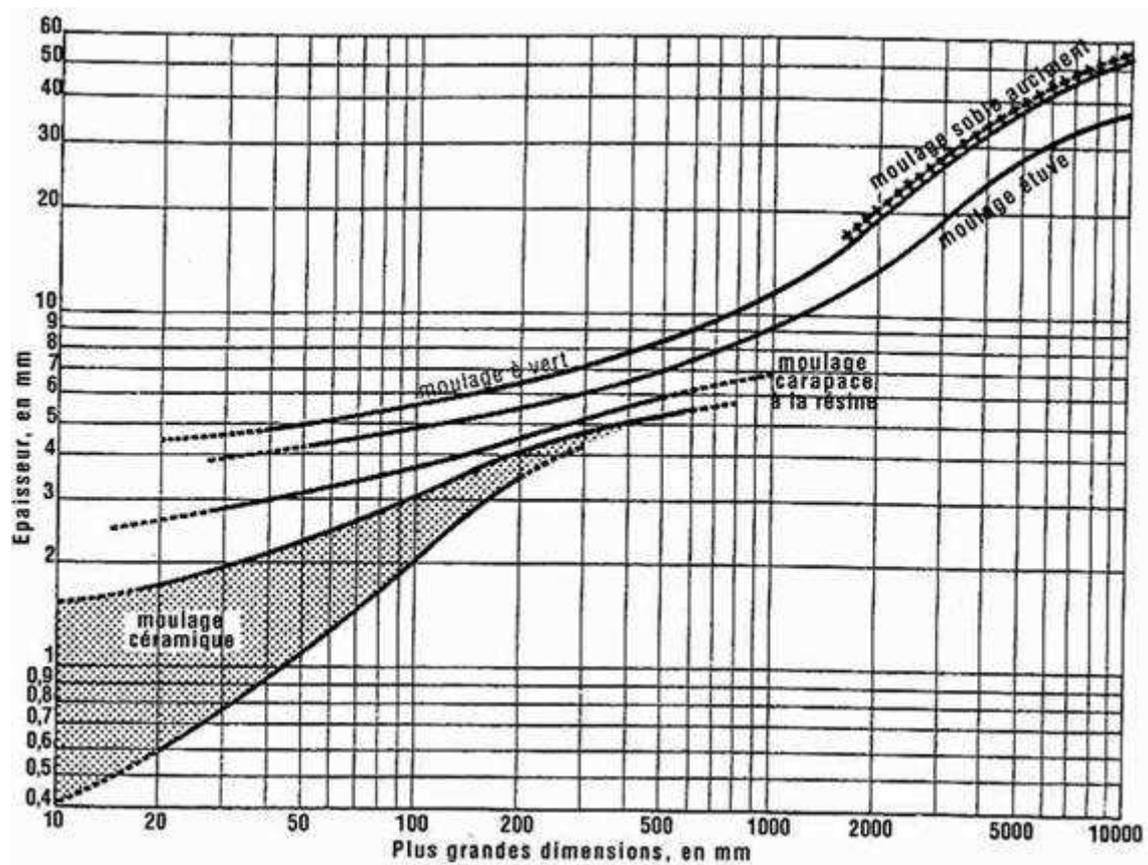
- [2] **Technique de l'ingénieur , mise en forme des et fonderie MC1 MC2 MC3 .**
- [3] **archive de l'entreprise .**
- [4] **technique de l'ingénieur , traitement des métaux MD1 MD2 MD3.**
- [5] **Analysis and Optimization of Gating System for Commutator End Bracket; 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation (ICMPC 2014).**
- [6] **Luigi Andreoni, Mario Casé, Giorgio Pomesano, le moulage sous pression des alliages d'aluminium, (1 à 7), édition ETIF, 1993 .**
- [7] **HEDDAR Djamel Eddine ; Etude et conception a l'aide de l'outil CAO d'un moule à injection plastique ;mémoire de magistère ; département génie mécanique ; Université Mohamed Khider- Biskra .**
- [8] **Ouanes Farid ; Allali Mouh ; étude et conception d'un moule pour moulage sous pression d'une cloche de démarreur ; mémoire D.E.U.A ; département mécanique ; UMMTO ; 2008.**
- [9] **Tabti Aicha ; Moula Madjid ; étude et conception d'un moule d'injection aluminium pour la réalisation d'une poignée d'un réfrigérateur ; mémoire D.E.U.A ; département mécanique ; UMMTO ;2004.**
- [10] **Ammour Redouan ; Ikerrouiene Djaffar ; étude et conception d'un moule d'injection aluminium pour un flasque bride d'un moteur électrique B5-A106/107-2 ; mémoire master 2 ; département mécanique ; UMMTO ; 2017.**

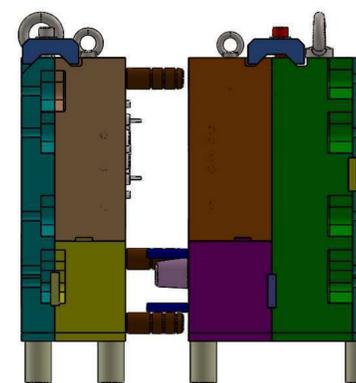
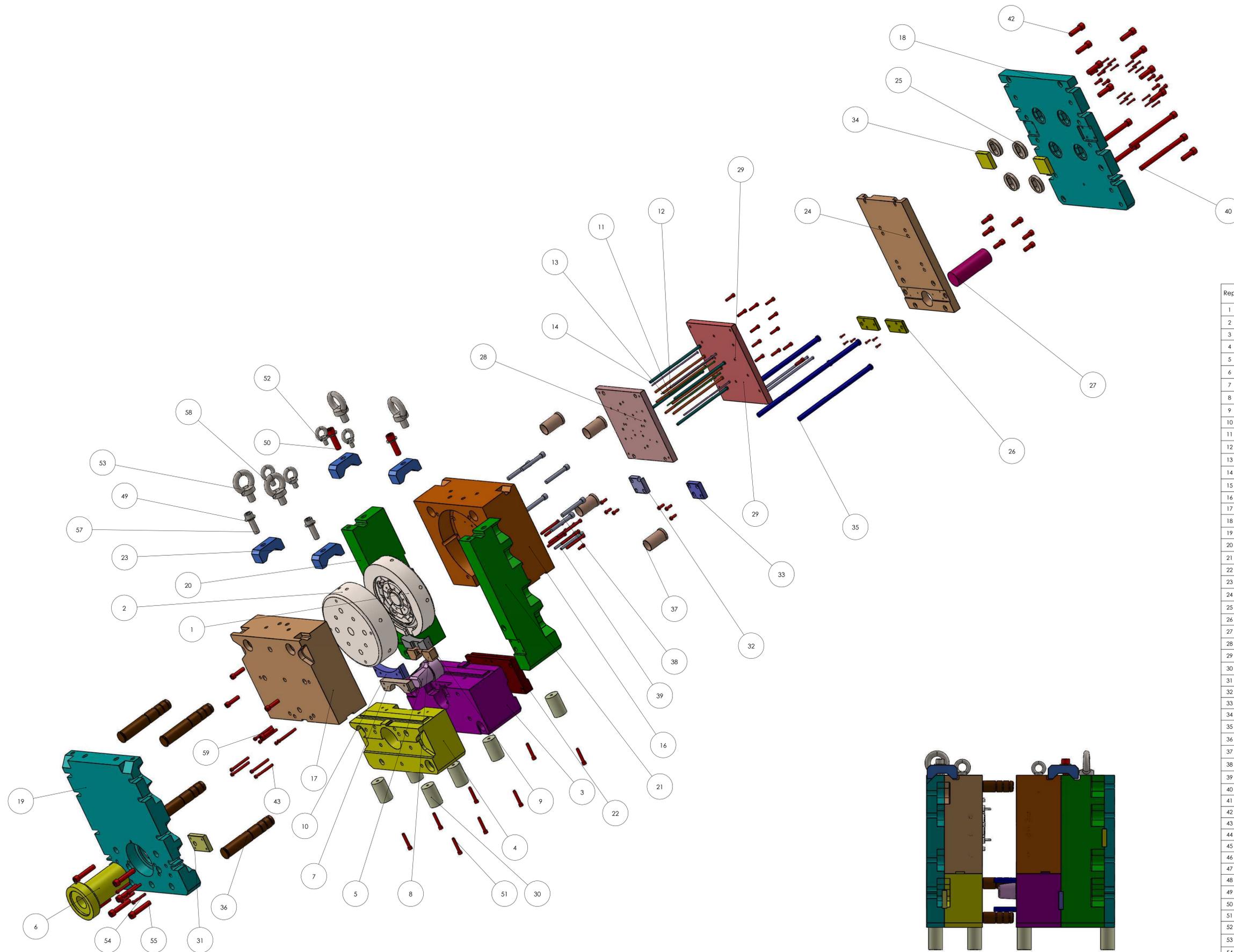
## **Site internet :**

- [1] **<http://electrotec.over-blog.com/article-machines-electriques-les-moteurs-electriques-97099271.html>**
- [11] **<https://www.dynacast.fr/metaux-pour-la-fonderie-sous-pression>**
- [12] **<https://metalblog.ctif.com/2018/07/16/les-procedes-de-fonderie-en-moule-metallique/>**

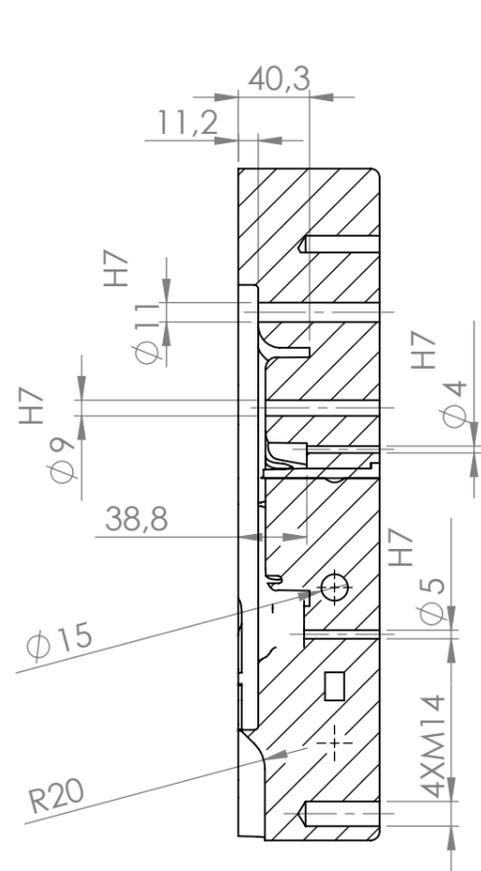
## Annexes

Graphe pour les épaisseurs minimales des pièces :

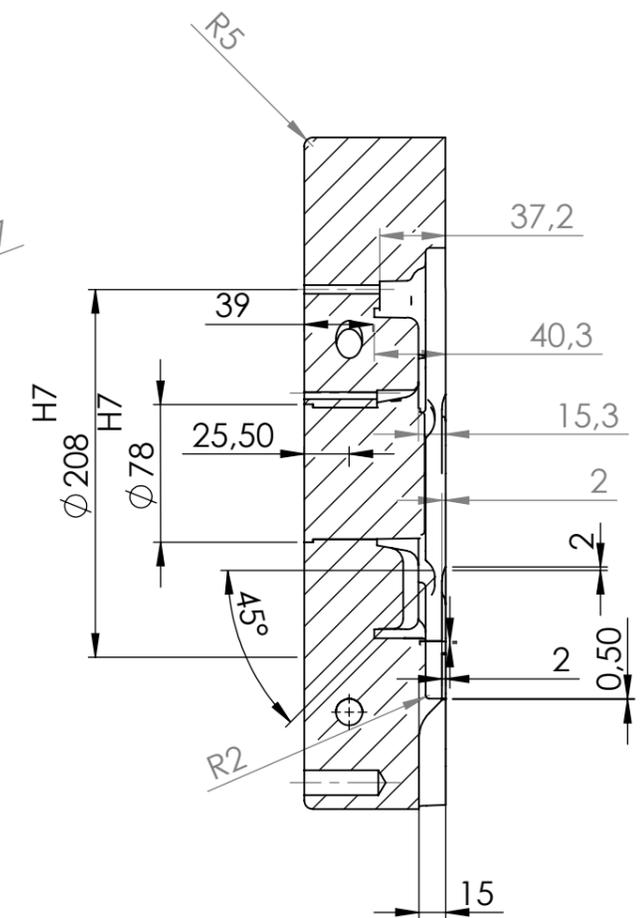
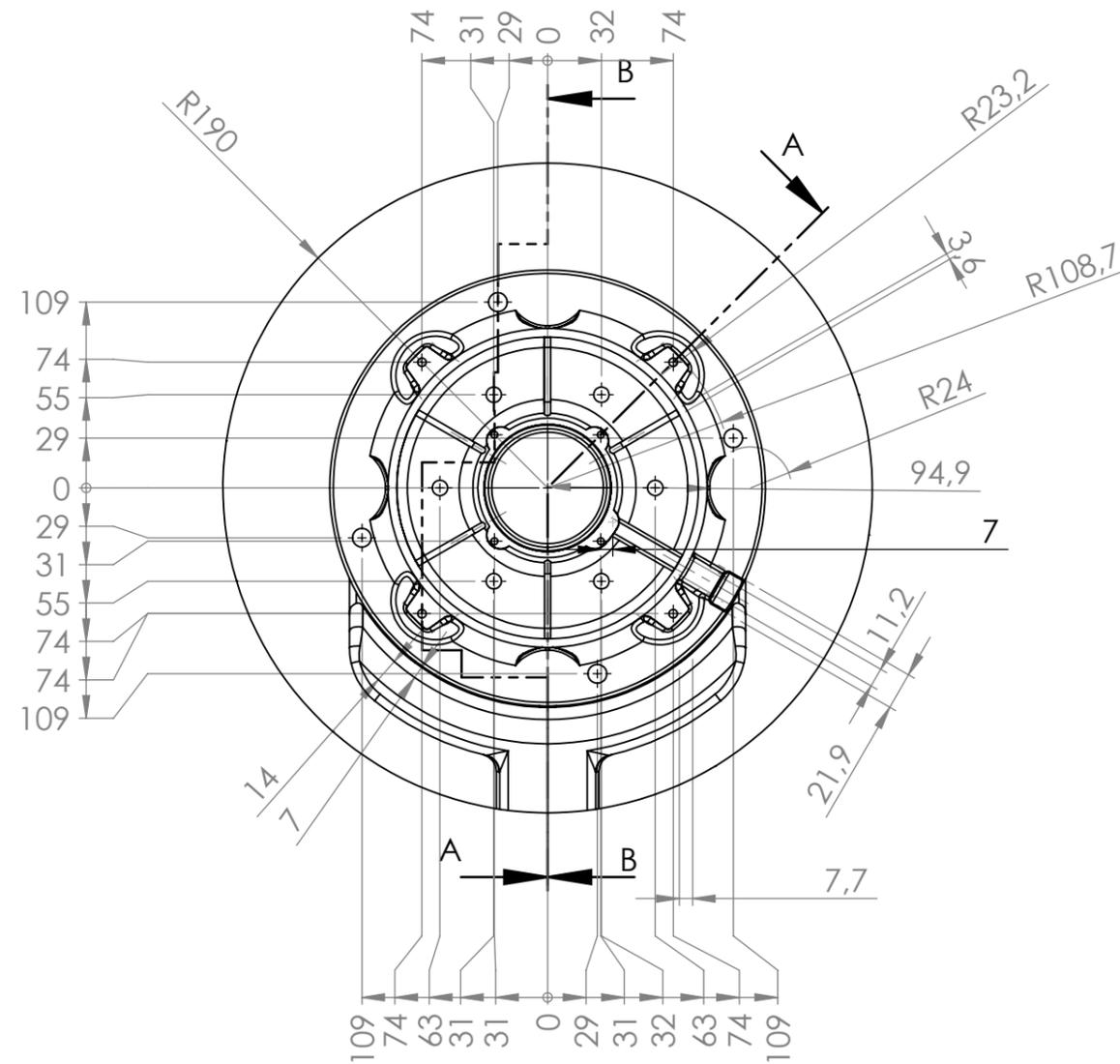




Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
1	1	EMPRIENTE MOBILE	X38CrMoV5-1	Trempé
2	1	EMPRIENTE FIXE	X38CrMoV5-1	Trempé
3	1	PIECE DE CENTRE MOBILE	X38CrMoV5-1	Trempé
4	1	PIECE DE CENTRE FIXE	X38CrMoV5-1	Trempé
5	1	ENCLUME	X38CrMoV5-1	Trempé
6	1	DOUILLE DE COULEE	X38CrMoV5-1	Trempé
7	1	PLAQUE D'ENTREE 1	X38CrMoV5-1	Trempé
8	1	PLAQUE D'ENTREE 2	X38CrMoV5-1	Trempé
9	1	PLAQUE POUR ATTACHE DE COULEE MOBILE	X38CrMoV5-1	Trempé
10	1	PLAQUE POUR ATTACHE DE COULEE FIXE	X38CrMoV5-1	Trempé
11	4	EJECTEUR D4	X38CrMoV5-1	Trempé
12	4	EJECTEUR D5	X38CrMoV5-1	Trempé
13	6	EJECTEUR D9	X38CrMoV5-1	Trempé
14	4	EJECTEUR D11	X38CrMoV5-1	Trempé
15	2	EJECTEUR CAROTE	X38CrMoV5-1	Trempé
16	1	PLAQUE DE MOULE MOBILE	40CrMnMoS8-6	
17	1	PLAQUE DE MOULE FIXE	40CrMnMoS8-6	
18	1	PLAQUE DE SERRAGE MOBILE	40CrMnMoS8-6	
19	1	PLAQUE DE SERRAGE FIXE	40CrMnMoS8-6	
20	1	BAGUETTE-SUPPORT 1	40CrMnMoS8-6	
21	1	BAGUETTE-SUPPORT 2	40CrMnMoS8-6	
22	1	PLAQUE DE COUVERTURE	40CrMnMoS8-6	
23	4	PINCE DE SERRAGE	40CrMnMoS8-6	
24	1	PLAQUE D'EJECTEUR	40CrMnMoS8-6	
25	4	PIECE D'ARRET	40CrMnMoS8-6	
26	2	PLAQUE DE GUIDAGE 5	40CrMnMoS8-6	
27	1	BOULON-SUPPORT	E335	
28	1	PLAQUE D'EJECTION TETE	E335	
29	1	PLAQUE D'EJECTEUR 2	E335	
30	8	SOCLE	E335	
31	2	PLAQUE DE GUIDAGE 1	21MnCr5	Trempé
32	1	PLAQUE DE GUIDAGE 2	21MnCr5	Trempé
33	1	PLAQUE DE GUIDAGE 3	21MnCr5	Trempé
34	2	PLAQUE DE GUIDAGE 4	21MnCr5	Trempé
35	4	COLONE DE GUIDAGE	C60E	
36	4	COLONE DE GUIDAGE DU CHASSI	C60E	
37	4	BAGUE DE GUIDAGE	CuNn8	
38	6	VIS M16 120		
39	2	VIS M10 120		
40	4	VIS A TETE CYLINDRIQUE		
41	7	ISO 4762 M10 x 25 --- 25N		
42	9	ISO 4762 M20 x 60 --- 60N		
43	16	ISO 4762 M10 x 100 --- 32N		
44	8	ISO 4762 M10 x 30 --- 30N		
45	6	ISO 4762 M6 x 20 --- 20N		
46	16	ISO 4762 M6 x 40 --- 24N		
47	6	ISO 4762 M16 x 40 --- 40N		
48	12	ISO 4762 M10 x 40 --- 40N		
49	4	Washer ISO 7415 - 24		
50	2	ISO 4762 M24 x 80 --- 80N		
51	8	ISO 4762 M12 x 70 --- 70N		
52	2	Eyebolt DIN 358-M16		
53	4	Eyebolt DIN 358-M30		
54	8	ISO 4762 M10 x 70 --- 32N		
55	7	ISO 4762 M20 x 100 --- 52N		
56	1	Clevis Pin ISO 2340 - B - 8 x 28 x 2 - S1		
57	2	ISO 4762 M24 x 80 --- 80N		
58	2	Eyebolt DIN 358-M20		
59	4	ISO 4762 M16 x 60 --- 60N		



