

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI de TIZI-OUZOU



Faculté du Génie de la Construction  
Département de Génie Mécanique

## Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en Génie  
Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

## Thème

*ETUDE ET CONCEPTION D'UNE BRIDE B5 D'UN MOTEUR  
ELECTRIQUE TRIPHASE 315 kw*

**Dirigé par :**

**M<sup>r</sup> : HAMOUR M**

**M<sup>elle</sup> : GUEMOURI L**

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup> : RAHMI Karima**

**Promotion 2019 /2020**

## *Remerciements*

*Nous remercions et nous rendons grâce tout d'abord à "DIEU" de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme la réalisation de notre mémoire de fin d'étude*

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

*Nous remercions notre Co promoteur Melle. GUEMOURI.L pour son aide, sa tolérance et ses conseils au cours de notre projet.*

*Nous remercions vivement le président et les membres de jury pour nous avoir honorés et acceptés d'examiner notre mémoire*

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

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

## *Dédicace*

- *Mes chers parents ;*
- *Ma chère sœur (Lynda) ;*
- *Mes chers frères (Rachid, Madjid, Mustapha, Sofiane) ;*
- *Ma grand-mère ;*
- *Toute la famille (Rahmi, Ramdani, Bilabiodé) ;*
- *Mes chers amis (es) ;*
- *La promotion 2019-2020*

## SOMMAIRE

<b>Introduction Général</b> .....	1
<b>Présentation de l'entreprise</b>	
1. Historique .....	2
1.1 Entrée en production.....	2
1.2 Evolution à 1998 .....	2
2. Organigramme de la direction générale .....	3
3. les unités .....	4
3.1 L'unité fabrication des moteurs électriques et les groupes électrogènes .....	4
3.1.1 Les moteurs électriques.....	4
3.1.2 Les groupes électrogènes .....	4
3.2 Unité fabrication des transformateurs de distribution MT/BT ( UTR) .....	5
3.3. Prestation technique... ..	6
3.3.1 Service maintenance.....	6
3.3.2 Service métrologie .....	6
3.3.3 Service physique .....	6
<b>Chapitre I : Généralités sur les matériaux</b>	
I.1- Généralités sur les matériaux .....	7
I.1.1- Introduction .....	7
I.1.2- Choix des matériaux .....	7
I.1.3- Modes d'obtention.....	8
a- Fontes de première fusion.....	8
b- Fontes de composition chimique défini .....	8

c- Fontes de seconde fusion .....	8
d- Fontes synthétiques. ....	8
I.1.4. Différents types de fontes .....	9
I.1.4.1 Fontes blanches .....	10
a. Propriétés des fontes blanches.....	10
I.1.4.2 Fontes grises .....	11
I.1.4.3- Fontes malléables .....	11
a- Les fontes malléables à cœur blanc .....	11
b- Les fontes malléables à cœur noir .....	12
c- Fonte malléable perlitique .....	13
I.1.4.4 Fontes à graphite sphéroïdal .....	14
I.1.4. 5 Fontes alliées ou spéciales .....	15
a- Fontes blanches .....	15
b- Fontes grises et GS .....	15
I.1.5- Propriétés mécaniques des fontes .....	16
I.1.6- Avantage des fontes .....	16
I.2- Conclusion.....	16

## **Chapitre II : Généralités sur les moteurs électriques**

II.1. Introduction .....	17
II.2. But du projet.....	17
II.3. Problématique .....	17
II.4. Cahier des charges.....	18
II.5. composition d'un moteur électrique .....	18
II.6. les principaux éléments d'un moteur électrique.....	19

II.6.1. La carcasse .....	19
II.6. 2. L'arbre.....	20
II.6. 3. Stator .....	20
II.6.4. L'enroulement.....	21
II.6.5. Le rotor.....	22
II.6.5.1 Le rotor à cage d'écureuil.....	22
a. Le rotor à simple cage.....	23
b. Le rotor à double cage.....	23
II.6.6. Flasques et bride.....	24
II.6.6.1 flasque.....	24
II.6.6.2 bride.....	24
II.6.7.Le ventilateur.....	25
II.6.8.Les roulements .....	26
II.7. Principe de fonctionnement.....	26
II.8. La matière première.....	27
II.9. Etape de fabrication d'un moteur asynchrone triphasé .....	28
II.9.1. Etape 1 : découpage, empaquetage, fonderie.....	28
II.9.1.1.L'entrée de la matière première (la tôle magnétique) .....	28
II.9.1.2. Atelier de découpage des feuilles de tôle statorique et rotorique.....	29
II.9.1.3. Atelier d'empaquetage.....	30
II.9.1.4. Atelier de moulage sous pression.....	31
II.9.1.5. Fabrication du rotor.....	31
II.9.1.6. Fabrication des pièces et alliages d'aluminium.....	31
II.9.2. Etape 2 : usinage, bobinage et montage.....	32
II.9.2.1.Atelier d'usinage.....	32
a. Les arbres.....	32

b. Usinage des différentes pièces .....	33
II.9.2.2. Atelier bobinage .....	33
a. Secteur préparation de bobines .....	33
b. Secteur préparation des isolations .....	34
c. Secteur bobinage du paquet statorique.....	34
e. Connexions .....	35
II.9.2.3. Atelier de montage .....	36
a. Secteur équilibrage du rotor .....	36
b. Secteur pré montage .....	36
c. Secteur montage finale.....	37
II.9.3 Etape 3 : Control final .....	38
II.9.3.1. Essai en série .....	38
a. Contrôle visuel .....	38
b. Essai à vide.....	38
c. Essai en court-circuit (à rotor bloqué).....	39
d. Essai de haute tension .....	39
e. Essai spéciaux.....	39
f. Essai en charge.....	40
II.9.4. Emballage du moteur.....	41
II.9.5. Enmagasinage.....	41
II.10. Avantages et inconvénients des moteurs électriques.....	42
II.11 Conclusion.....	42

## **Chapitre III : Etude et conception**

III.1 Introduction.....	43
III.2.1 Cahier des charges fonctionnel.....	43
III.2. analyse fonctionnel.....	43
III.3. Fiche technique du moteur 404-4.....	44
III.4. Etude des contraintes (cisaillement, flexion et torsion).....	46
III.4.1. Contrainte de cisaillement pour les vis de la bride et les clavettes.....	46
III.4.1.1 Calcul du cisaillement pour les vis.....	46
III.4.1.2 Contrainte de cisaillement pour les clavettes.....	47
III.4.2 Contrainte de flexion appliquée sur l'arbre.....	51
III.5.Conclusion.....	56
<b>Conclusion Général.....</b>	<b>57</b>

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : L'entreprise l'électro-industrie AZAZGA .....	3
Figure 2 : Organigramme de l'entreprise l'électro-industrie AZAZGA .....	4
Figure 3 : Moteur électrique.....	5
Figure 4 : Groupe électrogène.....	6
Figure 5 : Transformateur électro-industrie.....	7
Figure 6 : Fonte blanche.....	10
Figure 7 : Fonte grise.....	11
Figure 8 : Fontes malléables à cœur blanc .....	12
Figure 9 : Fontes malléables à cœur noir.....	13
Figure 10 : Formation des sphéroïdes de graphite.....	14
Figure 11 : Fontes à graphite sphéroïdal.....	15
Figure 12 : Moteur asynchrone à cage d'écureuil.....	17
Figure 13 : Composante d'un moteur électrique .....	19
Figure 14 : Carcasse d'un moteur électrique (métal coulé).....	19
Figure 15 : Arbre d'un moteur électrique.....	20
Figure 16 : Paquet statorique et stator bobiné.....	21
Figure 17 : Bobinage en un étage.....	22
Figure 18 : Bobinage en deux étages.....	22
Figure 19 : Rotor aluminium.....	22
Figure 20 : Rotor à simple cage d'écureuil.....	24
Figure 21 Rotor à double cage .....	24
Figure 22 : Flasque coté AS .....	24
Figure 23 : Flasque coté BS.....	24
Figure 24 : Bride coté AS .....	25

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 25 : Ventilateur en fonte .....	25
Figure 26 : Ventilateur en plastique .....	25
Figure 27 : Roulement.....	26
Figure 28: Principe de fonctionnement.....	27
Figure 29 : Bobine de tôle magnétique M800-50A.....	29
Figure 30 : Des feuilles rotorique et statorique.....	30
Figure 31 : Paquet statorique.....	30
Figure 32 : Rotor en aluminium.....	31
Figure 33 : Des pièces réalisent par moulage .....	32
Figure 34: Des arbres d'un moteur électrique après usinage .....	33
Figure 35 : Bobinage .....	34
Figure 36 : Stator bobine... ..	35
Figure 37 : Connexion d'un stator.....	35
Figure 38 : Equilibrage d'un arbre.....	36
Figure 39 : Montage des moteurs .....	37
Figure 40 : Essai à vide.....	38
Figure 41: Appareil de voltage pour l'essai en haute tension.....	39
Figure 42 : Essai en charge... ..	40
Figure 43 : Des moteurs emballés... ..	41
Figure 44 : Magasin de stockage.....	41
Figure 45: Cahier de charge fonctionnel d'un moteur électrique.....	43
Figure 46: Schéma des forces appliquées sur l'arbre.....	51
Figure 47 : Schéma des moments de flexion .....	53
Figure 48 : Diagramme des moments fléchissant.....	54

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Cahier des charges du moteur électrique 404-4 .....	18
Tableau 2 : Contrôle de la matière Première.....	28
Tableau 3 : Avantages et inconvénients des moteurs électriques.....	42
Tableau 4 : Fiche technique du moteur 404- 4 .....	45

## SYMBOLES ET ABREVIATIONS

### SYMBOLES :

$\tau$  : Contrainte de cisaillement

$\sigma_e$  = La limite d'élasticité du matériau utilisé

Reg= La résistance élastique

s = Coefficient de sécurité

Pds= Le poids du moteur

g = La gravité

Q = La force du rotor appliquée sur l'arbre

Fv = La force du ventilateur appliquée sur l'arbre

RA : La réaction de l'arbre au point A

RB : La réaction au point B

PN : Puissance maximale

NN : Vitesse de rotation

UN : Tension d'alimentation

F : Fréquence

IN : Courant absorbé

$\eta$  : Rendement

Cos  $\varphi$  : Facteur de puissance

Tamb : Température ambiante

KVA: Kilo Volt Amper

KW: Puissance

L: La longueur entre les roulements

d : Diamètre des vis de la bride

## **ABREVIATION:**

ENEL: Entreprise national des industries électrotechnique

EI : Electro-Industrie

SI : Service

ISO : Nom de l'organisation international de normalisation

SPA : société par action

DIN : Un organisme de normalisation et de standardisation allemand

IP54 et IP55 : Degrés de protection

IE1 : Rendement standard

IE2 : Haut rendement

IE3 : Rendement premium

B5 : Forme de construction

CAO : Conception assistée par ordinateur

DAO : Dessin assisté par ordinateur

# ***Introduction générale***

## **INTRODUCTION GENERALE**

Les moteurs électriques sont de nos jours, à l'exception des dispositifs d'éclairage, les récepteurs les plus nombreux dans l'industrie et les installations tertiaires. Leur fonction est de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique et de leur donner une importance économique toute particulière qui fait qu'aucun concepteur d'installation ou de machine, aucun installateur et aucun exploitant ne peut les ignorer.

Parmi tous les types de moteurs qui existe, on trouve les moteurs asynchrones triphasés notamment les moteurs à bride à trous lisses qui sont les plus utilisés dans l'industrie et au-delà d'une certaine puissance dans les applications bâtiment tertiaire. De plus, bien que leur commande par des équipements à contacteurs soit parfaitement adaptée pour un grand nombre d'application, l'emploi de matériels électroniques en constante progressions élargit leurs champs d'application.

Ces moteurs électriques sont aujourd'hui présents dans toutes les branches de l'industrie et des transports. Ils consomment environ la moitié de l'énergie électrique générée dans le monde. La puissance des moteurs électriques peut aller de quelques fractions de Watts à quelques centaines de Mégawatts.

Ces dernières années, beaucoup de fabricants des moteurs électriques ont investi le marché. Vu la concurrence existante entre eux, une amélioration de la qualité des produits s'impose. Parmi ces fabricants, nous citerons à titre d'exemple Entreprise Nationale des Industries Electrotechniques ENEL d'Azazga qui s'est inscrit dans le but d'apporter une amélioration de l'un de ses produits qui est le moteur électrique existant.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, l'entreprise ENEL nous a proposé de faire une étude et une conception afin de remplacer le flasque du moteur électrique par une bride.

Nos bases théoriques des connaissances acquises durant notre formation nous ont permis de mieux comprendre la problématique posée, représentée par le pilotage et la protection des moteurs électriques (moteurs asynchrone) et ainsi d'effectuer un stage pratique au sein de l'entreprise national des industries de l'électrotechnique d'AZAZGA qui est spécialisée dans la fabrication et la commercialisation des transformateurs de distribution et des moteur électriques.

Notre travail consiste à apporter des modifications sur le moteur électrique existant afin de changer son système de fixation par des brides.

Pour remédier au problème, nous avons divisé notre travail comme suit :

Après une introduction générale, en deux parties

La première partie, consiste à étudier et calculer la résistance de quelques organes constituants ce moteur.

La deuxième partie présente la conception d'une bride B5 par le logiciel SolidWorks.  
Pour mieux présenter notre travail, nous avons scindé notre travail en trois chapitres :

- Le premier chapitre présente l'entreprise et ses différentes unités.
- Le deuxième chapitre présente un aperçu général sur les moteurs.
- Le troisième chapitre est consacré aux calculs et à la conception en utilisant le logiciel SolidWorks.

# *Présentation l'entreprise*

## PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

### 1. Historique

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 () en un certain nombre d'EPE/SPA, parmi lesquelles figure ELECTRO-INDUSTRIES



**Figure 1 :** Entreprise l'électro-industrie

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'engineering et la construction, l'infrastructure est réalisée par les entreprises algériennes ECOTEC, COSIDER et BATIMETAL.

La production prévue initialement porte sur

- 5000 Transformateurs de 50 à 2000 KVA.
- 50.000 Moteurs asynchrones triphasés de 0,18 à 400 kW.

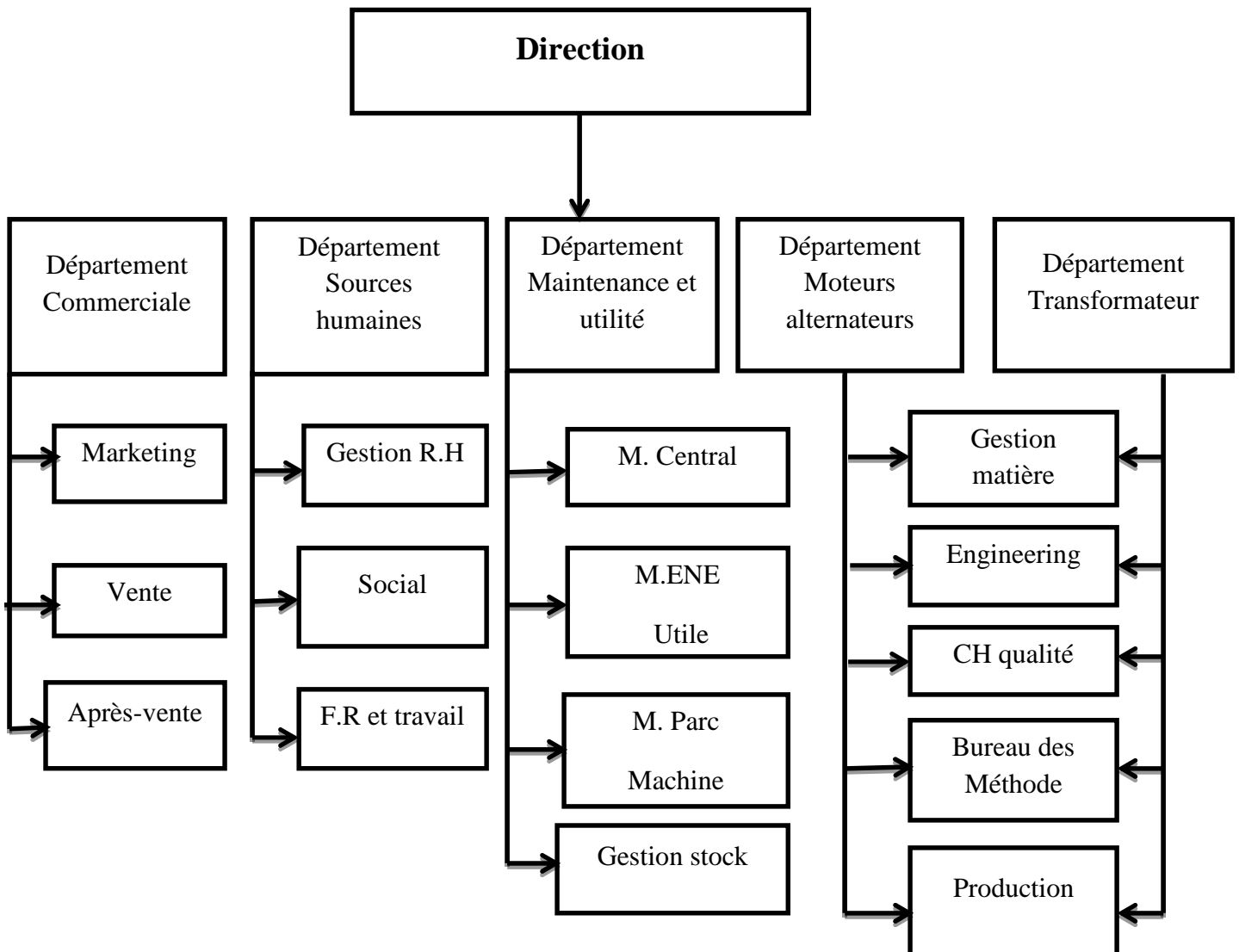
#### 1.1 Entrée en production

- Secteur transformateur 1985.
- Secteur moteur / alternateur 1986
- Ces produits sont fabriqués sous licence SIEMENS jusqu'en 1992

**1.2 Evolution à 1998 :** Extension des capacités de production de transformateurs de 1500 à 5000 unités / an (1991)

- Développement de la gamme de moteurs monophasés
- Développement de moteurs destinés à la climatisation
- Extension verticale de la gamme de transformateurs (2000Kva)
- Extension horizontale de la gamme du moteur en types et variantes.

