



Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique spécialité :

Electrotechnique

## Mémoire de Fin de Cycle

En vue d'obtention d'un diplôme Master en Electrotechnique

Option :

Electrotechnique industrielle.

**Sous le thème**

---

*Dimensionnement d'une armoire électrique d'alimentation des groupes électropompes de soutirage des huiles brutes*

---

**Réalisé par :**

- Mr. GOUCHENE Zine eddine
- Mr. BERKATI Nacer eddine

**Encadrés par :**

- Mr. BABOURI Rabah

**Tuteur de stage :**

- Mr. CHERFAOUI Fouzi

**Année Universitaire : 2021/2022**

# *Remerciements*

*Nous remercions Dieu, le tout puissant pour nous avoir donné le courage d'avancer et d'achever ce travail. Nous exprimons notre respect et notre gratitude à M<sup>r</sup> BABOURI, pour avoir accepté de nous encadrer et pour avoir suivi notre travail avec bienveillance.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères à M<sup>r</sup> CHERFAOUI Fouzi pour nous avoir encadrés durant notre stage au niveau du complexe Cevital.*

*Un merci sincère est adressé à nos enseignants, qui nous ont accompagnées tout au long du premier semestre.*

*Sans oublier de remercier les personnes les plus importantes dans nos vies, nos très chers parents, pour leur soutien et leur amour inconditionnels. Un immense merci à vous.*

*Enfin un merci venant du fond du cœur à toute personne ayant contribué de près et de loin à la réalisation de ce travail.*



# dedicace

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté :

A mes chers parents, source de tendresse

De noblesse et d'affectation.

A mes frères, mes sœurs en témoignage de la fraternité,

Mes souhaits de bonheur de santé et du succès. Et à tous les membres de la famille. A tous mes enseignants et mes amis Et à tous qui compulse ce modeste travail.

GOUCHENE Zine eddine



# dedicace

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté :

A mes chers parents, source de tendresse

De noblesse et d'affectation.

A mes frères, mes sœurs en témoignage de la fraternité,

Mes souhaits de bonheur de santé et du succès. Et à tous les membres de la famille. A tous mes enseignants et mes amis Et à tous qui compulse ce modeste travail.

BERKATI Nacer eddine

# Sommaire

---

## Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

### **Préambule : Présentation du complexe CEVITAL**

1 Introduction .....	2
2 Historique .....	2
3 Missions et objectifs .....	2
4 Activités de CEVITAL.....	3
5 Situation géographique.....	3
6 Organigramme du complexe CEVITAL .....	4
7 Les unités de production.....	5
7.1 Raffinerie d'huile .....	5
7.2 Margarinerie .....	5
7.3 Raffinerie de sucre.....	5
7.4 Stockage de la matière première.....	5
7.5 Unité Energie et utilités .....	5
8 Présentation du raffinage des huiles .....	6
8.1 Définition du raffinage .....	6
8.2 Objectifs du raffinage .....	6
8.3 Structures de la raffinerie d'huile .....	7
8.4 Les étapes du raffinage des huiles .....	7
8.4.1 La neutralisation .....	8
8.4.2 La décoloration.....	8
8.4.3 La désodorisation .....	8
9 Conclusion.....	10

### **Chapitre 1 : Contexte et problématique**

I.1 Introduction.....	11
I.2 Présentation des huiles brutes .....	11
I.3 Etude capacité installé aussi du besoin du futur .....	11
I.3.1 Huile fluide .....	11
I.3.2 huile margarine .....	12
I.3.3 huile acide .....	13

# Sommaire

---

I.4 la problématique ainsi que la solution .....	14
I.4.1 le Problème .....	14
I.4.2 La Solution : .....	15
I.5 Mise en place du cahier de charge pour la nouvelle armoire .....	15
I.5.1 Pourquoi un cahier des charges ? .....	15
I.5.2 Définition de cahier des charges .....	15
I.5.3 Rédiger un cahier des charges .....	15
I.6 Conclusion .....	16

## **Chapitre 2 : Principe de fonctionnement des groupes électropompes**

II.1 introduction .....	17
II.2 le groupe Motopompe .....	17
II.2 Définition .....	17
II.3 Description .....	17
II.4 La partie hydraulique (La pompe) .....	18
II.4.1 Définition .....	18
II.4.2 Utilisation .....	18
II.4.3 Classification des pompes .....	18
II.4.4 Pompe volumétrique .....	18
II.4.4.1 Principe de fonctionnement .....	18
II.5 Les pompes centrifuges .....	19
II.5.1 Définition .....	19
II.5.2 Description : .....	19
II.5.3 Classification .....	20
II.5.4 Les paramètres qui caractérisent le fonctionnement des pompes centrifuges .....	21
II.5.5 Le débit .....	21
II.5.6 La hauteur produite .....	21
II.5.7 La vitesse de rotation .....	21
II.5.8 La vitesse spécifique .....	21
II.6 La partie thermique ou électrique (Le Moteur) .....	21
II.6.1 Généralité .....	21
II.6.2 Moteur électrique .....	22
II.6.2.1 Définition .....	22
II.6.2.2 Description .....	22

## Sommaire

---

II.6.2.3 Types de machines électriques .....	23
II.7 Les machines asynchrones .....	23
II.7.1 Définition.....	23
II.7.2 Description.....	24
II.7.3 Principe de fonctionnement .....	25
II.7.4 Glissement, couple, caractéristiques.....	26
II.7.4.1 Glissement .....	26
II.7.4.2 Le couple .....	26
II.7.4.3 Caractéristique .....	26
II.7.5 Bilan énergétique de la machine asynchrone .....	27
II.7.5.1 Puissance électrique absorbée .....	27
II.7.5.2 Pertes par effet joule au stator (pjs).....	27
II.7.5.3 Pertes fer au stator (Pfs).....	27
II.7.5.4 Puissance transmise (Ptr).....	27
II.7.5.5 Moment du couple électromagnétique (Cem) .....	28
II.7.5.6 Puissance mécanique (Pm) .....	28
II.7.5.7 Pertes Joule et pertes fer rotoriques (pjr et Pfr) .....	28
II.7.5.8 Pertes mécanique (pmec).....	28
II.7.5.9 Bilan de puissance .....	28
II.8 Conclusion .....	29

### **Chapitre III : Dimensionnement de l'armoire de commande**

III.1 Introduction .....	30
III.2 Les étapes de réalisation d'une armoire électrique.....	30
III.3 Collecte d'information de la raffinerie de l'huile.....	31
III.3.1 Tableau .....	31
III.4 Choix des organes de commande .....	31
III.5 Choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC) .....	32
III.6 Choix du démarrage des moteurs .....	33
III.6.1. Le démarrage direct.....	33
III.6.2 Démarrage avec le démarreur électronique altistart 22.....	34
III.6.2.1 Objectifs du démarreur progressif.....	34
III.6.2.2 Principe de fonctionnement.....	35
III.7 Synoptique général (Schéma unifilaire).....	35

## Sommaire

---

III.7.1 schéma unifilaire de l'installation .....	36
III.8 Calcul du courant d'emploi IB .....	37
III.9 Méthodologie de calcul du Bilan de puissance .....	37
III.9.1 Elaboration d'un bilan de puissance .....	37
III.9.2 Puissance installée .....	37
III.9.3 Puissance utilisée .....	38
III.9.4 Facteur d'utilisation $K_u$ .....	38
III.9.5 Facteur de simultanéité $K_s$ .....	38
III.9.6 Facteur d'extension $K_e$ .....	39
III.9.7 Détermination du facteur de puissance total .....	39
III.9.8 Dimensionnement des transformateurs .....	39
III.10 Calcul du bilan de puissance de l'installation.....	39
III.10.1 Calcul de la puissance installée .....	39
III.11.1.1 calcule pour l'électropompe M 37kw.....	39
III.11 Calcul de la section des conducteurs.....	40
III.11.1 Dans le domaine domestique.....	41
III.11.2 Dans le domaine industriel.....	41
III.11.3 Constitution d'un conducteur électrique .....	41
III.12 Les étapes à suivre pour déterminer la section de câble .....	41
III.12.1 détermination de la lettre de sélection.....	44
III.12.2 Le facteur qui prend en compte le mode de pose $K_1$ .....	44
III.12.3 Le facteur qui prend en compte l'influence des circuits placés côte à côte $K_2$ .....	45
III.12.4 Le facteur qui prend en compte la température et la nature de l'isolant $K_3$ .....	45
III.13 Calcul des chutes de tension.....	48
III.14 Calcul des courants de court-circuit .....	51
III.14.1 Définition du courant de court-circuit .....	51
III.14.2 Causes d'un court-circuit .....	51
III.14.3 Conséquences du défaut de court-circuit.....	51
III.14.4 Nécessité de calcul des courants de court-circuit .....	51
III.14.5 Le courant maximal de court-circuit qui détermine .....	51
III.14.6 Caractéristiques des courts-circuits .....	52
III.14.7 Différents types de court-circuit.....	52
III.15 Déterminer résistances et réactances de chaque partie de l'installation.....	55



## Sommaire

---

III.15.2 Impédance interne du transformateur .....	55
III.15.3 Impédance des liaisons .....	56
III.15.4 Impédance des Jeux de barres .....	57
III.15.5 Impédance des machines tournantes .....	57
III.16 La Solution .....	59
III.16.1 Disjoncteur principale .....	59
III.16.2 Disjoncteur moteurs magnétothermique .....	60
III.16.3 Contacteur .....	61
III.16.4 Démarreur progressif.....	62
III.16.5 Aérateur .....	62
III.16.6 Thermostat.....	63
III.16.7 Chauffage .....	63
III.16.8 Voyants.....	63
III.16.9 Arrêt d'urgence .....	63
III.16.10 Automate programmable.....	64
III.16.11 Relis oméga électrique : .....	65
III.16.12 Goulotte électrique .....	65
III.16.13 Répartiteur électrique .....	65
III.17 La sélectivité .....	66
III.17.1 Sélectivité totale .....	66
III.17.2 Sélectivité partielle .....	66
III.18 Protection des moteurs électrique .....	67
III.19 la protection des personnes .....	67
III.19.1 Règle de temps de coupure.....	69
III.19.2 Règle du pouvoir de coupure.....	69
III.19.3 Technique de protection .....	70
III.20 Principales caractéristiques du régime TNC .....	70
III.21 Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.....	70
III.22 Le choix de l'armoire .....	71
III.23 Essai .....	72
III.24 Conclusion.....	72
Conclusion générale .....	73

# Liste des figures

---

## Liste des figures :

Figure 1 : Situation géographique et plan de masse .....	3
Figure 2 : Station de raffinage d'huile .....	6
Figure 3 : Organigramme des lignes A et B .....	7
Figure 4 : Raffinage par voie chimique.....	9
Figure 5 : Raffinage par distillation neutralisante (raffinage physique) .....	10
Figure I. 1 : les back de stockage et leurs pompes de l'huile fluide .....	12
Figure I. 2: les back de stockage et leurs pompes de l'huile margarine.....	12
Figure I. 3: les back de stockage de l'huile margarine.....	13
Figure I. 4: les back de stockage et leurs pompes de l'huile acide.....	13
Figure I. 5: plaque signalétique du moteur 37 KW .....	14
Figure I. 6: plaque signalétique du moteur 5.5 KW .....	15
<b>Figure II. 1:</b> Groupe motopompe décrit .....	17
Figure II. 2: Pompe volumétrique .....	19
Figure II. 3: Image de vue interne d'une pompe centrifuge .....	20
Figure II. 4: Schéma en coupe d'une pompe centrifuge monocellulaire en porte à faux .....	20
Figure II. 5: Moteur électrique .....	22
Figure II. 6: De manière mécanique, le moteur électrique.....	23
Figure II. 7: Machine asynchrones décomposé.....	24
Figure II. 8: Croquis explicatif de la règle des trois doigts de la main droite .....	26
Figure II. 9: courbe du couple et le courant d'une machine asynchrone.....	27
Figure II. 10: Bilan des puissances d'une machine asynchrone.....	28
Figure III. 1 : démarrage direct d'un moteur triphasé .....	30
Figure III. 2 : démarrage direct d'un moteur triphasé .....	34
Figure III. 3 : Démarrage avec démarreur électronique .....	35
Figure III. 4 : Court-circuit triphasé symétriques.....	52
Figure III. 5 : Court-circuit entre phases, isolé .....	53
<b>Figure III. 6 :</b> Court-circuit phase Terre .....	53
<b>Figure III. 7 :</b> Court-circuit entre phases, avec mise à la Terre .....	54
Figure III. 8 : Disjoncteur NSX 400.....	60
Figure III. 9 : Disjoncteur TeSys Gv4L80N      Figure III. 10 : Disjoncteur TeSysGV2ME16.....	60
Figure III. 11 : Choix de contacteur dans le catalogue.....	61
Figure III. 12 : Contacteur LC1D12.....	61
Figure III. 13 : Démarreur progressif ATS22 .....	62
Figure III. 14 : Aérateur .....	62
Figure III. 15 : Thermostat .....	63
Figure III. 16 : Chauffage.....	63
Figure III. 17 : Voyant.....	63