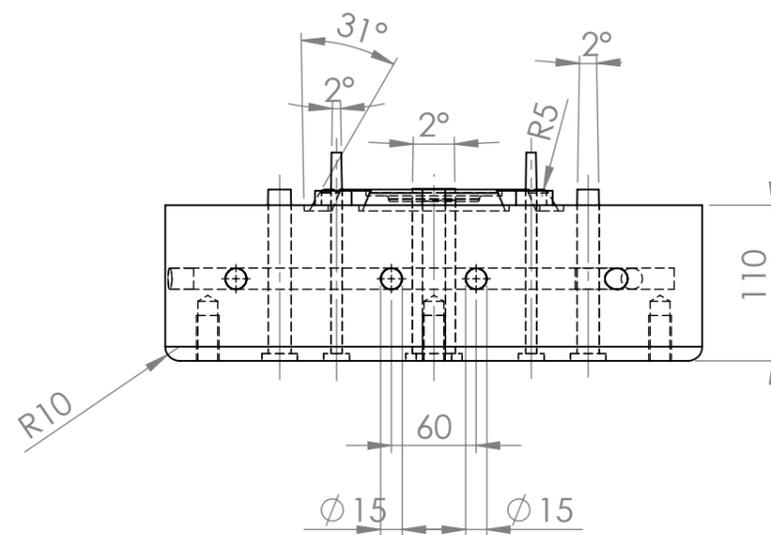
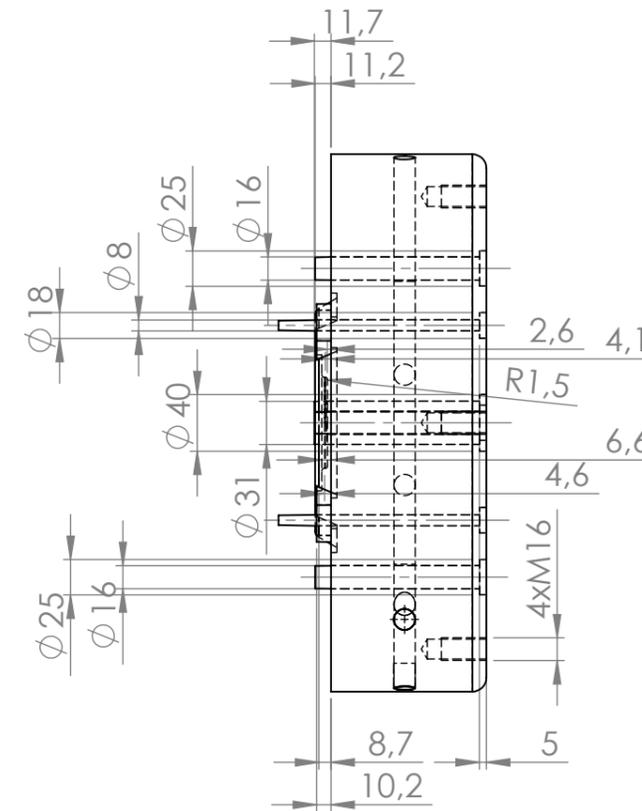
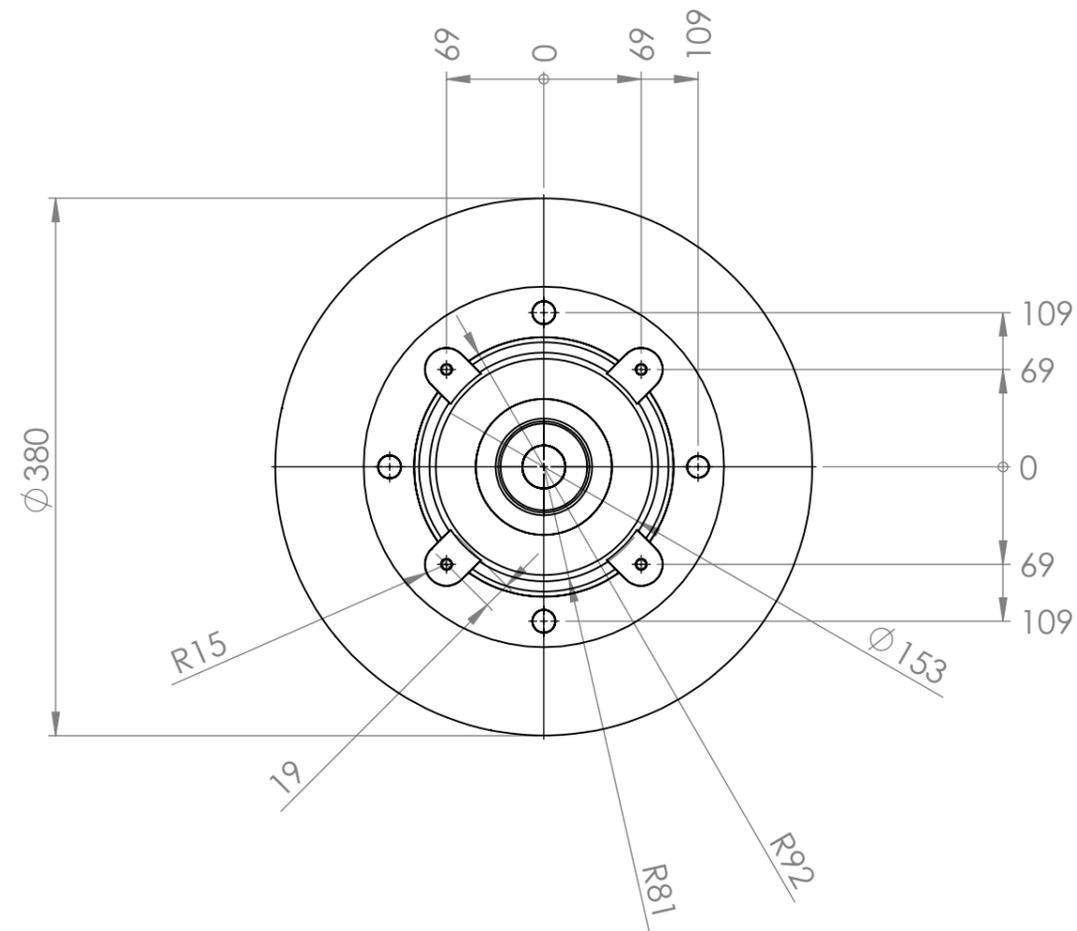
COUPE B-B



COUPE A-A

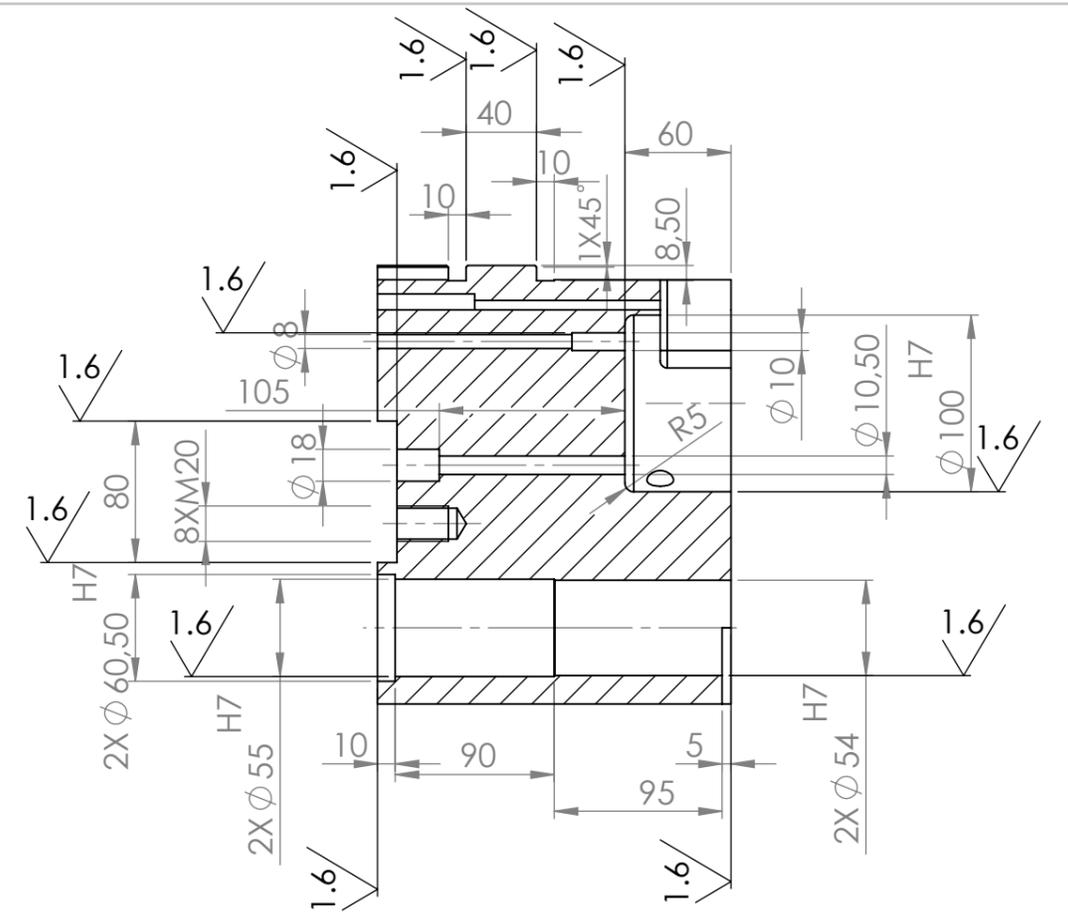
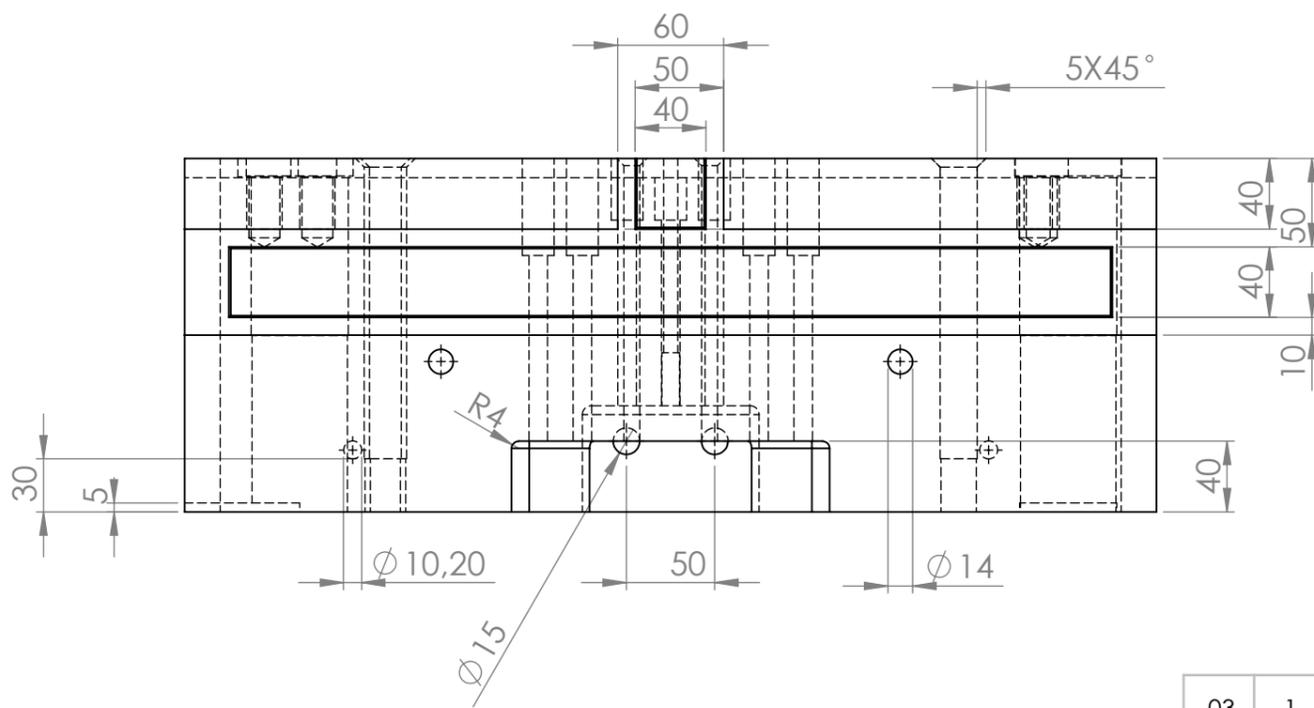
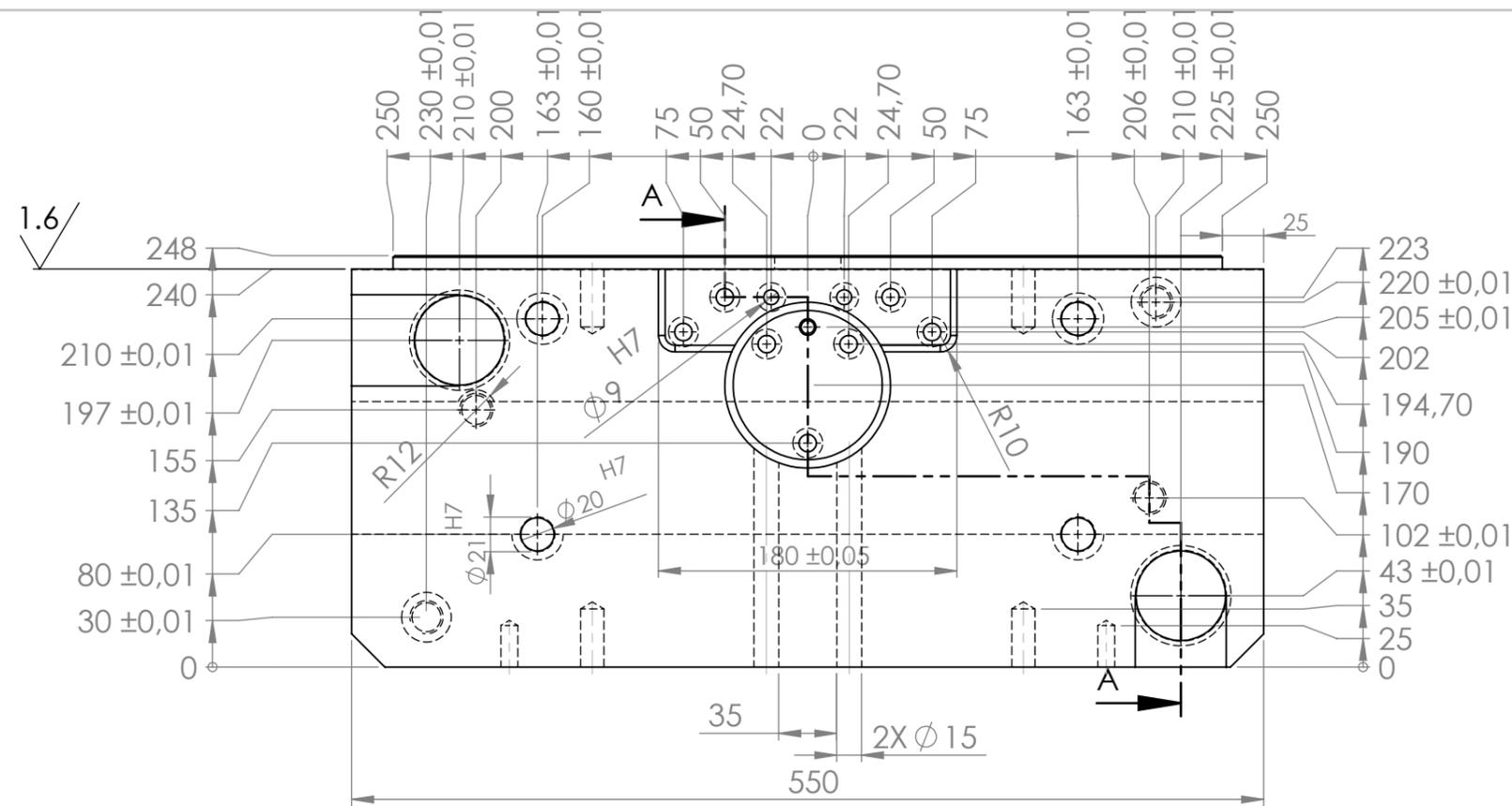
Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication ±0.01  
 Sauf indication

01	1	Empreinte mobile	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
	Ech:1/4	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHROME 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
	A3		FGC-GM-CM-UMMTO	2017/2018



Ra=1.6  
Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
Sauf indication

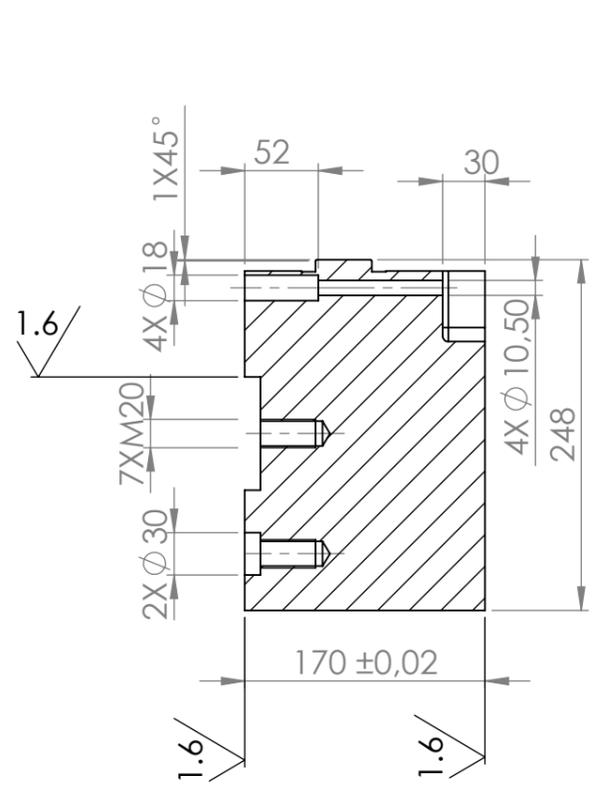
02	1	Empreinte fixe	X38CrMoV5-1	Trempé	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>		
					2017/2018
A3					FGC-GM-CM-UMMTO



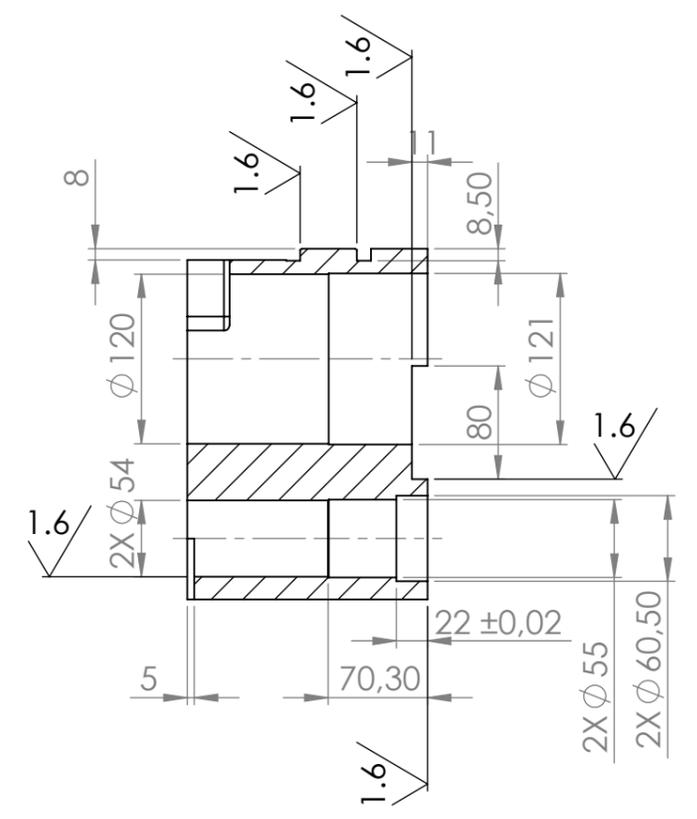
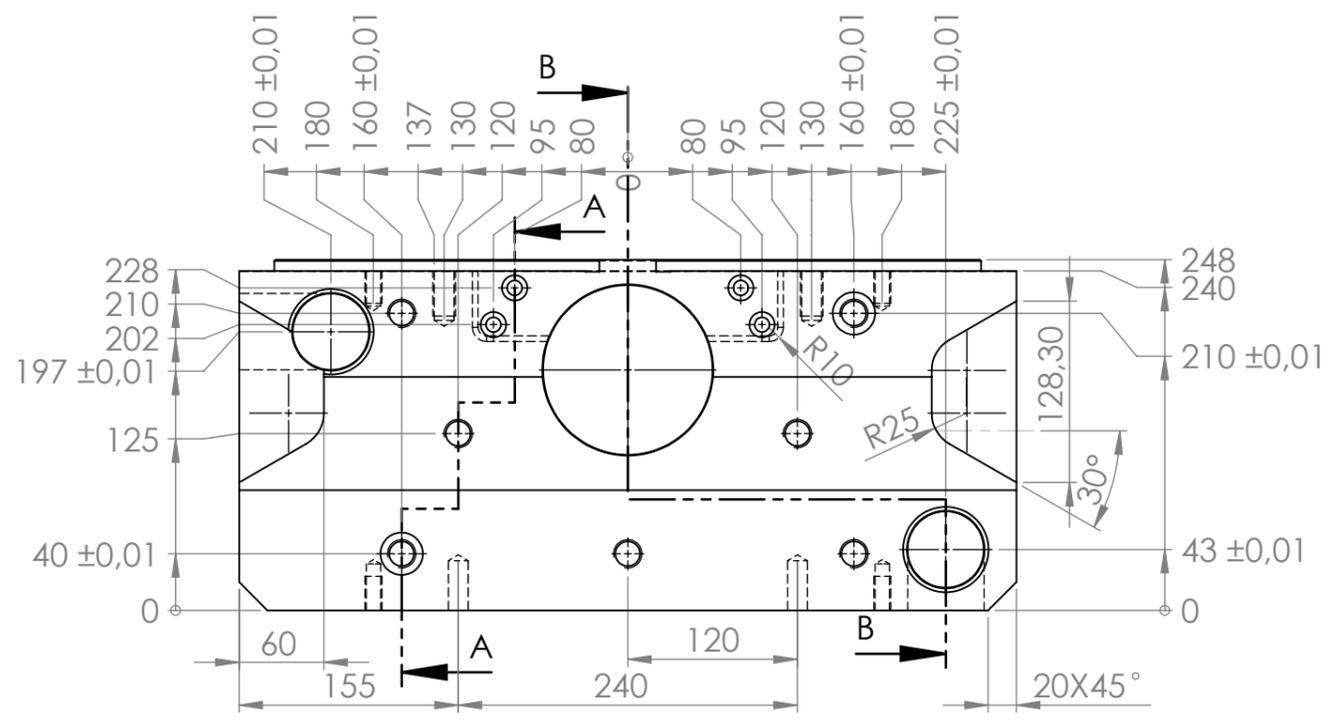
COUPE A-A

Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.1  
Sauf indication

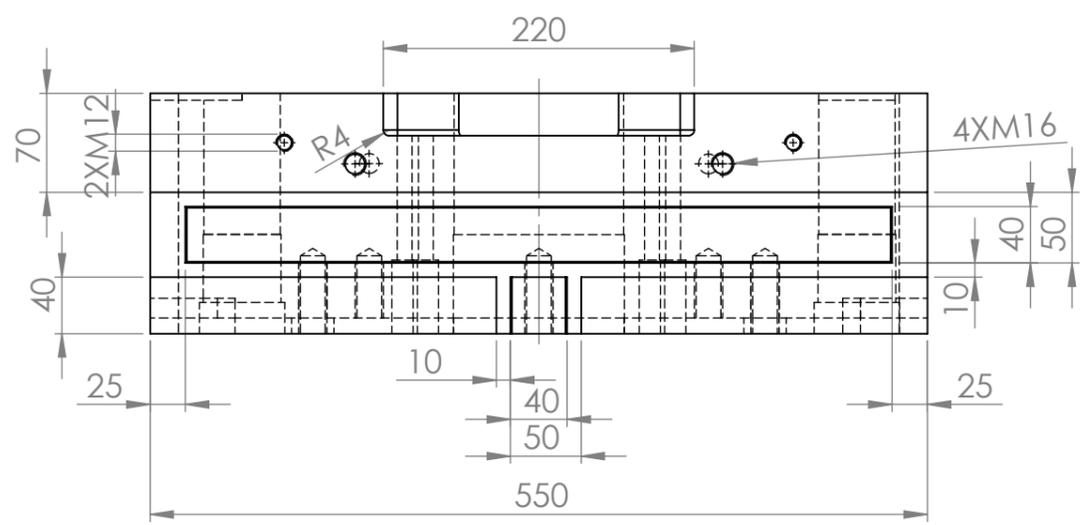
03	1	Piècede centre mobile	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
	Ech:1/4	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
	A3			FGC-GM-CM-UMMTO