**2. Organigramme de la direction générale :**



**Figure 2 :** Organigramme de l'ENEL AZAZGA

### 3. les unités

L'électro-industrie est composée de deux unités :

#### 3.1 L'unité fabrication des moteurs électriques et les groupes électrogènes

**3.1.1 Les moteurs électriques** : basses tensions (BT), fabriqués par ENEL sont du type asynchrone triphasé à une ou à deux vitesses, et monophasé à deux condensateurs démarrage et permanent. De construction fermée, à carcasse ventilée, en alliage d'aluminium et en fonte. Les rotors sont en court-circuit à simple et double cages d'écureuil, en aluminium pur (99,95%) pour les petites et moyennes puissances et en barres de cuivre et alliage de cuivre pour les grandes puissances.



Figure 3. Moteur électrique

#### 3.1.2 Les groupes électrogènes

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui actionne un alternateur. Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes.

Les groupes électrogènes sont utilisés soit dans les zones que le réseau électrique ne dessert pas, soit dans des bâtiments afin de pallier une éventuelle coupure de courant. Dans le deuxième cas, ils sont alors souvent utilisés en parallèle d'une alimentation sans interruption à batterie ou par un système inverseur de source d'énergie.

Ils fonctionnent à partir de tous les carburants. Les plus fréquents sont l'essence, le gazoil, le gaz naturel, le GPL, les bio-carburants et pour les plus puissants le fioul lourd.

(Industrie, hôpitaux, centres informatiques.

En usine, nous effectuons le processus d'assemblage toutes les pièces sont prêtes.



**Figure 4 :** groupe électrogène

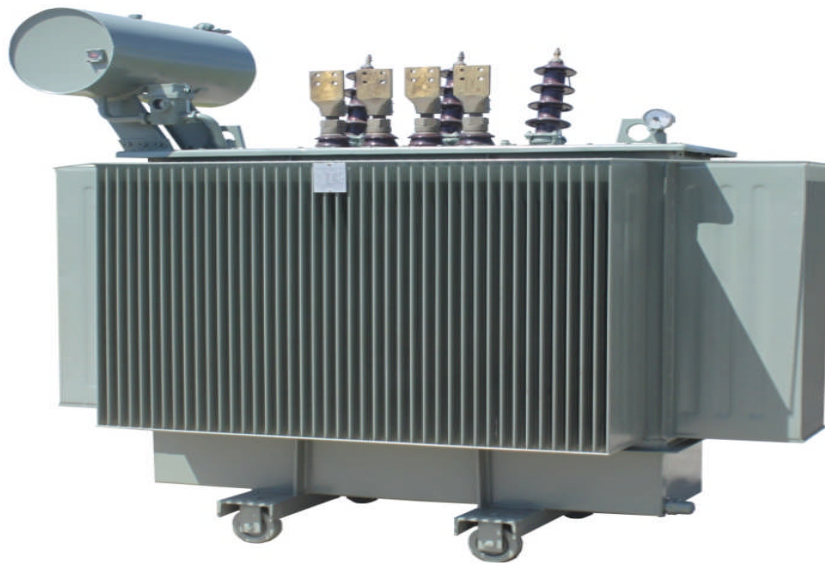
### **3.2 Unité fabrication des transformateurs de distribution MT/BT ( UTR)**

Les transformateurs d'EI sont conformes en tout point aux recommandation de CEI 60076, ainsi qu'à celle de VDE0532 ; 85% des ventes de transformateurs sont réalisées avec SONALGAZ et KAHRIF.

Il sont triphasés de type extérieurs et intérieurs, respirant ou étanche à remplissage total avec bornes embrochage ou en porcelaine

Les transformateurs d'EI sont de type immergés dans un dielectrique caloporteur minéral régi par la norme CEI60296 à refroidissement de type ONAN.

La partie active est composée de deux oulements MT et MB de forme cylindrique en cuivre, l'électrolyte disposé concentrique et montés sur un circuit magnétique de tole à grains orientés et concus pour un service continu à une fréquence de 50 Hz.



**Figure 5 :** Transformateur électro-industrie

### **3.3. Prestation technique**

En trouve trois services

#### **3.3.1 Service maintenance**

- ✓ Fabrication des outils et des gabarits et réparation ;
- ✓ Affutage d'outils de coupe ;
- ✓ Maintenance de toutes les machines qui se trouvent dans l'entreprise ;

#### **3.3.2 Service métrologie**

- ✓ Métrologie mécanique
- ✓ Métrologie électrique

#### **3.3.3 Service physique**

- ✓ Chimie
- ✓ Mécanique

# **Chapitre I**

## **Généralisés sur les matériaux**

## GENERALITES SUR LES MATERIAUX

### I.1- Généralités sur les matériaux

#### II.1.1- Introduction

Les matériaux sont à la source de la technologie et du monde industriel. La réussite technique et le succès commercial d'un produit fabriqué dépendent en grande partie du ou des matériaux choisis.

Sélectionner un matériau n'est généralement pas une opération simple compte tenu de la grande variété proposée. Le choix dépend autant du prix que des qualités propres du matériau et du procédé de fabrication retenu pour la réalisation. La sélection est la plus souvent effectuée en équipe, client et concepteur étant associés aux techniciens de fabrication.

#### I. 1.2- Choix des matériaux

Le choix des matériaux est une tâche fondamentale et très complexe. Dans un nombre important de cas, il ne concerne pas seulement un aspect purement technique répondant à des exigences fonctionnelles, mais aussi à des attentes relevant des préférences des utilisateurs dans le cadre d'un marché spécifique. Ainsi, le choix des matériaux doit être analysé sous l'angle de l'ingénierie de matériaux mais aussi sur celle du design industriel, et tenir compte de toutes les informations qui lui seront associées.

Le choix des matériaux est au cœur de la relation « Produit-Matériau-Procédé ».

Il est impératif d'effectuer le choix du couple matériau- procédé à partir des critères du cahier des charges et dans un contexte de développement durable.

- le produit demande certaines performances de la part du matériau
- le procédé impose des contraintes de fabrication ou de construction

Étapes à suivre pour le choix des matériaux :

- Étudier l'information autour du nouveau produit
- Définir les caractéristiques/exigences de conception du produit
- Faire le choix des matériaux viables
- Évaluer les procédés possibles
- Prioriser et tirer des conclusions

Parmi les grandes familles des matériaux, on distingue les matériaux métalliques qui sont des métaux ou des alliages de métaux tels que le fer, l'acier, l'aluminium, le cuivre, le bronze et les fontes qui font l'objet de notre travail.

Les fontes sont des alliages métalliques dont l'élément essentiel est le fer, et dont la teneur en carbone est supérieure à 2%. Il est à noter que la présence de fortes teneurs en éléments carburigènes peut modifier cette limite de la teneur en carbone. Dans la pratique, les pourcentages de carbone se situent le plus souvent entre 3 et 4%.

Composition moyenne :

Carbone : 3 à 4%

Silicium : 0.5 à 2.5%

Manganèse : 0.4 à 1%

Phosphore : 0 à 2%

Soufre :  $\leq 0.12\%$

### **I.1.3- Modes d'obtention**

#### **a- Fontes de première fusion**

C'est la fonte de base qui est obtenue directement par le traitement du minerai. Le déroulement des opérations est le suivant

- Extraction du minerai,
- Concassage, broyage,
- Enrichissement pour éliminer le plus possible de gangue,
- Agglomération pour en faire des blocs,
- Réduction de ce minerai dans un haut fourneau pour obtenir de la fonte de première, fusion, dont une partie sera affinée pour mouler des pièces en fonte.

#### **b- Fontes de composition chimique définie**

Ces fontes peuvent être élaborées dans plusieurs sortes d'appareils, les cubilots qui sont les plus utilisés, les fours électriques, fixes ou non, à arcs ou à induction.

#### **c- Fontes de seconde fusion**

Elles sont obtenues par refusions des gueuses de premières fusion, affinage et dosage en fonction de la nuance voulue. Il faut remarquer que la plupart du temps, on rajoute à ces gueuses des retours de fonderie.

#### **d- Fontes synthétiques**

Elles sont obtenues par fusion d'une charge permettant de réaliser une synthèse chimique de tous les éléments simples qui constituent la fonte. Le fer est alors apporté par des riblons d'aciers non alliés, les éléments à introduire, par des ferro-alliages correspondants. Pour le carbone, on ajoute du ferromanganèse carburé, ou du graphite.

## I.1.4. Différents types de fontes

### I.1.4.1 Fontes blanches

Les fontes blanches présentent un aspect blanc à la cassure. Le carbone qu'elles contiennent est combiné au fer sous forme de carbure (cémentite). Contrairement aux fontes grises, elles sont obtenues à partir de minerais de fer pauvres en silicium mais riche en manganèse. Les fontes blanches sont très dures et cassantes et se prêtent mal au moulage. Elles servent surtout de matière première pour la fabrication de l'acier par décarburation dans des fours spéciaux. Des traitements thermiques de la fonte blanche (chauffage et refroidissement lent) permettent de décomposer le carbure de fer en nodules fins de graphite, ce qui rend la fonte blanche plus apte au façonnage

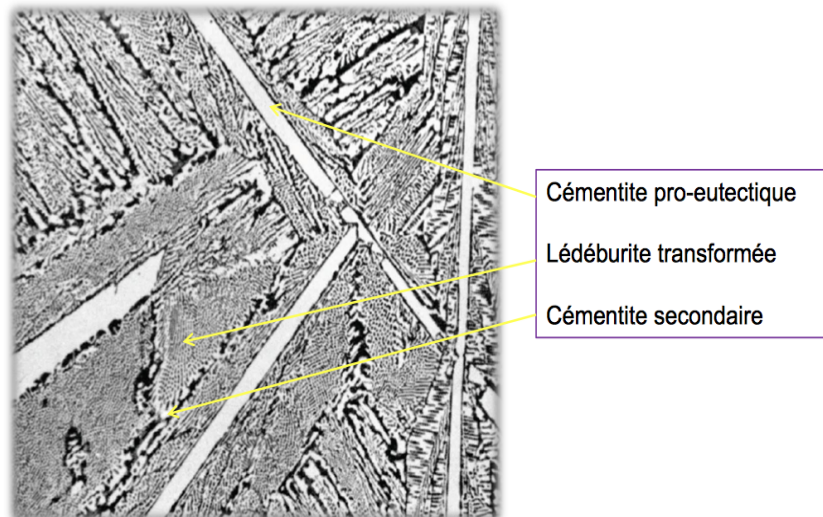


Figure 6 : Fonte blanche

#### a. Propriétés des fontes blanches

Module d'Young inférieur à l'acier (environ 100 GPa)

- Limite élastique moyenne (entre 200 et 400 MPa)
- Grande dureté
- Résilience faible
- Faible allongement à la rupture
- Bonne coulabilité (Température de fusion entre 1100 et 1200°)

### I.1.4.2 Fontes grises

Les fontes grises présentent un aspect gris à la cassure en raison de la présence du carbone principalement sous forme de graphite. Leur fabrication nécessite des minerais à forte teneur en silicium (1,5 à 3%). Elles ont une température de fusion inférieure à celle de l'acier (1 200 °C pour les fontes grises contre 1 370 °C pour l'acier), ce qui permet de les mouler facilement. Très peu malléables et ductiles, elles peuvent cependant être usinées.



**Figure 7:** Fonte grise

### I.1.4.3- Fontes malléables

Les fontes malléables présentent une ductilité et une résistance mécanique élevées, un peu comme les aciers non alliés à faible teneur en carbone.

Elles sont réalisées à partir de fonte blanche sur laquelle est appliqué un traitement thermique de recuit. Ce traitement thermique permet d'obtenir la dureté, l'allongement à la rupture et les caractéristiques en traction souhaitées.

Il existe trois catégories de fontes malléables normalisées :

- fonte malléable à cœur blanc : NF A32-701
- fonte malléable à cœur noir : NF A32-702
- Fonte malléable perlitique : NF A32-703

#### a- Les fontes malléables à cœur blanc

Ces fontes possèdent en réalité plusieurs noms:

- Fontes malléables à cœur blanc

- Fontes européennes

- Fontes Réaumur

Composition de la fonte blanche de départ:

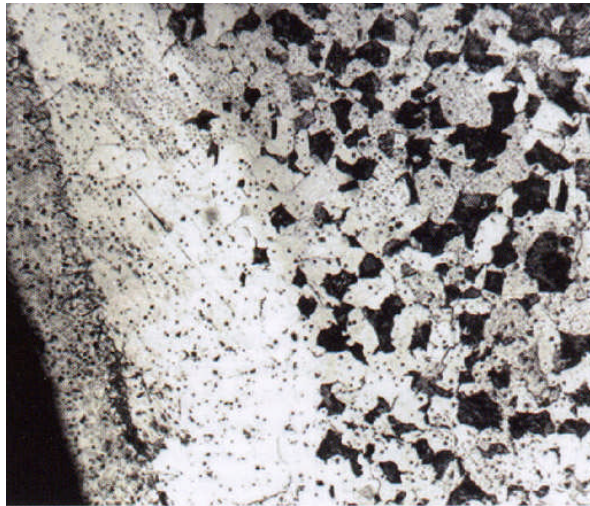
Carbone: entre 3 et 3,5%

Manganèse: entre 0,3 et 0,5%

Silicium: entre 0,6 et 0,7%

Phosphore: < 0,1%

Soufre: < 0,2%



**Figure 8** : Fontes malléables à cœur blanc

### **b- Les fontes malléables à cœur noir**

Les fontes malléables à cœur noir sont également appelées fontes malléables à graphite nodulaire ferritiques (ou encore fontes américaines).

La fonte est rendue malléable par rassemblement du graphite sous forme nodulaire. Ces nodules ne s'opposant pas à la déformation du métal.