## Liste des figures

---

Figure III. 18 : Arrêt d'urgence .....	64	
Figure III. 19 : Automate programmable ET200 .....	64	
Figure III. 20 : Relis oméga électrique.....	65	
Figure III. 21 : Goulotte électrique.....	65	
Figure III. 22 : Répartiteur électrique.....	65	
Figure III. 23 : Sélectivité partielle	Figure III. 24 : Sélectivité totale .....	66
Figure III. 25 : Schéma de puissance et de commande d'un moteur asynchrone .....	67	
Figure III. 26 : contact accidentel avec une pièce sous tension .....	68	
Figure III. 27 : mise au neutre TNC .....	69	

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux :

Tableau I. 1 : Caractéristique de moteur de 37 KW.....	14
Tableau I. 2 : caractéristique de moteur de 5.5 KW.....	14
Tableau III. 1: les caractéristique des moteurs de notre raffinerie de l'huile.....	31
Tableau III. 2: Facteur d'utilisation.....	38
Tableau III. 3: Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.....	39
Tableau III. 4 : Bilan de puissance.....	40
Tableau III. 5 : détermination de la lettre de sélection.....	44
Tableau III. 6 : détermination du facteur de correction K1.....	44
Tableau III. 7 : Détermination du facteur de correction K2.....	45
Tableau III. 8 : Détermination du facteur de correction K3.....	45
Tableau III. 9 : Détermination de la section minimale des conducteurs.....	46
Tableau III. 10 : calcule des différents paramètres.....	47
Tableau III. 11 : les formules de calcul de la chute tension.....	48
Tableau III. 12 : Chute de tension maximale.....	48
Tableau III. 13 : les formule de calcul de R et X.....	49
Tableau III. 14 : Impédance interne du transformateur.....	55
Tableau III. 15 : Valeurs de la réactance des câbles selon le mode de pose.....	56
Tableau III. 16 : La résistivité des conducteurs selon le courant de court-circuit.....	56
Tableau III. 17 : calcul des résistances et des réactances des différentes parties de l'installation.....	58
Tableau III. 18 : calcul des impédances totales de l'installation.....	58
Tableau IV. 19 : le temps de coupure des éléments de protection.....	68

# Liste des acronymes

---

## **LISTE DES ACRONYMES**

**HT** : Haute tension

**BT** : Basse tension

**TGBT** : Tableau général base tension

**CDC** : Cahier des charges

**SLT** : Schéma de liaison à la terre

**PDC** : Le pouvoir de coupure

# Liste des symboles

---

## LISTE DES SYMBOLES

$U_1$ : Tension primaire (V)

$U_2$ : Tension secondaire (V)

$S_n$ : Puissance apparente nominale (VA)

$F$  : Fréquence (Hz)

$P_n$ : Puissance installée (W)

$I_n$ : courant nominal (A)

$S$  : section de câble (mm<sup>2</sup>)

$I_{cc}$ : Courant de court – circuit (A)

$\Delta U$ : Chute de tension (V)

$S_n$ : Puissance apparente (VA)

$U_n$ : Tension composée nominale entre phase (V)

$V_n$ : Tension simple nominale entre phase et neutre (V)

$I_z$ : Courant normalisé (A)

$I'_z$ : Courant admissible (A)

$I_b$ : Courant d'emploi (A)

$L$  : Longueur d'un conducteur (Km)

$R$  : Résistance ( $\Omega$ /Km)

$X$  : Réactance ( $\Omega$ /Km)

$Z$  : Impédance ( $\Omega$ /Km)

$\varphi$ : Angle de déphasage du réseau

$\cos\varphi$ : Facteur de puissance

$\rho$ : Résistivité du conducteur ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )

## Liste des symboles

---

$Z_{cc}$ : Impédance équivalente du circuit ( $\Omega$ )

$Z_n$ : Impédance du neutre ( $\Omega$ )

$Z_h$ : Impédance homopolaire ( $\Omega$ )

$\Sigma R$ : Somme des résistances en série ( $\Omega$ )

$\Sigma X$ : Somme des réactances en série ( $\Omega$ )

$U_{kr}$ : Tension du court – circuit du transformateur (%)

$U_{20}$ : Tension à vide du transformateur (V)

$P_{cu}$  : Pertes cuivre du transformateur (W)

## **INTRODUCTION GENERALE**



## Introduction générale

Le domaine du génie électrique est une combinaison des sciences en évolution à tous les niveaux de la société, telle que l'informatique industrielle, l'automatisation, la robotique, le traitement du signal, l'électronique et la télécommunication [1].

Dans le cadre de notre formation Master, nous possédons un stage de fin d'études que nous avons effectué au niveau du complexe Cevital dans une durée d'un mois.

Durant cette période, nous avons eu la chance de participer à diverses missions qui nous ont permis d'une part d'enrichir nos connaissances et d'appuyer la théorie par la pratique et d'autre part d'apprendre et de comprendre le fonctionnement des armoires électriques.

Le projet qui nous a été confié par le complexe Cevital s'inscrit dans le cadre de la mise en valeur des connaissances acquises dans nos cursus universitaires et dans une optique de réglage et de construction d'armoires électriques pour améliorer, alimenter, protéger et contrôler l'ensemble des équipements du système de la raffinerie de l'huile.

Afin de le réaliser nous avons répartis notre travail en quatre principaux chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons prévu décrire le complexe CEVITAL, présenter son évolution à travers les années, présenter ses différentes activités industrielles, son organigramme, et ses principaux objectifs.

Le deuxième chapitre est consacré pour la description de la problématique d'une part et la présentation de la solution proposer d'une autre part, ainsi la présentation des différent composants que nous allons utiliser dans notre projet.

Le troisième chapitre est consacré pour la présentation des éléments constituant les motopompes d'une manière générale et le principe de fonctionnement des groupes électropompes en particulier.

Le quatrième chapitre est un chapitre pratique qui résume ce que nous avons pu voir dans le complexe Cevital et ce que on a pu prévoir comme solution à la problématique proposer par le complexe, ce dernier chapitre est dédié à l'étude de l'armoire électrique, et sont redimensionnement, ainsi sa réalisation et le câblage des constituants de cette dernière.

Enfin on termine notre travail avec une conclusion générale.

## **Préambule**

Présentation du complexe CEVITAL

## 1 Introduction

La raffinerie intégrée CEVITAL est équipée d'équipements de haute technologie très modernes, idéaux pour le traitement des huiles alimentaires de différentes qualités. Il se compose de deux lignes de raffinage A et B de 400 t/j et de la ligne C de 1500 t/j, avec une production totale de 2300 t/j.

Nous présentons l'évolution temporelle du complexe CEVITAL, ses différentes activités industrielles, ses principaux objectifs, ainsi qu'un organigramme décrivant ses différentes directions et unités de production.

## 2 Historique

CEVITAL fait partie des entreprises algériennes apparues dès l'entrée de notre pays dans l'économie de marché. Il a été créé en 1998 par des fonds privés. Sa base de production est située dans le port de Béjaïa.

CEVITAL a grandement contribué au développement de l'industrie agroalimentaire nationale et vise à satisfaire le marché national et à exporter les produits excédentaires en proposant une large gamme de produits de qualité.

En effet, le marché national a besoin de 1200T/J de huile, ce qui équivaut à 12 litres par personne et par an. La capacité de production actuelle de CEVITAL est de 2300T/j.

Les nouvelles données économiques nationales du marché agroalimentaire signifient que les meilleurs sont ceux qui maîtrisent efficacement et de manière optimale les coûts, les dépenses et assurent le meilleur rapport qualité/prix. C'est une condition nécessaire pour s'implanter sur le marché où CEVITAL négocie avec les grandes sociétés de négoce internationales, ces produits se vendent dans différentes villes africaines (Lagos, Niamey, Bamako, Tunis, Tripoli...) [2].

## 3 Missions et objectifs

L'entreprise CEVITAL a pour mission principale de produire et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs visés par CEVITAL peuvent se présenter comme suit :

- ❖ L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes.
- ❖ L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail
- ❖ L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses
- ❖ La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour

augmenter le volume de sa production [2].

#### 4 Activités de CEVITAL

Lancé en Mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement d'huile en Décembre 1998. En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, cette dernière est devenue fonctionnelle en Août 1999.

L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre, elles se présentent comme suit [2] :

- ❖ Une raffinerie d'huile.
- ❖ Une unité de conditionnement d'huile.
- ❖ Une margarinerie.
- ❖ Une raffinerie de sucre.
- ❖ Une unité de fabrication d'emballage.
- ❖ Une unité de stockage de céréales.
- ❖ Une nouvelle raffinerie de sucre 3000 tonnes/jour.
- ❖ Minoterie et savonnerie en cours d'étude.

#### 5 Situation géographique

CEVITAL est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et l'aéroport [2].

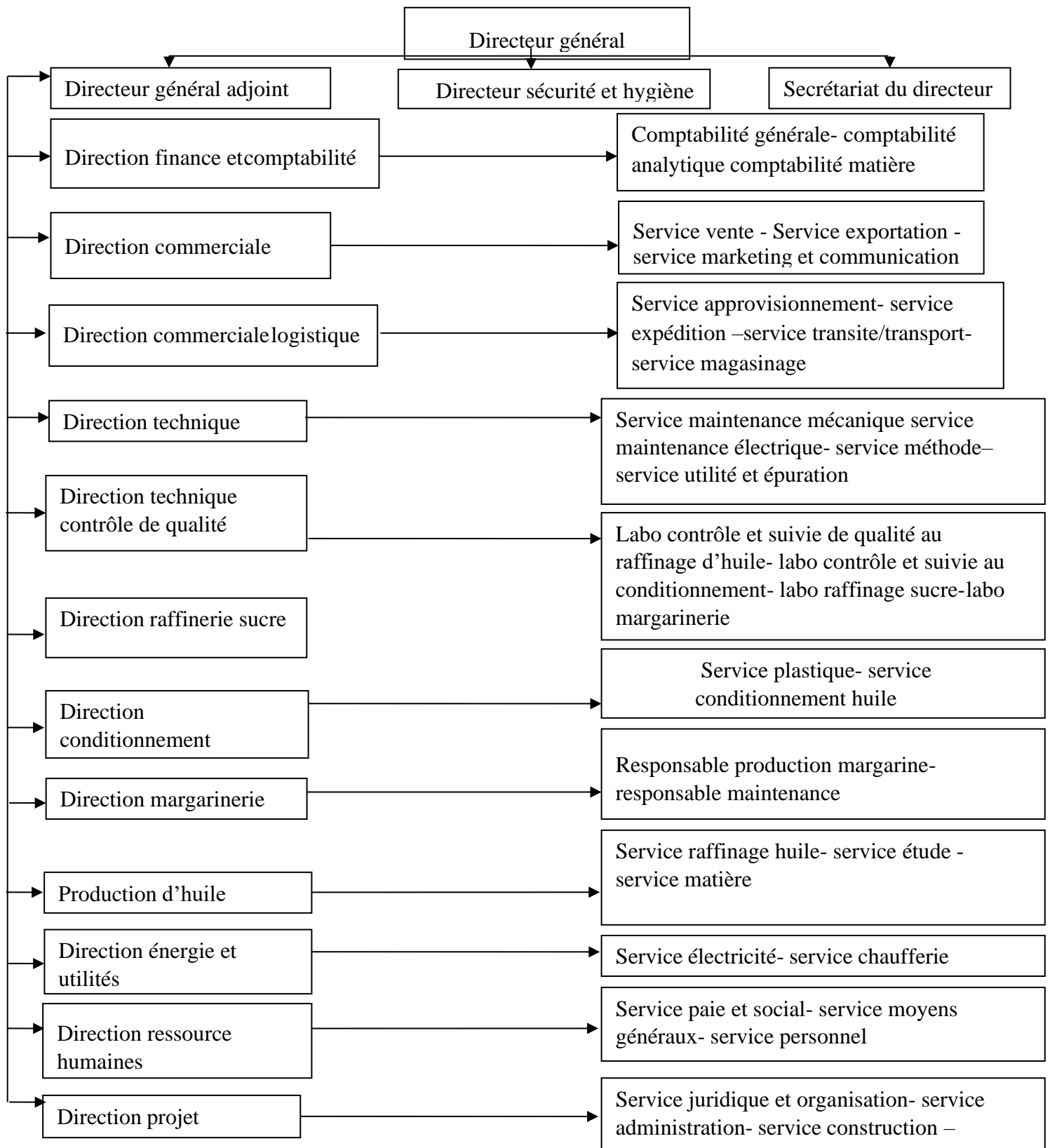
Le plan de situation de masse de l'entreprise est illustré dans la figure 1 ci-dessous.



Figure 1 : Situation géographique et plan de masse

## 6 Organigramme du complexe CEVITAL

L'organigramme donne une vue générale sur les différents organes constituant le complexe CEVITAL.