COUPE A-A

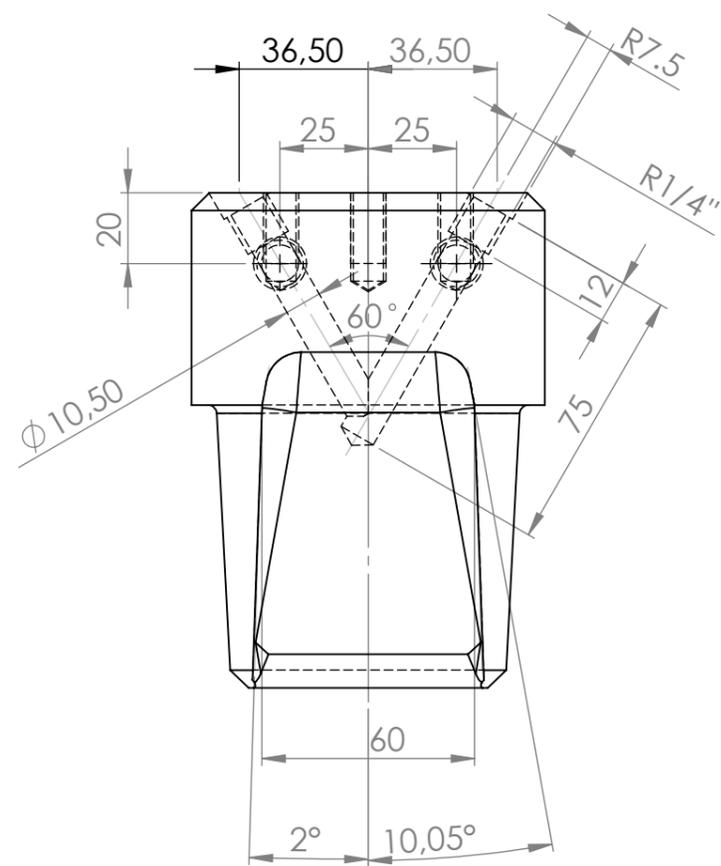
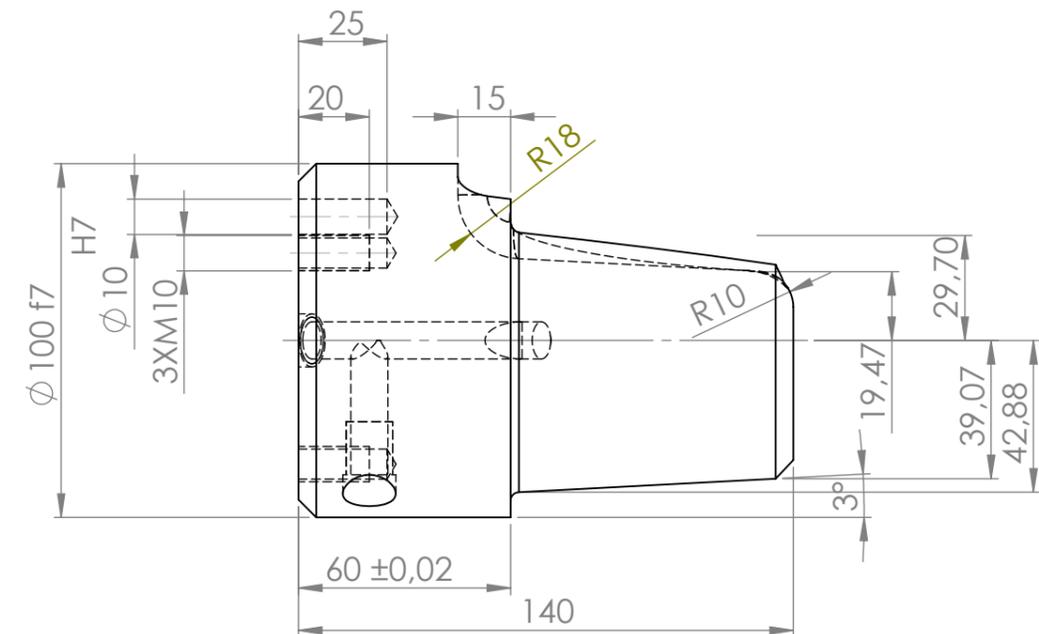
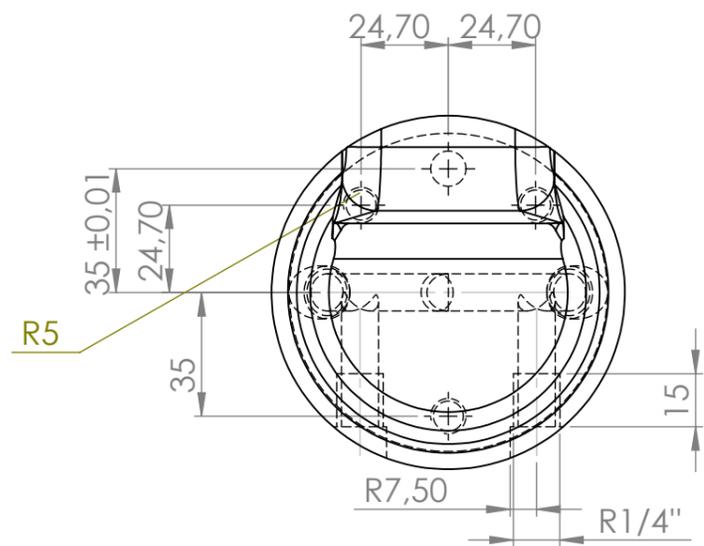


COUPE B-B



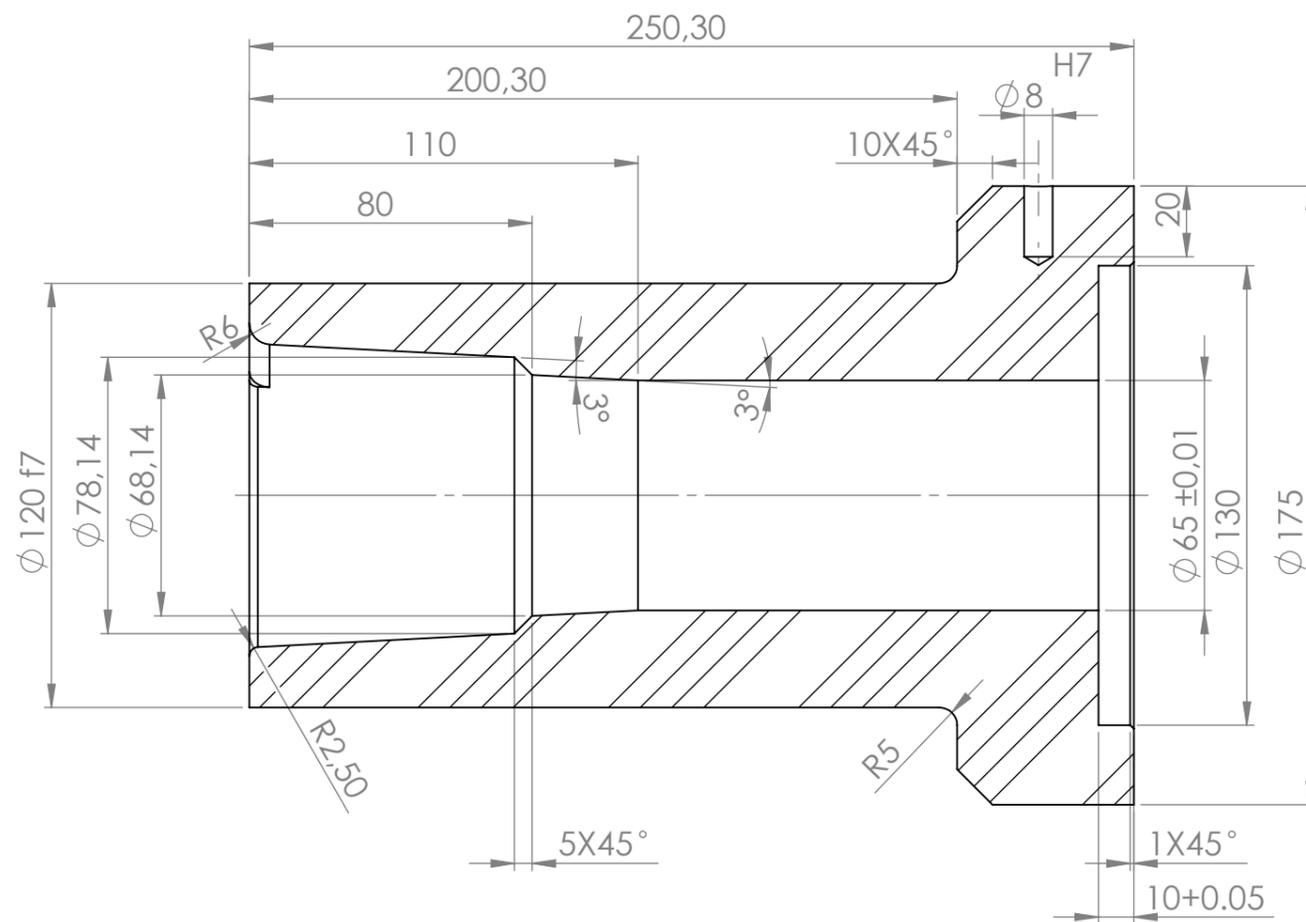
Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.1  
Sauf indication

04	1	Pièce de centre fixe	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
A3			<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	<b>MASTER II</b>

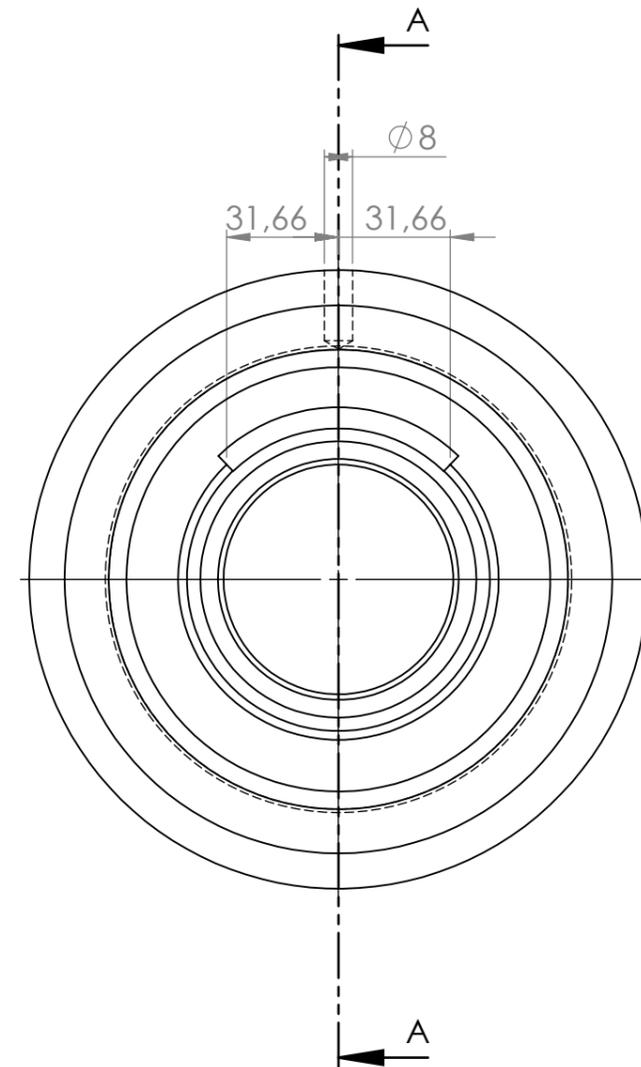


Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication ±0.1  
 Sauf indication

	1	Enclume	X38CrMoV5-1	Trempé
<b>Rep</b>	<b>Nb</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observations</b>
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHROME 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
A3	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			MASTER 2

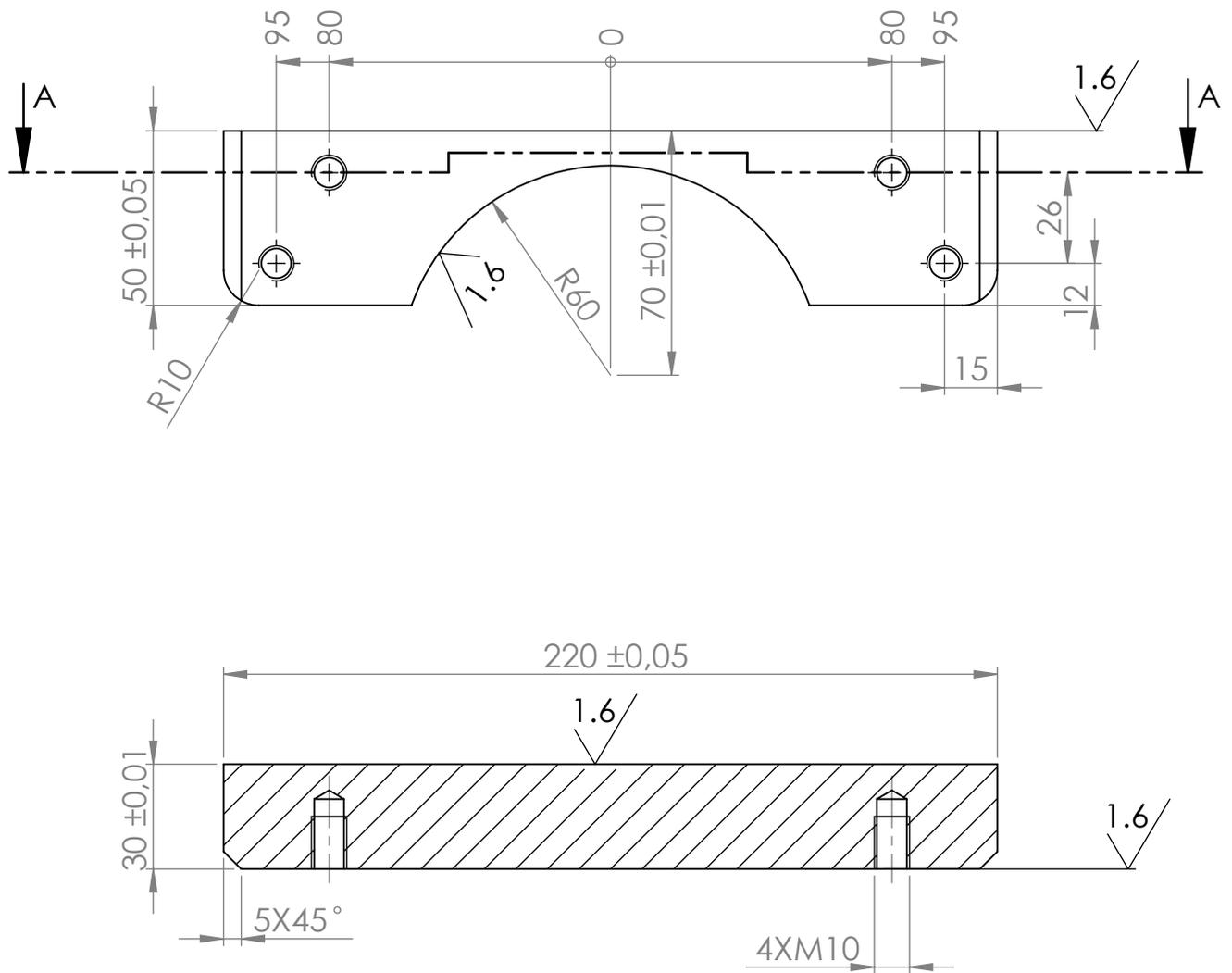


COUPE A-A



Ra=1.6  
Tolérance de fabrication ±0.01  
Sauf indication

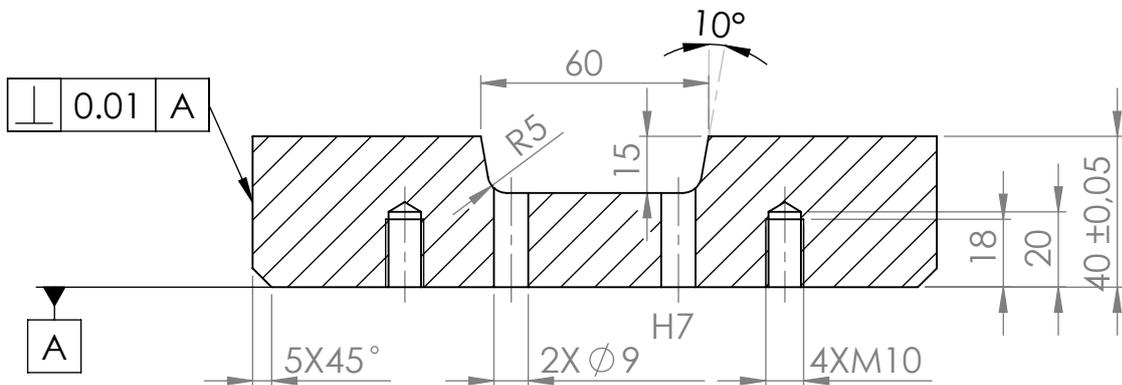
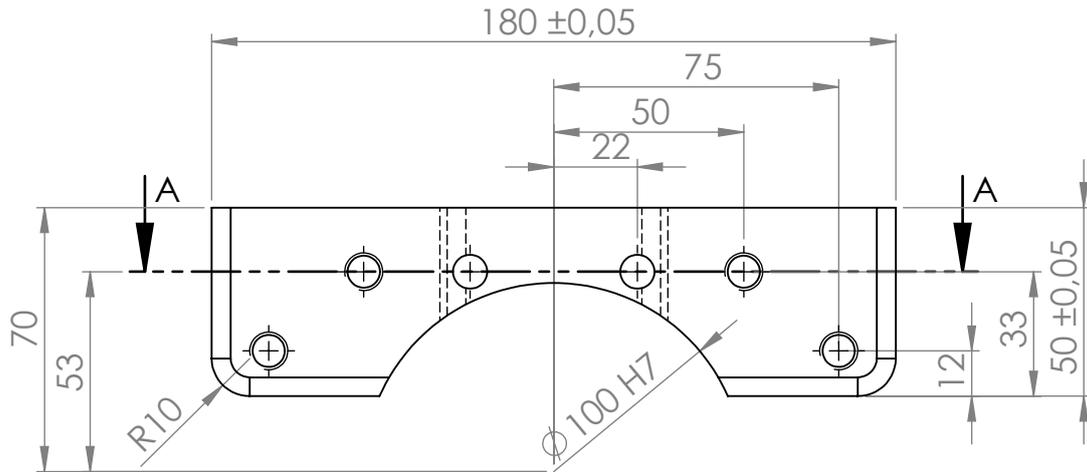
06	1	Douille de coulée	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>	
A3			FGC-GM-CM-UMMTO	MASTER II



COUPE A-A

Ra=3.2  
Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
Sauf indication

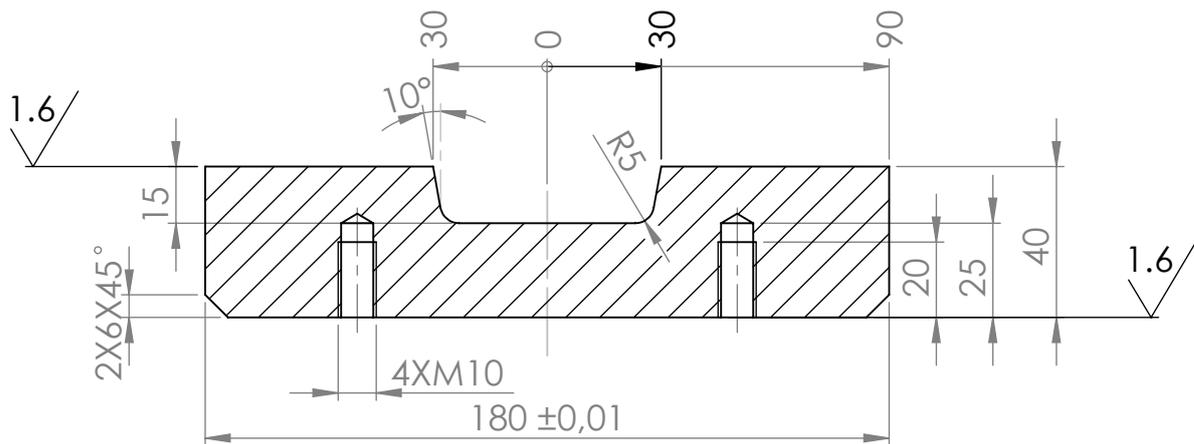
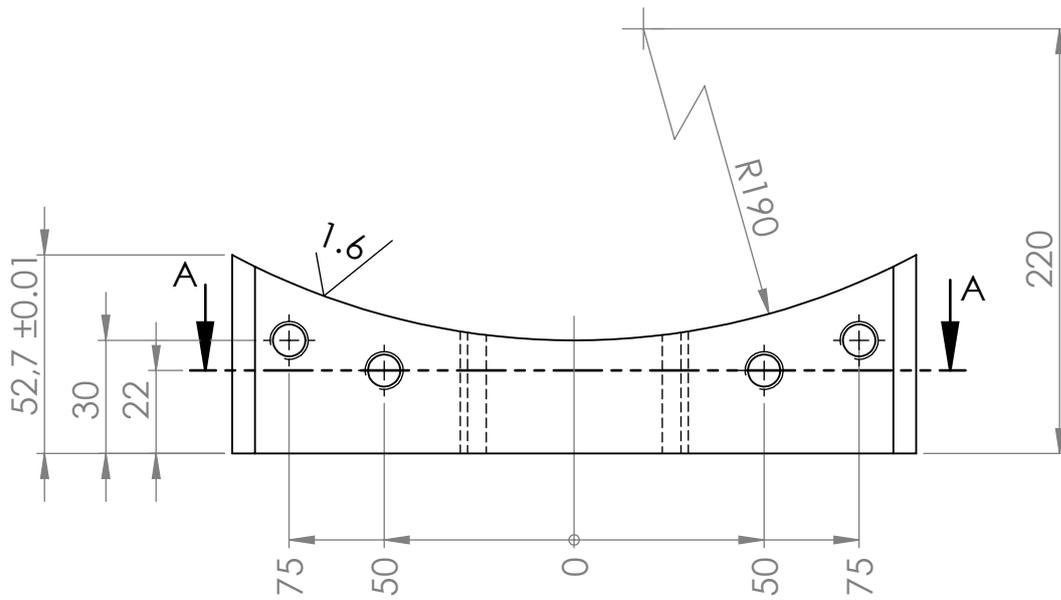
07	1	Plaque d'entrée 1	X38CrMoV5-1	trempe
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRON 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



COUPE A-A

$Ra=1.6$   
Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
sauf indication