Cette fonte est obtenue à partir d'une fonte blanche de composition suivante:

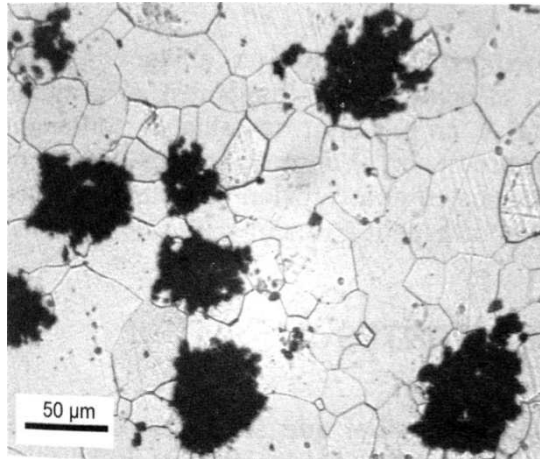
Carbone: entre 2 et 3%

Silicium: entre 1,4 et 1,7%

Manganèse: 0,3%

Phosphore: < 0,2%

Soufre: < 0,15%



**Figure 9** : Fontes malléables à cœur noir

Ces fontes sont celles qui s'usinent le mieux et on les désigne de la façon suivante:

1. les 2 lettres **MN**
2. 3 chiffres représentant la résistance minimale à la traction
3. 1 chiffre représentant l'allongement minimal à la rupture

### **Exemple**

MN 550-4: fonte malléable à cœur noir, dont la résistance minimale à la traction est de 550 MPa et dont l'allongement minimal à la rupture est de 4%

### **c- Fonte malléable perlitique**

Cette nuance est obtenue à partir d'une malléable à cœur noir, selon deux méthodes différentes.

Le début du traitement est identique à celui de la malléable à cœur noir, on le termine par un refroidissement rapide au passage de la température eutectoïde pour qu'il subsiste environ 0.8 à 1% de carbone combiné dans la matrice (ce qui formera une matrice perlitique). On utilise à cet effet le refroidissement à l'air froid soufflé ou à l'huile. On pratique ensuite un revenu à haute température de façon à globuliser la perlite pour améliorer la ductilité et l'usinabilité. Cette méthode est assez délicate car il est difficile d'éviter la formation de ferrite.

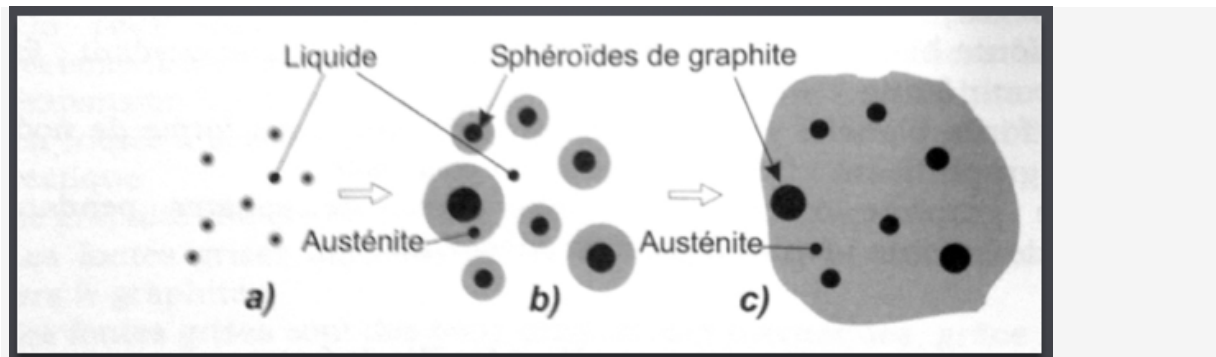
La seconde méthode consiste à effectuer un traitement de trempe et de revenu sur une fonte malléable à cœur noir. On réchauffe les pièces à 850-870°C et on trempe à l'huile généralement, le revenu effectué entre 550 et 720°C amènera la fonte à la dureté recherchée. On obtient ainsi une structure de martensite revenue.

#### I.1.4.4 Fontes à graphite sphéroïdal

Il convient de rappeler que les propriétés mécaniques et physiques des fontes dépendent de leur structure métallique, laquelle insère du carbone libre. Lorsque ce carbone se présente sous sa forme lamellaire, il contribue à fragiliser les lamelles constituant autant d'amorces de rupture. Si, au contraire, le carbone se présente sous forme de sphéroïdes ou de nodules, son influence sera très atténuée, ce qui entraînera la disparition de la fragilité et l'amélioration de l'allongement et du comportement à la fatigue.

Le fait de conserver du carbone libre apporte aux fontes des avantages indiscutables :

- Bon comportement à la compression et à la traction (comme les aciers) mais qui s'usine facilement.
- Bonne capacité d'absorption des vibrations
- Bonnes propriétés de frottement
- Bonne résistance aux chocs
- Limite de fatigue importante



**Figure 10** : Formation des sphéroïdes de graphite

- a) structure brute de coulée avec ferrite autour des sphères et perlite entre les zones de ferrite
- b) structure après ferritisation complète par recuit

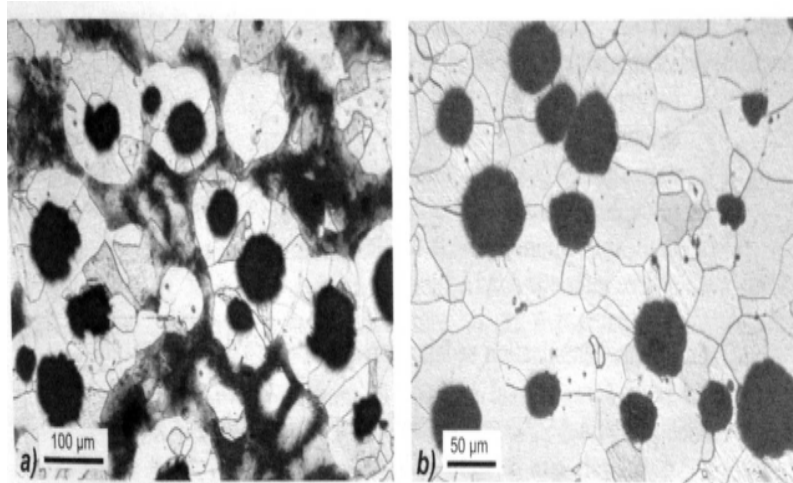


Figure 11 : Fontes à graphite sphéroïdal

#### I.1.4. 5 Fontes alliées ou spéciales

Lorsque l'on a besoin d'une fonte possédant des propriétés particulières, on peut faire appel à ce type de fonte, dont les éléments d'addition peuvent faire varier les propriétés physiques, chimiques ou mécaniques. Les utilisations que l'on rencontre le plus souvent dans l'industrie, font appel aux qualités suivantes :

##### a- Fontes blanches

Les fontes ni-hard : sont des fontes à structure martensitique, dont la caractéristique principale est la résistance à l'usure, et ce jusqu'à 700°C.

Les fontes à carbures de chrome : en plus de leur résistance à l'usure, présentent une bonne résistance à l'oxydation jusqu'à 900°C.

Les fontes ferritiques au chrome : elles se caractérisent par une conservation des caractéristiques jusqu'à 600°C, une excellente résistance au gonflement et à l'oxydation, jusqu'à 1000°C et une bonne résistance à la corrosion par de nombreux acides.

##### b- Fontes grises et GS

Les qualités suivantes intéressent aussi bien les fontes grises que les fontes GS, à l'exception des fontes à 14-18% de silicium dont le graphite est lamellaire.

Les fontes perlitiques améliorées : elles permettent par une addition modérée en éléments une amélioration des caractéristiques mécaniques ou de la résistance à l'usure, aux frottements, une amélioration de la résistance aux températures inférieures à 550°C ou une augmentation de la résistance à la corrosion par des milieux moyennement agressifs.

### I.1.4- Propriétés mécaniques des fontes

La résistance et la dureté de la ferrite sont plus importantes dans les fontes que dans l'acier grâce à l'effet durcissant du silicium.

Cependant, la résistance à la traction dépend de l'hétérogénéité des fontes. Celle-ci varie en fonction de la proportion de ferrite, de perlite, de carbures et surtout de graphite car celui-ci ne possède qu'une faible résistance à la traction et forme des cavités dans le métal.

La présence du graphite a donc 2 principales conséquences:

- réduction de la section efficace des pièces
- concentration de contraintes par un effet d'entaille

Les fontes possèdent une résistance à la compression 3 à 4 fois plus élevée que leur résistance à la traction.

Ce dernier est régit par 2 paramètres:

- la teneur en carbone
- les dimensions de la pièce -> vitesse de refroidissement

### I.1.5- Avantage des fontes

- Elles permettent la réalisation des pièces moulées complexes car elles possèdent une excellente coulabilité (Aptitudes au moulage).
- Elles ont une excellente usinabilité, le graphite jouant le rôle de lubrifiant (mise à part les fontes blanches où le graphite n'est pas présent).
- Elles sont très résistantes en compression.

### I.1.6- Inconvénients des fontes

- Les fontes grises lamellaires sont peu résistantes aux chocs, pour les autres fontes le problème de résilience est résolu par la forme non lamellaire du graphite.
- Les fontes FGS ne sont pas utilisées autant que les fontes FGL parce que son coût de fabrication est bien plus élevé.
- Les fontes blanches sont très peu utilisées sauf pour la réalisation de pièces spécifiques (Rouleaux de broyeur). Elles sont dures mais très fragiles ceci est dû à la présence de cémentite. Remarque : elle est utilisée liquide pour la fabrication de l'acier.

## I.2- Conclusion

Les fontes constituent ainsi une famille de matériaux pouvant être facilement fondus et coulés à des températures nettement plus basses que les aciers, même très alliés, autorisant une grande variété de formes utiles et/ou complexes. Les conséquences sont importantes en termes de coût, tant en énergie qu'en réfractairité des matériaux appelés à être au contact du métal liquide (moules et revêtements) : le sable de quartz suffit la plupart du temps.

**Chapitre II**  
**Généralités sur moteur électrique**  
**asynchrone**

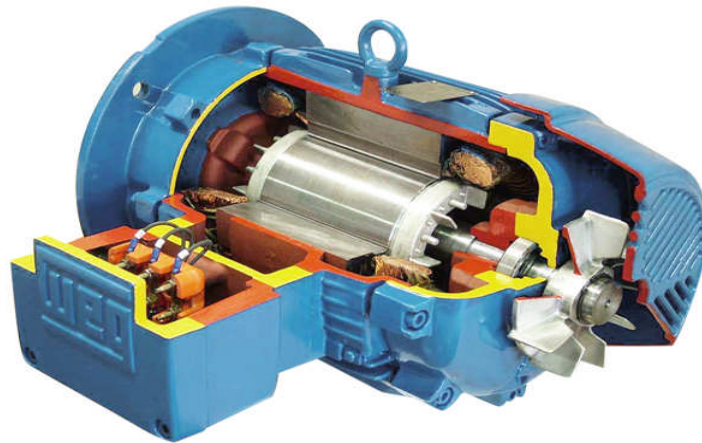
## GENERALITES SUR LES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES

### II.1- Introduction

Les moteurs asynchrones triphasés sont les moteurs les plus employés dans l'industrie. Ils possèdent en effet plusieurs avantages : simplicité, robustesse, prix peu élevé, et entretien facile.

Le moteur asynchrone est utilisé aujourd'hui dans de nombreuses applications, notamment dans le transport (trains, métro, propulsion des navires...), dans l'industrie (machines-outils) et dans l'électroménager.

Le terme asynchrone provient du fait que la vitesse de ces machines n'est pas forcément proportionnelle à la fréquence des courants qui les traversent.



**Figure 12 :** Moteur asynchrone à cage d'écureuil

### II.2- But du projet

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, l'entreprise ENEL nous a proposé de faire une étude et une conception afin de remplacer le flasque du moteur électrique par une bride B5 pour le moteur 315 kW.

### II.3- Problématique

La fabrication d'un moteur électrique nécessite un assemblage de plusieurs pièces mécanique ( stator , rotor, flasque, bride, ....) qu'il faut réaliser pour fonctionner en continu, dans des conditions difficiles, à moindre cot et surtout répondre aux exigences du cahier de charges.

## II.4- Cahier des charges

**Tableau 1** : Cahier des charges du moteur électrique 404-4

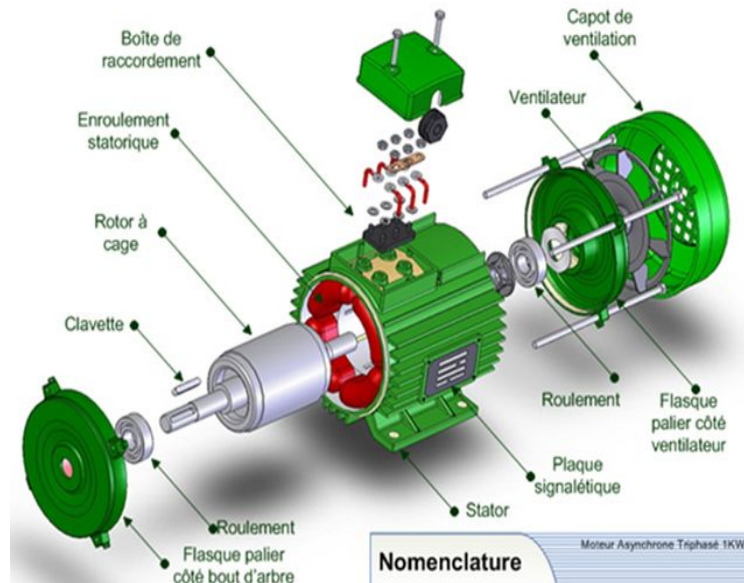
	Symboles	Valeur	Unités
Type du moteur	-	404-4	-
Puissance maximale	$P_N$	315 (430)	<b>KW</b> <b>CV</b>
Vitesse de rotation	$N_N$	1490	<b>Tr/min</b>
Nombre de pole	2 P	4	
Tension d'alimentation	$U_N$	400	<b>V</b>
Mode de démarrage	Direct ou Y/ $\Delta$ (690/400 V)		
Fréquence	f	50	<b>Hz</b>
Courant absorbé	$I_N$	545	<b>A</b>
Rendement	$\eta$	96	<b>%</b>
Facteur de puissance	$\cos \varphi$	0.88	-
Température ambiante	$T_{amb}$	40	<b>°C</b>
Service	S1(continu)	(S2 ET S3 sur commande)	

## II.5- Composition d'un moteur électrique

Dans cette partie, on se propose de donner quelques précisions sur les éléments de constitution de machines asynchrones triphasées. Cette description va nous permettre de comprendre de quelle façon le moteur est réalisé.

La machine asynchrone triphasée qui est représentée sur la figure 6 peut être démontée en trois parties :

- le rotor, partie tournante qui permet de mettre en rotation la charge mécanique,
- les paliers, partie mécanique qui permet la mise en rotation l'arbre du
- le stator, partie fixe de la machine où est connectée l'alimentation électrique, moteur.



**Figure 13 :** Composante d'un moteur électrique

## II.6- Principaux éléments d'un moteur électrique

### II.6.1- La carcasse

La carcasse sert de support ; Elle transmet les efforts à l'assise de la machine, joue le rôle d'enveloppe, assure la protection contre les agents extérieurs et guide l'air de ventilation; elle agit aussi parfois comme échangeur thermique ; c'est le cas des carcasses coulées des moteurs à ailettes ou des moteurs fermés à tubes.



**Figure 14:** Carcasse d'un moteur électrique (métal coulé)

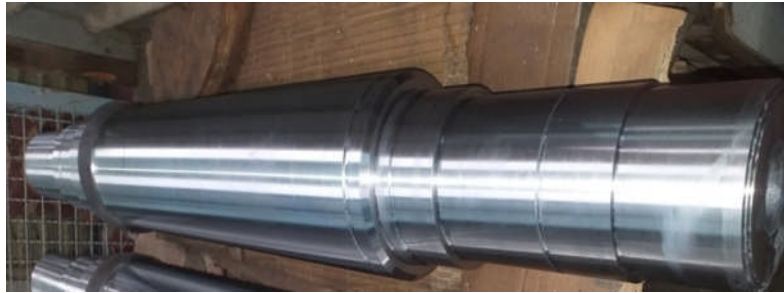
## II.6. 2- L'arbre

L'arbre de la machine électrique est un organe de transmission du mouvement de rotation. Il comprend :

Une partie centrale qui sert de support au corps du rotor, au circuit magnétique et aux enroulements tournants.

Dans les paliers flasques, le corps de palier est généralement fixé sur la carcasse. Le rotor est alors centré dans le stator au moment de la construction de la machine.

L'arbre est lui-même supporté par un ou plusieurs paliers suivant la configuration de l'ensemble de la ligne d'arbre.



**Figure 15:** Arbre d'un moteur électrique (métal coulé)

Dans certains cas, l'arbre sert de soutien au collecteur, aux ventilateurs, aux bagues, au rotor de la machine d'excitation, ainsi qu'à des accessoires variés.