## **7 Les unités de production**

Le complexe CEVITAL est composé de plusieurs unités de production Agro-alimentaire :

### **7.1 Raffinerie d'huile**

Il a démarré en mai 1998, utilisant la dernière génération de technologie qui lui a permis d'entrer en production en un temps record en août 1999. Il est considéré comme le plus moderne au monde. À l'heure actuelle, sa capacité de production est de 2300T/J tonnes par jour. La raffinerie est conçue pour traiter des huiles alimentaires de toutes qualités telles que : colza, tournesol, soja, palme, etc [2].

### **7.2 Margarinerie**

La production a commencé en mars 2000 et a repris en juillet 2001. La margarine, que le groupe fabrique lui-même, représente une offensive considérable sur le marché. Sa capacité de production est de 100 tonnes/jour par ligne [2].

### **7.3 Raffinerie de sucre**

La construction a débuté en octobre 2000 et la mise en service en octobre 2002. Elle dispose d'un équipement industriel très moderne pour répondre à la demande du marché. La capacité de production actuelle est de 1 600 tonnes/jour, soit plus de 500 000 tonnes/an. Ce dernier répondra à la demande nationale en sucre blanc. Une nouvelle sucrerie d'une capacité de 3000T/J a été mise en service 1999 [2].

### **7.4 Stockage de la matière première**

Les silos de stockage sont utilisés depuis juin 2003, ce sont d'immenses conteneurs cylindriques en béton pour le stockage des céréales et oléagineux. chaque unité a une capacité de stockage de 5000 tonnes, Cela fournit une capacité de 120 000 tonnes (la plus grande capacité de stockage en Afrique [2].

### **7.5 Unité Energie et utilités**

La direction Energie est constituée de deux départements qui sont :

- Département énergie (production, maintenance et distribution de l'énergie électrique) qui se compose de deux postes 60 kV, 30 kV et une cogénération.
- Département chaufferie (production et distribution de la vapeur) [2].

## 8 Présentation du raffinage des huiles

La raffinerie se compose de trois lignes de production d'huile A, B et C, avec des capacités de production de 400T, 400T et 1500T respectivement, avec une production journalière de 2 300 tonnes. La raffinerie est conçue pour traiter toutes les qualités d'huiles alimentaires telles que : colza, tournesol et soja. Les huiles ont toujours constitué une grande partie de la consommation humaine, ce qui demande une production en quantité [2].

### 8.1 Définition du raffinage

Le raffinage est une série d'opérations qui convertissent l'huile brut en produits comestibles en éliminant les impuretés indésirables. Ces huiles peuvent être utilisées à des fins alimentaires ou industrielles, dans les deux cas elles doivent être traitées pour une utilisation et une conservation correcte et éventuellement une transformation ultérieure dans l'industrie alimentaire (Figure 2) [2].



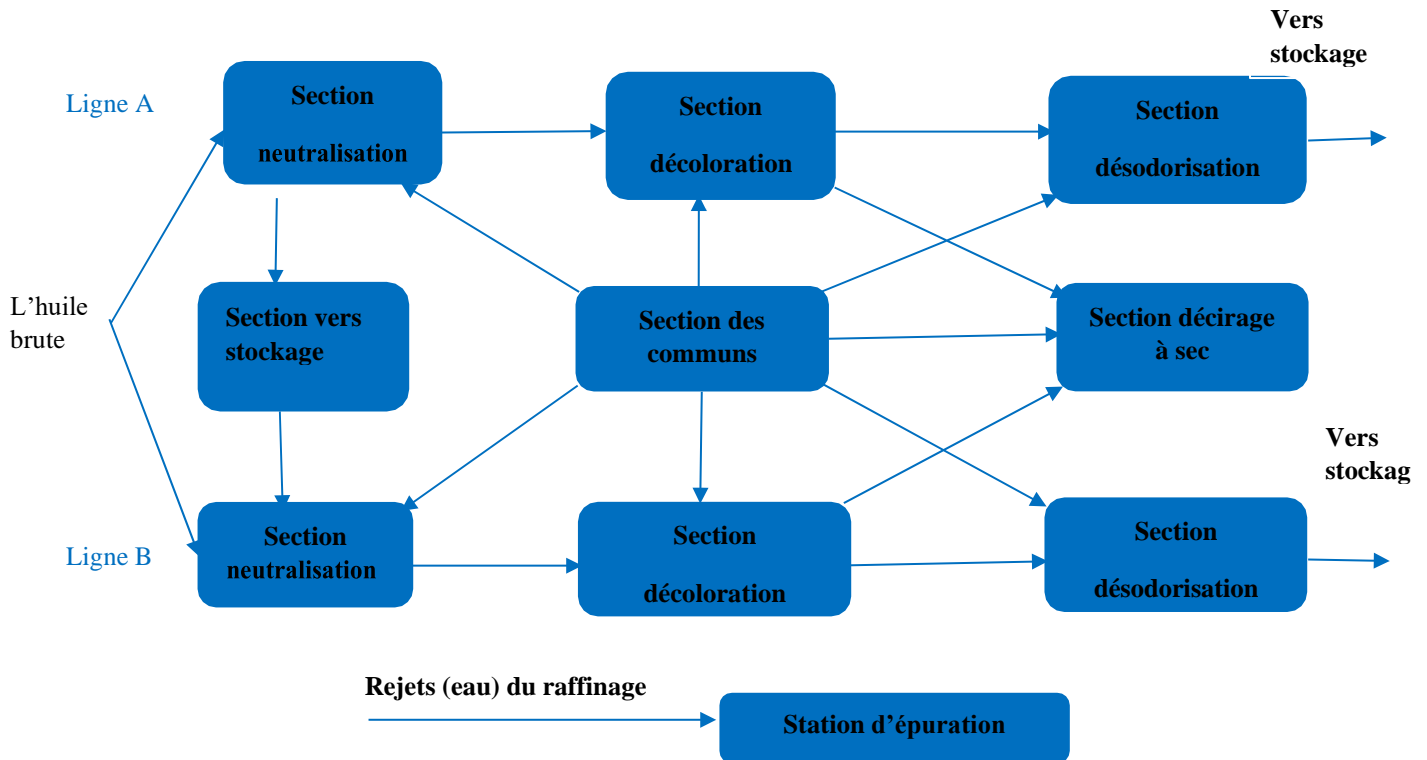
**Figure 2 :** Station de raffinage d'huile

### 8.2 Objectifs du raffinage

L'huile brute contient de nombreuses impuretés indésirables qui provoquent un goût et une odeur désagréables. Le raffinage a pour but de purifier ces huiles végétales brutes. En effet, il consiste à éliminer au maximum ces composés nocifs afin d'obtenir une qualité correspondant aux normes en vigueur et de favoriser leur conservation. Le raffinage du huile comprend une série de traitements visant à purifier huiles de matières indésirables, résultant en un produit antioxydant au goût neutre, Convient à l'utilisation souhaitée et exempt de substances nocives. Le produit final du raffinage est inodore et insipide [2].

### 8.3 Structures de la raffinerie d'huile

La raffinerie se compose d'un laboratoire qui contrôle la qualité de l'huile et de deux salles de contrôle qui contrôlent trois canalisations. Deux lignes de production d'une capacité journalière de 400 tonnes (A, B) Ils sont divisés en trois sections principales, liées ci-dessous (Figure 3).



**Figure 3 :** Organigramme des lignes A et B

### 8.4 Les étapes du raffinage des huiles

Chaque type d'huile a ses propres spécifications et nécessite donc des techniques et des paramètres de traitement spécifiques. En général, cependant, les bruts huileux pressés et extraits ont une acidité supérieure à 0,5 % et contiennent : des mucilages, des impuretés, de l'humidité, des pigments colorés et des substances odorantes. Éliminez les éléments défectueux en procédant comme suit :



#### **8.4.1 La neutralisation**

L'objectif principal de la neutralisation est d'éliminer les substances indésirables de l'huile. L'huile est mélangée avec de l'acide et de la soude, et le mélange résultant est envoyé dans un séparateur qui sépare l'huile des autres substances [2].

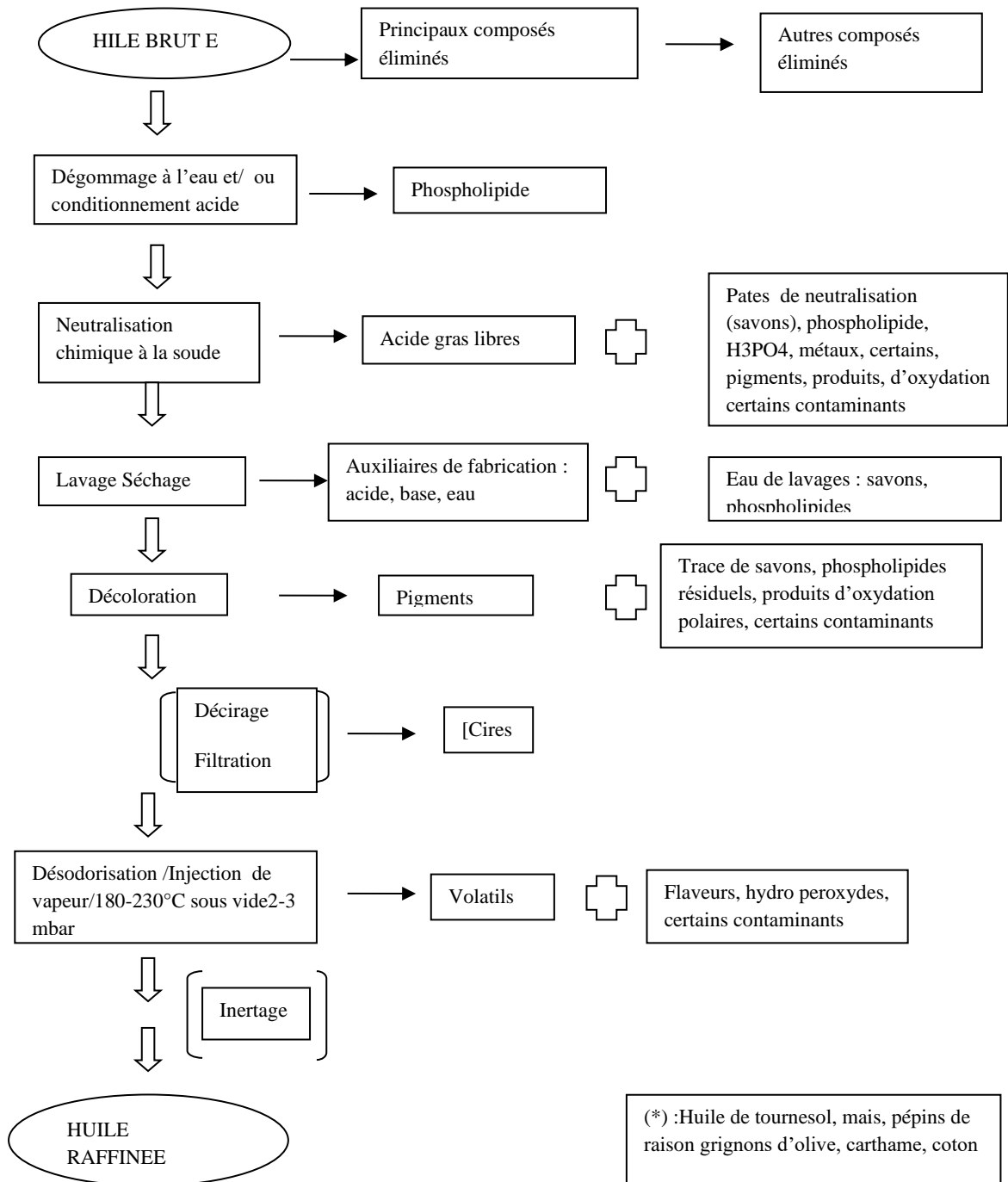
#### **8.4.2 La décoloration**

Cette opération consiste en l'élimination des pigments colorés contenus dans l'huile, et la décoloration fait intervenir des adsorbants (terre à foulon). Le mélange adsorbant ou réactif est introduit dans l'agent décolorant. L'huile chauffée à 90°/110°C est agitée vigoureusement sous vide, le temps de séjour sol/huile est d'environ 30 minutes, et l'huile est refroidie et filtrée à travers trois passages après traitement pour rendre l'huile raffinée fiable [2].