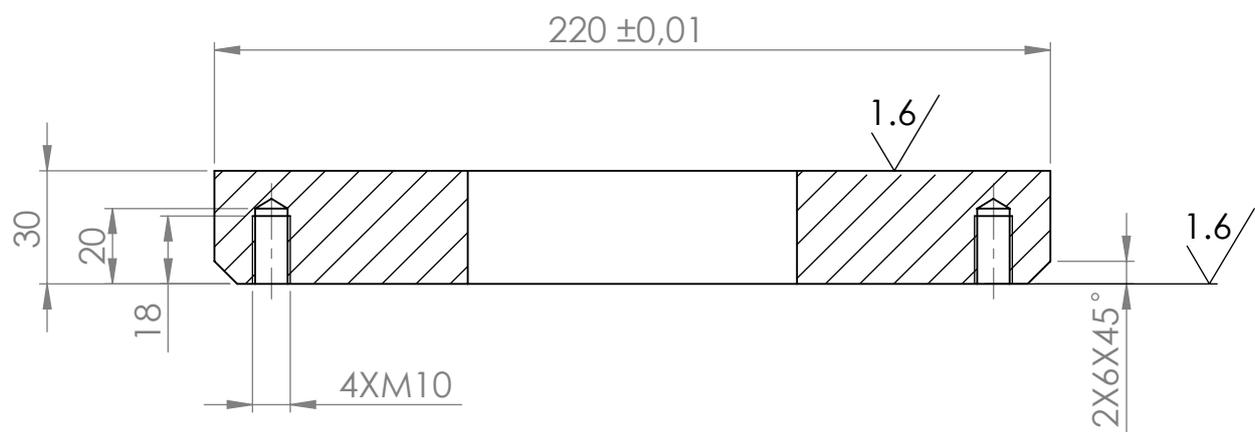
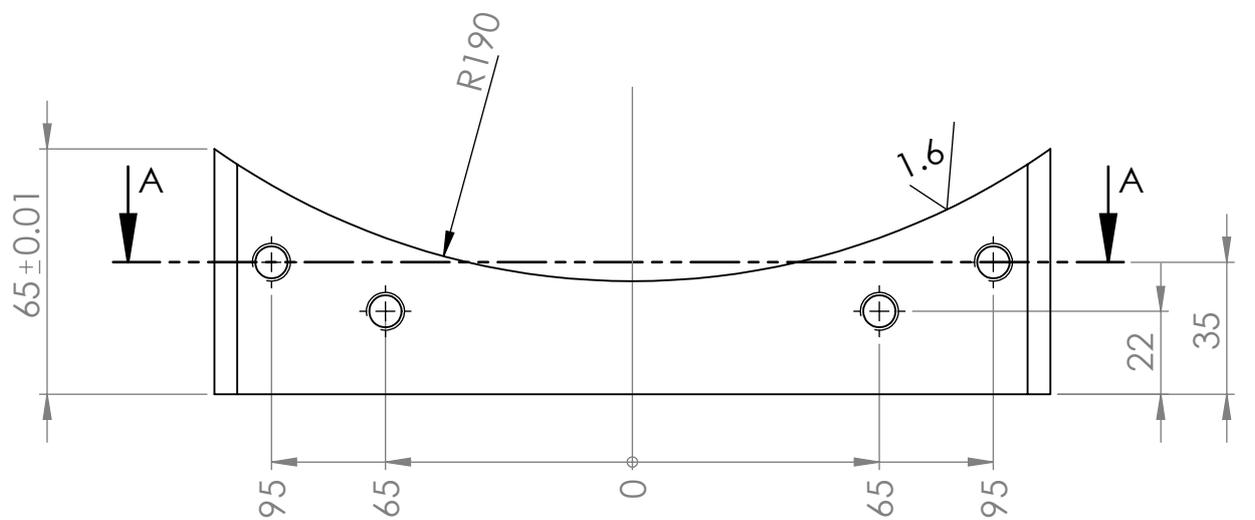
08	1	Plaque d'entrée 2	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHROME 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>	
A4			<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	<b>MASTER II</b>



COUPE A-A

Ra=3.2  
Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
Sauf indication

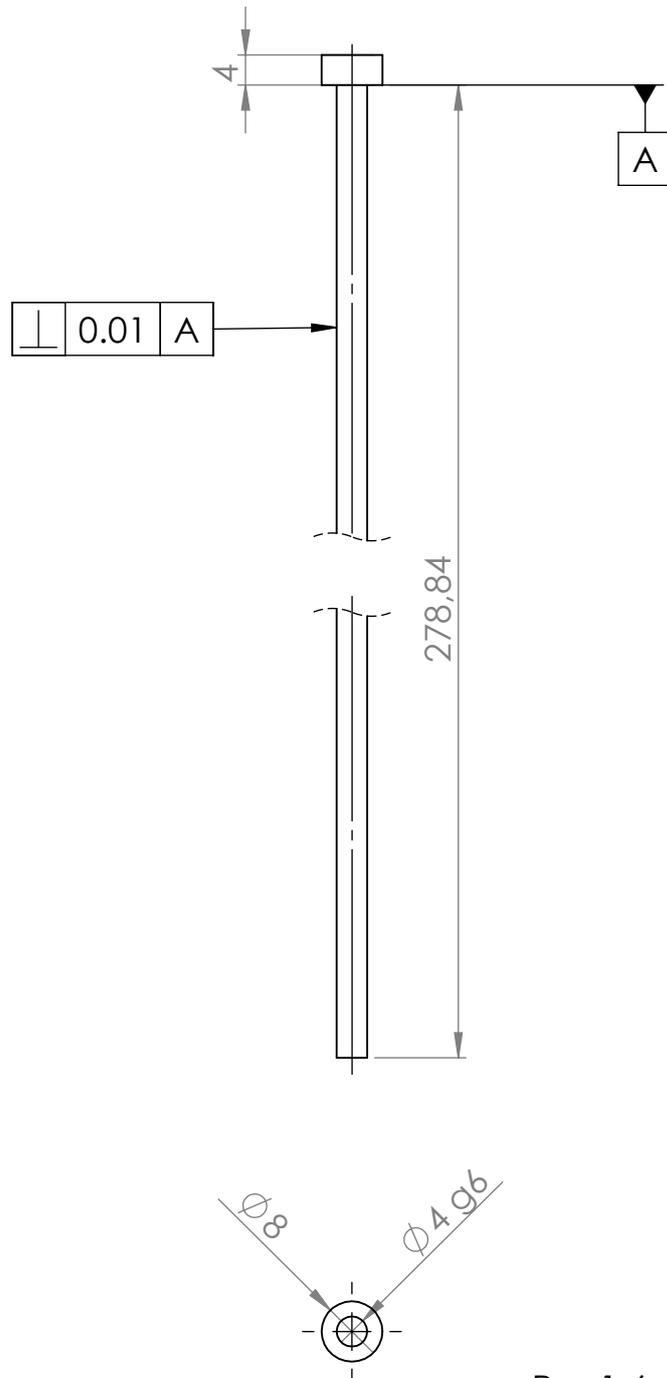
9	1	Plaque pour attache de coulée mobile	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<p align="center"><b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b></p>			<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



COUPE A-A

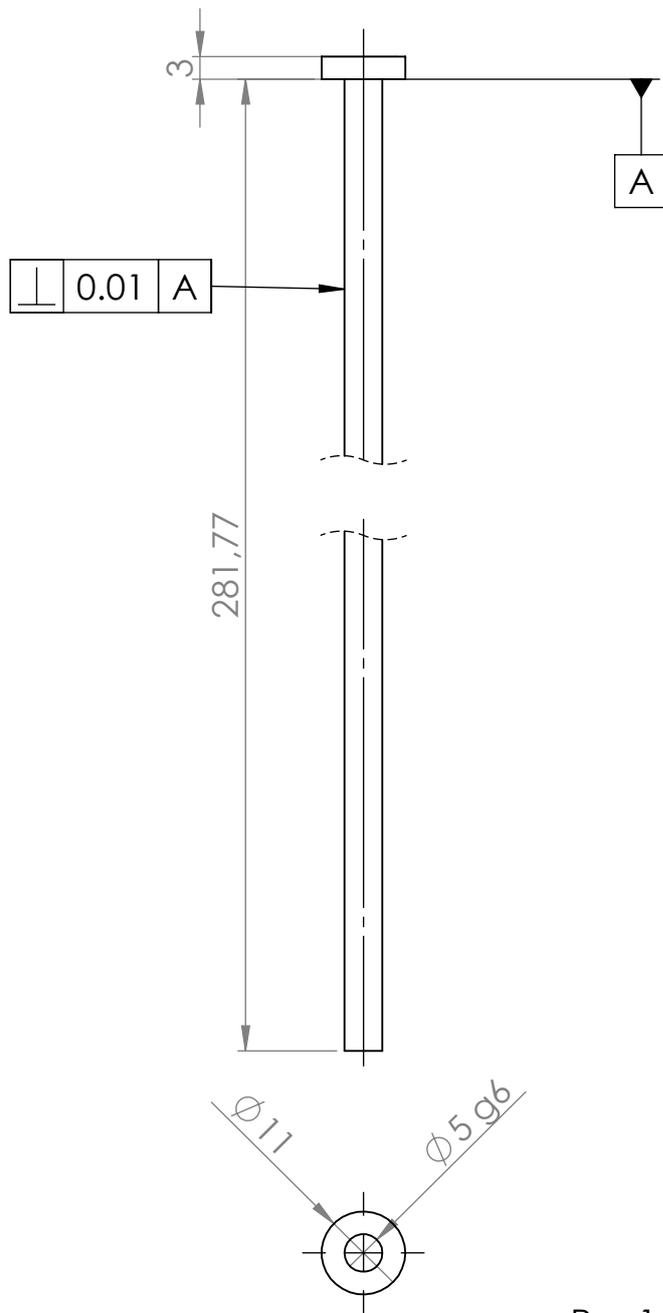
Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.1  
Sauf indication

10	1	Plaque pour attache de coulée fixe	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



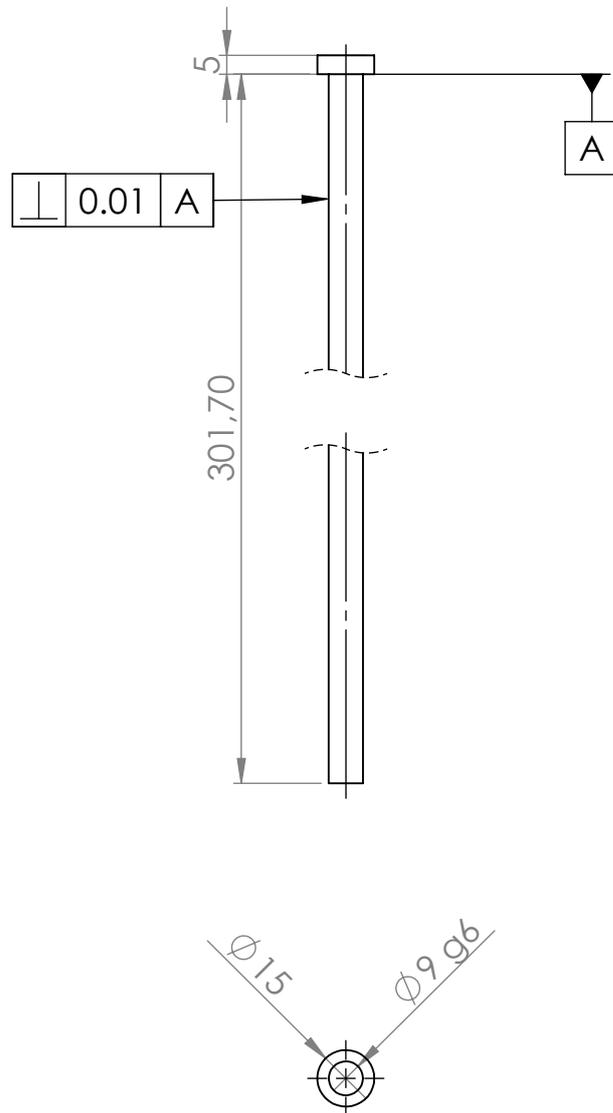
Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 sauf indication

11	4	éjecteur D4	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			<b>2017/2018</b>	
A4			<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	
		<b>MASTER II</b>		



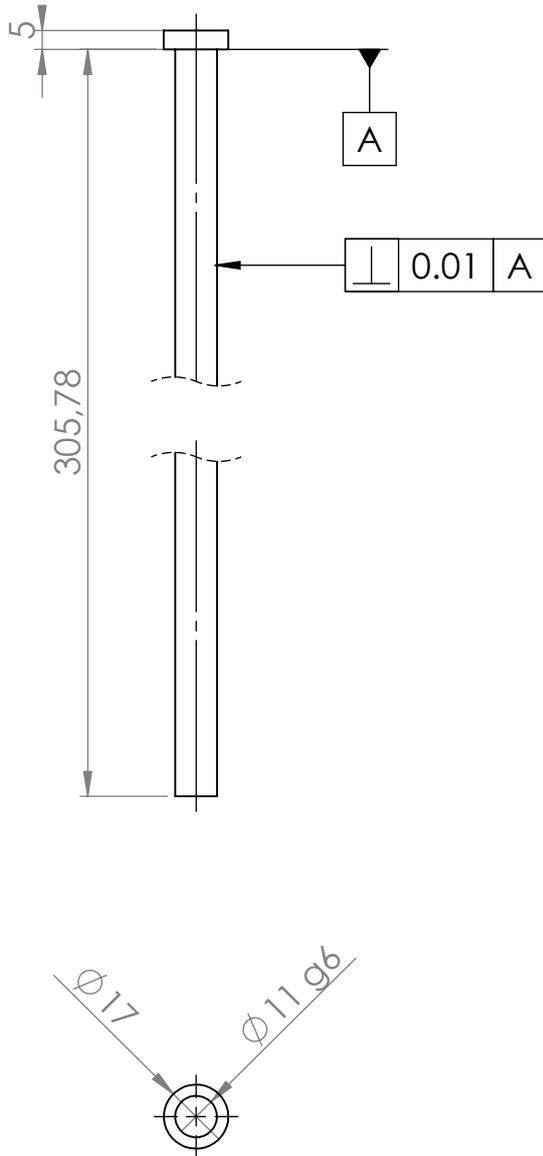
Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 sauf indication

12	4	éjecteur D5	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>	
			2017/2018	
A4		<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	MASTER II	



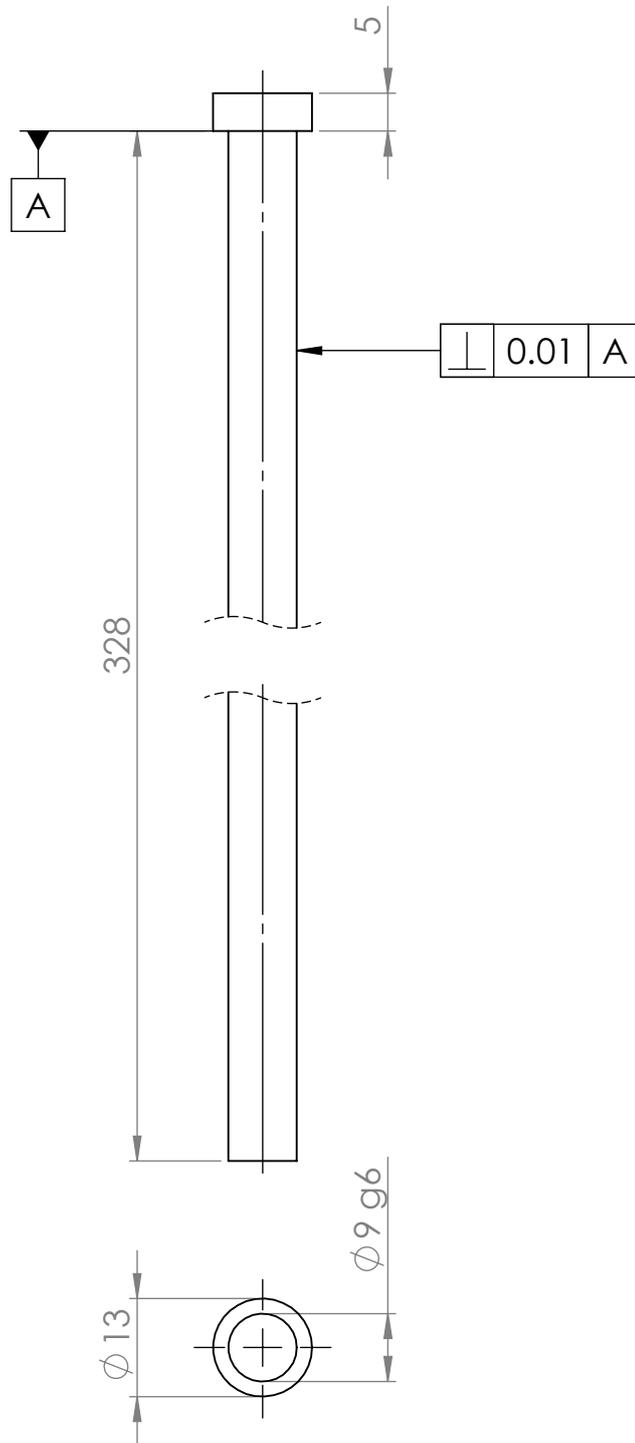
Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 sauf indication

13	6	éjecteur D9	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			<b>2017/2018</b>	
A4		FGC-GM-CM-UMMTO	MASTER II	



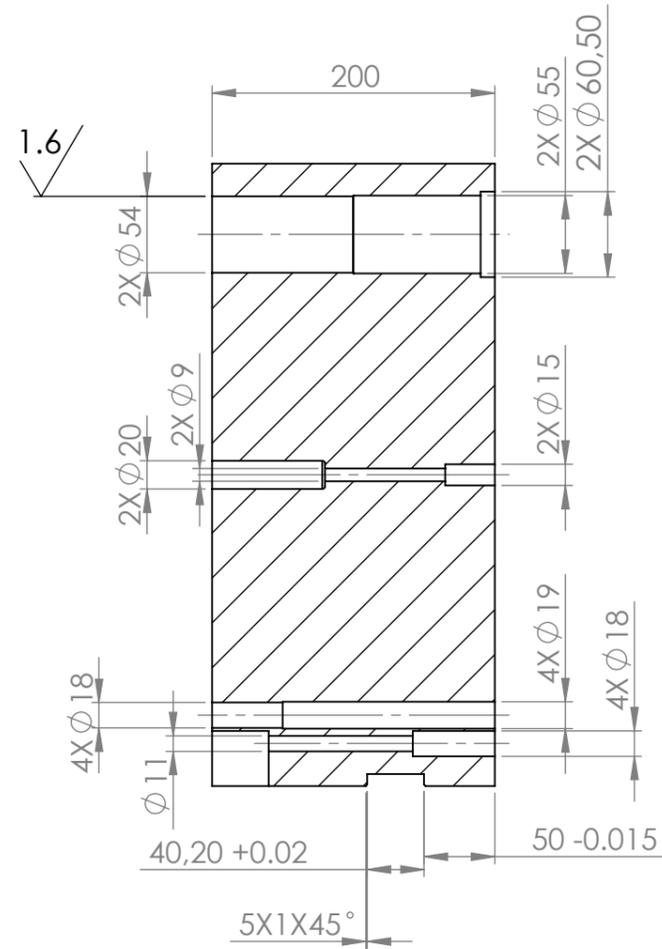
Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 sauf indication

14	4	éjecteur D11	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHROME 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>
				2017/2018
A4	FGC-GM-CM-UMMTO			MASTER II