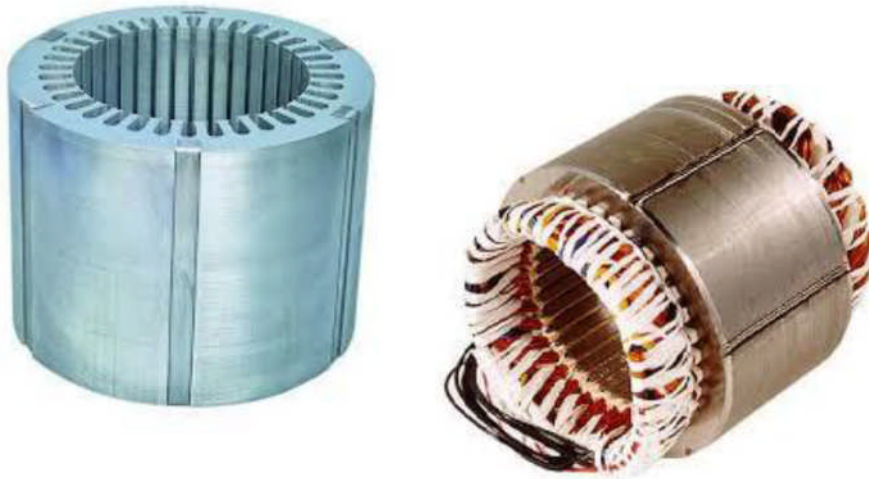
## II.6. 3. Stator

C'est l'élément qui comporte les enroulements du moteur. Il est constitué d'un empilement de tôles magnétiques isolées (d'une mince couche de vernis ou de silicate de soude) ; c'est le circuit magnétique du stator.

Dans ces tôles, ont été aménagées des encoches destinées à recevoir l'enroulement statorique.

Cette disposition du circuit magnétique statorique est rendue nécessaire pour éviter les courants de Foucault. L'enroulement, composé de bobines mises en série ou en parallèle est ensuite relié à la source d'alimentation, généralement une source de tension.

Chaque bobine comporte deux parties distinctes. Le conducteur situé dans l'encoche représente la partie active du bobinage. Les têtes de bobines à l'extérieur du circuit magnétique assurent les liaisons entre les différents conducteurs actifs. L'art du concepteur consiste à rendre maximale la partie active de l'enroulement et à minimiser l'encombrement des têtes de bobines qui sont à l'origine de pertes par effet Joule et de fuites magnétiques.



**Figure 16** : Paquet statorique et stator bobiné

#### **II.6.4- L'enroulement**

Les enroulements servent à véhiculer les courants électriques à l'intérieur de la machine. On distingue principalement les enroulements inducteurs et les enroulements d'induits.

Les enroulements d'induit sont constitués de conducteurs répartis dans des encoches à la périphérie du stator (machines synchrones et asynchrones) ou à la périphérie du rotor (machines à courant continu et machines asynchrones).

Ces enroulements sont parcourus par du courant alternatif. Ils sont, dans le cas général, du type polyphasé. Chaque encoche ménagée dans la tôle magnétique débouche sur l'entrefer et contient un certain nombre de conducteurs (qui peut varier dans de grandes proportions : de 2 à 20). On réalise :

**1. Des bobinages en un étage** : où tous les conducteurs d'une encoche appartiennent à une même phase et qui sont utilisés pour les machines de faible puissance.

**2. Des bobinages en deux étages** : où tous les conducteurs d'un étage situés dans une encoche appartiennent à une même phase et sont reliés électriquement en série ; suivant la valeur du pas de bobinage, il peut arriver que deux phases cohabitent dans la même encoche ; ces bobinages sont du type imbriqué ou ondulé (suivant le type de la machine et le constructeur) et ils sont couramment utilisés dans les machines de moyenne et de forte puissance.

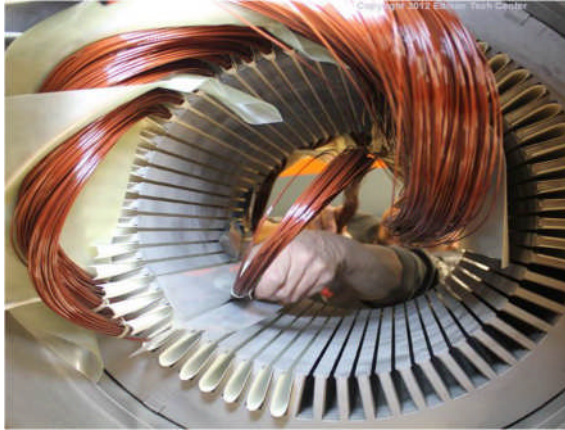


Figure 17: Bobinage en un étage



Figure 18: Bobinage en deux étages

## II.6.5. Le rotor

C'est la partie tournante, il est constitué d'une pile de tôles formant un cylindre plein ; ces tôles comportent à leur périphérie extérieure des encoches destinées à recevoir les conducteurs en enroulement bobine ou injecté. Un mince entrefer sépare le stator du rotor. Selon que les enroulements du rotor sont accessibles de l'extérieur ou sont fermés eux-mêmes en permanence, le rotor prend deux formes : le rotor bobiné et le rotor à cage d'écureuil.

### II.6.5.1- Rotor à cage d'écureuil

Il est constitué de barres métalliques identiques dont les extrémités sont entrées par des couronnes métalliques peu résistives. L'ensemble présente une résistance électrique très faible, on dit que le rotor est en court-circuit. On distingue entre autre rotor à simple cage, le rotor à double cage et le rotor à encoche profonde.



Figure 19 : Rotor aluminium

### a- Le rotor à simple cage

Dans des trous ou dans des encoches disposées sur le pourtour du rotor (à l'extérieur du cylindre constitué par l'empilage de tôle) sont placés des conducteurs reliés à chaque extrémité par une couronne métallique et sur lesquels vient s'exercer le couple moteur généré par le champ tournant. Pour que le couple soit régulier, il faut que les conducteurs soient légèrement inclinés par rapport à l'axe du moteur. L'ensemble à l'aspect d'une cage d'écureuil d'où le nom de ce type de rotor.

La cage d'écureuil est généralement moulée (seuls les grands moteurs sont réalisés à l'aide de conducteurs insérés dans des encoches). L'aluminium est injecté sous pression et les ailettes de refroidissement, coulées lors de la même opération, assurent la mise en court-circuit des conducteurs du rotor. Ces moteurs ont le couple de démarrage relativement faible et le courant absorbé lors de la mise sous tension est très supérieur au courant nominal. En principe en forte puissance pour améliorer le rendement des installations sur des pompes et ventilateurs. Ils sont également associés à des convertisseurs de fréquence en vitesse variable, les problèmes de couple et de courant de démarrage sont alors parfaitement résolus.



Figure 20 : Rotor à simple cage d'écureuil

### b.- Rotor à double cage

Il comporte deux cages concentriques, l'une extérieure, de faible section et assez résistante, l'autre intérieure de forte section et de résistance plus faible.

Au début du démarrage, les courants rotoriques étant à fréquence élevée, l'effet de peau qui en résulte fait que la totalité du courant rotorique circule à la périphérie du rotor et donc dans une section réduite des conducteurs. Le couple produit par la cage extérieure résistante est importante et l'appel de courant réduit.

En fin de démarrage, la fréquence diminue dans le rotor. Le passage du flux à travers la cage intérieure est plus facile. Le moteur se comporte alors sensiblement comme s'il était

construit avec une seule cage peu résistante. En régime établi, la vitesse n'est que très légèrement inférieur à celle du moteur.



**Figure 21:** Rotor à double cage

## II.6.6- Flasques et bride

### II.6.6.1- flasque

Il forme les carcasses moteurs aux deux extrémités et il est réalisé en fonte grise ou en aluminium injecté.

### II.6.6.2 bride

Elle permet de fixer le moteur par la face avant. Le moteur étant directement fixé sur la machine à entraîner



**Figure 22:** Flasque coté AS



**Figure 23:** Flasque coté BS



**Figure 24 :** Bride coté AS

### II.6.7- Ventilateur

Placé à l'arrière du moteur coté. Il permet le refroidissement du moteur.

Le capot oriente le flux d'air vers les ailettes de la carcasse.

On trouve deux types des ventilateurs utilisés :

- En fonte, pour les 2 pôles en mécano soudés.
- En plastique, pour les 4 et 6 pôles petits moteurs.



**Figure 25 :** Ventilateur en fonte



**Figure 26 :** Ventilateur en plastique

### II.6.8.- Les roulements

Les roulements dans les moteurs électriques qui sont conçus pour supporter le rotor et pour maintenir un entrefer constant entre le rotor et le stator et ainsi que le transfert des charges du rotor au carter du moteur.

Le choix du bon concept de roulement assure le maintien de l'efficacité du moteur électrique avec des pertes par frottement maintenues au minimum.

Pour un petit moteur électrique, une casse des roulements et les dommages engendrés peuvent le mettre définitivement hors service. Il est donc souhaitable d'installer des roulements de haute qualité qui sont adaptés à l'environnement. Sur les gros moteurs électriques, une défaillance de roulement peut causer un temps d'indisponibilité considérable. Il est donc crucial de correspondre la conception à l'application.



Figure 27 : Roulement

### II.7. Principe de fonctionnement

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.

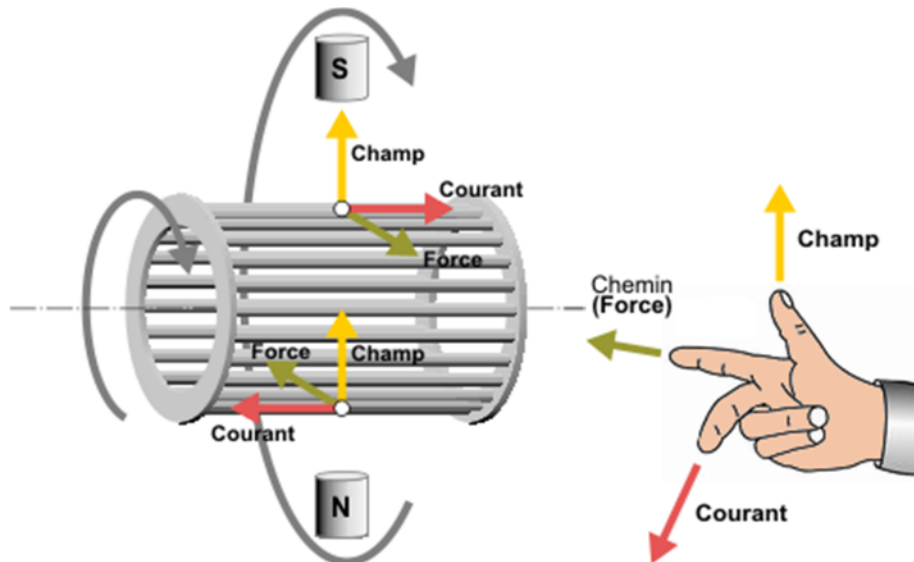


Figure 28 : Principe de fonctionnement

Comme montré sur le schéma 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.

## II.8. La matière première

La matière première arrive sous forme de :

- Lingots d'aluminium pur à 99,5 %
- Ronds d'acier de diamètres différents
- Carcasses, flasques, pattes, ventilateurs : en fonte pour les grands moteurs
- Ventilateurs en plastique pour les petits moteurs
- Roulements à billes et à rouleaux cylindriques

- Fils électriques de connexion
- Rouleaux de fil de bobinage
- Matériaux d'isolation de bobinage
- Anneaux élastiques, visserie, rondelles, rondelles ondulées
- Peinture
- Bobines de tôle magnétique

Des échantillons de matière première sont fait contrôler dans deux laboratoires physique et chimique toute on mesure :

LABO DE PHYSIQUE	LABO DE CHIMIE
La résistance ( $\Omega$ )	la viscosité
La résistance à la rupture	la densité
L'allongement	classe de risque
La tension de claquage	

**Tableau 2** : Contrôle de la matière Première

### Caractéristiques à contrôler

- Dimensions des filetages
- Nombre de défauts de vernis d'un fil de bobinage par mètre
- Dimensions des roulements, et charge radiale
- Raideur des ressorts
- Dimensions de la matière en fonte
- Contrôle de la tôle magnétique

## II.9. Etape de fabrication d'un moteur asynchrone triphasé

### II.9.1. Etape 1 : découpage, emballage, fonderie

Dans cette étape on effectue les opérations de découpage, emballage et fonderie (injection sous pression)

#### II .9.1.1. Entrée de la matière première (la tôle magnétique)

La tôle magnétique se présente sous forme de rouleaux isolés au vernis. Il existe trois types de l'usine qui sont : M53-50A, M800-50A et M800-50HP.

M : tôle magnétique ; 800 : perte spécifique maximal en mW/kg ;

50 : épaisseur normale ; A : tôle à grain non grain non orienté livré à l'état fini



Figure 29 : Bobine de tôle magnétique M800-50A

### II.9.1.2. Atelier de découpage des feuilles de tôle statorique et rotorique

Il existe trois procédés de découpages :

- Découpage automatique successif.
- Découpage automatique par outil à encocher.
- Découpage semi-automatique par outil à encocher.

Pour les moteurs de 70 à 220 mm d'hauteur d'axe, on utilise le découpage automatique successif. Ce procédé permet de découper les tôles statoriques et rotoriques à la fois.

Quant aux grands moteurs d'hauteur d'axe de 253 à 406 mm, l'opération se présente en deux phases :

**La première phase :** la tôle est passée dans une presse rapide qui découpe et sépare les couronnes rotorique des tôles statorique qui sont achevées pendant cette phase, alors que celles du rotor passent à la deuxième phase

**La deuxième phase :** les couronnes rotoriques sont encochées par la deuxième presse et sont enfin prêtes.



**Figure 30** : Des feuilles rotorique et statorique

### II.9.1.3. Atelier d'empaquetage

Empaquetages des tôles statorique et des tôles rotorique pour former des paquets.



**Figure 31** : Paquet statorique

#### II.9.1.4. Atelier de moulage sous pression

Dans cet atelier, ils réalisent toutes les pièces rentrant dans la fabrication des moteurs en version aluminium (carcasses, flasques, boîtes à borne...).

#### II.9.1.5. Fabrication du rotor

Les feuilles statorique et rotorique sont empilées et compressées grâce à une presse à empaqueter. On appelle chaque ensemble un paquet statorique /rotorique. Ces derniers sont maintenus par des agrafes pour le paquet statorique et des rivets pour le paquet rotorique des grand moteurs ; ceux des petites moteurs sont emmanches directement sur l'arbre.



Figure 32 : Rotor en aluminium

Les paquets rotoriques et des grands moteurs sont ensuite dirigés vers une presse pour l'emmanchement forcé de l'arbre. Alors que les paquets statoriques sont envoyés vers le secteur bobinage.

Une fois l'empaquetage du paquet rotorique est acheminé au secteur moulage sous pression, pour l'injection de l'aluminium dans les encoches (aluminium à 99.5%) qui forment des anneaux de court-circuitages.

#### II.9.1.6. Fabrication des pièces et alliages d'aluminium

L'alliage d'aluminium fondu à haute température est injecté dans des moules conçus spécialement pour chaque pièces.

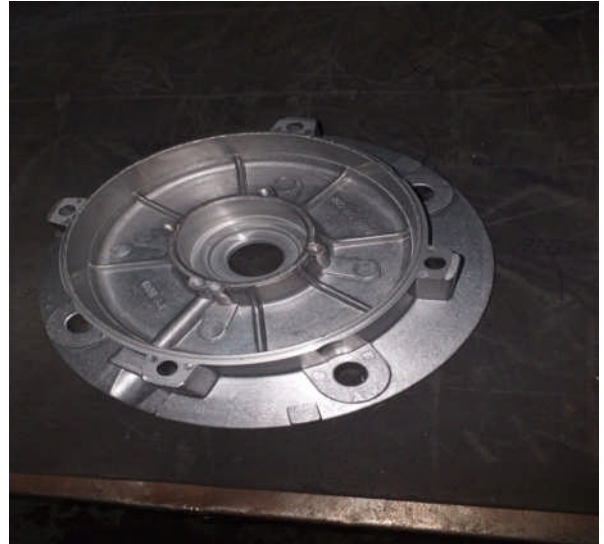
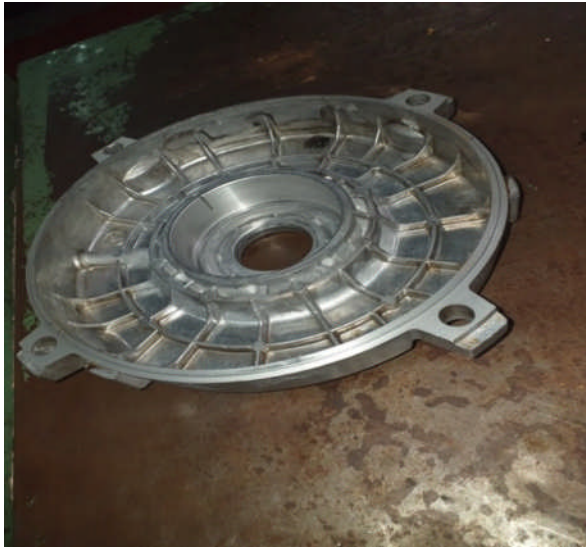


Figure 33 : Pièces réalisées par moulage

## II.9.2 Etape 2 : usinage, bobinage et montage

Dans cette étape nous effectuons tous les opérations d'usinage, de bobinage et montage

### II.9.2.1. Atelier d'usinage

Dans cet atelier, ils font toutes les opérations d'usinage qui s'effectue sur :

#### a- Les arbres

La matière première arrive sous forme de barre d'aciers bruts de différents diamètres. Elles sont ensuite découpées à l'aide d'une scie mécanique sous différentes longueurs suivant le type de moteur auquel elles sont destinées.