#### **8.4.3 La désodorisation**

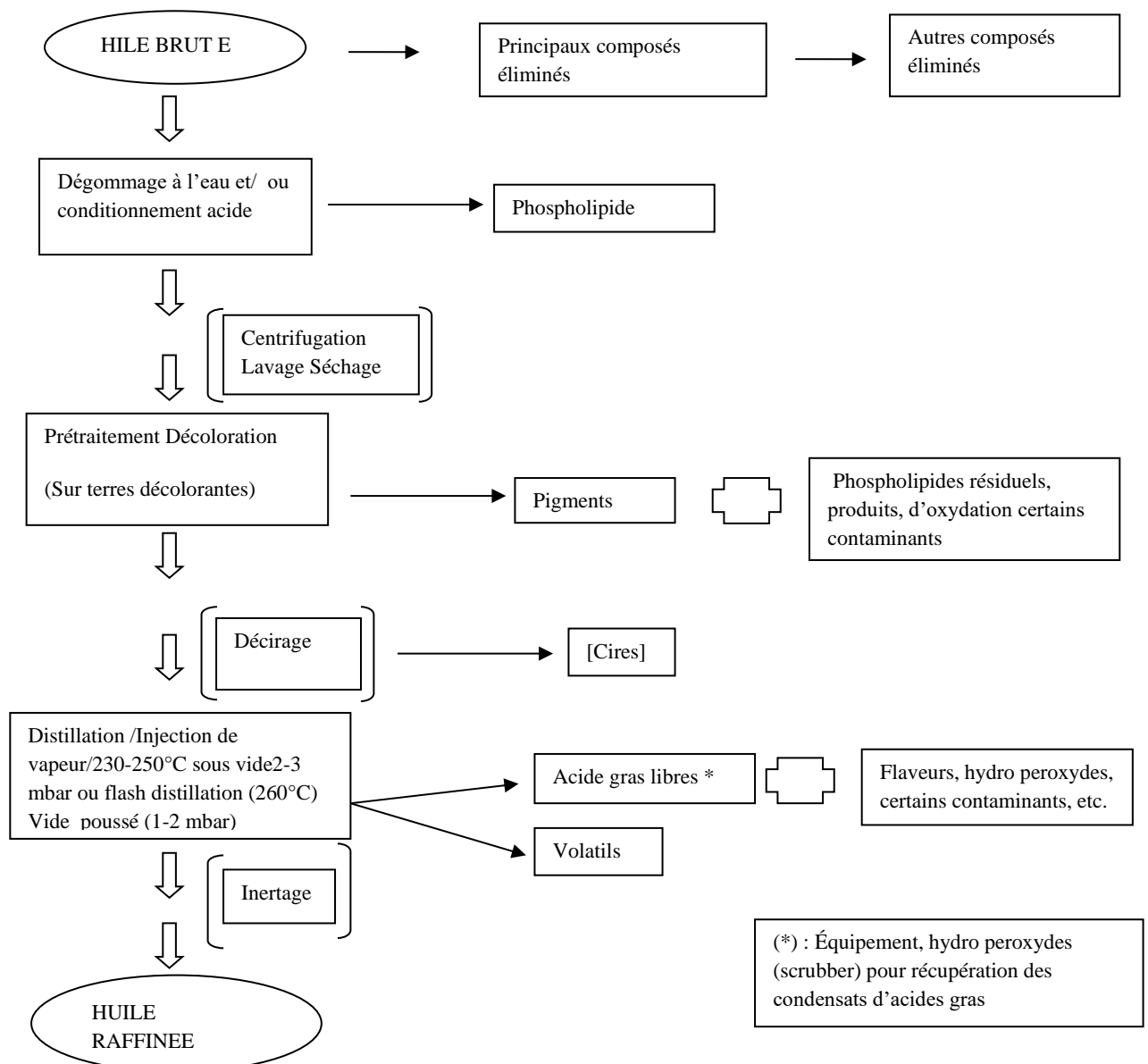
La désodorisation est la dernière étape du raffinage. Son but est de distiller les acides gras résiduels et d'éliminer toutes les mauvaises odeurs en faisant circuler à l'intérieur de la colonne un vide de 1 mbar et une température de 250°C. Après la décoloration, l'huile pénètre dans la tour de désodorisation. La tour de désodorisation est un type de tour à plusieurs étages, qui combine les trois étapes de chauffage, de désodorisation et de refroidissement en une seule. Chaque section de chauffage et de refroidissement n'a besoin que d'une couche, la couche supérieure et la couche inférieure, et selon la capacité, la désodorisation se produit sur plusieurs étages [2].

Voici la figure qui explique le principe de fonctionnement de raffinage par voie chimique :



**Figure 4 : Raffinage par voie chimique**

Voici la figure qui explique le principe de fonctionnement de raffinage par voie physique.



**Figure 5 : Raffinage par distillation neutralisante (raffinage physique)**

## 9 Conclusion

Après avoir donné un aperçu général sur le complexe CEVITAL, nous nous sommes intéressés au raffinage de l'huile.

Vu qu'en premier lieu le complexe Cevital fait le conditionnement des huiles, les différents processus de transformation de la matière brute (matière première) en un produit final prêt à être distribuer et exposer dans le marché.

## **Chapitre 1 :**

### **Contexte et problématique**

## **I.1 Introduction**

La production des huiles de conditionnement est un processus très compliqué qui demande des moyens très sophistiqués et un appareillage adéquat, que ce soit commandé ou non, et afin d'assurer le bon fonctionnement de notre processus, sa disponibilité et sa fiabilité et surtout la sûreté de fonctionnement, nous devons nous assurer que notre appareillage est idéalement dimensionné.

De ce fait on a consacré ce chapitre à la présentation du processus de production des huiles conditionnées en premier lieu, et en deuxième lieu, à l'exposition de nos besoins et à la présentation de la solution proposée, ce qui était le début de notre démarche pour dimensionner une armoire électrique qui nous permettra d'alimenter nos appareils.

## **I.2 Présentation des huiles brutes**

Les huiles brutes contiennent un certain nombre de composants indésirables ; responsables du goût et de l'odeur désagréables et de la mauvaise conservation, Ces huiles doivent de ce fait subir un raffinage chimique ou physique pour leur donner la qualité correspondante aux usages alimentaires et industriels. Le procédé de raffinage chimique est couramment utilisé dans le cas des huiles alimentaires, contrairement à d'autres huiles qui sont exposées au raffinage physique.

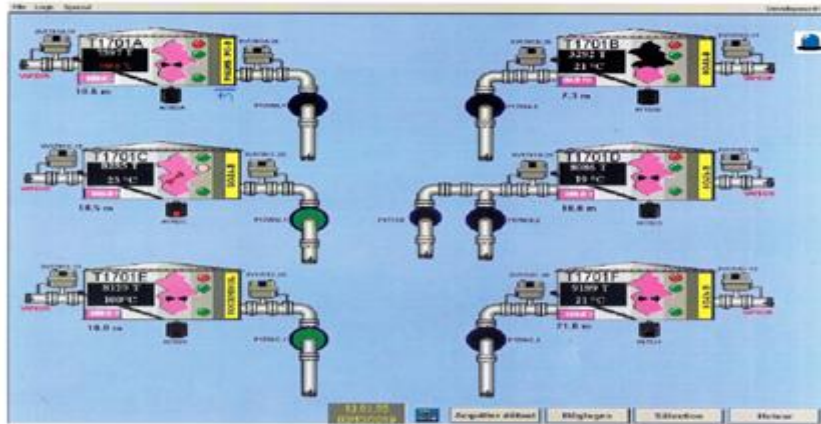
## **I.3 Etude capacité installée aussi du besoin du futur**

Pour réaliser l'opération de raffinage des huiles brutes on procède d'abord au transport des huiles brutes stockées et réparties sur 17 bacs de stockage à l'usage des lignes de transport équipées de pompes [2].

Ces lignes débouchent sur trois sites différents qui sont représentés dans les figures (1, 2, 3,4).

### **I.3.1 Huile fluide**

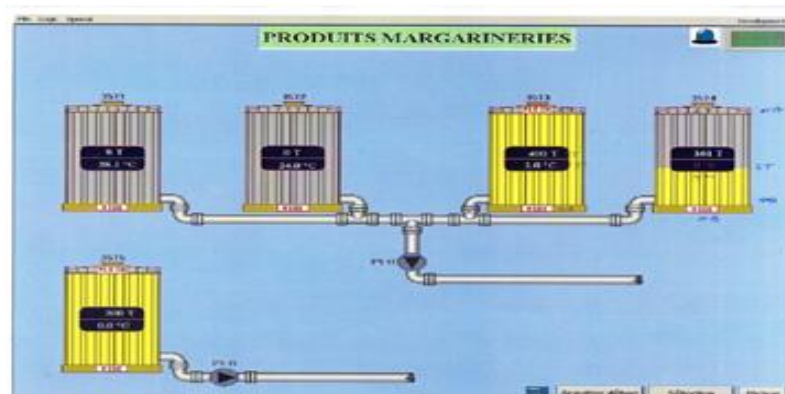
Généralement dans notre cas d'étude l'huile fluide il est stocké sur les 5 bacs de stockage qui se caractérisent par les suivants : 1701B, 1701C, 1701D, 1701E sur une capacité de 7000 tonnes et le 1701F sur une capacité de 9000 tonnes. Notamment ces dernières sont expédiées à partir de trois lignes de raffinage (ligne A et B pour le raffinage chimique sur une capacité de 400 tonnes/jour et la ligne C pour le raffinage physique sur une capacité de 1500 tonnes/jour). Cela est généré par 5 pompes d'une capacité de la mesure de 5.5 KW. A vrai dire cette distribution se limite à l'unité conditionnement des huiles (voir figure I.1) [2].



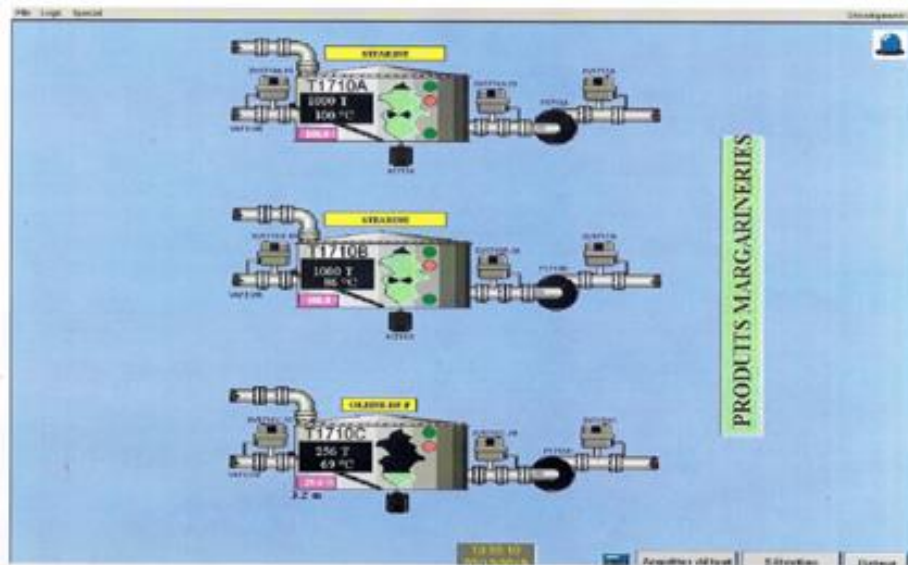
**Figure I. 1 :** les back de stockage et leurs pompes du l’huile fluide

### I.3.2 huile margarine

Généralement dans notre cas d’étude l’huile margarine il est stocker sur les 9 back du stockage qui se caractérise par les suivante back : 1701A sur une capacité de 7000 tonne, 1710A, 1710B, 1710C sur une capacité de 1000 tonne, 35T1, 35T2, 35T3, 35T4, sur une capacité de 4000 tonne et le 35T5 sur une capacité de 300 tonne. Notamment ces dernières sont expédiées à partir de deux lignes de raffinage (ligne A pour le raffinage chimique sur une capacité de 400 ton /jour et la ligne B pour le raffinage physique sur une capacité de 400 tonne /jour). Cela il est généré par des 6 pompes d’une capacité de la mesure de 5.5 KW. A vrai dire cette distribution se limite à produits margarinereries (voir figure I.2 et I.3) [2].



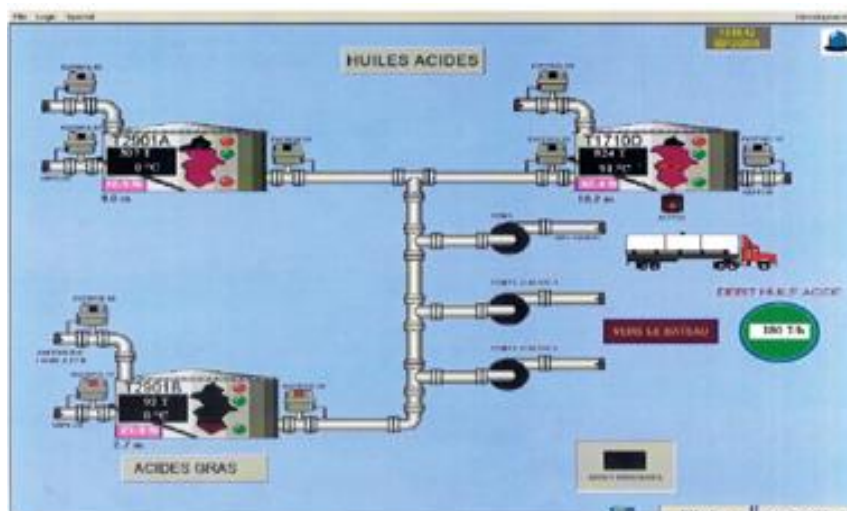
**Figure I. 2:** les back de stockage et leurs pompes de l’huile margarine.