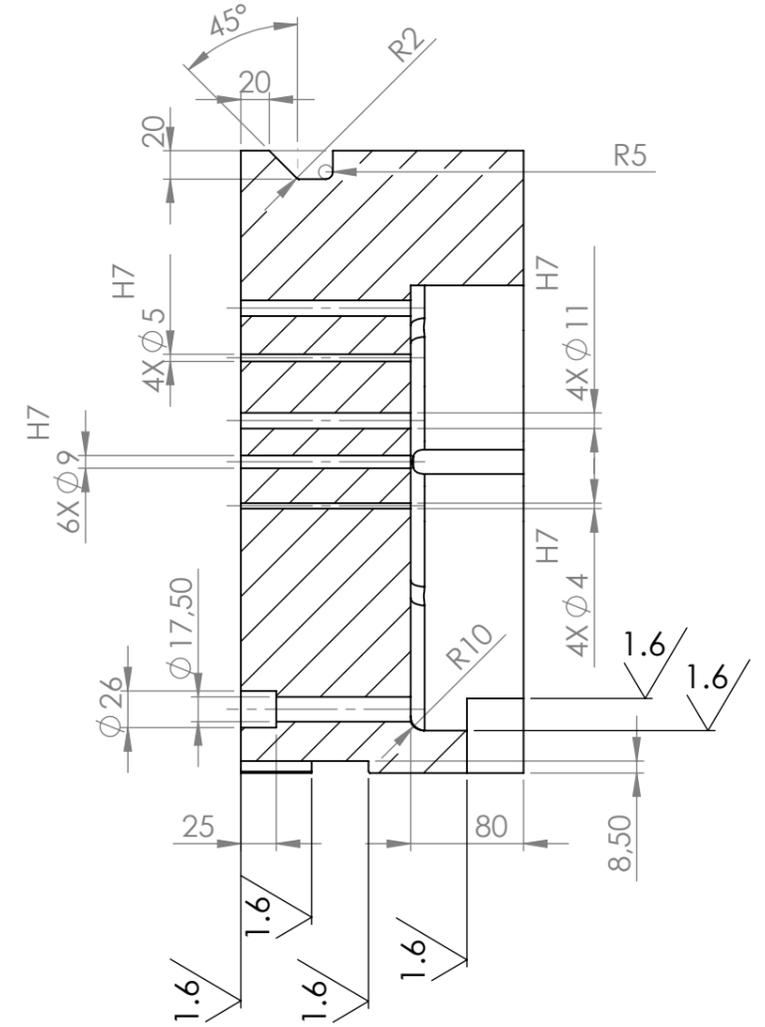
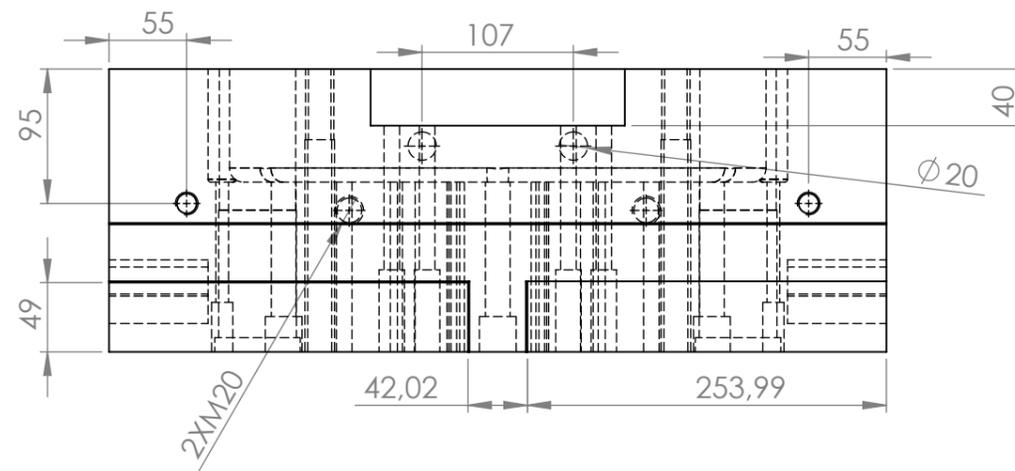
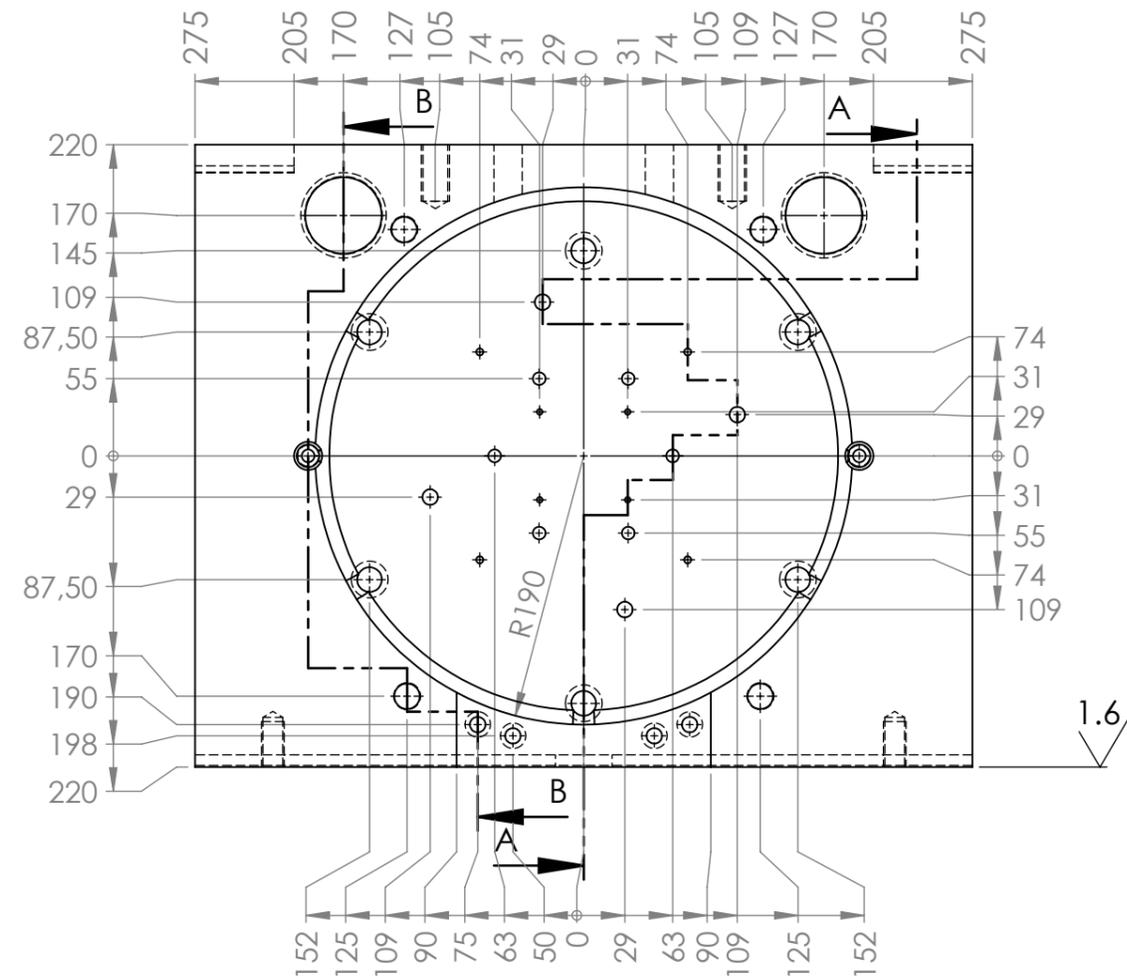


Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 Sauf indication

15	1	Ejecteur carote	X38CrMoV5-1	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



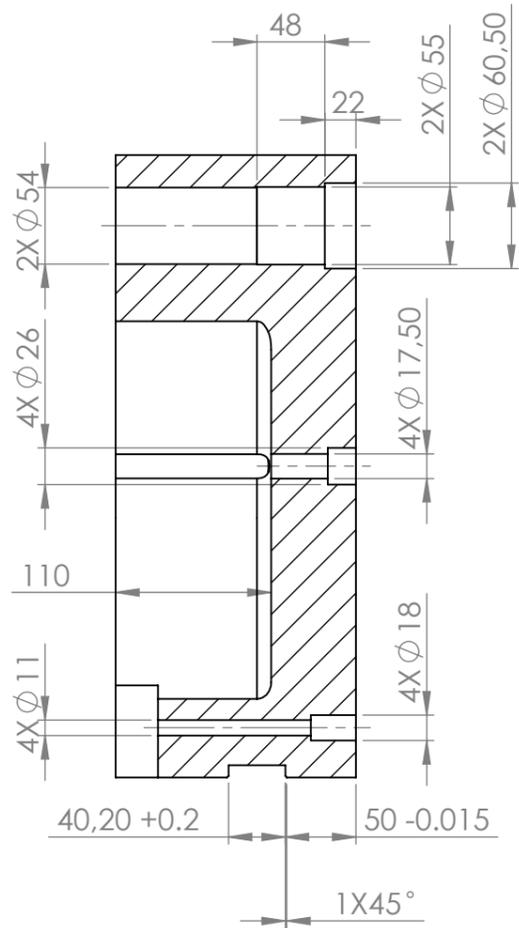
COUPE B-B



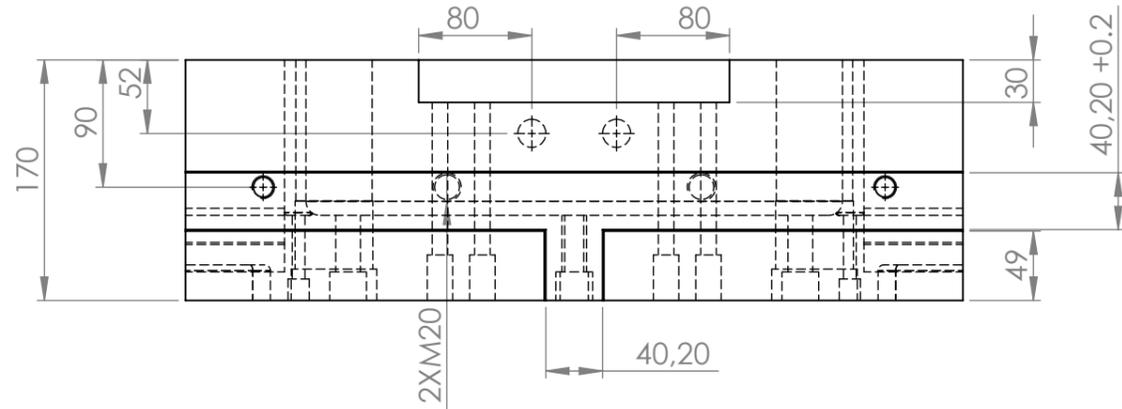
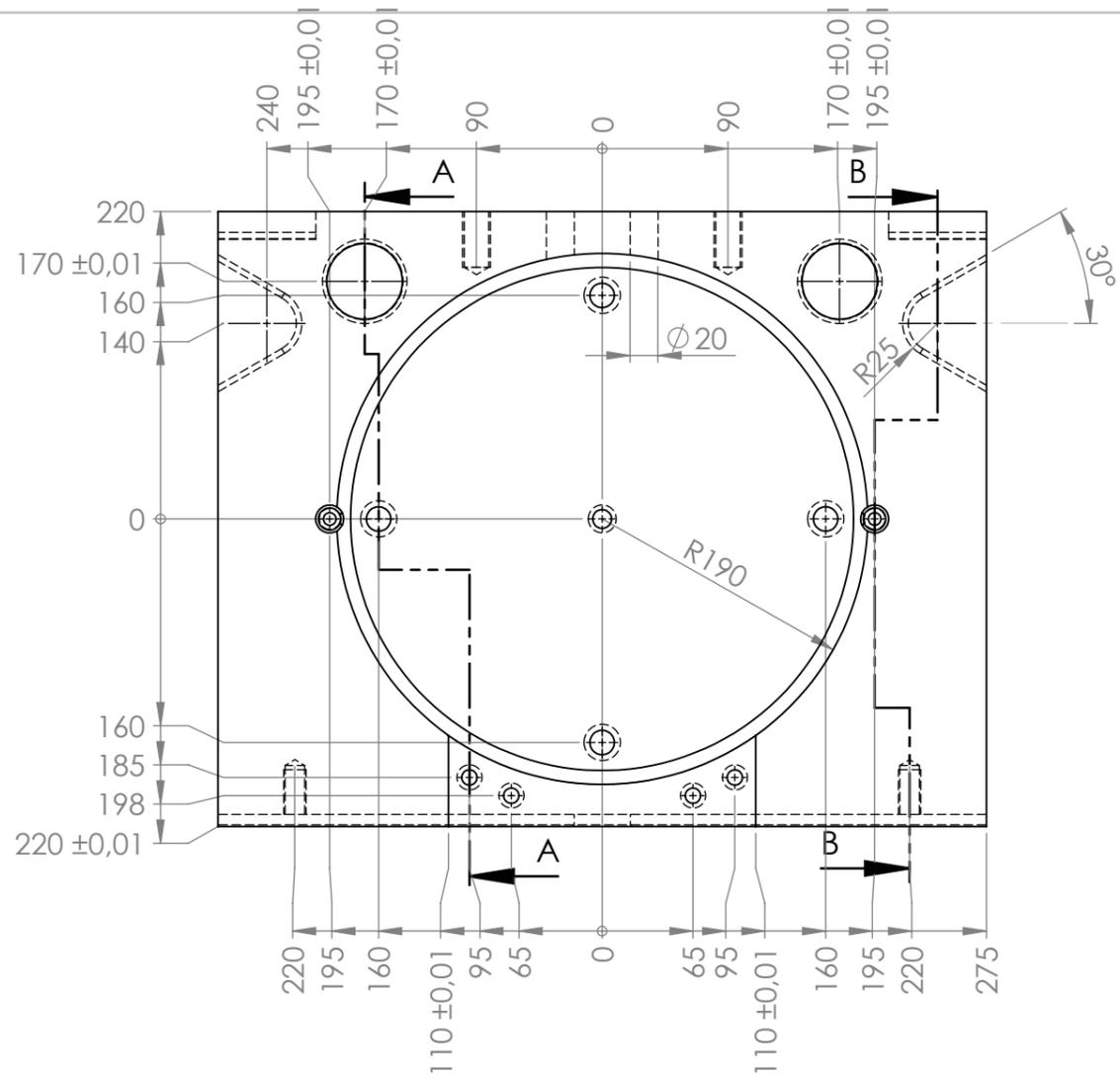
COUPE A-A

Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.1  
Sauf indication

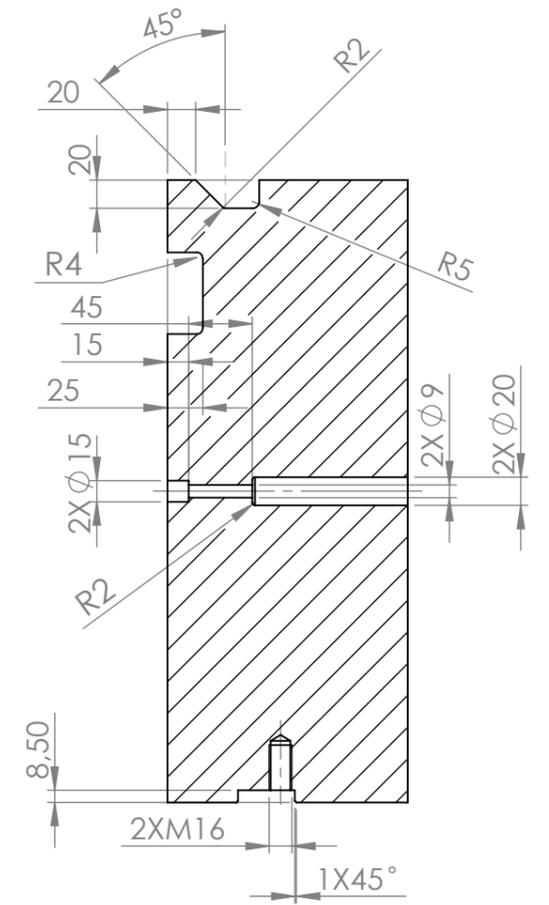
16	1	Plaque de moule mobile	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
	Ech:1/5	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME D'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
	A3		FGC-GM-CM-UMMTO	MASTER II



COUPE A-A



VUE A

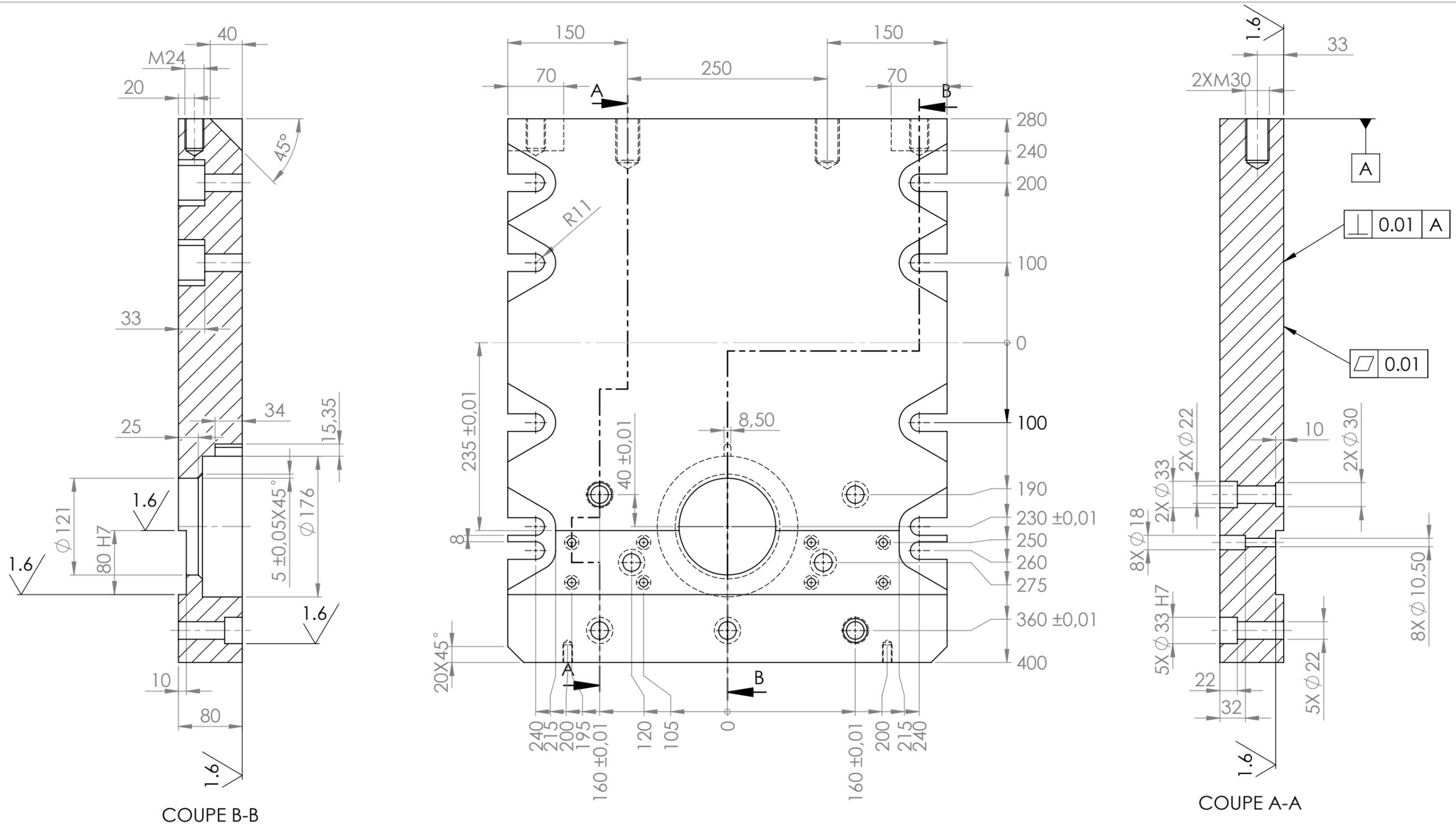


COUPE B-B

Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.1  
Sauf indication

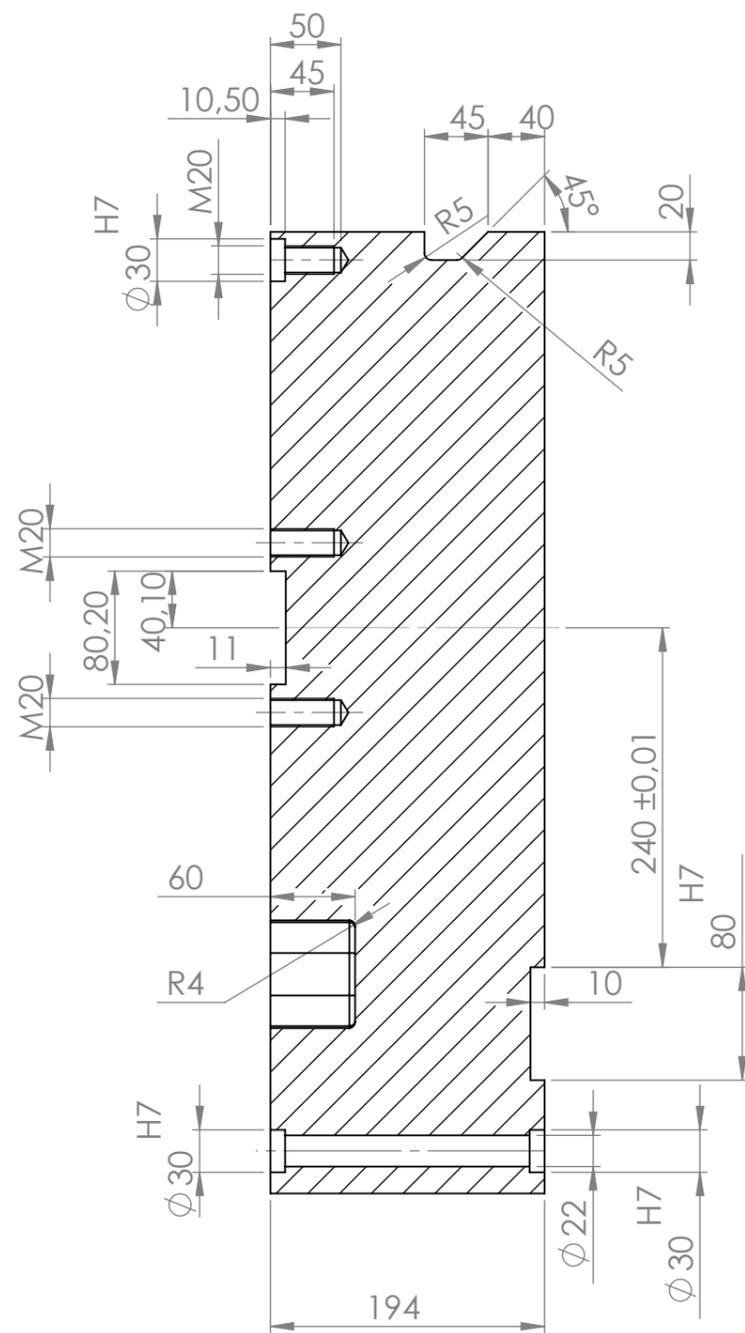
17	1	Plaque de moule fixe	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME D'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				2017/2018
A3			<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	MASTER II



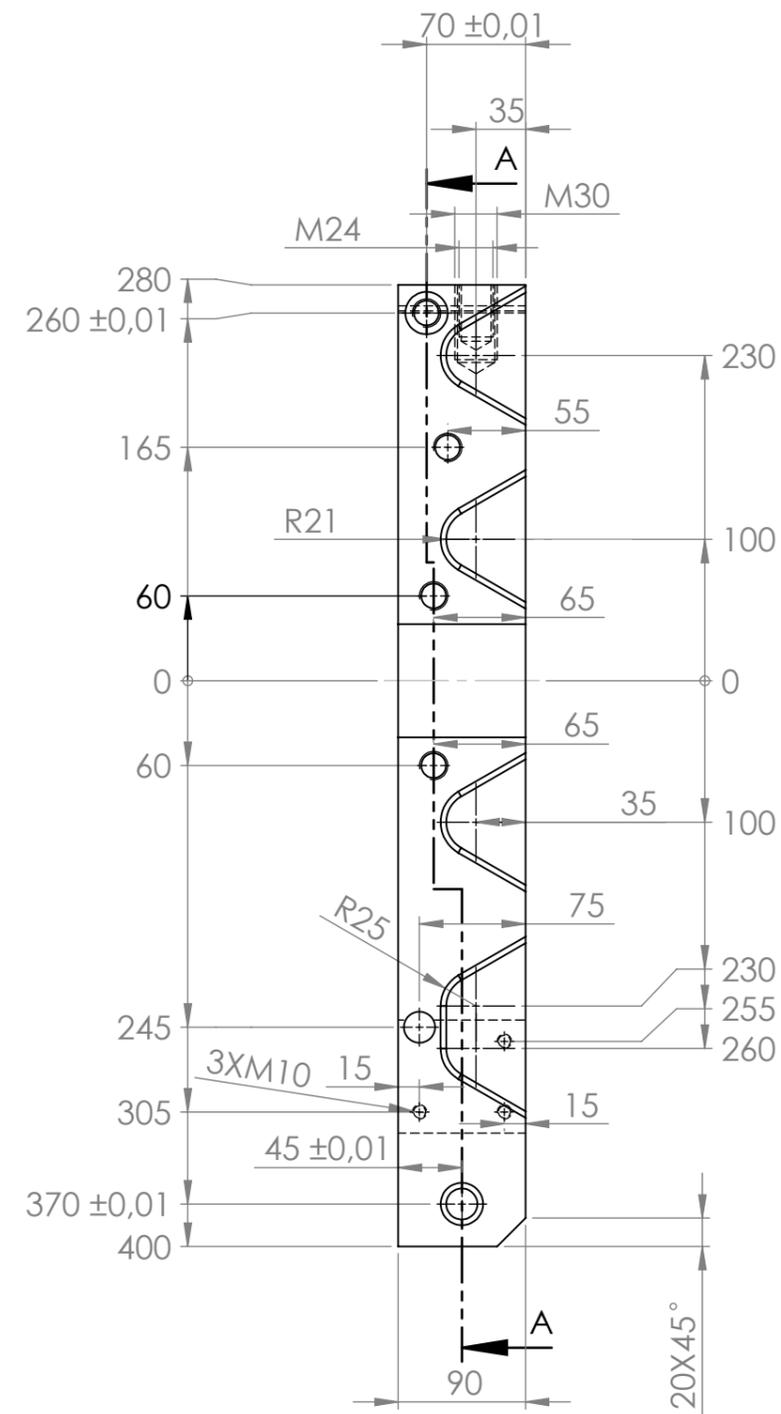


Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 sauf indication

19	1	Plaque de serrage fixe	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
	Ech:1/5	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME D'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>
				2017/2018
	A3		<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	MASTER II