Les barres découpées subissent ensuite les opérations de centrage et le dressage. Ces opérations se font sur une machine à tour parallèle qui fait la mise en longueur, le perçage des trous de centrage et de taraudage.

Vient ensuite le tournage, il se fait grâce à un tour qui à copier qui fonctionne grâce à un palper qui se déplace sur un gabarit.

Le tournage fini, vient le tour de fraisage des logements des clavettes qui se fait à l'aide des fraises verticales.



**Figure 34:** Arbres d'un moteur électrique après usinage

### **b- Usinage des différentes pièces**

Les différentes pièces du moteur se rassemble au niveau de secteur d'usinage pour la finalisation de leur diamètre afin qu'à l'assemblage tout va s'emboîter parfaitement.

- La carcasse subit l'opération d'usinage du diamètre intérieur et de l'endroit où les flasques viendront se fixer.
- Les flasques subissant l'opération de tournage des bords de centrage et du logement de roulement et de sa profondeur.
- Le paquet rotorique est usiné afin que l'entrefer soit parfait.

### **II.9.2.2- Atelier bobinage**

Cet atelier se divise en trois secteurs

#### **a- Secteur préparation de bobines**

Une fois le cuivre contrôlé, il est remis aux mains des bobineurs pour la confection des bobines. Ce travail se fait à l'aide des gabarits montés sur des machines rotatives appelées bobineuses qui sont réglées selon le nombre de spires par faisceaux.

Le nombre de faisceaux par bobines est déterminé par la formule suivante :

$$Q = \frac{Z(\text{nombre d'encoches})}{m(\text{nombre de phases}) \cdot 2p(\text{nombre de pôle})}$$



Figure 35 : Bobinage

### b- Secteur préparation des isolations

Afin d'éviter le court-circuit, et assurer une bobine isolée, des isolants sont en place lors du bobinage du moteur. Les isolants utilisés sont :

- Les caniveaux d'encoches : ils sont placés à l'intérieur de l'encoche ou vient reposer le faisceau.
- Les lames intermédiaires : elles viennent sur le premier faisceau dans le cas de bobinage à double couche, un faisceau d'une autre bobine vient ensuite reposer sur elle.
- Les cales de fermeture : elles viennent sur le faisceau pour éviter que le faisceau sorte de l'encoche, pour les gros moteurs on ajoute des cales époxy.
- Les gaines isolantes : c'est une sorte de petit tube de plastique ou on fait entrer les bouts de la bobine qui sont des sorties de phases.
- Les séparateurs de phase : on pose dans la tête de bobine pour séparer les bobines et pour qu'il n'y ait pas contact entre elle.

### c. Secteur bobinage du paquet statorique

C'est dans les encoches en suivant des schémas spécifiques au type du moteur (nombre d'encoche par phase)

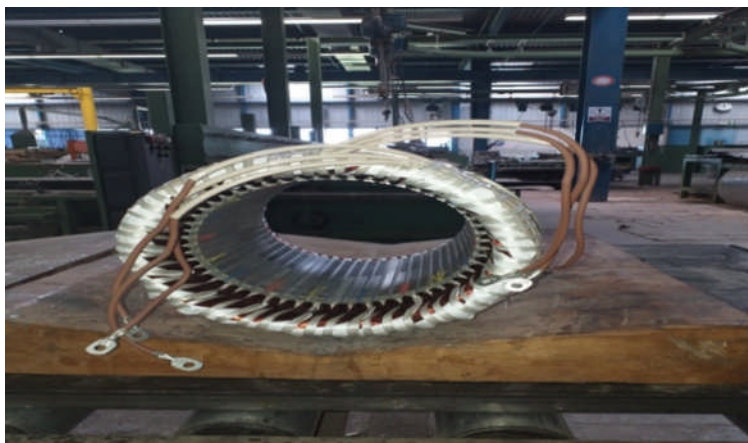


**Figure 36 :** Stator bobine

#### **e- Connexions**

Une fois les bobines placées dans les encoches, on marque avec un feutre les entrées des bobines, et un autre feutre d'une différente couleur les sorties.

Après avoir détecté les sorties et les entres des bobines, on va marquer les entrées et le sorties des phases, qui veut dire les U1 U2-V1 V2-W1 W2 en suivant une formule reliée au nombre d'encoches de phase, l'angle géométrique et l'angle électrique.



**Figure 37 :** Connexion d'un stator

### II.9.2.3- Atelier de montage

Cet atelier est reparti en trois secteurs essentiels

#### a. Secteur équilibrage du rotor

Il a pour but d'assurer une rotation uniforme du rotor et de compenser les balourds pouvant provenir des cas suivant :

- Manque d'homogénéité.
- Défaut d'usinage.
- Malformation des barres de cuivre.



Figure 38 : Equilibrage d'un arbre

#### b- Secteur pré montage

Les opérations réalisées dans ce secteur sont :

- Huiler l'intérieur de la carcasse pour faciliter l'insertion du paquet statorique dans celle-ci.
- Emmanchement du paquet avec une presse.
- Mise en longueur  $r_n$  tournage de centrage de la carcasse, coté AS (entraînement) et BS (ventilateur)
- Fraisage des pattes pour retrouver la hauteur d'axe exacte.

### c- Secteur montage finale

Dans ce secteur sont effectuées les opérations suivantes :

- Mise en place du couvercle de palier extérieur coté BS pour assurer une bonne étanchéité.
- Emmanchement des roulements déjà graissés coté AS et BS avec une presse verticale et emplacement des clavettes coté AS pour les moyens moteur et à la main une fois chauffé pour les grands moteurs.
- Visser le couvercle de palier sur le disque, cela permet de cerner le roulement entre ces deux pièces.
- Emplacement de la clavette coté BS et emmanchement de ventilateur, puis insertion de la bague d'arrêt (circlips) pour le ventilateur.
- Intégration du rotor complet dans le stator et fixation de flasque coté BS avec des vices.
- Emplacement des rondelles (rondelle de compensation et rondelle élastique) sur le flasque coté AS pour éviter le jeu axial du rotor.
- Fixation du flasque sur la carcasse ainsi que montage du capot du ventilateur.
- Préparation de la boîte à bornes et fixation des câbles de raccordement sur la plaque a borne.



**Figure 39** : Montage des moteurs

### II.9.3 Etape 3 : Control final

Une fois le montage fini, le moteur sera remis aux plates-formes d'essais pour effectuer les différentes opérations de contrôle dans chaque essai.

#### II.9.3.1.Essai en série

Les différents moteurs qui arrivent à cette plate-forme subissent les contrôles suivants :

**a- Contrôle visuel :** cet essai a pour objectif de contrôler le bon montage du moteur (vis, plaque signalétique et raccordement des fils).

**b- Essai à vide**

Le moteur est alimenté sous une tension normale  $U_n$  on mesure :

- Le courant à vide  $I_0$
- La puissance à vide  $P_0$
- Le facteur de puissance à vide  $\cos\varphi_0$

Dans cet essai, on suit des bruits électriques et mécaniques, qui s'effectuent à l'aide d'un tournevis que l'opérateur exerce sur les différentes parties externes du moteur pour écouter et distinguer les bruits étrangers.



**Figure 40 :** Essai à vide

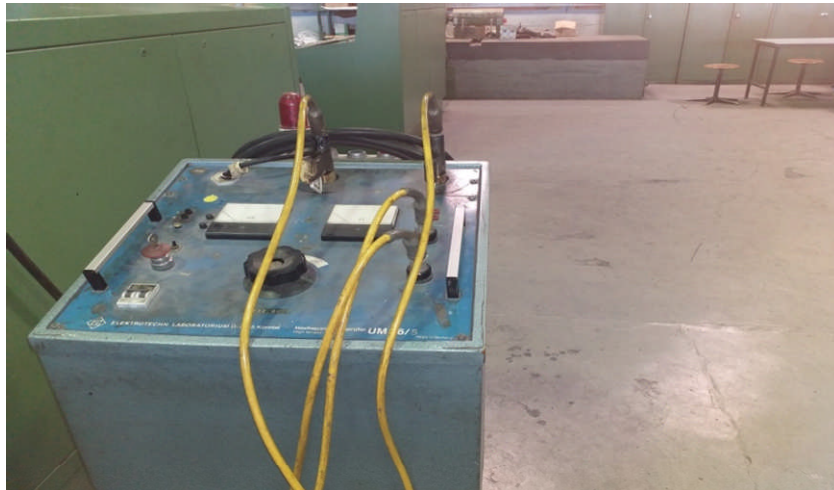
### c.- Essai en court-circuit (à rotor bloqué)

Le moteur à rotor bloqué est alimenté sous un courant nominal  $I_n$  pour mesurer :

- La tensions de court-circuit  $U_{cc}$
- La puissance de court-circuit  $P_{cc}$
- Le facteur de puissance

### d- Essai de haute tension

Cet essai a pour objectif de contrôle la bonne isolation entre phase, et la masse à 2100V cette tension est choisie en fonction de la puissance du moteur.



**Figure 41:** Appareil de voltage pour l'essai en haute tension

### e- Essai spéciaux

Après avoir fait les essais précédents , on mesure :

- La résistance des conducteur et la compares à la résistance de la consigne (elle ne doit pas dépasser les 3% de  $R_n$ ).
- Des résistances entre phase et les comparer entre elle (la différence ne doit pas dépasser les 2%).

### f- Essai en charge

Appelé aussi essai d'échauffement, il a pour but de juger la bonne tenue de la classe d'isolation du moteur et de déterminer la température à la puissance nominale.

- On prélève la température de la carcasse froide.
- On fait tourner le moteur sous sa tension normal.
- Au fur et à mesure que le moteur tourne, il s'échauffe, les pertes augmentent et la puissance utile chute, pour compenser cette puissance on agit sur les charges afin de rendre cette puissance constante.
- L'essai durera jusqu'à ce que la température limite de la carcasse soit atteinte et devienne stable.

A ce moment précis, toutes les données électrique et magnétique sont prélevées (nominale) et les comparer avec la plaque signalétique.

Dans le cas où le moteur contrôlé présente une anomalie d'après les résultats d'un essai quelconque, celui-ci est envoyé vers le poste de réparation mécanique ou il va être démonté et réparé si la panne est mécanique, sinon, le paquet statorique bobine est envoyé à son tour vers le poste de réparation électrique pour réparer ou refaire le bobinage.



**Figure 42** : Essai en charge

### II.9.4- Emballage du moteur

Une fois les essais spéciaux sont terminés, le moteur sera emballé dans les boites en cartons avec son catalogue. Le moteur est prêt à être livré.



**Figure 43** : Des moteurs emballés

### II.9.5.- Enmagasinage

Une fois que les moteurs sont finalisés et emballés, ils seront stockés dans un magasin de stockage



**Figure 44** : Magasin de stockage

### II.10. Avantages et inconvénients des moteurs électriques

Les avantages et inconvénients du moteur asynchrone sont assez nombreux mais les principaux sont résumés dans le tableau suivant.

<b>Avantage</b>	<b>inconvénients</b>
La robustesse	Non découplage naturel
La simplicité de construction	Non linéarités
Leur bas cout	
Un rendement excellent	

**Tableau 3** : Avantages et inconvénients des moteurs électriques

### II.11- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différents composants d'un moteur électrique et nous avons détaillé leurs principes de fonctionnement ainsi que le processus de fabrication de chacun de ses composants en tenant compte des exigences de l'entreprise en satisfaisant les besoins des clients.

# **Chapitre III**

## **Etude et conception**

## Chapitre III

## ETUDE ET CONCEPTION

### III.1- Introduction

L'objectif de ce chapitre est l'étude et la conception de la résistance des pièces, et toute les modification qu'ont été apportées sur les différents éléments du moteur 404-4, principalement l'arbo et la bride.

### III.2 Cahier des charges fonctionnel

#### III.2.1 analyse fonctionnel

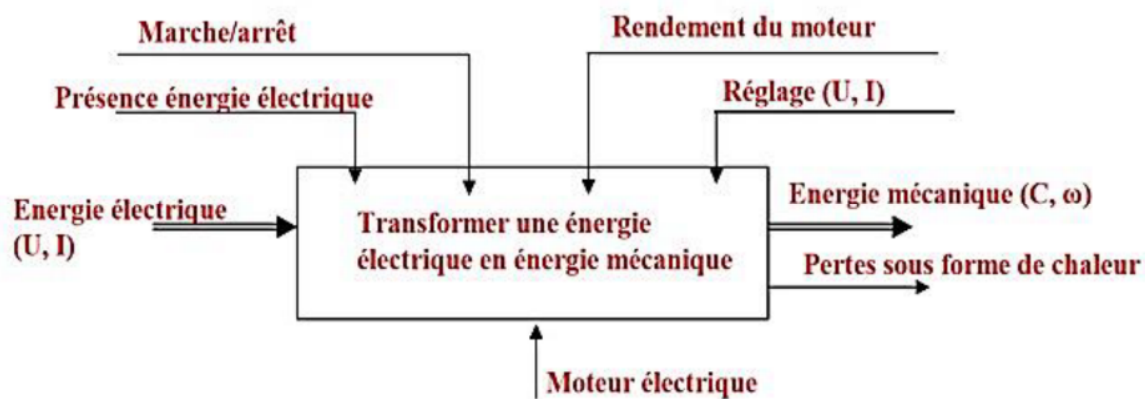


Figure 45: Cahier de charge fonctionnel d'un moteur électrique

La fonction principale (FP) du moteur électrique est de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

## III.3 Fiche technique du moteur 404-4

	Symboles	Valeur	Unités	CARACTERISTIQUES DE COUPLE
Type		<b>404-4</b>	-	Glissement Vitesse de synchronisme  
Puissance nominale	<b>P<sub>N</sub></b>	<b>315 (430)</b>	<b>kW CV</b>	
Vitesse	<b>N<sub>N</sub></b>	<b>1490</b>	<b>Tr/min</b>	
Nombre de poles	<b>2 p</b>	<b>4</b>		
Tensions d'alimentation	<b>U<sub>N</sub></b>	<b>400</b>	<b>V</b>	
Couplages électrique	-	$\Delta$	-	
Mode de démarrage	<b>Direct ou Y/<math>\Delta</math> (690 /400 V)</b>			
Fréquence	<b>F</b>	<b>50</b>	<b>Hz</b>	
Couant absorbé	<b>I<sub>N</sub></b>	<b>545</b>	<b>A</b>	
Rendement	<b>H</b>	<b>96</b>	<b>%</b>	
Factur puissance	<b>Cos <math>\varphi</math></b>	<b>0.88</b>	-	
Couple nominal	<b>C<sub>N</sub></b>	<b>2060</b>	<b>Nm</b>	
Courant au démarrage/ Courant nominal	<b>I<sub>d</sub> /I<sub>n</sub></b>	<b>7.0</b>	-	
Couple au démarrage/ Couple nominal	<b>C<sub>d</sub> /C<sub>n</sub></b>	<b>2.2</b>	-	
Couple maximal/couple nominale	<b>C<sub>max</sub> /C<sub>n</sub></b>	<b>2.4</b>	-	
Classe de couple	<b>CI</b>	<b>13</b>	-	
Température Ambiante	<b>T<sub>amb</sub></b>	<b>40</b>	<b>°C</b>	
Altitude	-	<b>1000</b>	<b>M</b>	