**Figure I. 3:** les back de stockage de l'huile margarine.

### I.3.3 huile acide

Généralement dans notre cas d'étude l'huile acide il est stocker sur les 3 back du stockage qui se caractérise par les suivante back : 1710D, sur une capacité de 1000 tonne et le 2901A, 2902B sur une capacité de 400 tonne. Notamment ces dernières sont expédiées à partir de trois lignes de transport (ligne A pour le raffinage chimique sur une capacité de 400 ton /jour et la ligne B pour le raffinage physique sur une capacité de 400 tonne /jour). Cela il est généré par 3 pompes d'une capacité de la mesure de 5.5 KW. A vrai dire cette distribution se limite au chargement des camions et des bateaux (voir figure I.4) [2].



**Figure I. 4:** les back de stockage et leurs pompes de l'huile acide.

## I.4 la problématique ainsi que la solution

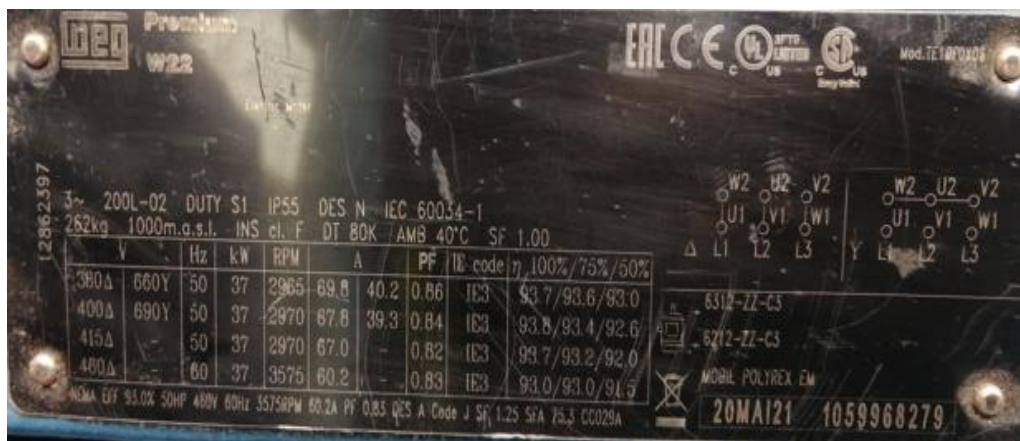
### I.4.1 le Problème

L'objectif de notre étude est de remplacer l'ancienne armoire de notre raffinerie par une nouvelle plus grande qui nous permettra d'assurer le fonctionnement de sept motopompes plus puissantes et qui portent des caractéristiques différentes, ce qui nous permettra d'augmenter notre production et de répondre à la demande des clients.

Les tableaux suivants, nous donne les caractéristiques des sept pompes [2] :

**Tableau I. 1** : Caractéristique de moteur de 37 KW.

Nom	U(V)	P(kW)	RPM	A	PF	n
Nouvelle Pompe	380	37	2965	69.8	0.86	93.7%



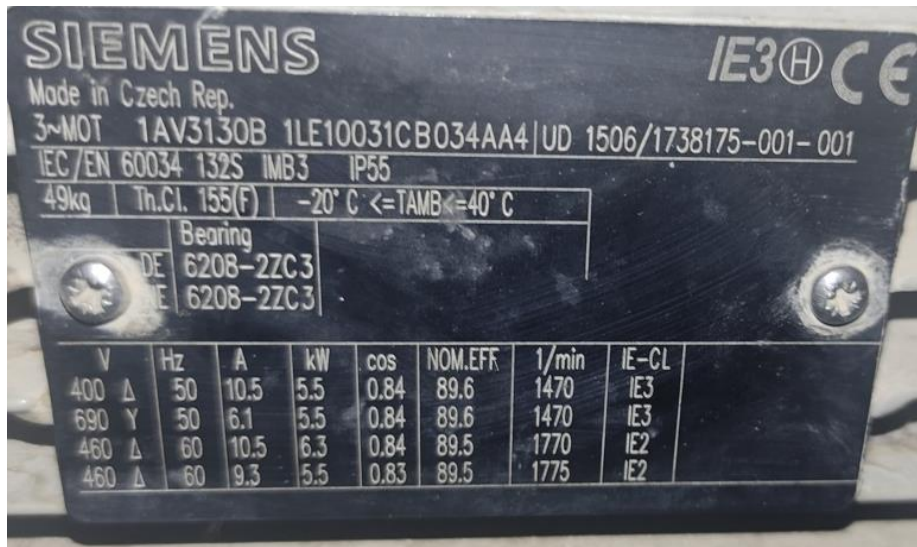
**Figure I. 5**: plaque signalétique du moteur 37 KW

Les caractéristiques de les enceins moteur qui vont installera sur la nouvelle armoire (voir le tableau I.2) [2].

**Tableau I. 2** : caractéristique de moteur de 5.5 KW.

Nom	U(v)	P(kw)	RPM	A	PF	n
L'enceins Pompe	380	5.5	1470	10.5	0.84	89.6





**Figure I. 6:** plaque signalétique du moteur 5.5 KW

#### I.4.2 La Solution :

Ce nouveau changement qui consiste à installer cinq nouvelles motopompes plus les anciennes, nous mit dans l'obligation de redimensionner notre armoire électrique et d'installer des appareils qui ont le pouvoir de supporter notre nouvelle gamme de puissance.

### I.5 Mise en place du cahier de charge pour la nouvelle armoire

#### I.5.1 Pourquoi un cahier des charges ?

Le cahier des charges permet de formaliser les exigences et de les expliquer aux différents acteurs pour s'assurer que tout le monde est d'accord.

#### I.5.2 Définition de cahier des charges

Le terme spécification fait référence à un document qui servira de contrat entre deux parties. Ce document décrit les besoins de l'utilisateur en termes de fonctions à exécuter et d'objectifs à atteindre.

En d'autres termes, un cahier des charges est un document qui identifie une performance, une caractéristique physique ou un niveau de qualité définissant un produit ou un procédé pour lequel des actions seront engagées.

#### I.5.3 Rédiger un cahier des charges

Un cahier des charges correct exprime un besoin nécessaire, réalisable et véritable :

**-Nécessaire :** le cahier des charges indique tous les paramètres nécessaires à la conception et

réalisation du projet, mais ne doit pas exprimer des besoins qui ne sont pas nécessaires.

**-Réalisable** : Le cahier des charges exprime ce qui est techniquement et financièrement faisable dans le cadre du cahier des charges et des moyens disponibles.

**-vérifiable** : Le prescripteur doit s'assurer qu'il existe un moyen de vérifier ce qui est requis.

## **I.6 Conclusion**

Le dimensionnement d'une armoire électrique est une démarche compliquée, qui demande d'abord d'élaborer un cahier des charges des besoins bien détaillés, et qui demande de vaste connaissance dans l'appareillage électrique et le choix des appareils.

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier terme le processus de production, en suite exposer nos besoins et la solution à proposer, pour clôturer à la fin avec la citation des organes nécessaire afin de réaliser notre armoire électrique.

## **Chapitre 2 :**

### **Principe de fonctionnement des groupes électropompes**

## II.1 introduction

Le transport des fluides liquides est une opération qui nécessite la présence d'une pompe entraînée par un moteur, ce dernier peut être thermique ou bien électrique comme dans le cas de notre étude.

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'ensemble moteur électrique/ pompe (motopompe), où nous allons faire une description de l'ensemble et ensuite de chaque partie individuellement afin de montrer la diversité de choix qu'on possède.

## II.2 le groupe Motopompe

### II.2 Définition

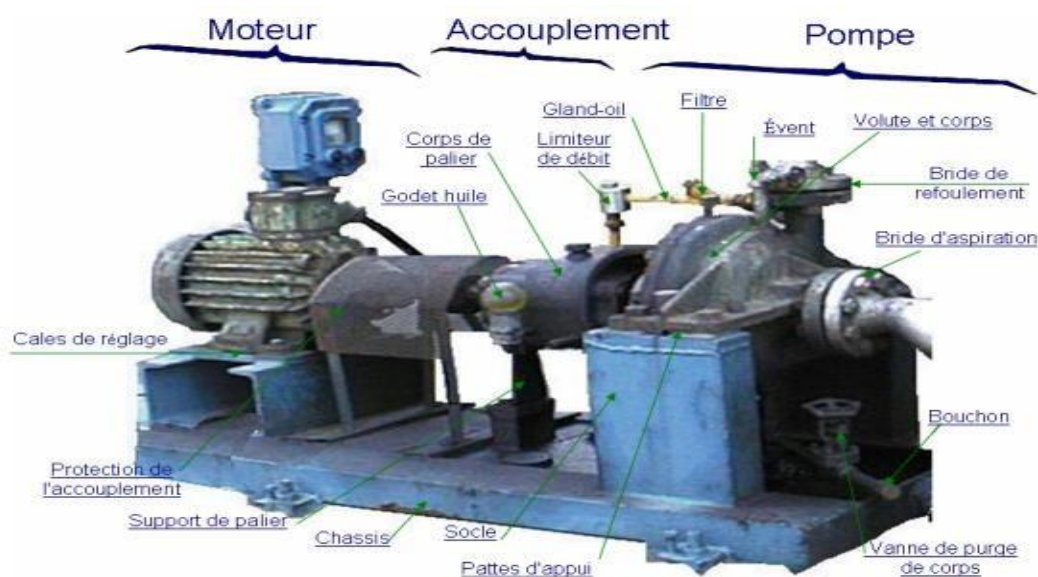
Un groupe motopompe est un ensemble constitué d'un moteur électrique ou thermique entraînant une pompe hydraulique. Cet ensemble peut être fixe ou mobile (sur une remorque ou un camion).

### II.3 Description

Dans sa définition, un groupe motopompe électrique libère ses deux parties principales,

Thermique ou électrique : le moteur ; et hydraulique : la pompe.

Les deux parties sont reliées par un arbre de transmission nommé accouplement sur la figure ci-dessus [8].



**Figure II. 1:** Groupe motopompe décrit

## II.4 La partie hydraulique (La pompe)

### II.4.1 Définition

On appelle "pompe" toute machine transportant des fluides qui échange de l'énergie avec les composants mécaniques dans lesquels circule le fluide. La pompe est placée entre deux corps et contient le même fluide à des pressions différentes et même à des niveaux géométriques différents. Par conséquent, la fonction principale de la machine est d'augmenter la pression du fluide, convertissant ainsi l'énergie mécanique fournie par le moteur en énergie hydraulique.

### II.4.2 Utilisation

Les pompes, qu'elles soient centrifuges ou volumétriques, sont utilisées pour transporter toutes sortes de liquides : eau, hydrocarbures, liquides plus ou moins visqueux, produits chimiques ou toxiques comme le benzène. Cependant, elles peuvent délivrer du gaz dans le cas des pompes à vide, telles que les pompes rotatives à anneau liquide [8].

### II.4.3 Classification des pompes

Les pompes se regroupent dans deux catégories principales, soit les pompes volumétriques et les pompes centrifuges [9].

### II.4.4 Pompe volumétrique

L'écoulement est le résultat de la variation du volume occupé par le liquide (voir figure II.2).

#### II.4.4.1 Principe de fonctionnement

Les pompes volumétriques consistent en un corps de pompe complètement fermé qui déplace un élément mobile étroitement réglé à l'intérieur. Leur fonctionnement repose sur les principes suivants :

- Effectuez des mouvements circulaires.
- Dans un cycle, un volume de liquide entre dans un compartiment avant d'être finalement vidangé.

Ce mouvement permet au liquide de se déplacer entre les orifices d'aspiration et de refoulement.

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Une fois activés, ils font chuter la pression amont, permettant le pompage du liquide [9].

Par rapport aux pompes centrifuges, les pompes volumétriques peuvent atteindre une tête globale plus élevée. La pression de refoulement est donc plus élevée. D'autre part, le débit est généralement plus faible, mais ne dépend pas vraiment des caractéristiques du réseau.

On distingue généralement :

- Pompe volumétrique rotative.
- Pompe volumétrique alternative.



**Figure II. 2:** Pompe volumétrique

## II.5 Les pompes centrifuges

### II.5.1 Définition

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe le liquide en le forçant à travers une roue à aubes ou une hélice appelée roue (souvent appelée à tort turbine). C'est le type de pompe industrielle le plus courant. Sous l'action de la rotation du rouet, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement.