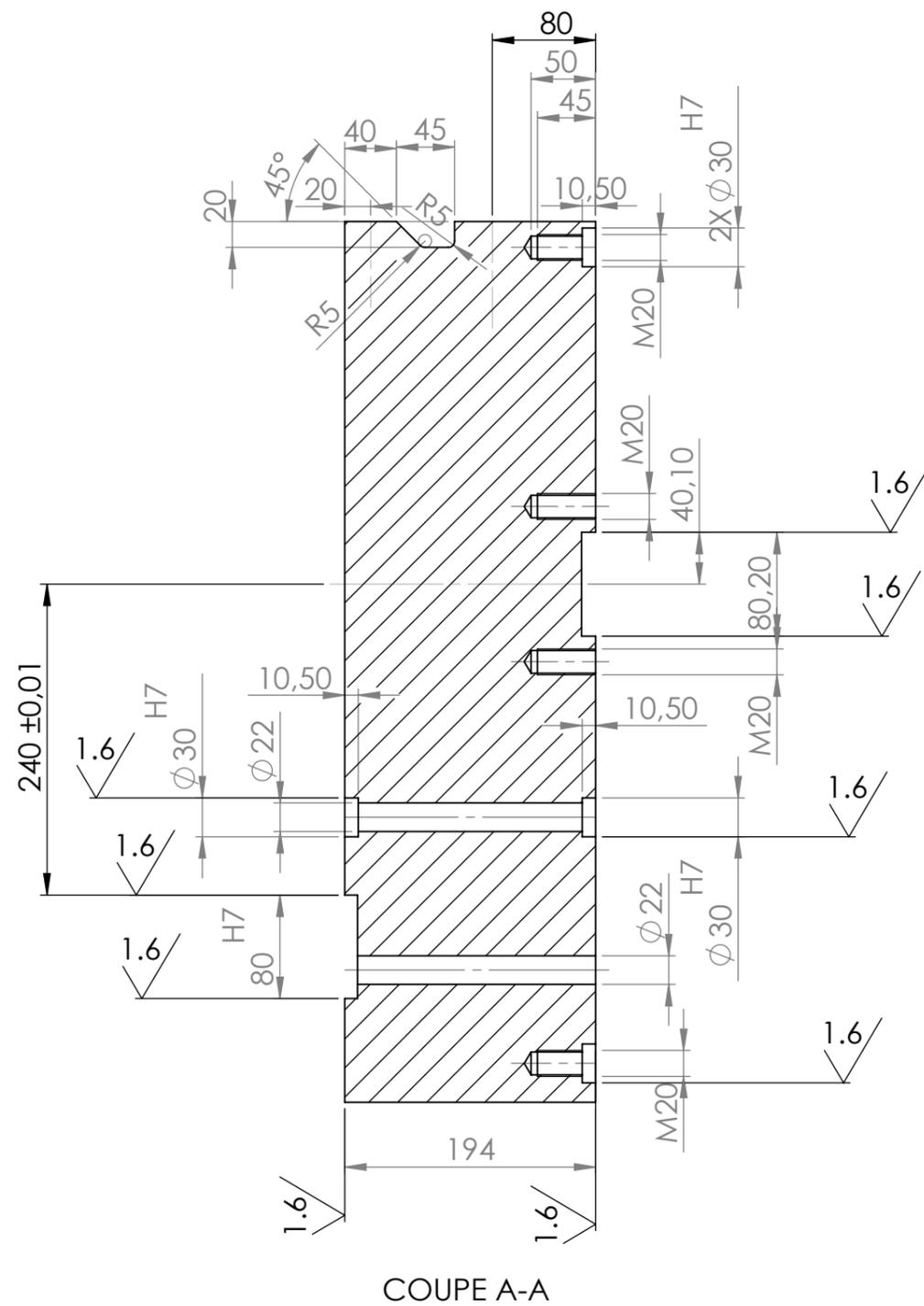
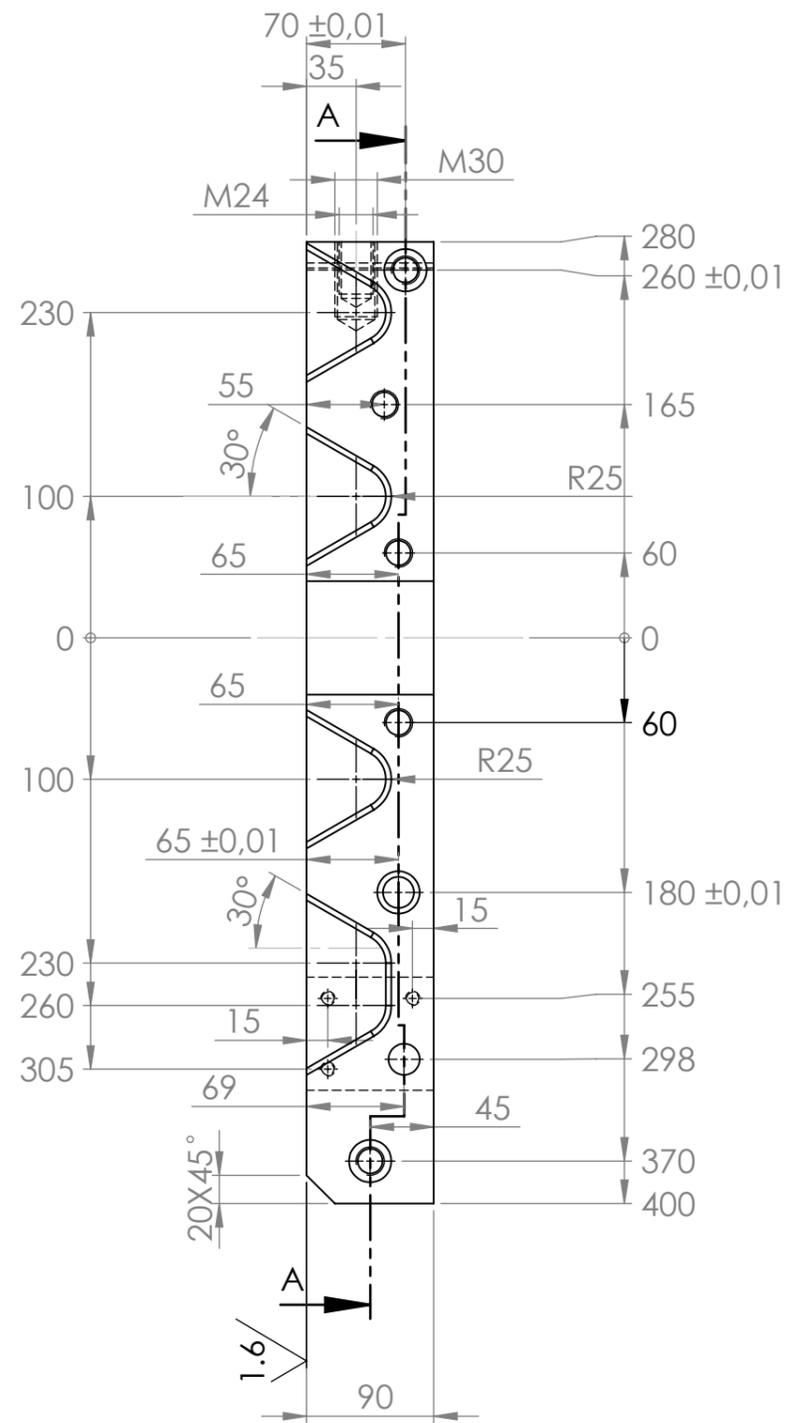


COUPE A-A



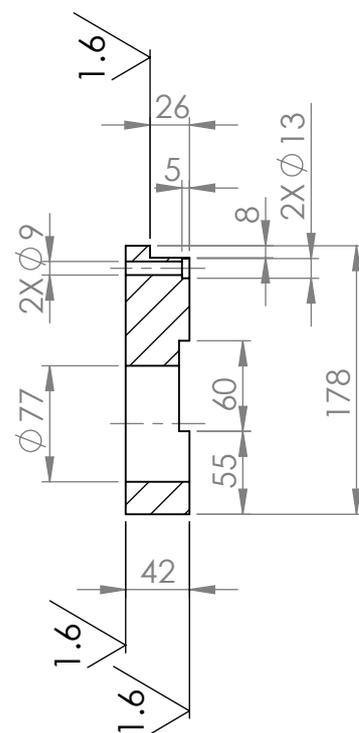
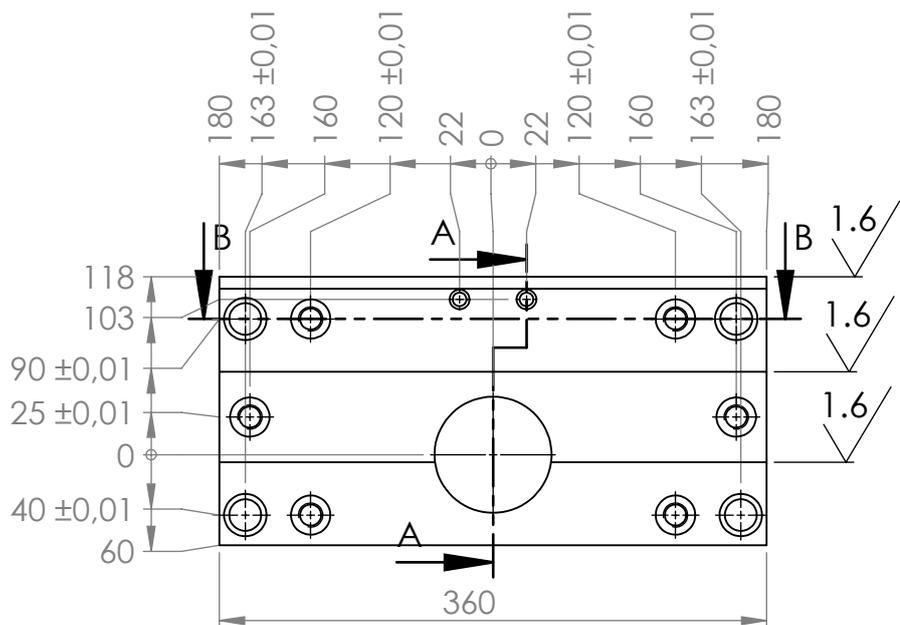
Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.1  
Sauf indication

24	1	Baguette-support 1	40CrMnMoS8-6		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>		
					2017/2018
A3					FGC-GM-CM-UMMTO

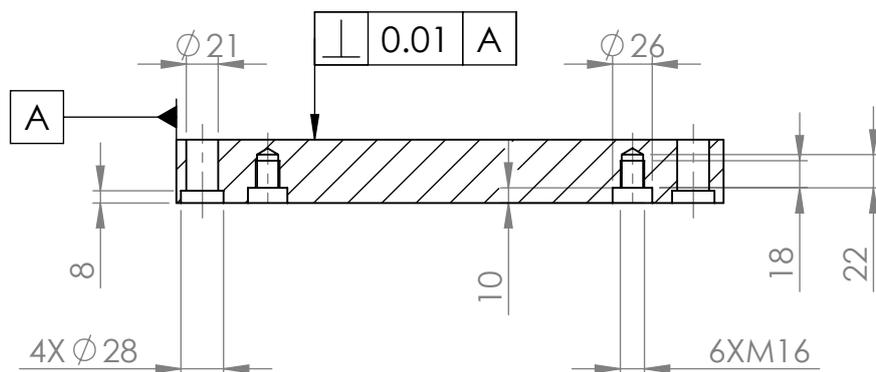


Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication ±0.1  
 Sauf indication

23	1	Baguette-support	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
	Ech:1/5	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
	A3		<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	<b>MASTER II</b>



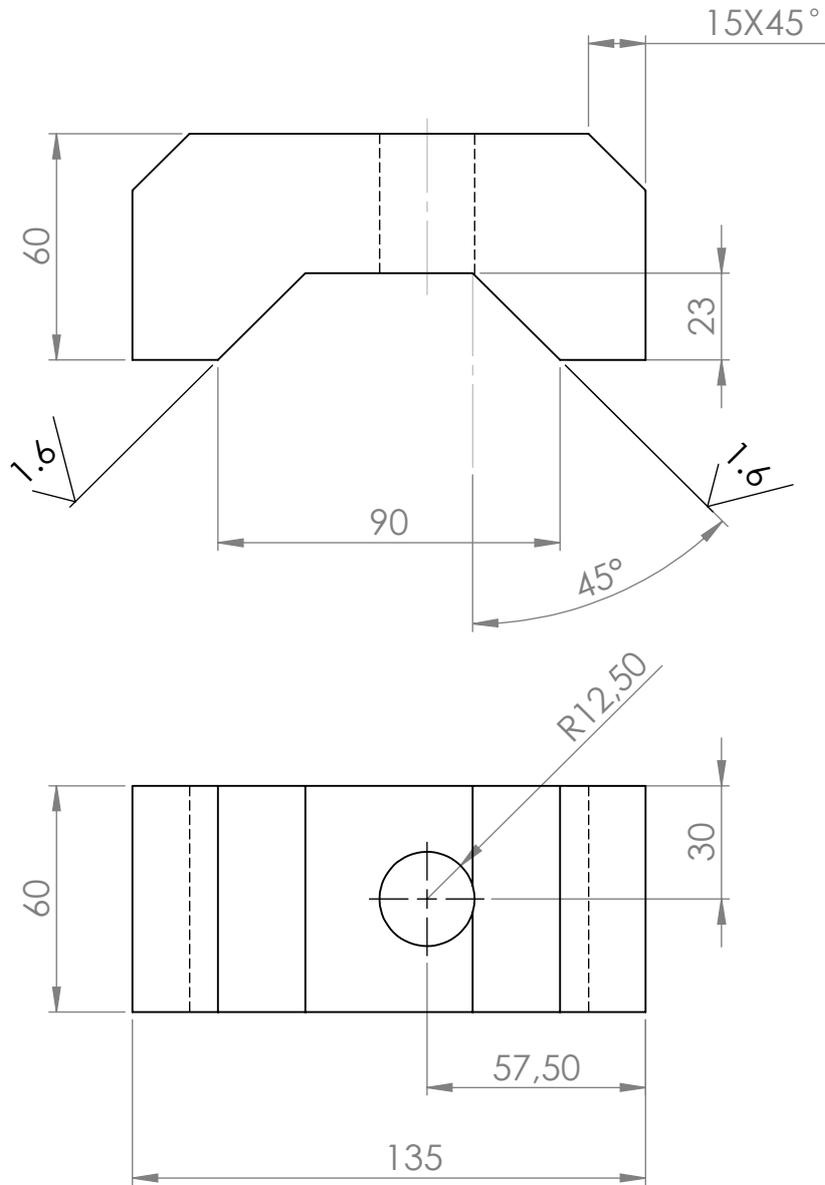
COUPE A-A



COUPE B-B

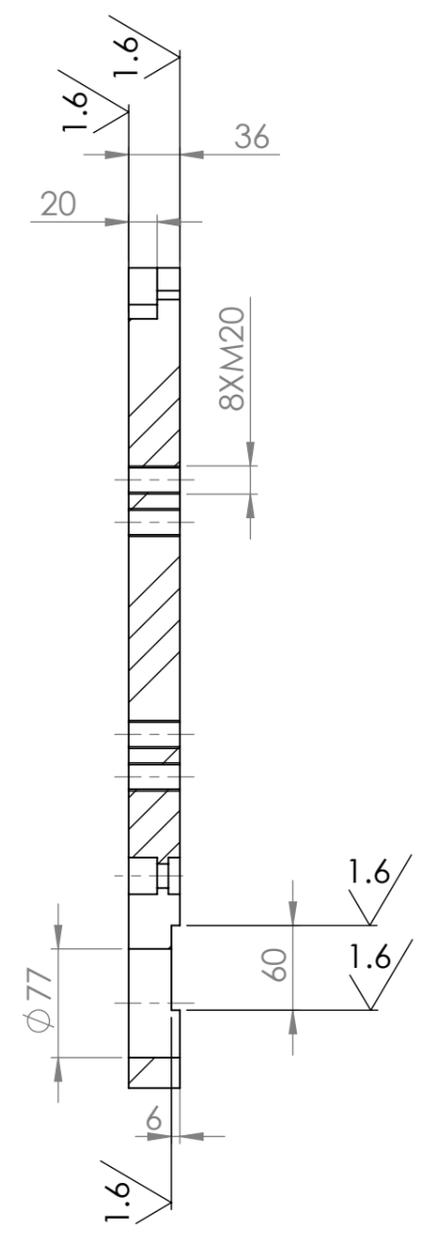
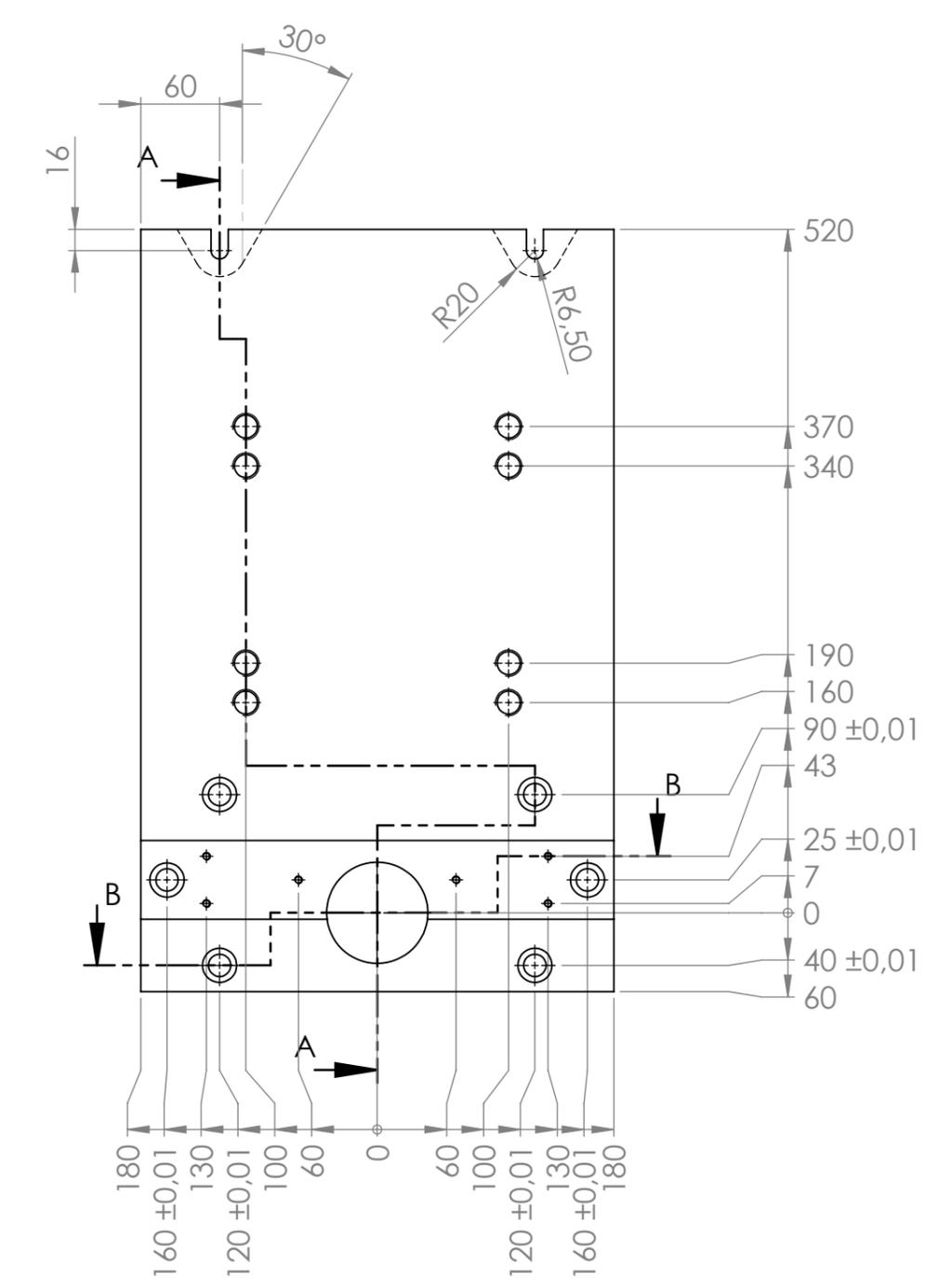
Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

22	1	Plaque de couverture	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/5	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
A4	FGC-GM-CM-UMMTO		MASTER II	