Classe d'isolation	F (155 °C)	
Services	S1 (continu)	
<b>CARACTERISTIQUES MECANIQUE (CONSTRUCTION)</b>		
Formes construction	B3, B5	
Degrés de protection	IP 55	
Refroidissement et Ventilation	Ventilateur extérieur centrifuge, pour les deux sens de rotation.	
Equilibrage mécanique	Rotor équilibré dynamiquement avec clavettes	
Paliers cotés Det N	Roulement à rouleaux cylindrique NU224 C3 (cote D)	
D : Coté bout déarbre et	Roulement à bille 6220 C4 (coté N) ;	
N : Cote ventilation	Roulement à rouleaux cylindrique NU220 C3 (coté N).	
	Paliers équipés de graisseurs.	
Boite à bornes	Degré de protection IP 55	
	Position à droite ( vu du cote D ), orientable 02 diriction (180°).	
	2 plaques à trios bornes (en laiton), filtage M16.	
	Deux entrées de cables M72	
	Borne de masse à l'intérieur de la boite	
Moment d'inertie J	13 Kg m <sup>2</sup>	
Poids net	1910 Kg	
Peinture de finition	Gris pierre, RAL 7030	

**Tableau 4** : Fiche technique du moteur 404- 4

### III.4. Etude des contraintes (cisaillement, flexion et torsion)

#### III.4.1. Contrainte de cisaillement pour les vis de la bride et les clavettes

##### III.4.1.1. Calcul du cisaillement pour les vis

On suppose que l'on est dans les conditions de cisaillement pur pour la vis **M16** et que les contraintes sont uniformément réparties dans la section **S**

Soient :

**F** = intensité de l'effort de cisaillement en Newton

**S** = la surface d'une section droite parallèle à la direction de l'effort **F** en mm<sup>2</sup>

La contrainte tangentielle  $\tau$  dans la section considérée est calculée comme suit :

$$\tau = F/S$$

#### Vérification de contrainte

Vérification d'une section soumise à la contrainte de cisaillement

Soit la condition de résistance  $\tau = F/S \leq [\tau] adm$

Avec  $[\tau] adm = Reg/s$

$[\tau] adm$  = limite d'élasticité du matériau utilise

Reg = résistance élastique

s= coefficient de sécurité

➤ Application numérique :

Le poids de moteur  $p=2240$  Kg

La gravité  $g=10m/s^2$

#### Calcul de la force et la surface de la vis :

$$F = P * g$$

➤ AN :  $F = 2240 * 10$

D'où :

$F = 22400 N$
---------------

- La surface :

$$S = \pi d^2 / 4 \text{ mm}^2$$

➤ AN :  $S = 3.14 * 576 / 4$

$$\tau = 22400 / 452.16$$

$$S = 452.16 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$\tau = 49.53 \text{ mm}^2$$

Après avoir calculé la contrainte de cisaillement pour une seule vis, on calculera maintenant cette contrainte pour 8 vis (car la bride contient 8 vis).

La contrainte tangentielle sera donc :

$$\tau = F / 8S$$

La force sera donc

$$T = F / 8$$

➤ AN :  $T = 22400 / 8$

$$T = 2800 \text{ N}$$

➤ AN :  $\tau = 2800 / 452.16$

$$\tau = 6.19 \text{ N / mm}^2$$

On a:  $[\tau]_{adm} = Reg / s$

Avec  $s = 3$  et  $Reg = 210 \text{ N / mm}^2$

➤ AN :  $[\tau]_{adm} = 70 \text{ N / mm}^2$

$$\tau = 6 \leq [\tau]_{adm} = 70 \text{ N / mm}^2 \quad \longrightarrow \quad \text{Condition vérifiée}$$

De là on déduit que les vis utilisés résistent au cisaillement.

#### III.4.1.2 Contrainte de cisaillement pour les clavettes

Le rotor transmet à l'arbre de diamètre 100 mm un mouvement relatif. L'assemblage est réalisé par une clavette longitudinale centrale.

La liaison en rotation entre le rotor et le stator est obtenue par une clavette parallèle centrale dont les dimensions sont énumérées ci-dessous

Clavette parallèle  $a \times b \times L$ ,

$a = 25 \text{ mm}$   $a$  : Largeur de clavette

$b = 14 \text{ mm}$   $b$  : Hauteur de la clavette

$l = 600 \text{ mm}$   $l$  : Longueur de la clavette

Pour vérifier, si la clavette résiste, nous devons en premier lieu, déterminer la contrainte de cisaillement.

Données

$P_U = 315 \text{ Kw}$

$P_U$  : Puissance de moteur en kilowatts

$N = 1490 \text{ Tr/min}$

$N$  : Nombre de tour par minute de l'arbre

On a la puissance du moteur (P)

$$P_U = C * \omega \quad (*)$$

$C$  : couple moteur en (N.m)

$\omega$  : vitesse angulaire en (rad/s)

D'après la formule (\*) on obtient :

$$C = \frac{P_U}{\omega}$$

$C = 2019.87 \text{ (N.m)}$
-----------------------------

Avec  $\omega = 2\pi N/60 = 155.95 \text{ (rad/s)}$

Le couple moteur (C)

$$C = Ft * \frac{D}{2}$$

$Ft$  : L'effort de cisaillement en (N)

$D$  : diamètre de l'arbre en (mm)

D'après la formule (\*) on obtient :

$$Ft = \frac{2C}{D} = \frac{2 * 2019.87}{100 * 10^{-3}}$$

$$Ft = 3119 \text{ N}$$

**Contrainte de cisaillement s'écrit :**

$$\tau = \frac{Ft}{s} \quad (**)$$

$\tau$  : Contrainte de cisaillement en (N/mm<sup>2</sup>) ou (Mpa)

S : Surface de la section droite en (mm<sup>2</sup>)

**Condition de résistance**

Pour des raisons de sécurité, la contrainte de cisaillement doit rester inférieure à une valeur appelée résistance pratique au glissement.

Résistance pratique au glissement :

$$Rpg = \frac{Rg}{k}$$

L' limite élastique au glissement :

$$Rg = 0.5Re$$

La condition de résistance s'écrit :

$$\tau \leq Rpg \quad \text{Ou}$$

$$\frac{Ft}{s} \leq \frac{0.5Re}{k}$$

Avec :

Re : limite élastique en (N/mm<sup>2</sup>) ou (Mpa)

K : Coefficient de sécurité

S : Surface de la clavette (largeur \* longueur)

D'après la formule (\*\*)

$$\tau = \frac{3119}{25 * 600} = 0.20 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 0.20 \text{ N/mm}^2$$

$$Rpg = 0.5 \frac{580}{5} = 58 \text{ N/mm}^2$$

$$Rpg = 58 \text{ N/mm}^2$$



D'après la formule :

$$\tau = \frac{Ft}{s}$$

On obtient :

$$\tau = \frac{3119}{22 * 70}$$

$$\tau = 2.02 \text{ N/mm}^2$$

$$Rpg = 0.5 \frac{580}{5} = 58 \text{ N/mm}^2$$

$$Rpg = 58 \text{ N/mm}^2$$

Donc  $\tau \leq Rpg$

On conclue d'après les résultats obtenus que la condition de résistance est vérifiée pour la clavette du côté ventilateur.

### III.4.2 Contrainte de flexion appliquée sur l'arbre :

Soit la condition de résistance

$$\sigma \leq [\sigma]adm$$

Avec  $\sigma = Mf(I/y)$  et  $I = \pi D^4/64$   
 $y = D/2$

#### Calcul des réaction d'appuis

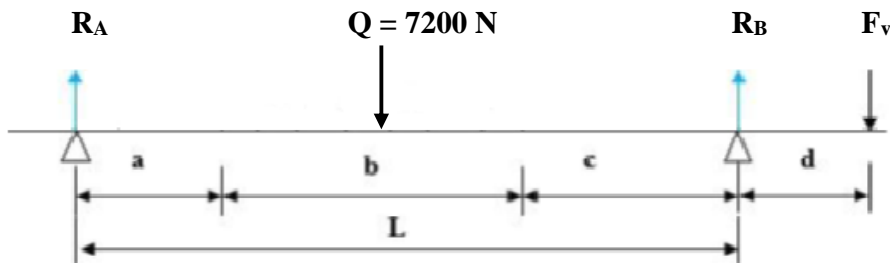


Figure 46 : Schéma des forces appliquées sur l'arbre

Données

$Q$  : la force du rotor appliquée sur l'arbre.

$F_V$  : la force du ventilateur appliquée sur l'arbre

$R_A$  et  $R_B$  : les réactions de l'arbre.

$L= 873$  mm;  $a= 146.5$  mm;  $b= 592$  mm;  $c= 134.5$  mm;  $d= 199.5$  mm;  $F_V = 160$  N

$$\overrightarrow{\Sigma F_{ext}} = \overrightarrow{0}$$

$$\overrightarrow{\Sigma F_{ext}} = \overrightarrow{R_A} + \overrightarrow{R_B} + \overrightarrow{F_V} + \overrightarrow{Q} = \overrightarrow{0};$$

$$\Sigma F_{ext} = 0 \iff R_A + R_B - F_V - Q = 0$$

$$R_A + R_B = F_V + Q$$

$$R_A = Q - R_B + F_V \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_{ext} = 0 \quad \text{à } A=0$$

$$\Sigma M_{ext/A} = 0 \iff Q * \left(\frac{b}{2} + a\right) + R_{AY} * (a + b + c) - F_V * (a + b + c + d) = 0 \dots\dots(2)$$

$$R_B = \frac{Q * \left(\frac{b}{2} + a\right) + F_V(a + b + c + d)}{a + b + c}$$

$$R_B = \frac{7200 * \left(\frac{592}{2} + 146.5\right) + 160 * (146.5 + 592 + 134.5 + 199.5)}{146.5 + 592 + 134.5}$$

$$R_B = 3846.04 \text{ N}$$

Pour  $R_{AY}$  on remplace la valeur de  $R_{AB}$  dans la 1ère équation et on obtient

$$R_A + R_B = F_V + Q$$

$$\iff R_A = F_V + Q - R_B$$

$$\iff R_A = 160 + 7200 - 3846.04$$

$$\iff R_A = 3513.96 \text{ N}$$

### Calcul du moment de flexion

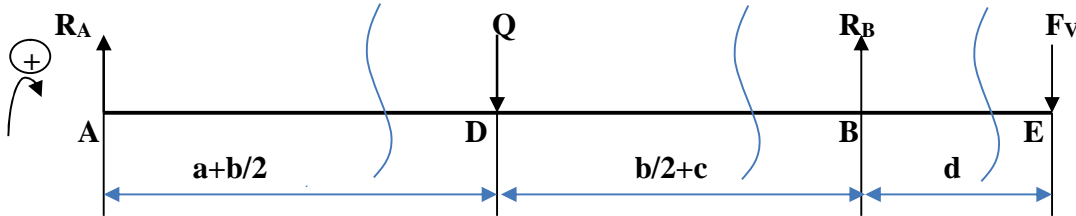


Figure 47 : Schéma des moments de flexion

Zone (1) au point D

$$Mf_D = R_A \left( a + \frac{b}{2} \right)$$

$$Mf_D = 3513.96 ( 0,1465 + 0.296 )$$

$$Mf_D = 1554.92 \text{ N.m}$$

Zone (2) au point B

$$Mf_B = R_A \left[ \left( a + \frac{b}{2} \right) + \left( c + \frac{b}{2} \right) \right] - Q \left( c + \frac{b}{2} \right)$$

$$Mf_B = R_A ( a + b + c ) - Q \left( c + \frac{b}{2} \right)$$

$$Mf_B = 3513.96 ( 0.1465 + 0.592 + 0.1345 ) - 7200 \left( 0.1345 + \frac{0.592}{2} \right)$$

$$Mf_B = -31.92 \text{ N.m}$$

Zone (3) au point E

$$Mf_E = R_A ( L + d ) - Q \left( \frac{b}{2} + c + d \right) + R_B d$$

$$Mf_E = ( 3513.96 * 1.0725 ) - 7200 \left( \frac{0.592}{2} + 0.1345 + 0.1995 \right) + ( 3846.04 * 0.1995 )$$

$$Mf_E = 0$$

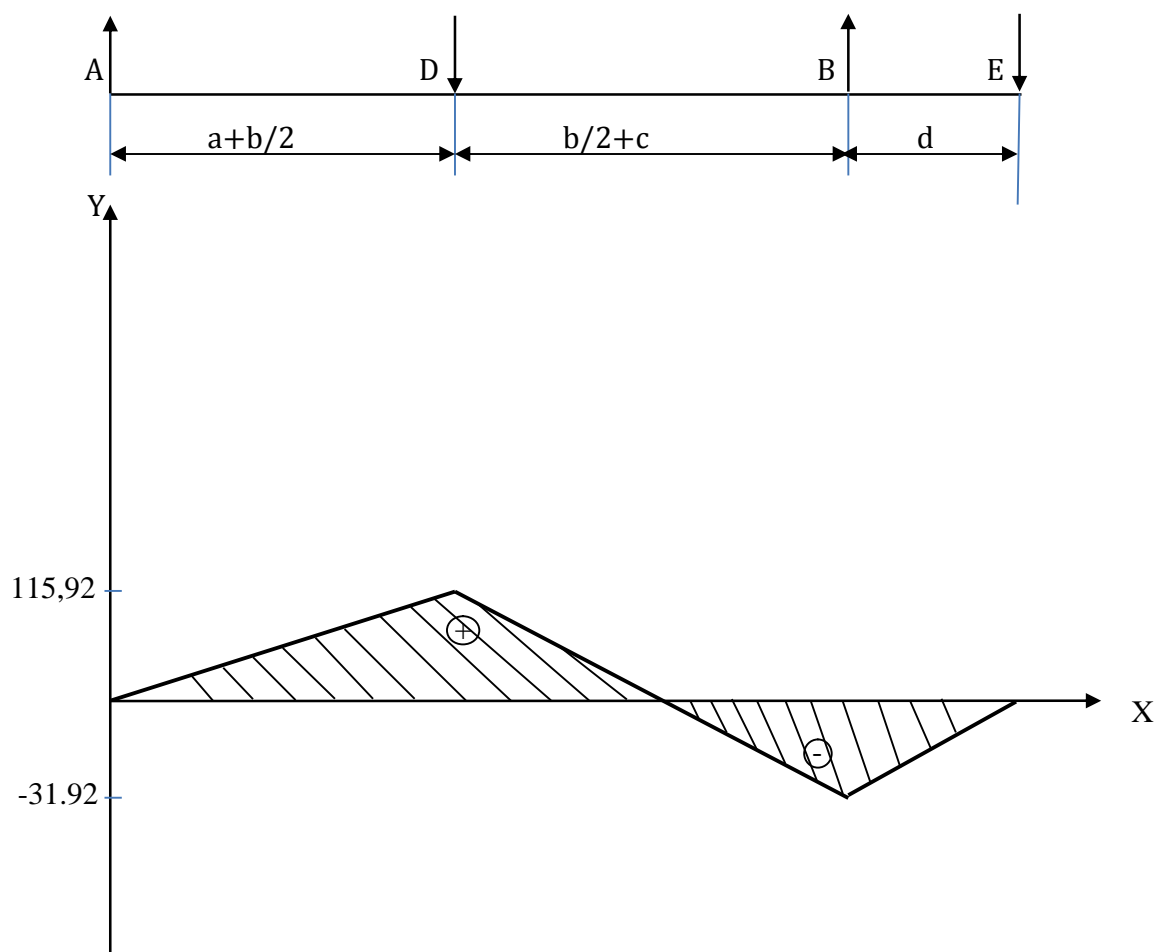
**Diagramme des moments flichissant**

$$M_{f_A} = 0 \text{ en point A}$$

$$M_{f_D} = 1554.92 \text{ N.m en point D}$$

$$M_{f_B} = -31.92 \text{ N.m en point B}$$

$$M_{f_E} = 0 \text{ en point E}$$

**Figure 48 :** Diagramme des moments flichissant

**On calcule le moment idial  $M_I$**

$$c = Mt = 2019.87 N.m$$

$$Mf_{max} = 1554.92 N.m$$

$$M_I = \sqrt{Mf_{max}^2 + Mt^2}$$

$$M_I = \sqrt{(1554.92)^2 + (2019.87)^2}$$

$$M_I = 2549.049 N.m$$

**Vérification de la condition de résistance**

$$\sigma_{max} \leq \frac{M_I}{I/2} \leq R_P$$

$$\text{Avec } I = (\pi D^4 / 64) \quad \text{et} \quad r = d/2$$

$$I/r = \pi D^3 / 32$$

$$I/r = [3,14 * d^3] / 32$$

$$\frac{I}{r} = 0.1 d^3$$

On a R

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{10M_I}{R_P}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{25490.49 * 10^3}{120}}$$

$$d \geq 59.6 \text{ mm}$$

Donc la condition vérifie

**Vérification de la clavette en matage**

$$\sigma = \frac{T}{\frac{b}{2} l} \leq [\sigma]$$

Avec  $\Phi = 100 \text{ mm}$

$$a = 25 \text{ mm}$$

$$b = 14 \text{ mm}$$

$$l = 600 \text{ mm}$$

$$T = 3119 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{3119}{\frac{14}{2} 600} \leq [\sigma]$$

$$\sigma = 0.74 \text{ N mm}^2$$

On a :  $R_{pg} \approx 0.5 R_p$

$$R_p = 70 / 0.5 = 140 \text{ N mm}^2$$

Donc la condition vérifie

**III.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons calculé la résistance des pièces principales du moteur électrique à bride B5 , après cette étude on a déduit que ces dernières résistent et sont conforme à ce type de moteur.