### II.5.2 Description :

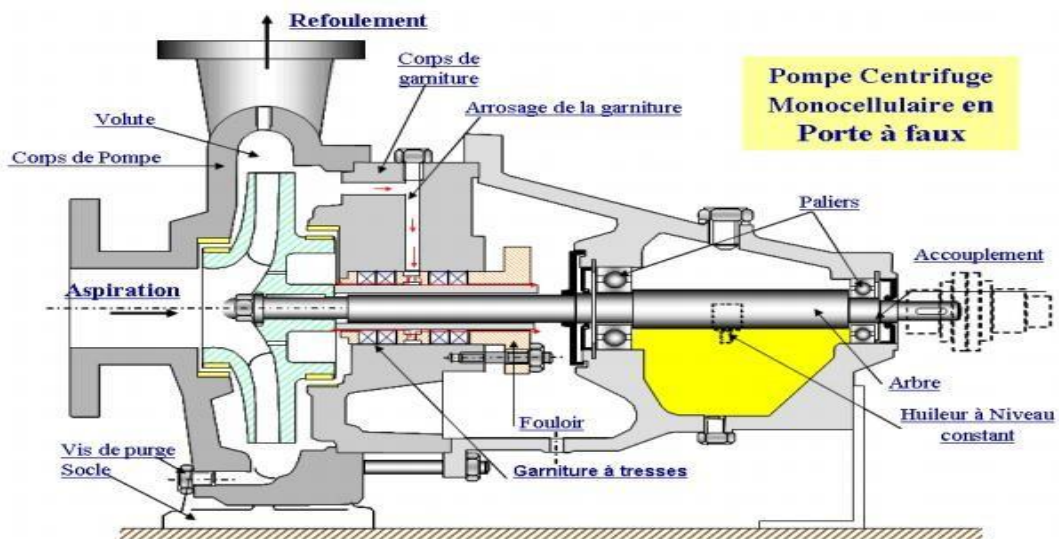
Une pompe centrifuge se compose d'une roue qui tourne autour de son axe, d'un stator formé au centre du distributeur, d'un stator qui guide suffisamment le fluide jusqu'à l'entrée de la roue et d'un collecteur en spirale (appelé volute) placé sur un

plan horizontal au niveau de roue de sortie. Le fluide arrivant par l'ouïe est dirigé vers la roue qui tourne, lui donnant de l'énergie cinétique sous l'action de la force centrifuge. Cette énergie cinétique est convertie en énergie de pression dans la volute. Des diffuseurs en périphérie des roues optimisent le flux sortant et limitent ainsi les pertes d'énergie.

Les deux découpes pour cette pompe sont illustrées ci-dessous. Le premier est plus une image vue de l'intérieur (Figure II.3), tandis que le second est un type cantilever à cellule unique (Figure II.4) [8].



**Figure II. 3:** Image de vue interne d'une pompe centrifuge



**Figure II. 4:** Schéma en coupe d'une pompe centrifuge monocellulaire en porte à faux

### II.5.3 Classification

On peut classer les pompes centrifuges selon les critères suivants [9] :

- Disposition de l'axe : vertical, horizontal, incliné.
- Importance de pression engendrée : basse pression, moyenne pression, haute pression.

- Forme de roue : Roue à simple aspiration ou double aspiration.
- Sortie du liquide : radiale, inclinée ou axiale.
- La vitesse de rotation N

#### II.5.4 Les paramètres qui caractérisent le fonctionnement des pompes centrifuges

Le fonctionnement de la pompe est déterminé par deux grandeurs hydrauliques, le débit et la hauteur produits par la pompe, et une grandeur mécanique, la vitesse de rotation, plus une vitesse spécifique [10].

#### II.5.5 Le débit

C'est le volume que la pompe peut fournir par unité de temps, noté Q, en mètres cubes par heure (m<sup>3</sup>/h).

#### II.5.6 La hauteur produite

C'est la différence entre la hauteur totale du liquide au refoulement et la hauteur totale à l'aspiration produite par la pompe en fonction de la vitesse de rotation et du débit. Par conséquent, nous définissons la fonction  $H = f(Q)$  pour une vitesse de rotation donnée, appelée caractéristique de la pompe.

#### II.5.7 La vitesse de rotation

La vitesse de rotation d'une pompe est le nombre de tours effectués par l'élément mobile (roue dans ce cas) par unité de temps. Il est noté N et exprimé en tours par minute (rpm).

#### II.5.8 La vitesse spécifique

C'est la vitesse à laquelle la pompe tourne de manière similaire à la pompe considérée, elle correspond à la vitesse de rotation en tps de la turbine pour une énergie de 1 joule et un débit

de 1 m<sup>3</sup>/s.

$$N_{QE} = \frac{n\sqrt{Q}}{E^{0.75}} \quad (\text{II.1})$$

### II.6 La partie thermique ou électrique (Le Moteur)

#### II.6.1 Généralité

Un moteur est un dispositif utilisé pour convertir toute énergie en énergie mécanique. Il en existe plusieurs types tels que les moteurs à combustion interne, les moteurs chimiques sans combustion, les moteurs de terrain et le moteur ou la machine qui nous intéresse.



## II.6.2 Moteur électrique

### II.6.2.1 Définition

Une machine électrique est un dispositif électromécanique basé sur l'électromagnétisme qui permet la conversion de l'énergie électrique en l'énergie mécanique. Ce processus est réversible et peut être utilisé pour produire de l'électricité :

Selon la technologie utilisée, les machines électriques qui génèrent de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique sont souvent appelées génératrices, génératrices ou alternateurs.

Les machines électriques qui génèrent de l'énergie mécanique à partir d'énergie électrique sont souvent appelées moteurs électriques (voir figure II.5).

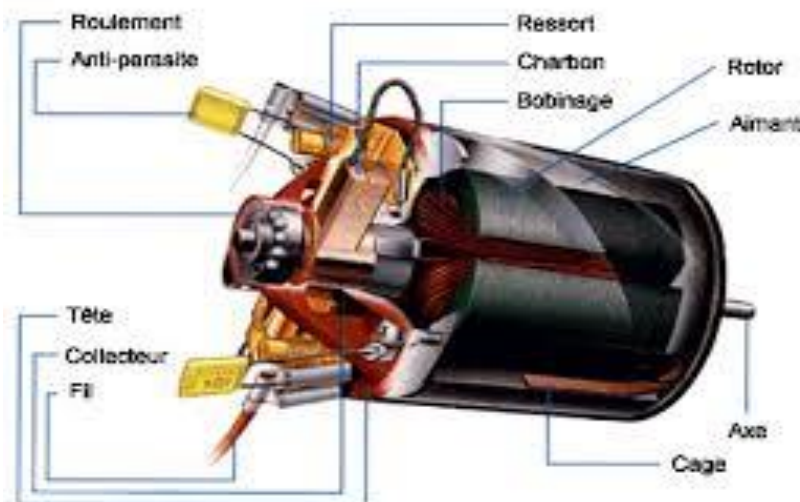


Figure II. 5: Moteur électrique

### II.6.2.2 Description

D'un point de vue mécanique, une machine électrique comporte un stator : la partie fixe et statique et le rotor l'élément rotatif (voir figure II.6).

Le rotor est lié à l'arbre de transmission. Le stator et le rotor sont séparés par l'entrefer.

D'un point de vue électrique elle comporte deux circuits :

L'inducteur : il crée le champ magnétique, permet le transfert d'énergie rotor $\Leftrightarrow$ stator.

L'induit : c'est le siège de l'induction électromagnétique. Les phénomènes physiques trouvent leur place ici et il y a création des nouvelles grandeurs (couple ou f.é.m. + courant).

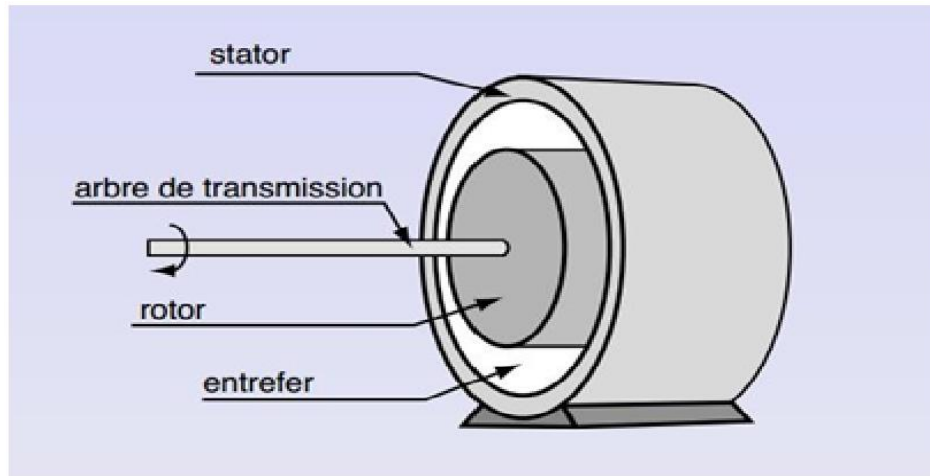


Figure II. 6: De manière mécanique, le moteur électrique

### II.6.2.3 Types de machines électriques

Les machines électriques sont réparties en trois grands groupes, le groupe des machines à courant continu, le groupe des moteurs sans balais et les moteurs à courant alternatif.

- Les machine à courant continu.
- Les machine sans balais ou machine « brushless »
- Les machine à courant alternatif.

## II.7 Les machines asynchrones

### II.7.1 Définition

Un moteur asynchrone, également connu sous le terme anglo-saxon pour un moteur à induction, est un moteur à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor. Les Machines à rotor "à cage d'écureuil" sont également appelées machines à cage ou machines à cage d'écureuil. Le terme asynchrone vient du fait que la vitesse de rotation des rotors de ces machines ne dépend pas entièrement de la fréquence du courant traversant leurs stators.

### II.7.2 Description

Une machine asynchrone comprend généralement :

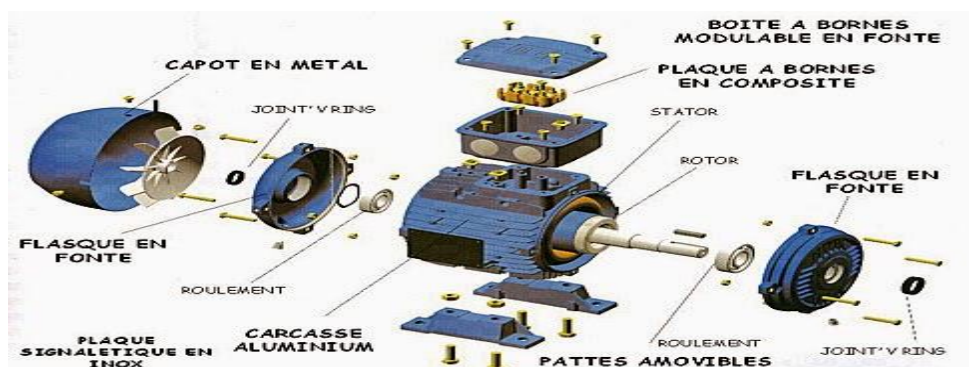
Un stator triphasé comportant (p) paires de pôles, identique à celui d'une machine synchrone ;

Un rotor constitué de conducteurs mis en circuit fermé. On rencontre deux types de rotor :

Un rotor bobiné : l'enroulement, semblable à celui du stator, comporte P paires de pôles ; les trois paires sont reliées à trois bagues qui Permettent d'insérer un rhéostat dans le circuit rotorique. Ce moteur est aussi nommé moteur à bagues.

Un rotor à cage : le rotor est constitué de barreaux de cuivre ou d'aluminium reliés aux deux extrémités par deux couronnes conductrices.

Ce modèle pas cher et très robuste (en forme de cage d'écureuil) est le plus répandu (voir figure II.7) [8].



**Figure II. 7:** Machine asynchrones décomposé

Pour éviter d'affaiblir le champ magnétique statorique en raison d'une réluctance élevée, le rotor est rempli de disques de tôle d'acier mince (deux à trois dixièmes de millimètre) et isolé électriquement par traitement chimique de surface (phosphatation). Pour mémoire, le fer est le matériau le plus réticent.

Les enroulements du stator sont connectés aux phases d'alimentation par des connexions sur le bornier.

Notons aussi que tout moteur est toujours muni d'une plaque signalétique. Celle-ci comporte :

- La référence constructeur précisant : la taille de la carcasse, le nombre de pôles.
- La puissance utile nominale.
- La tension entre phase du réseau d'alimentation pour un couplage étoile.
- La tension entre phase du réseau d'alimentation pour un couplage triangle.
- Le type du moteur et sa fréquence d'utilisation.
- La conformité à la norme internationale
- La fréquence de rotation nominale.
- Le courant de ligne nominal pour un couplage étoile.
- Le courant de ligne nominal pour un couplage triangle.
- Le facteur de puissance au régime nominal

### II.7.3 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone repose sur :

Le courant stator produit un champ magnétique tournant dans le stator. La fréquence de rotation de ce champ magnétique est déterminée par la fréquence du courant statorique, c'est-à-dire que sa vitesse de rotation est proportionnelle à la fréquence de l'alimentation. La vitesse de ce champ tournant est appelée la vitesse de synchronisme.