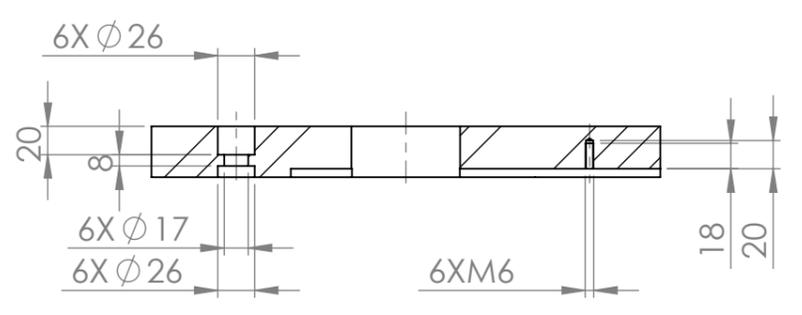


Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

23	4	Pince de serrage	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



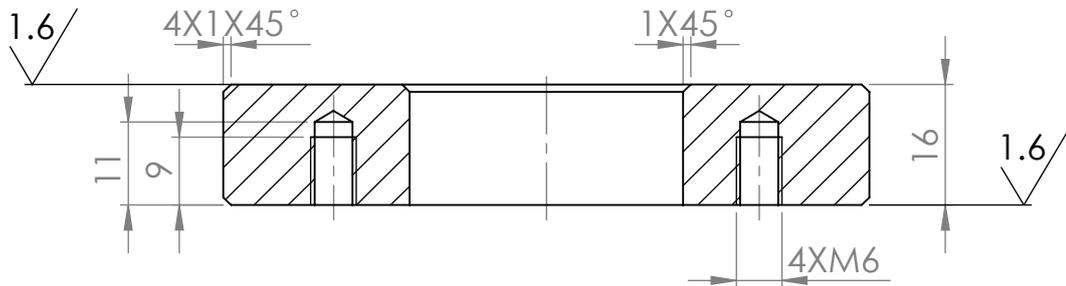
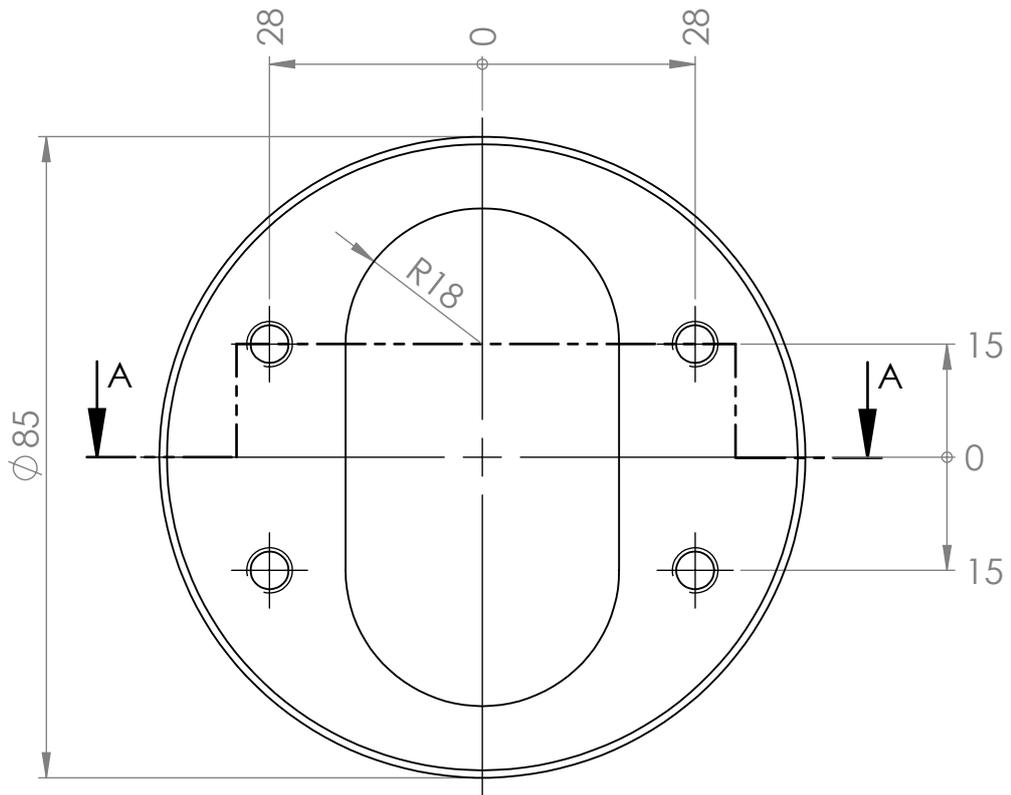
COUPE A-A



COUPE B-B

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication ±0.1  
 Sauf indication

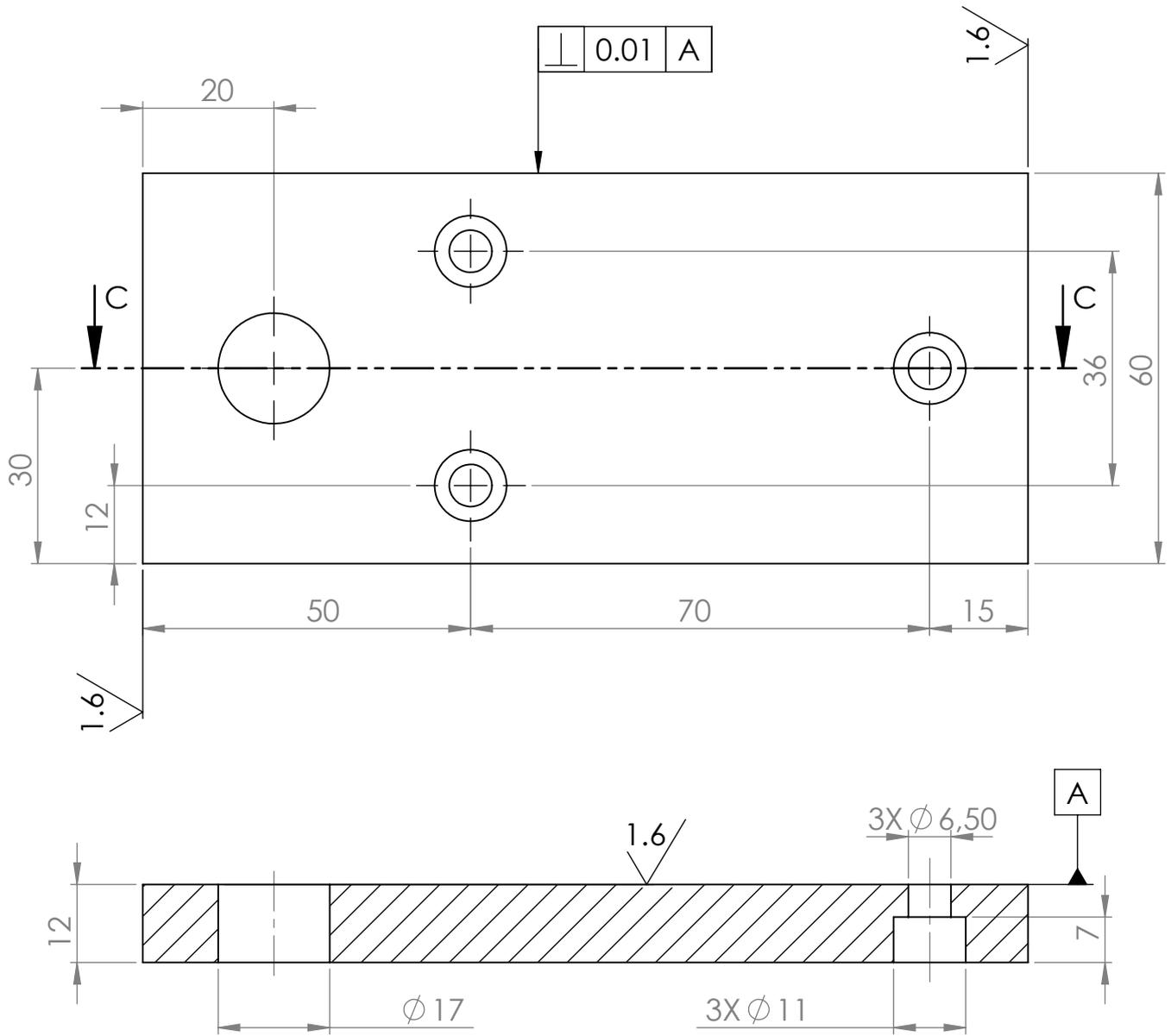
24	1	Plaque d'éjecteur	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
A3			FGC-GM-CM-UMMTO	MASTER II



COUPE A-A

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

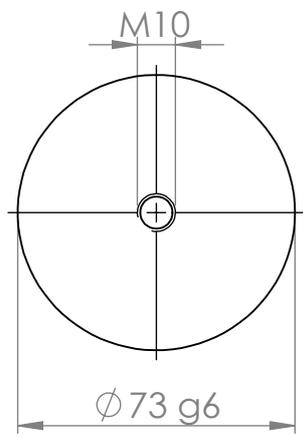
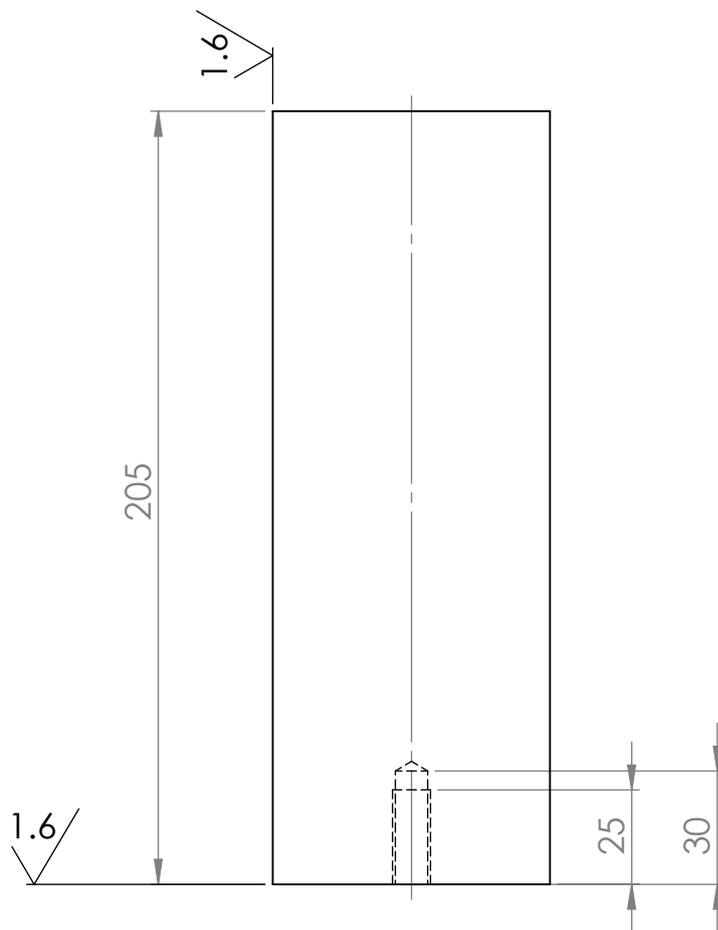
25	4	Pièce d'arrêt	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>
				<b>2017/2018</b>
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



COUPE C-C

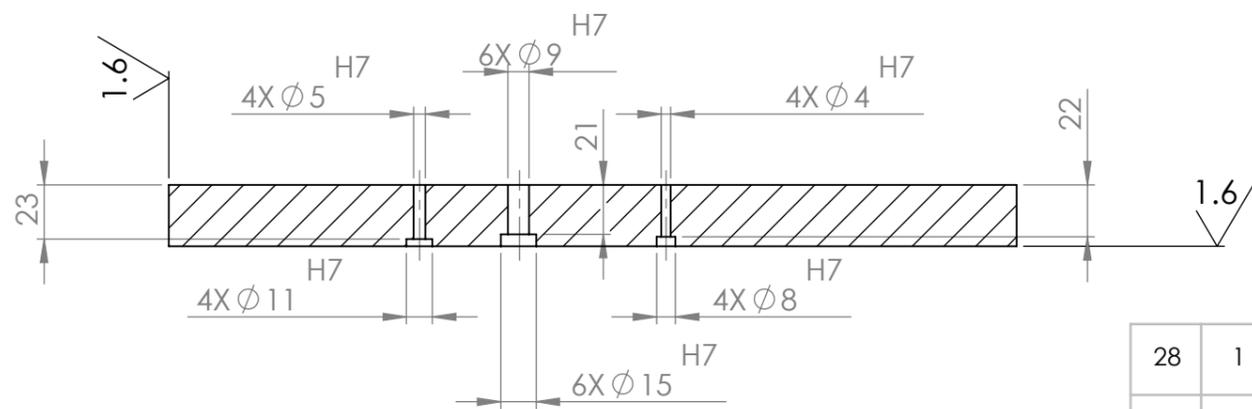
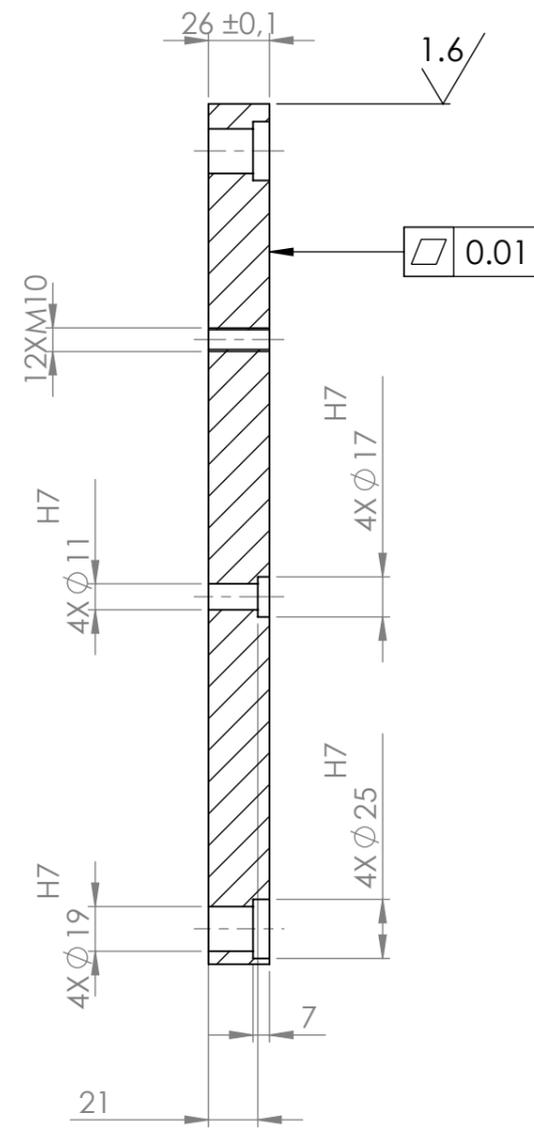
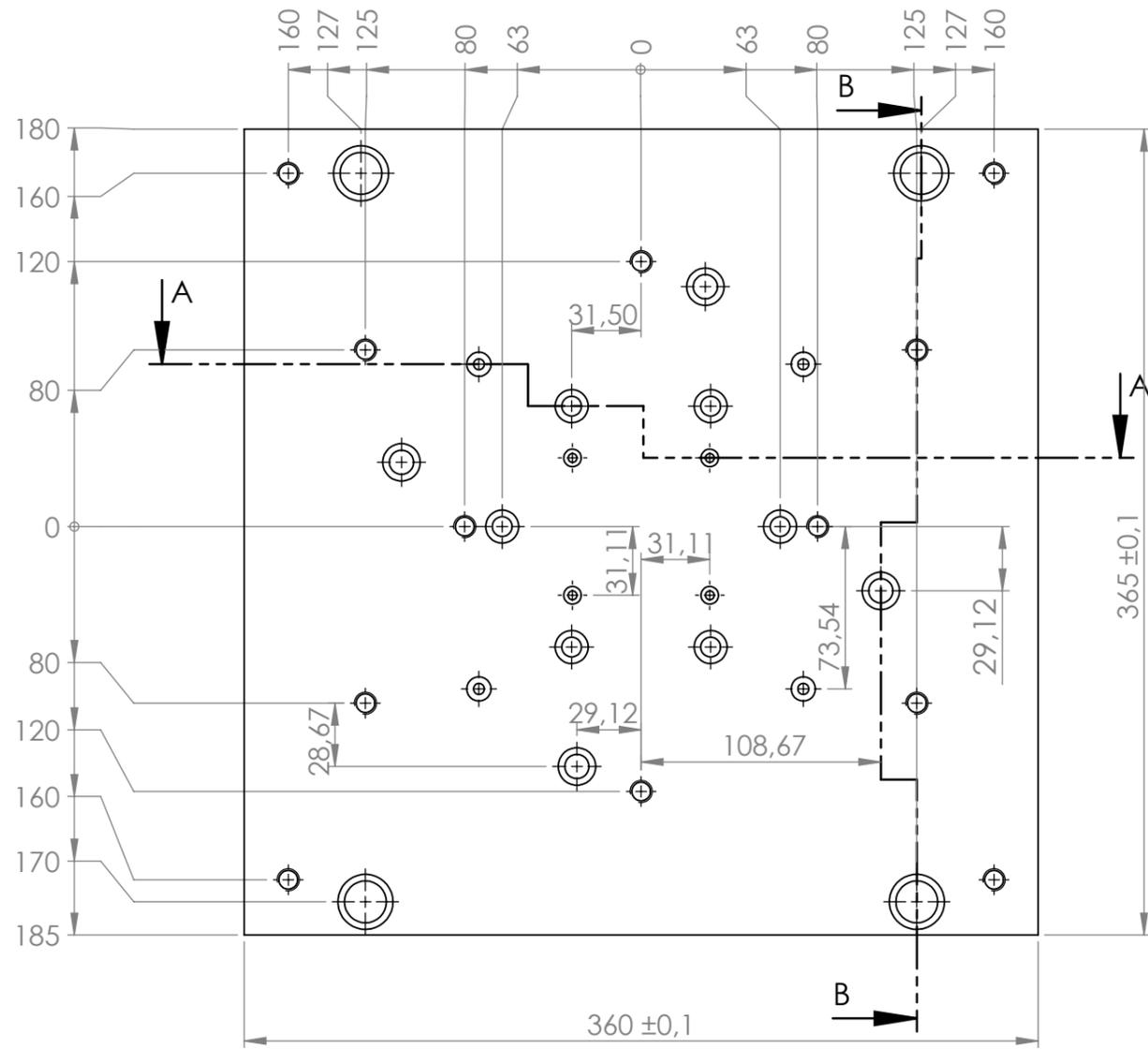
Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

26	1	Plaque de guidage 5	40CrMnMoS8-6	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>		<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			<b>2017/2018</b>	
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>		<b>MASTER II</b>	



Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

27	1	Boulon-support	E335	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			<b>2017/2018</b>	
A4		<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	<b>MASTER II</b>	

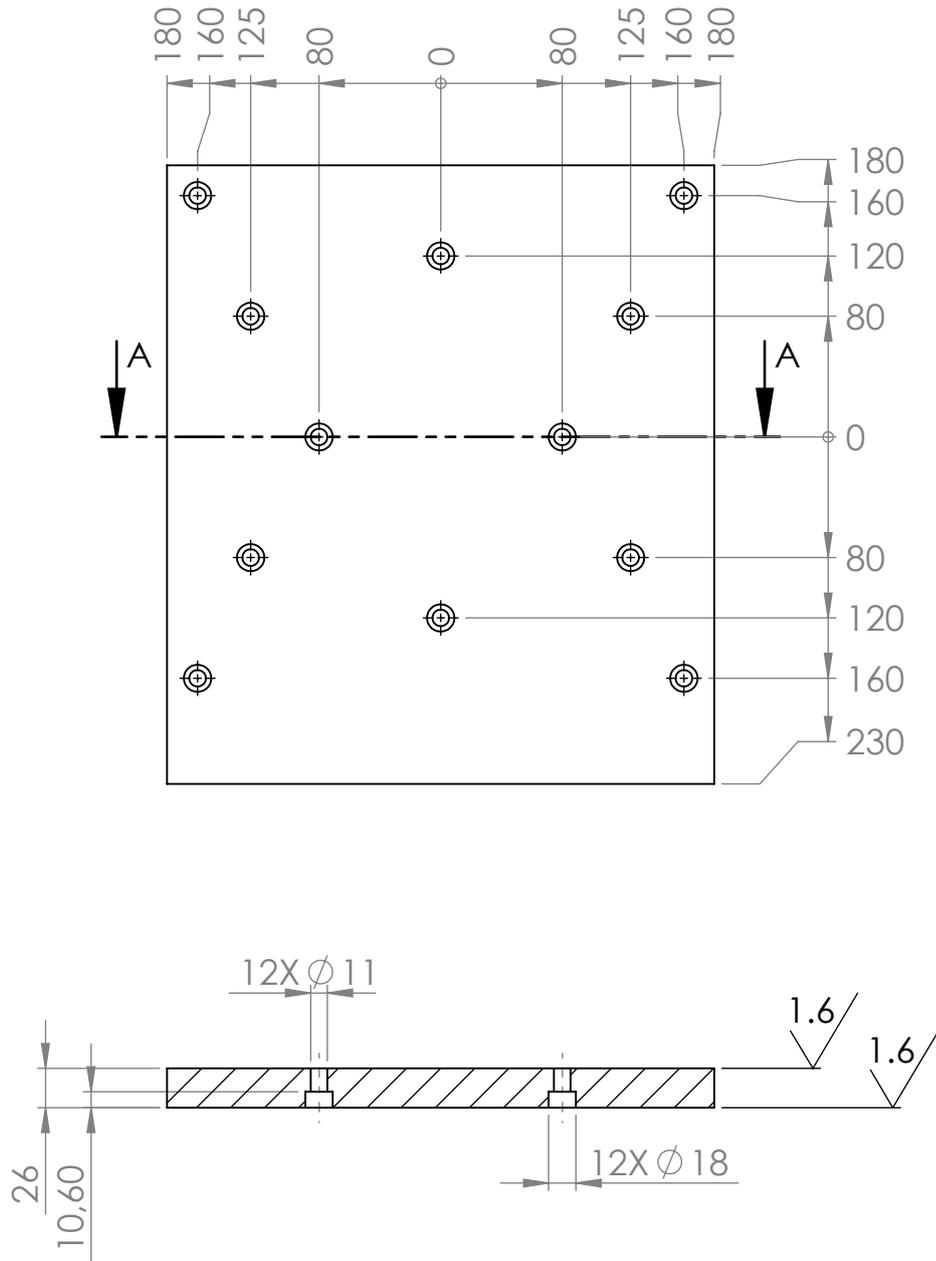


COUPE B-B

COUPE A-A

Ra=3.2  
Tolérance de fabrication ±0.01  
Sauf indication

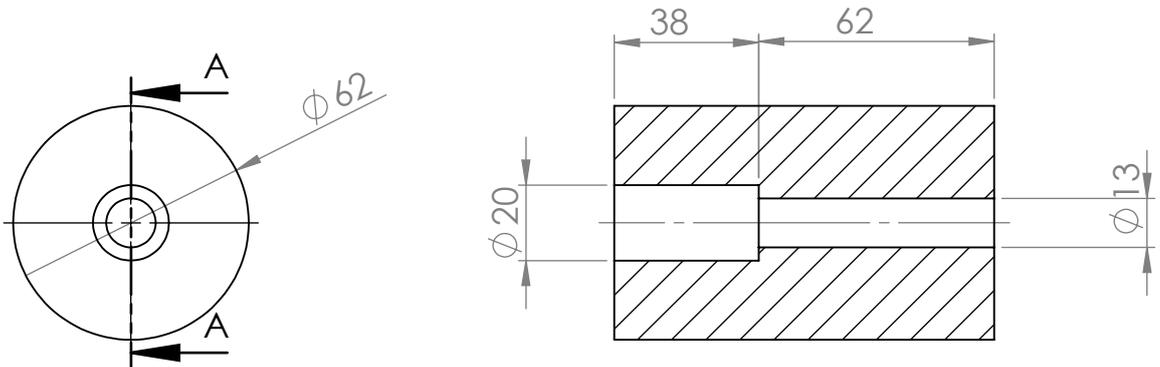
28	1	Plaque d'ejection tete	E335	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/3		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHROME 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>	
A3			FGC-GM-CM-UMMTO	2017/2018