## **Conclusion générale**

## **CONCLUSION GENERALE**

La présente étude effectuée dans ce projet nous a donné non seulement l'opportunité d'élargir et d'acquérir des connaissances dans le domaine de la fabrication des moteurs électriques mais aussi, de nous initier aux logiciels de CAO tel que SolidWorks.

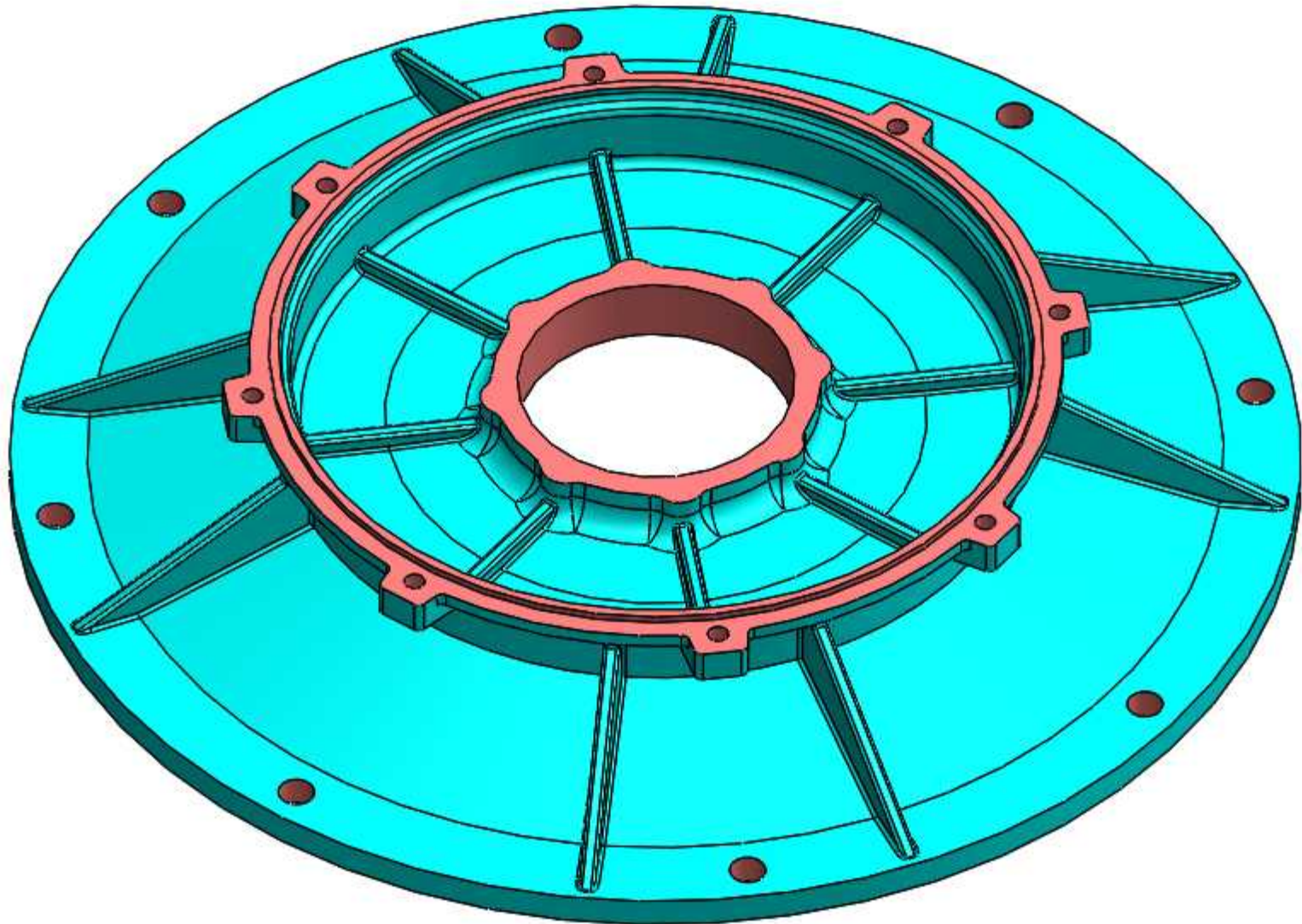
L'élaboration de ce projet nous a donné une perspective sur le monde du travail dans les grandes entreprises telle que l'ELECTRO-INDUSTRIE.

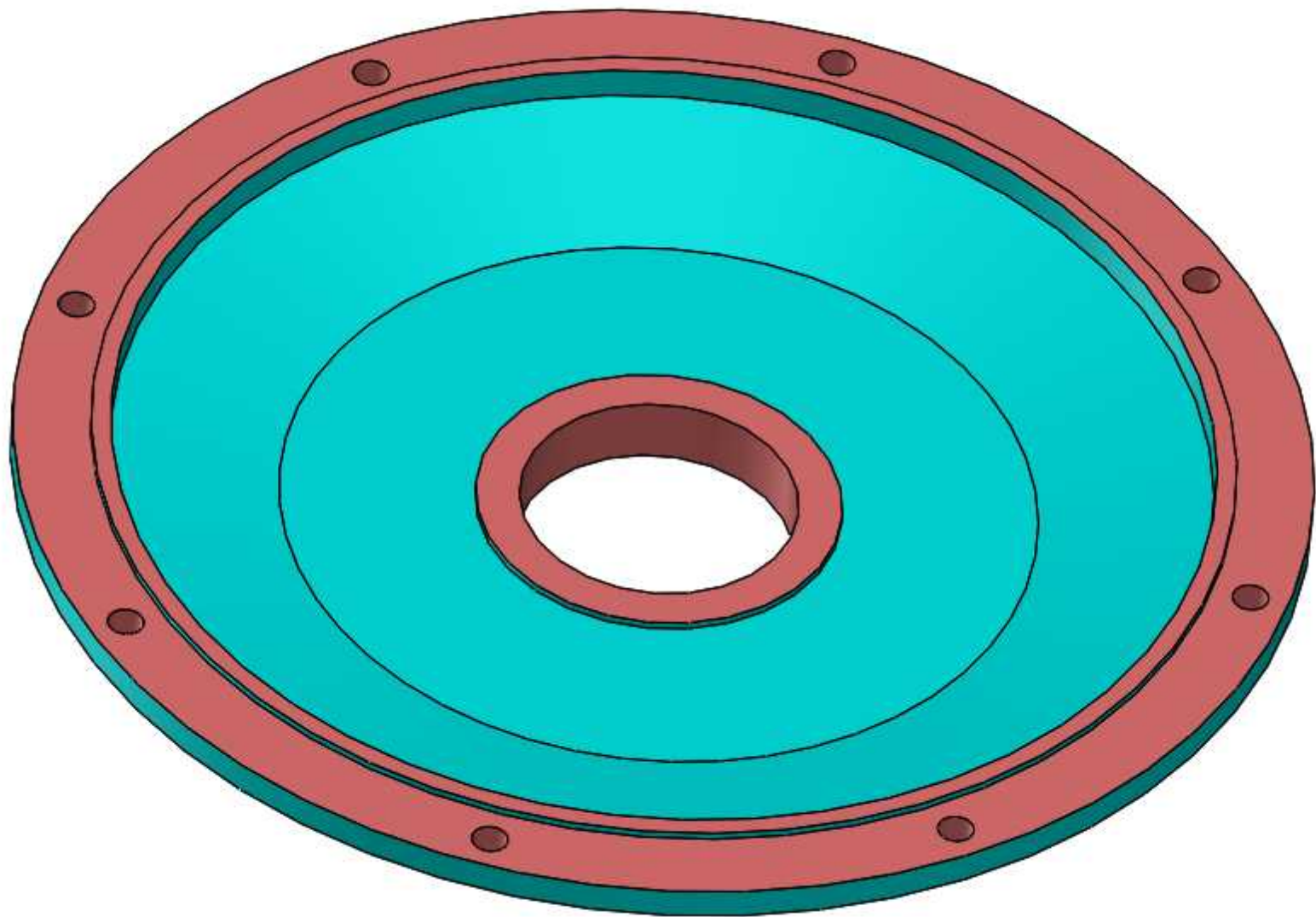
Le stage que nous avons effectué au sien de cette entreprise nous a été d'une grande importance et nous a donné l'opportunité d'élargir nos connaissances dans le domaine de la conception.

Nous avons ainsi, répondu au cahier des charges exigé par cette entreprise qui est l'étude et la conception d'une bride B5 afin de remplacer le flasque du moteur électrique 315 Kw. Ce qui permettra de satisfaire la demande de bureau d'étude; Cette conception est réalisée par le logiciel SolidWorks.

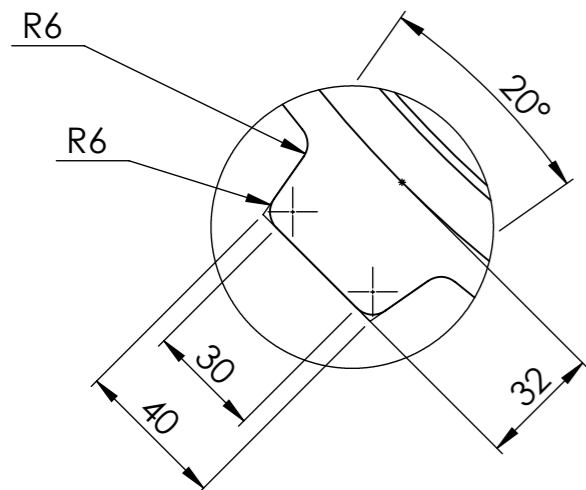
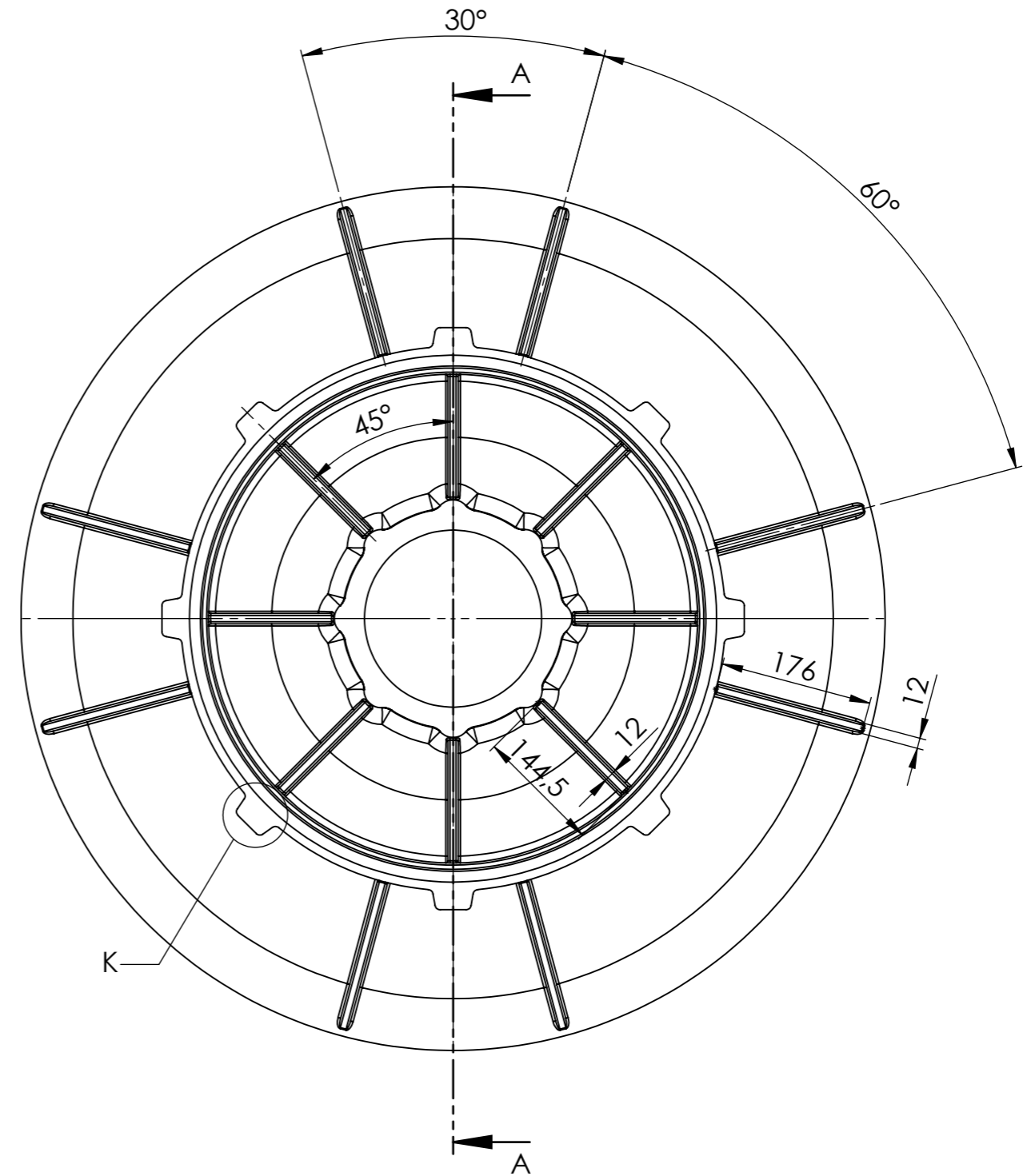
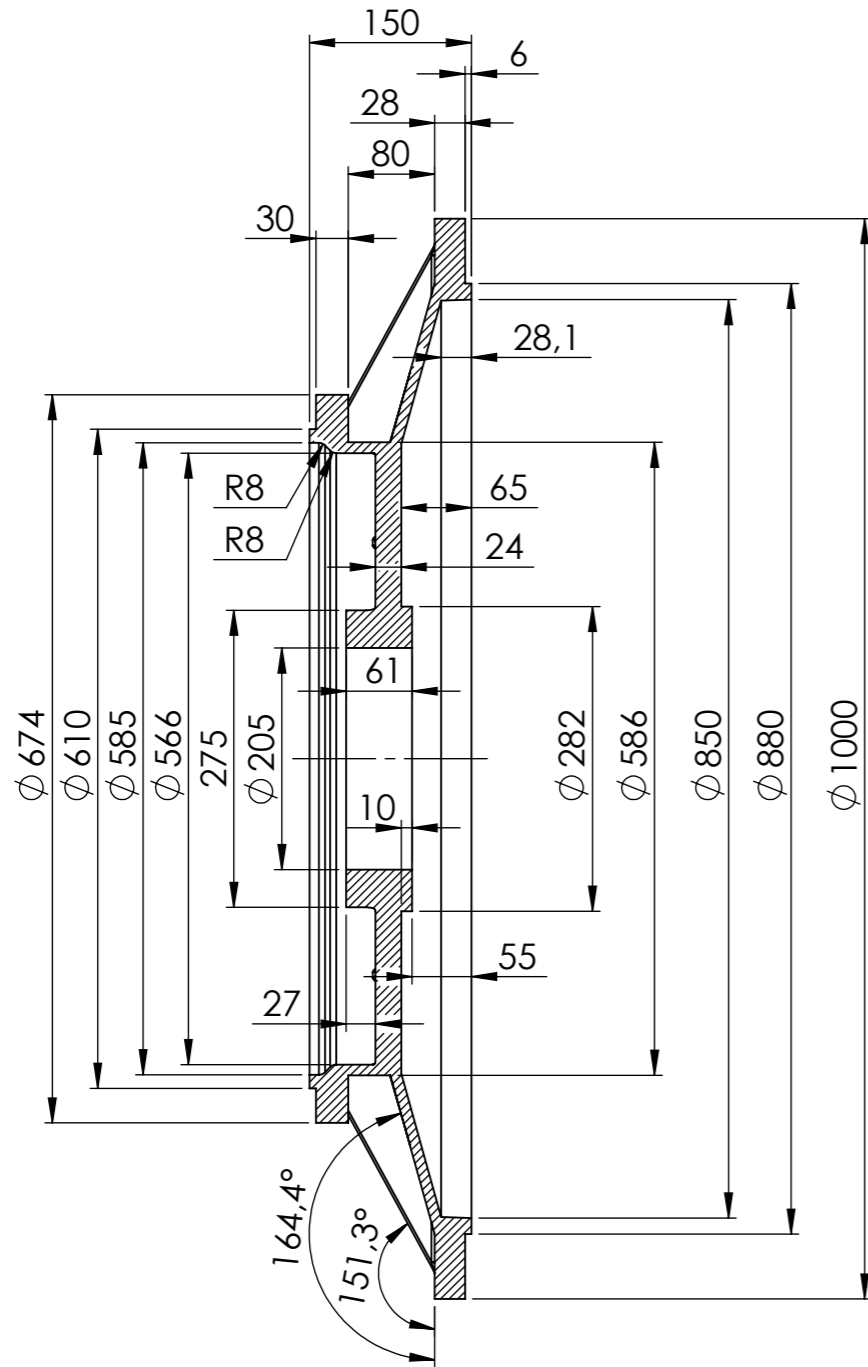
Le calcul de résistance des différentes pièces a été effectué et les résultats trouvés sont concluants.