Les enroulements du rotor sont ainsi affectés par les changements de flux (du champ magnétique). Une force électromotrice induite se produit ce qui produit un courant de rotor. Ces courants sont responsables du couple qui tend à déplacer le rotor contre les variations du flux magnétique : loi de Lenz. Ainsi, le rotor commence à tourner pour tenter de suivre le champ magnétique du stator.

La machine est dite asynchrone car il est impossible d'atteindre la même vitesse que le champ magnétique du stator sans entraînement externe. En effet, dans ce cas, le champ magnétique ne s'écarte pas du référentiel du rotor. Les courants s'annuleront, le couple qu'ils produisent s'annulera et la machine ne sera plus entraînée. La différence de vitesse entre les champs magnétiques du rotor et du stator est appelée vitesse de glissement.

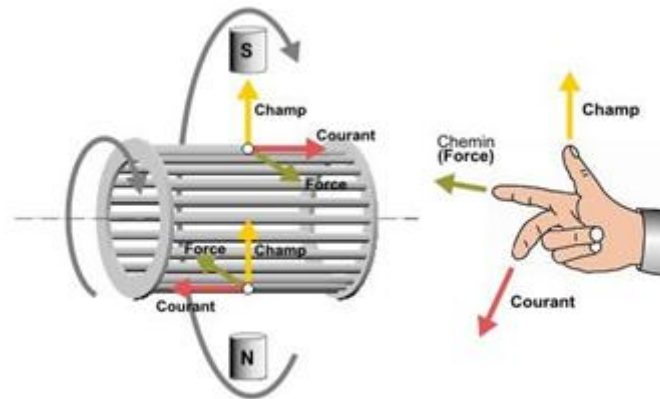


Figure II. 8: Croquis explicatif de la règle des trois doigts de la main droite

## II.7.4 Glissement, couple, caractéristiques

### II.7.4.1 Glissement

Dans un moteur asynchrone la vitesse de rotation du rotor est toujours inférieure à la vitesse de rotation du champ tournant qui est caractérisée par la vitesse du synchronisme (elle n'atteint jamais la vitesse du synchronisme), le rapport entre la vitesse du synchronisme  $N_s$  et la vitesse de rotation de l'arbre  $N_r$ , nous donne le glissement  $g$  qui est donné par la relation :

$$g = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (\text{II.2})$$

La vitesse de synchronisme, quant à elle, est fonction de la fréquence du réseau et du nombre de paires de pôles. Elle s'exprime par la relation suivante :

$$N_s = \frac{(60 \cdot f)}{P} \quad (\text{II.3})$$

### II.7.4.2 Le couple

Le couple  $C$  d'un moteur asynchrone est fonction de la puissance  $P$  et de la vitesse de rotation  $n$  du moteur. Il s'exprime par la relation suivante :

$$C = C_{em} = \frac{(Pu \cdot 9.55)}{N_r} \quad (\text{II.4})$$

### II.7.4.3 Caractéristique

Les moteurs asynchrones classiques ont les caractéristiques suivantes :

- Le courant de démarrage est d'environ 6 à 7 fois le courant nominal. Un système de limitation de courant (étoile/triangle, convertisseur de fréquence, etc.)

doit être prévu au démarrage (voir figure II.9).

- Couple de démarrage élevé (environ 2,5 fois le couple nominal).
- Couple maximal pour 30 % de glissement.

Le graphique ci-dessous nous les montre.

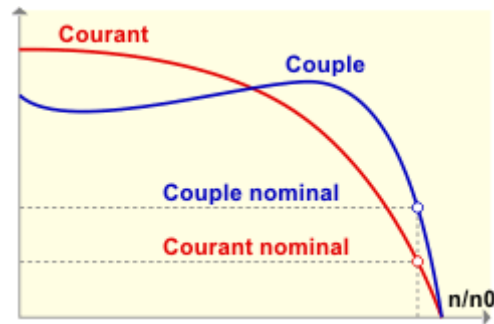


Figure II. 9: courbe du couple et le courant d'une machine asynchrone

## II.7.5 Bilan énergétique de la machine asynchrone

### II.7.5.1 Puissance électrique absorbée

Le moteur absorbe du réseau la puissance :

$$Pa = \sqrt{3} * Us * Is * \cos\varphi \quad (\text{II.5})$$

Une partie de cette puissance est dissipée en pertes joules statoriques  $p_{js}$  et en pertes fer dans le stator  $P_{fs}$  ; le reste, la puissance transmise  $P_{tr}$  traverse l'entrefer, c'est aussi la puissance électromagnétique [11].

### II.7.5.2 Pertes par effet joule au stator ( $p_{js}$ )

Données par :  $P_{js} = 3 * R_s * I^2 \quad (\text{III.6})$

### II.7.5.3 Pertes fer au stator ( $P_{fs}$ )

Elles ne dépendent que de la tension et de la fréquence, elles sont donc considérées constantes :

$$P_{fs} = \frac{3 * U^2}{R_s} \quad (\text{II.7})$$

### II.7.5.4 Puissance transmise ( $P_{tr}$ )

C'est la puissance que reçoit le rotor

$$P_{tr} = Pa - P_{js} - P_{fs} \quad (\text{II.8})$$

### II.7.5.5 Moment du couple électromagnétique ( $C_{em}$ )

L'action de l'ensemble des forces électromagnétique se réduit à un couple électromagnétique résultant de moment  $C_{em}$ .

$$C_{em} = \frac{P_{tr}}{\Omega_s} \tag{II.9}$$

### II.7.5.6 Puissance mécanique ( $P_m$ )

Le couple électromagnétique de moment  $C_{em}$  entraîne le rotor à la vitesse  $\Omega_r$ . Il lui communique donc la puissance mécanique  $P_m$ .

$$P_m = C_{em} * \Omega_r = P_{tr} * \left(\frac{\Omega_r}{\Omega_s}\right) = P_{tr} * (1 - g) \tag{II.10}$$

### II.7.5.7 Pertes Joule et pertes fer rotoriques ( $p_{jr}$ et $P_{fr}$ )

Ces pertes représentent la différence entre la puissance transmise et la puissance mécanique. Elles sont dues aux courants induits. Elles ne sont pas mesurables, car le rotor est court-circuité, on les calcule donc par :

$$P_{jr} + P_{fs} = P_{tr} - P_m = P_{tr} - P_{tr} * (1 - g) = g * P_{tr} \tag{II.11}$$

### II.7.5.8 Pertes mécanique ( $p_{mec}$ )

La vitesse de rotation variant peu en marche normale, ces pertes sont pratiquement constantes.

### II.7.5.9 Bilan de puissance

Le bilan énergétique d'une machine asynchrone peut être résumé par la figure II.10.

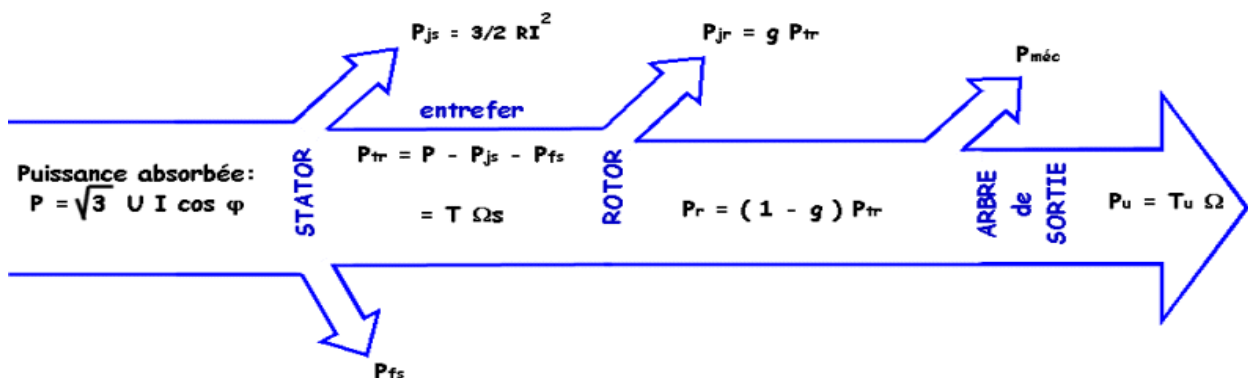


Figure II. 10: Bilan des puissances d'une machine asynchrone

## II.8 Conclusion

Vu la diversité des types de motopompe, le choix s'avère difficile, mais selon les critères de notre besoin on mènera une étude qui nous permettra de faire un choix adéquat, ce dernier doit être d'une efficacité maximale et d'un cout modéré.

Dans ce chapitre nous avons fait la description des motopompes en générale, ensuite nous avons parlé sur les moteurs électriques en générale et le moteur asynchrone en particulier car c'est lui qui assure l'entraînement de nos pompes qui sont centrifuges, ces derniers était détaillé à la fin de ce chapitre.



**Chapitre III :**  
**Dimensionnement de l'armoire de commande**

### III.1 Introduction

Toute installation électrique industrielle nécessite une armoire électrique pour alimenter ses différents composants électriques (moteurs, capteurs, etc.) afin de les maintenir en fonctionnement.

Notre projet consiste à étudier l'installation d'une nouvelle armoire de commande pour la raffinerie mentionnée précédemment au chapitre 2, et nous préciserons ensuite les différents matériaux et dimensions des sections, des conducteurs et des dispositifs de protection nécessaires à la réalisation de cette armoire de commande.

Pour construire une armoire électrique, la conception doit être achevée avant la fabrication (voir Figure III.1). La conception est la planification de l'armoire et la disposition du schéma électrique (circuits de puissance, circuits de commande et circuits de signalisation). La fabrication est l'assemblage de composants dans un cadre d'armoire selon des plans d'étage et des schémas.

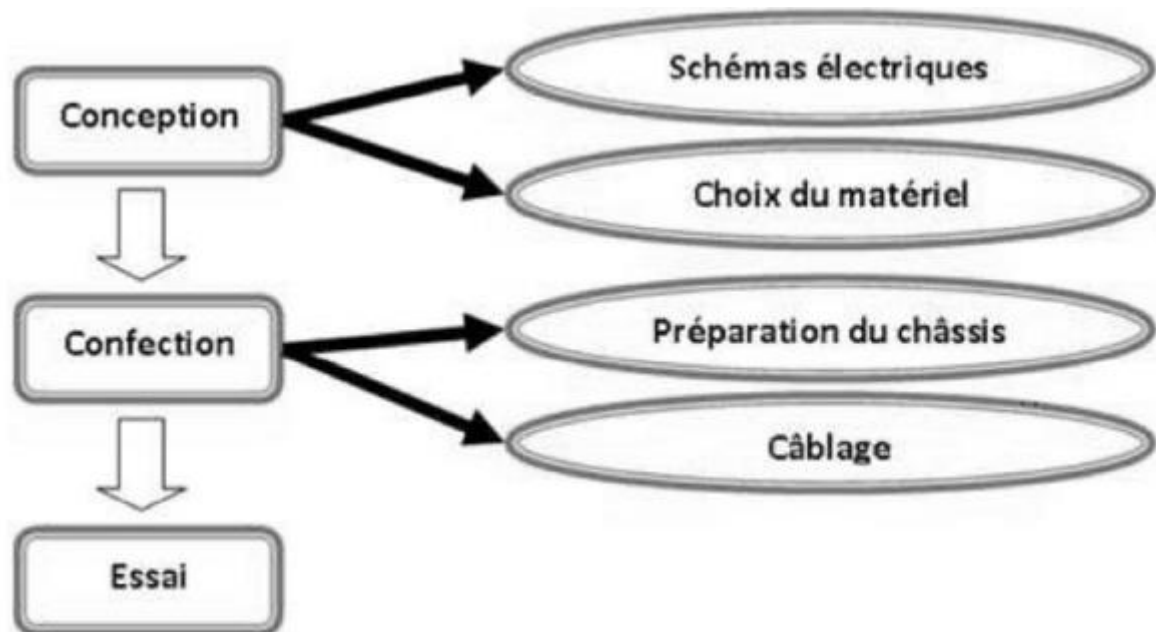


Figure III. 1 : démarrage direct d'un moteur triphasé

### III.2 Les étapes de réalisation d'une armoire électrique

La réalisation d'une armoire électrique, passe par une succession d'étapes qui se résume comme suit :

- Collecte d'information de la raffinerie de l'huile
- Le choix des organes de commande.

- Le choix de l'alimentation stabilisé (AC/DC).
- Le Choix du démarrage des moteurs.
- Dimensionner les sections des conducteurs et des protections.
- Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- Le choix de l'armoire.
- Le câblage de l'armoire.