COUPE A-A

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication ±0.1  
 Sauf indication

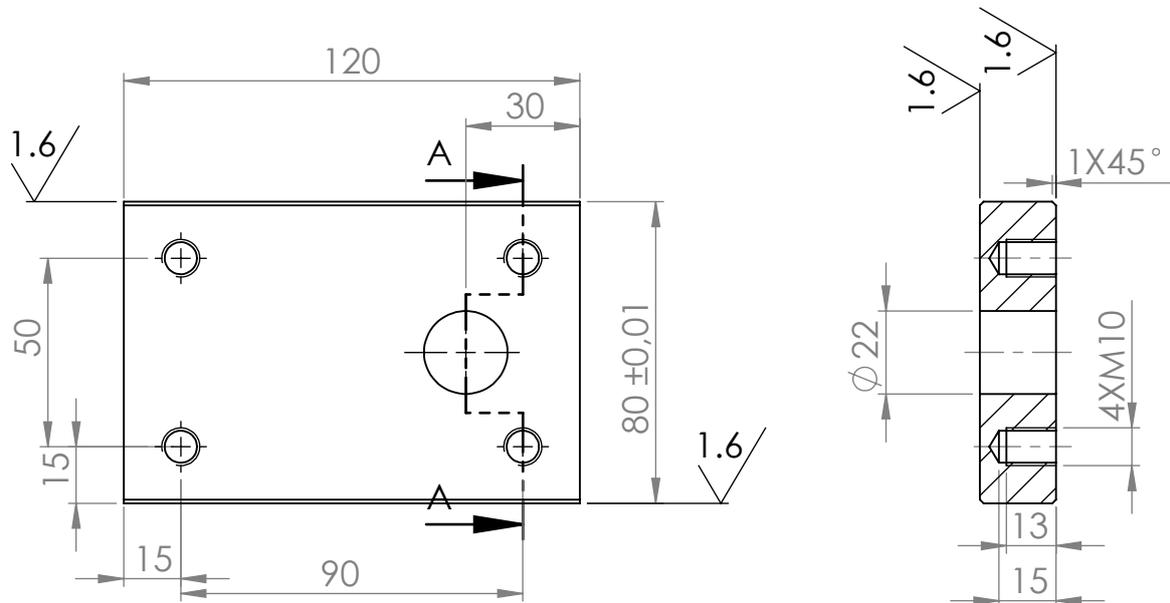
29	1	Plaque d'éjecteur 2	E335	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>	
			2017/2018	
A4			MASTER II	



COUPE A-A

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 sauf indication

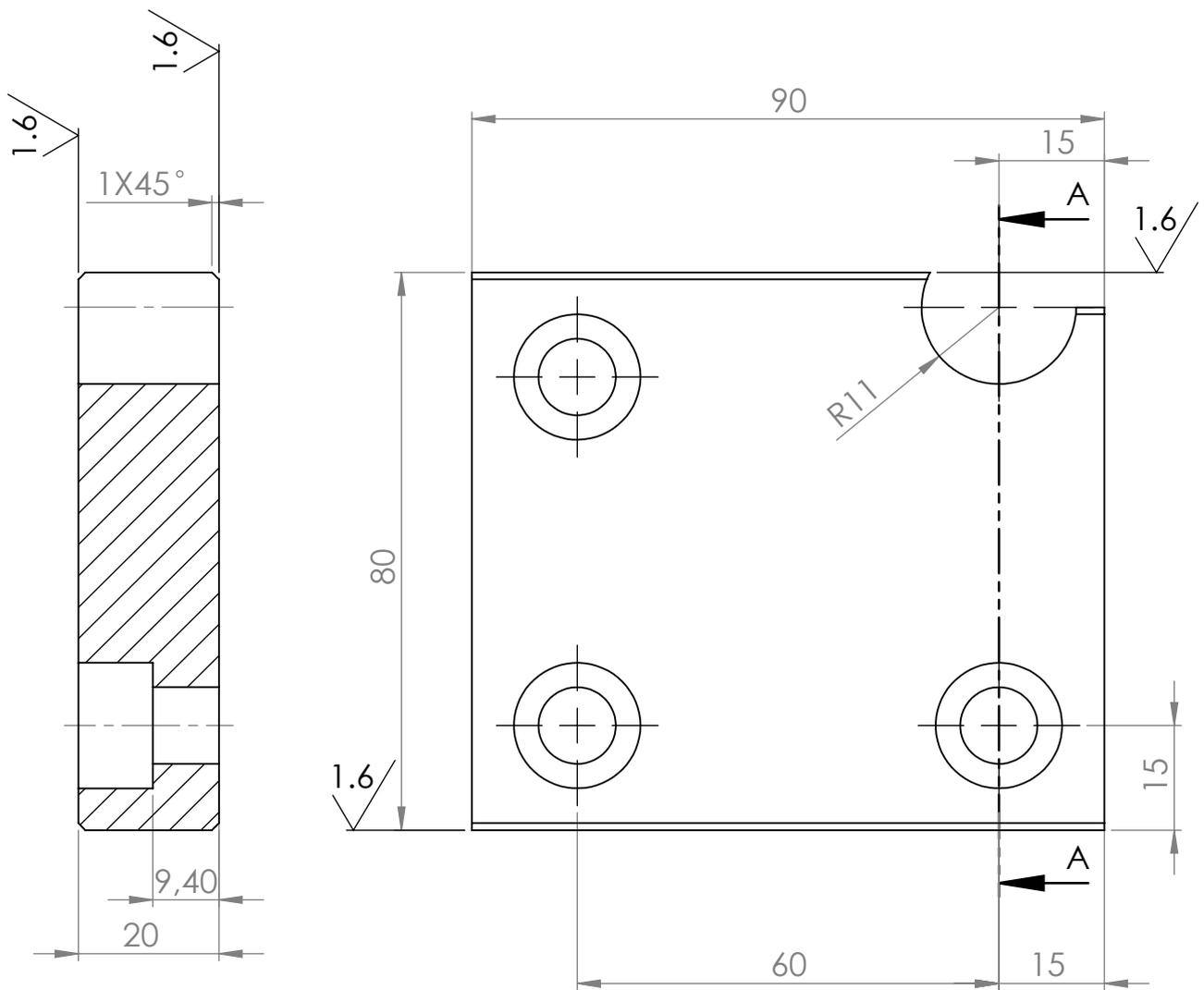
30	08	Scale	E335	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHROME 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR Said          MERRI Selma</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



COUPE A-A

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication ±0.1  
 Sauf indication

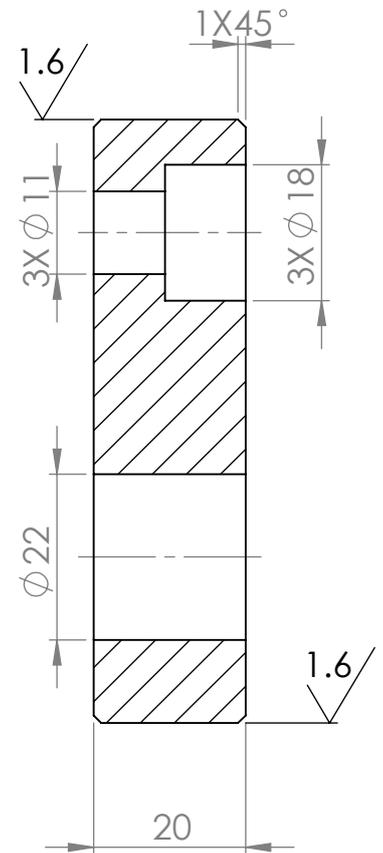
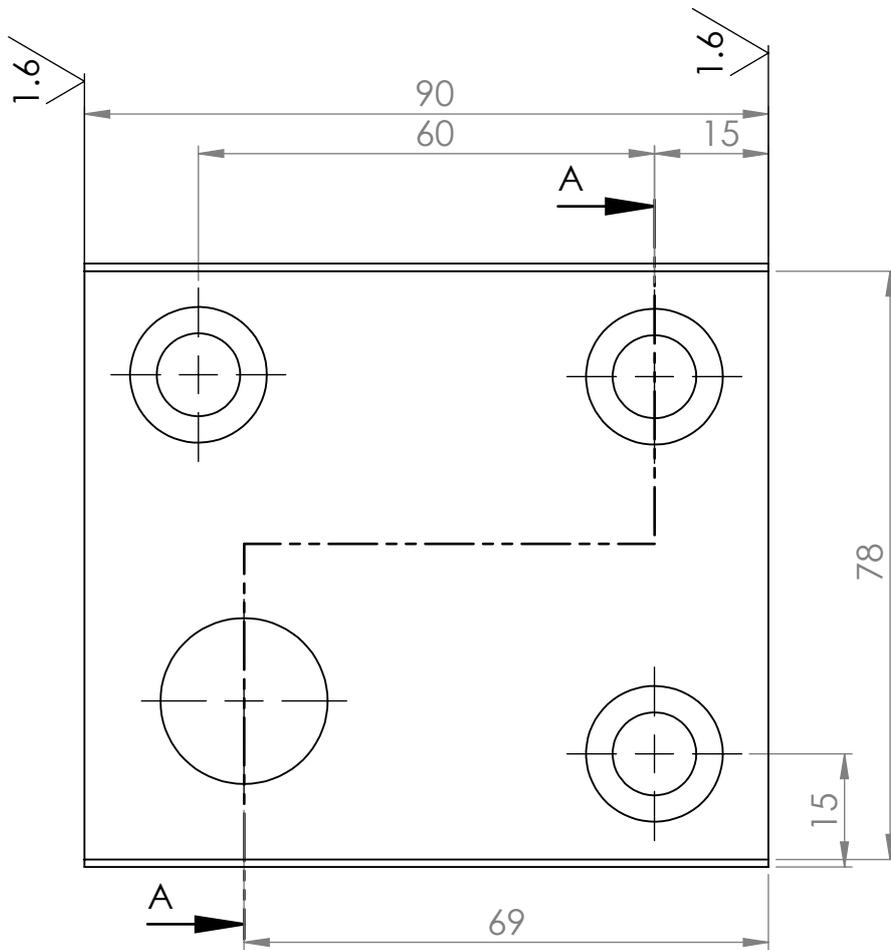
31	1	Plaque de guidage 1	21MnCr5	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>
				2017/2018
<b>A4</b>	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



COUPE A-A

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

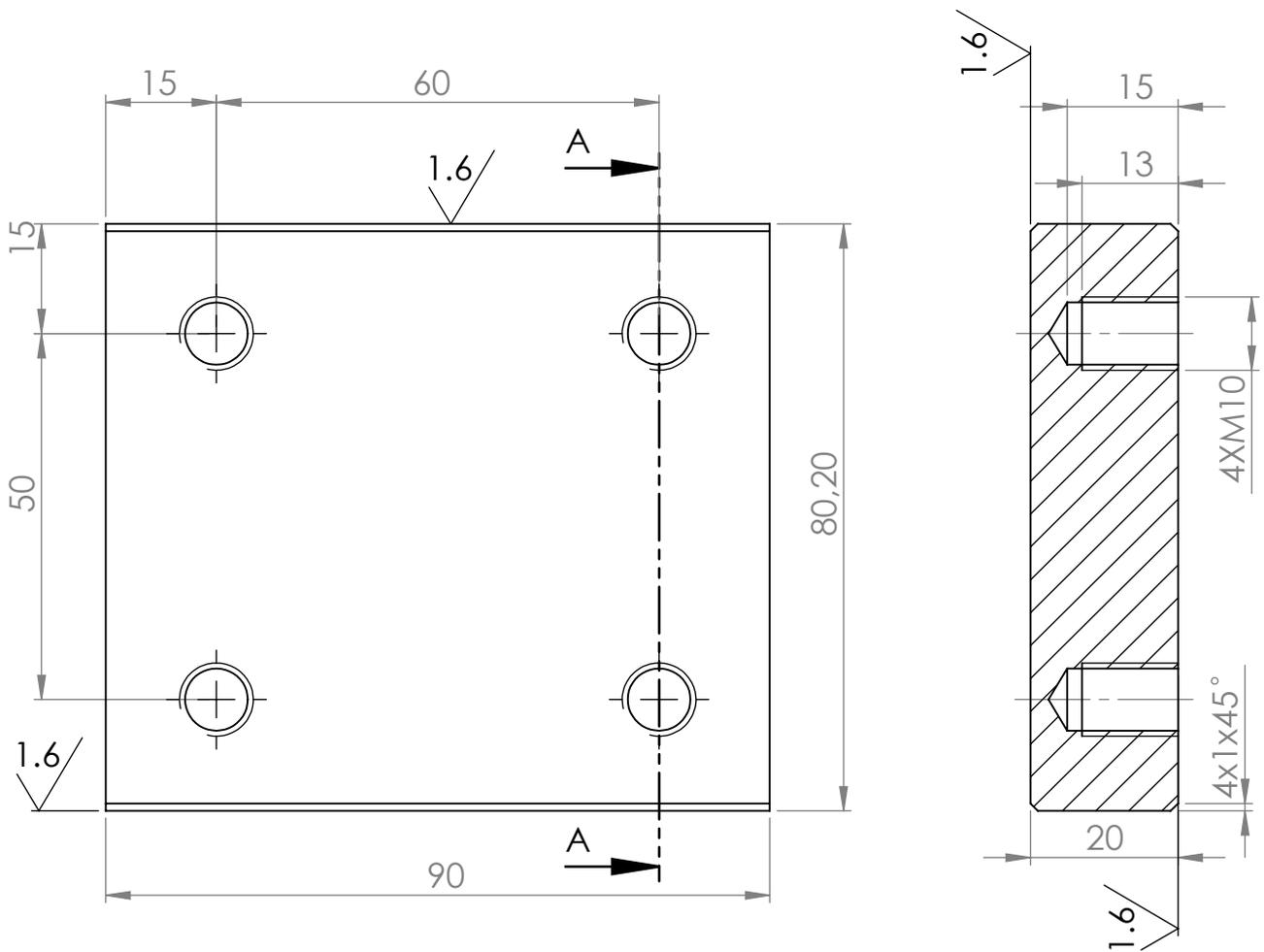
32	1	Plaque de guidage 2	21MnCr5	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			<b>2017/2018</b>	
A4			<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	
		<b>MASTER II</b>		



COUPE A-A

Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

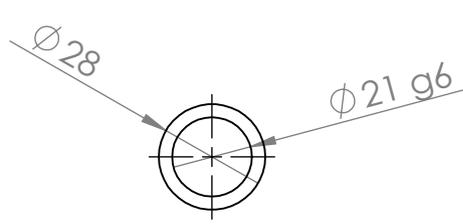
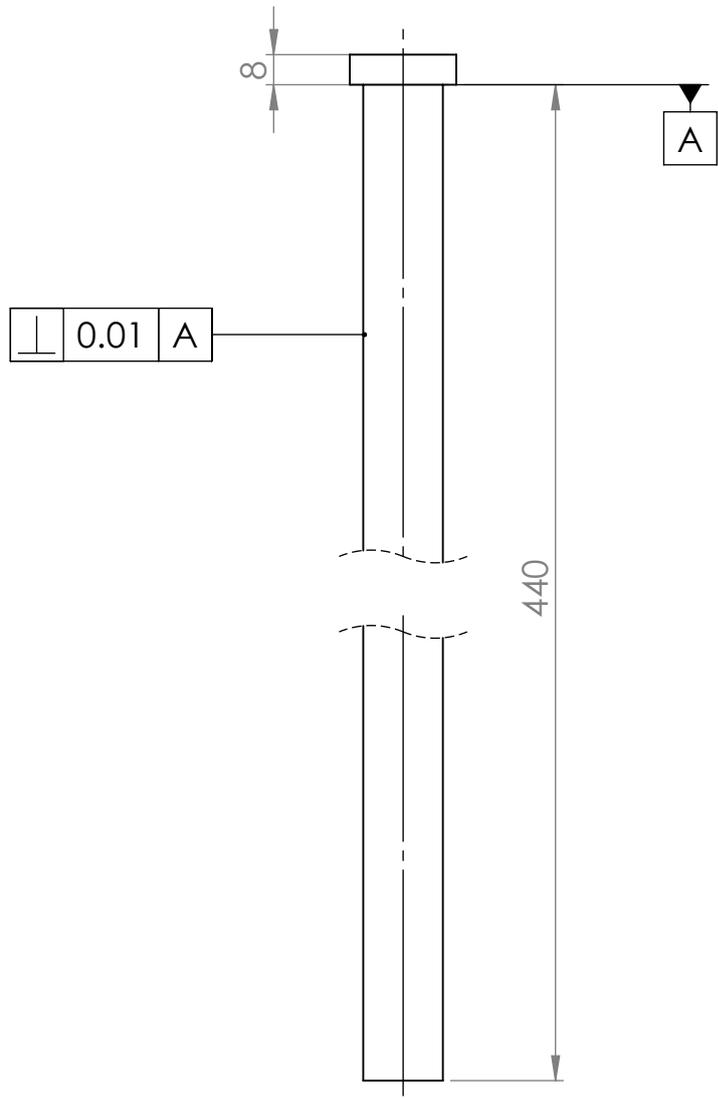
33	1	Plaque de guidage 3	21MnCr5	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			2017/2018	
A4			<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	
		<b>MASTER II</b>		



COUPE A-A

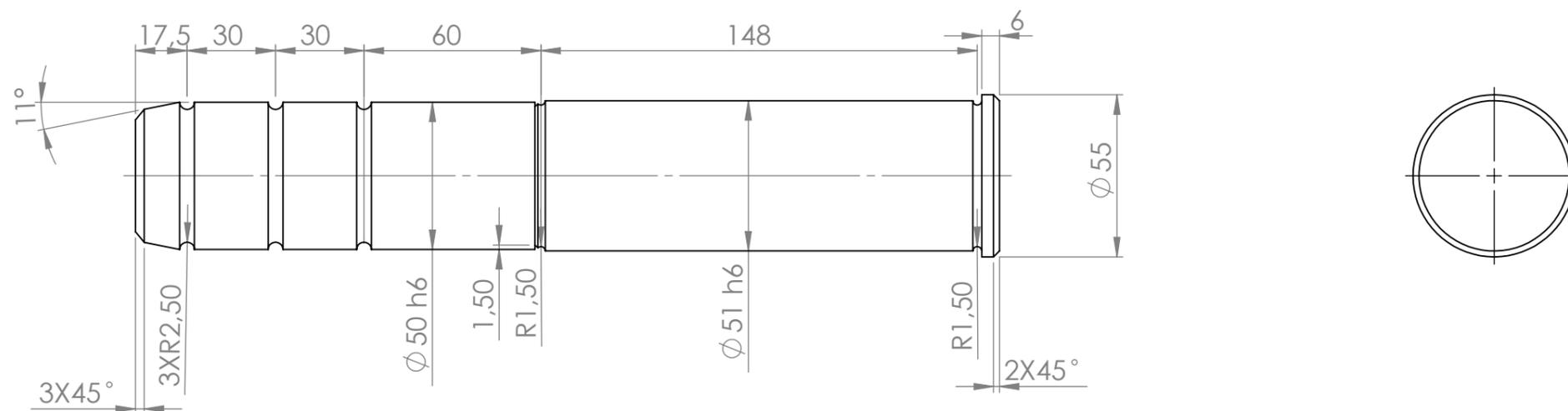
Ra=3.2  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.1$   
 Sauf indication

34	1	Plaque de guidage 4	21MnCr5	Trempé
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/1	<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHROME 113-4 4KW</b>			<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>
				2017/2018
A4	<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>			<b>MASTER II</b>



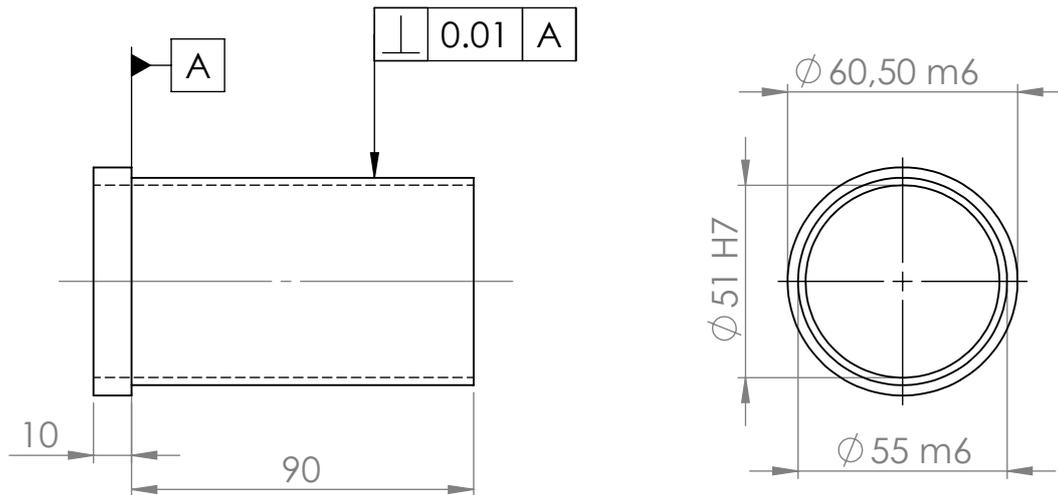
Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 Sauf indication

35	4	Colone de guidage du chassi	C60E	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHROME 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID          MERRI SELMA</b>	
			<b>2017/2018</b>	
A4			<b>MASTER II</b>	
		<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>		



Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 sauf indication

36	04	Colone de guidage	C60E	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech:1/5		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A          INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN          FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR          ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	OULD TAHAR SAID MERRI SELMA	
			2017/2018	
A3			FGC-GM-CM-UMMTO	MASTER II



Ra=1.6  
 Tolérance de fabrication  $\pm 0.01$   
 Sauf indication

37	2	Bague de guidage	Cu Nn 8	
Rep	Nb	Désignation	Matiere	Observation
Ech:1/2		<b>ETUDE ET CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION D'ALLUMINIAUME d'UN FLASQUE-BRIDE POUR MOTEUR ASYNCHRONE 113-4 4KW</b>	<b>OULD TAHAR SAID MERRI SELMA</b>	
			2017/2018	
A4		<b>FGC-GM-CM-UMMTO</b>	MASTER II	