Nous souhaitons que ce modeste travail va servir comme un guide aux étudiants(es) de notre département et aussi à d'autres travaux.





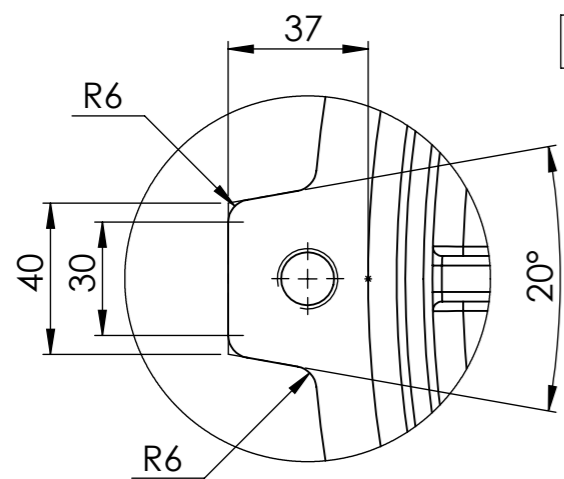
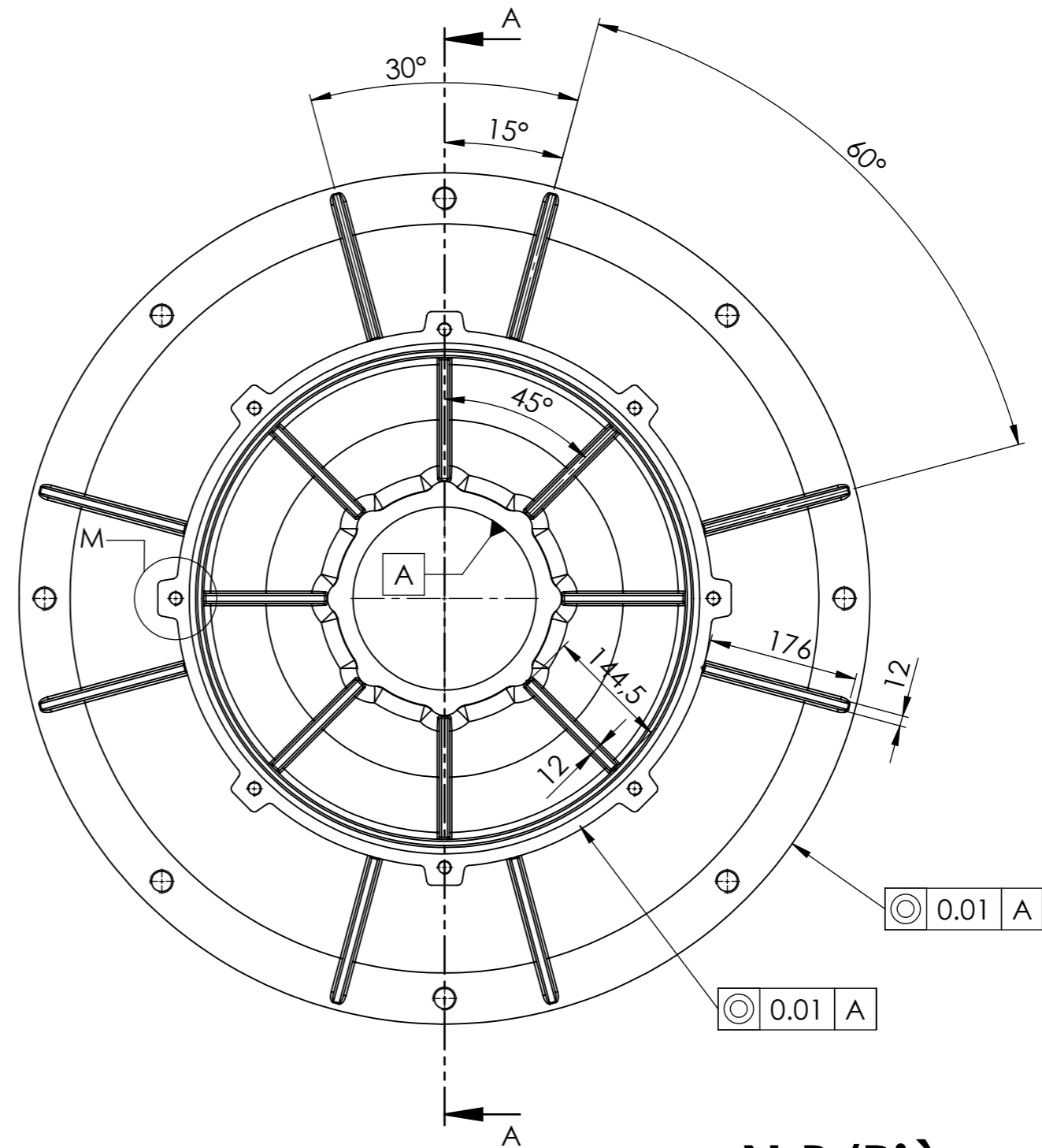
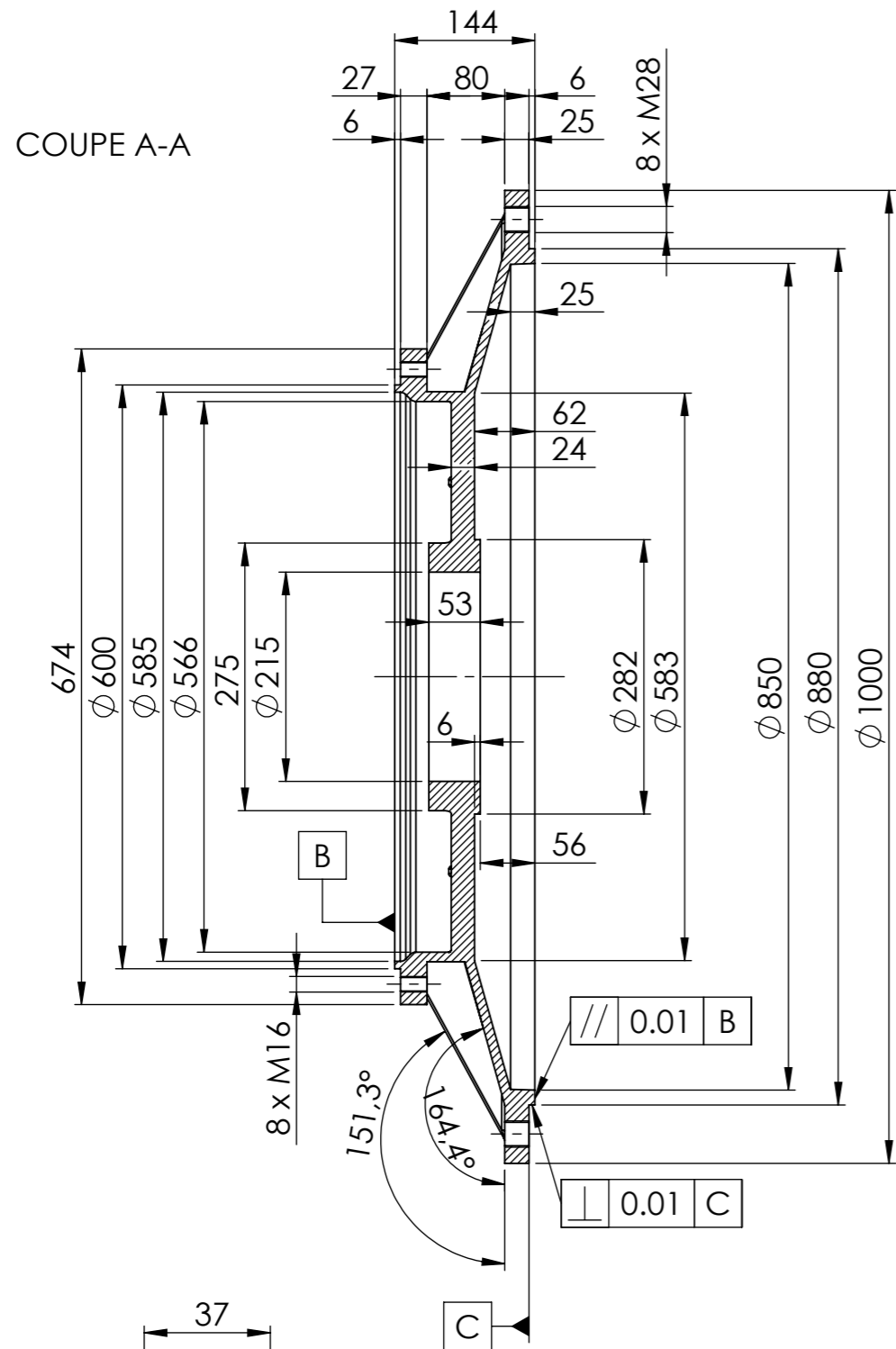
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 7



DÉTAIL K  
ECHELLE 1 : 2

**N.B/ Pièce moulée (avant usinage)**

NBR	REP	désignation	matière	observation
		Bride	Fonte GG20	
ECHELLE 1 : 7		panneau d'habillage		
		<b>Moteur Electrique</b>		RAHMI Karima
A3		FGC - GM - UMMTO		Promo / 2019-2020
				M2 CM



DÉTAIL M  
ECHELLE 1 : 2

**N.B/Pièce usinée**

NBR	RPR	Désignation	Matière	Observation
		Bride	Fonte GG20	
Echelle 1:7		Panneau d'abillage <b>Moteur Electrique</b>		RAHMI Karima
				Promo / 2019-2020
A3			FGC -GM - UMMTO	M2 CM

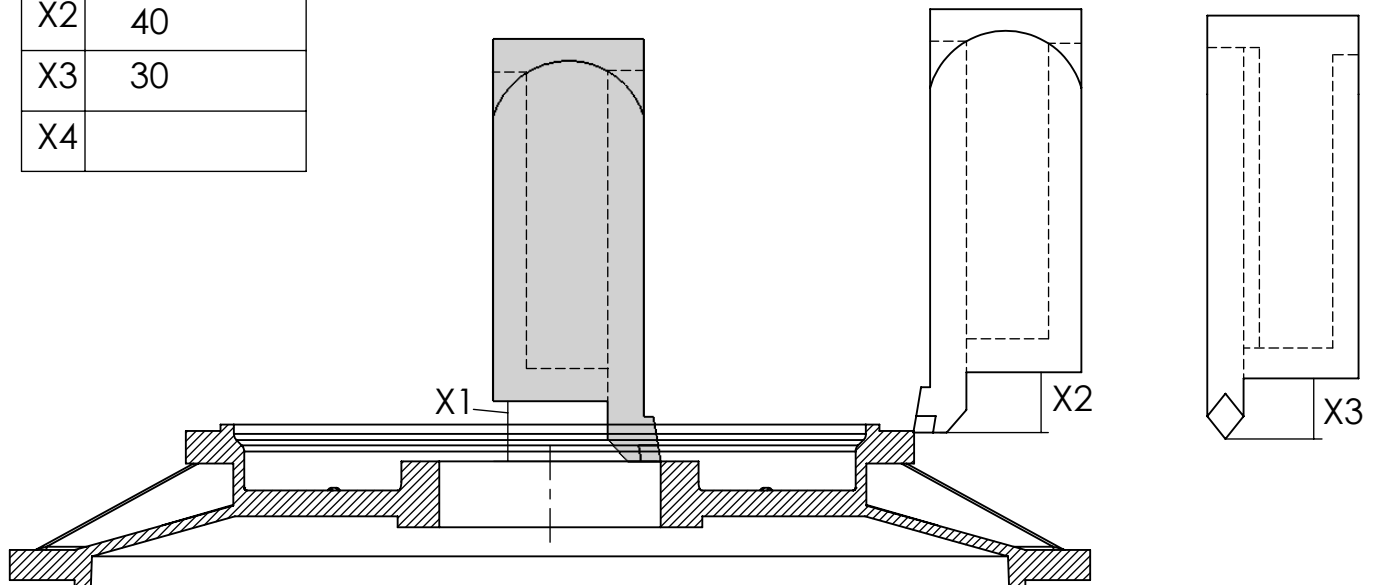




<b>UMMTO</b> <b>Promo :</b> <b>2019-2020</b>	<b>Projet</b> Panneau d'abillage Moteur Electrique	N°
		Feuille 3/4
		Date 26-08-21

<b>Pièce : Bride</b>	Sous-phase III
	N° de montage

Cotes de réglage	
X1	50-80
X2	40
X3	30
X4	



			Pièce		Tournage			Avance
N°	Opération	Outil.	◇ Surface	Longueur + dépasement	Nbr passe	Prof. passe	N tr/min	S mm/tr
01	Dressage definition	04		8+3	01	0.5	53	0.25
02	Tournage d'ébauche	04		6+3	01	0.25	53	0.25
03	Tournage de finition	04		6+3	01	0.25	53	0.25
04	Tournage à 45°	05		1+1	01	-	53	0.25
05	Tournage à 45°	05		1+1	01	-	150	0.25
06	Dressage de finition	06		28+4	01	0.5	125	0.25
07	Perçage d'ébauche	06		44+3	01	0.25	125	0.25
08	Perçage de finition	06		44+3	01	0.25	125	0.25



## *Bibliographique*

### **Livre :**

[1] - Chevalier (guide de dessin industriel), édition 2004

### **Documentations :**

[2] - Documentation existante à l'ENEL

[3] – Norme internationale international standard CEI IEC 72-3 première édition frist édition 1994-03.

[4] - Communication technique: LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE - BEP METIERS DE L'ELECTROTECHNIQUE LP DES CARTES 76400 FECAM.

[5] – Mémoire de fin d'étude promotion 2018-2019, étude et conception un moteur électrique à bride B5 (AIT RAHMANE Yasmine et GHERSI Tassadit).

[6] - Mémoire de fin d'étude promotion 2016-2017, calcule et dimensionnement du moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil 223-4 ; de puissance  $p=45$  kW. 4 pôles (Mr NZOGANG K.Marcelin, Mr KOURAOGO B.David).

[7]-Mémoire de fin d'étude promotion 2016-2017, Etude et Conception d'un moule d'injection d'alliage d'aluminium pour un flasque-bride d'un moteur électrique B5-A106/107-2 (Mr AMMOUR Redouane, Mr IKERROUIENE Djaffar).

[8] – Matériaux 2. Microstructures et procédés de mise en œuvre 4<sup>e</sup> édition (Michael F. Ashby et David R. H. Jones)

[9] – La Microstructure des fontes, Genèse et interprétation (Madeleine Durand-charre)

### **Sites internet :**

[8] - <http://genie.industriel.iaa.free.fr>

[9] - <http://electrotec.over-blog.com/article-machines-electriques-les-moteurs-electriques97099271.html>

[10] – [www.electro-industrie.com](http://www.electro-industrie.com)