### III.3 Collecte d'information de la raffinerie de l'huile

La collecte d'information commence par relever les plaques signalétiques des moteurs, De la raffinerie de l'huile nous avons relevé les informations suivantes :

- Les plaques signalétiques des différents moteurs de la raffinerie de l'huile :

#### III.3.1 Tableau

**Tableau III. 1:** les caractéristique des moteurs de notre raffinerie de l'huile.

Pompe	P (KW)	V (tr/min)	PF	I (A)	$\eta$ (%)
P1701B	37	3965	0.84	69.8	93.7
P1701C	37	3965	0.84	69.8	93.7
P1701D	37	3965	0.84	69.8	93.7
P1701E	37	3965	0.84	69.8	93.7
P1701F	37	3965	0.84	69.8	93.7
35H	5.5	1470	0.84	10.5	89.6
35R	5.5	1470	0.84	10.5	89.6

### III.4 Choix des organes de commande

C'est un ensemble de composants (contacteur, API, pupitre ...) qui effectue le traitement d'information, il est destiné à coordonner la succession des actions sur la partie opérative et

surveiller son bon fonctionnement, ils permettent aussi de gérer le dialogue avec les intervenants ainsi que les autres systèmes [12].

Dans notre armoire on aura besoin de :

- Contacteurs pour la commande des pompes ;
- Un démarreur progressif altistar 22 ;
- Un automate programmable industriel (siemens ET 200) ;
- Un pupitre opérateur de commande (Touch panel siemens).
- Des boutons poussoirs, un sélecteur de mode de marche, un commutateur à clef (pour le verrouillage des paramètres) et des voyants ;
- Des disjoncteurs moteurs, un disjoncteur principal, des portes fusibles, un relais de phase ;
- Des borniers

### III.5 Choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC)

L'alimentation stabilisée (24VDC) est utilisée pour l'alimentation des organes de commande et les différents capteurs, elle est choisie généralement à base de :

- La tension d'entrée (monophasée ou triphasée) ;
- La puissance délivrée à sa sortie ;
- Le courant et la tension continue de sortie.

Dans notre cas, le choix de l'alimentation stabilisée est basé sur la somme des consommations en courant, des éléments alimentés, avec la tension 24VDC.

La consommation en courant sous la tension 24 VDC de tous les organes de commande est :  $I_{total} = 20 \text{ A}$

Avec :  $I_{sources} = I_{total} * K_e$  avec :  $K_e$  : facteur d'extension = 1.2 Donc :

$$I_{sources} = 24 \text{ A}$$

De là nous avons choisi une alimentation stabilisée (380VAC /24VDC) qui délivre un courant de 25 A.

### III.6 Choix du démarrage des moteurs

Lorsqu'il est sous tension, le moteur doit fournir plus de couple que la machine entraînée, ce qui provoque des surintensités élevées pour créer des chutes de tension supplémentaires dans les lignes et des contraintes thermiques sur le moteur. Pour ces raisons, il est parfois nécessaire de sélectionner un type de démarrage adapté pour que le courant lors du démarrage puisse atteindre la valeur admissible et s'adapter aux besoins de fonctionnement. Différentes méthodes de démarrage peuvent être appliquées aux moteurs asynchrones, à savoir :

- Le démarrage direct ;
- Le démarrage étoile-triangle ;
- Le démarrage par autotransformateur ;
- Le démarrage par élimination des résistances statorique ou rotorique ;
- Le démarrage par variateur de fréquence.

Le choix d'un démarreur sera lié :

- Au type d'utilisation : souplesse au démarrage ;
- À la nature de la charge à entraîner ;
- Au type du moteur asynchrone ;
- À la puissance de la machine ;
- À la puissance de la ligne électrique ;
- À la gamme de vitesse requise pour l'application.

Pour les moteurs de la raffinerie de l'huile nous avons opté pour deux types de démarrage

#### III.6.1. Le démarrage direct

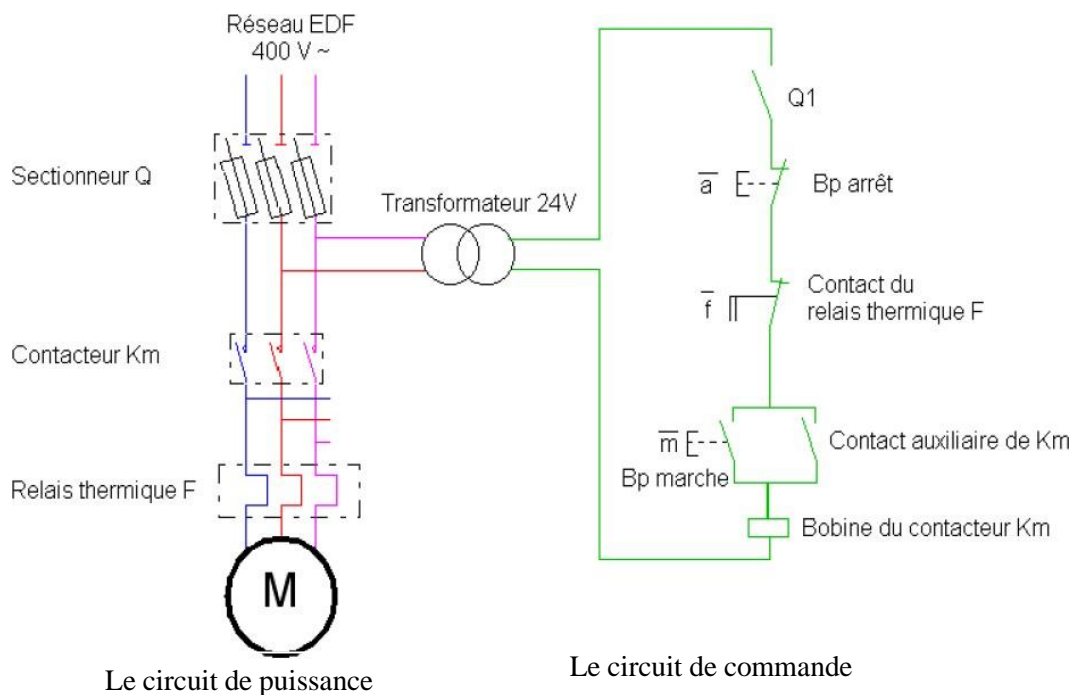
Le moteur est directement connecté au réseau. Ce mode de démarrage est réservé aux moteurs de plus faible puissance par rapport au réseau, et convient aux pompes ( $P=5,5\text{KW}$ ), et ne nécessite pas de régulation de vitesse pas à pas. Couple élevé et courant de surtension élevé (4 à 8 fois le courant nominal) [12].

##### a. Avantages

- Simplicité de l'appareillage
- Couple important
- Temps de démarrage minimal pour un moteur à cage.

##### b. Inconvénient

- Appel de courant de démarrage très important ( $I_d=4$  à  $8I_n$ )
- Démarrage brutal.



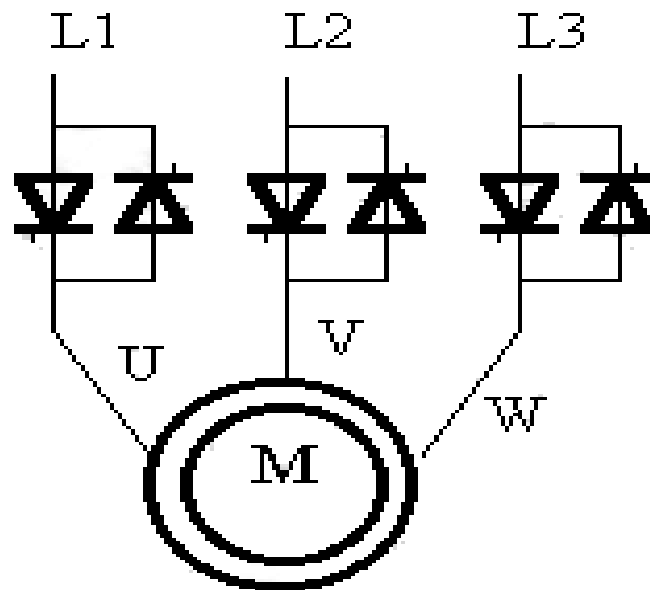
**Figure III. 2 :** démarrage direct d'un moteur triphasé

### III.6.2 Démarrage avec le démarreur électronique altistart 22

Lorsqu'un moteur asynchrone est alimenté, il crée un puissant appel de courant, qui peut provoquer une chute de tension importante dans l'installation électrique. Pour ces raisons et d'autres, il est parfois nécessaire d'effectuer un démarrage autre qu'un démarrage direct, tel qu'un démarrage progressif.

#### III.6.2.1 Objectifs du démarreur progressif

- ✓ Amener le moteur à son régime nominal le plus progressivement possible :  
0 → N nominal ;
- ✓ Ramener le moteur à l'arrêt le plus progressivement possible :  
N nominal → 0 ;
- ✓ Limiter les pointes de courant ;
- ✓ Limiter les à-coups de couple.



**Figure III. 3 :** Démarrage avec démarreur électronique

### III.6.2.2 Principe de fonctionnement

Un algorithme contrôle trois paires de thyristors montés dos à dos permet de démarrer et d'arrêter le moteur.

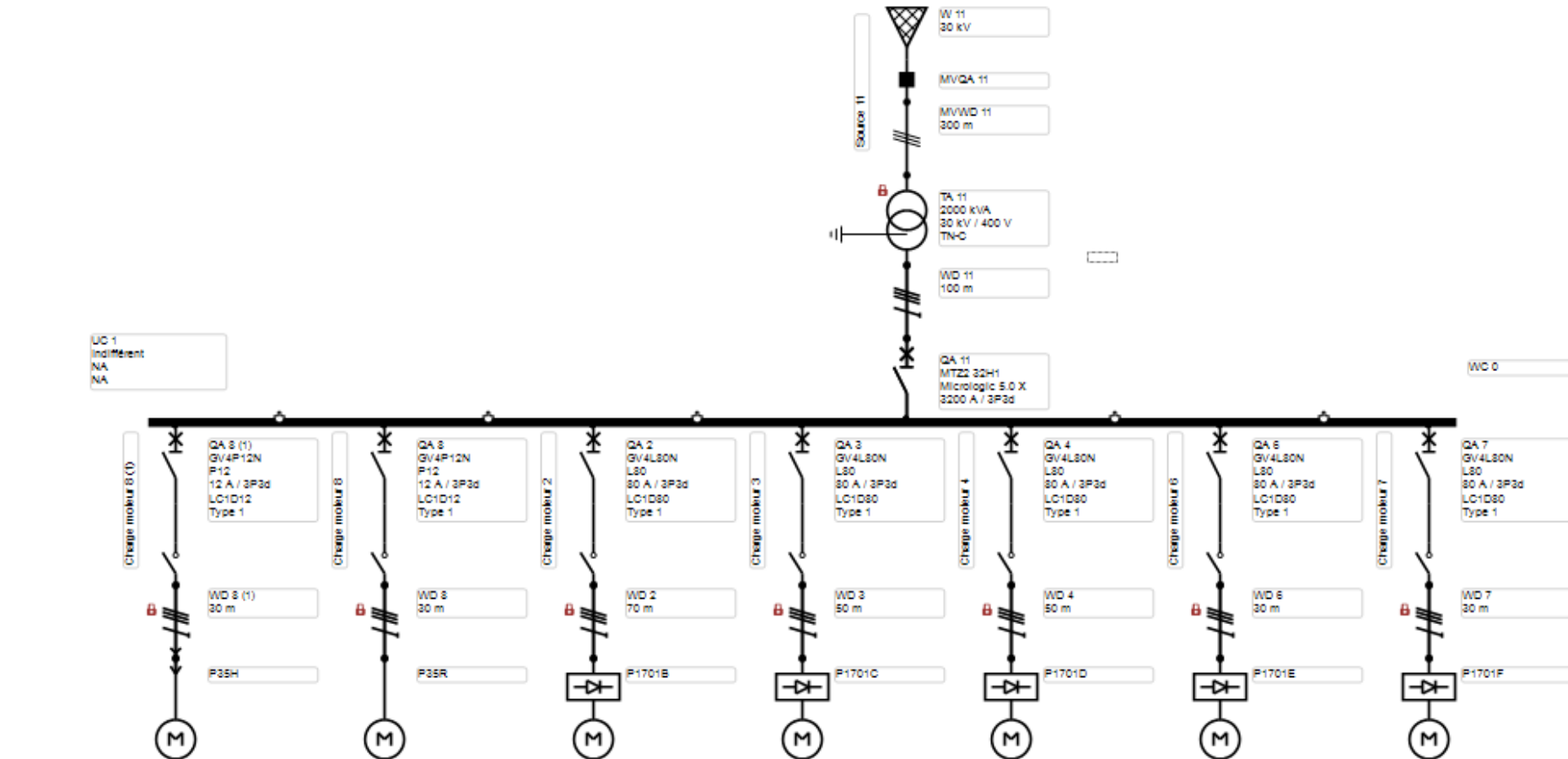
L'orientation dos à dos des thyristors permet à la tension AC d'être régulée en changeant l'angle d'amorçage à chaque demi-cycle.

La tension peut être augmentée jusqu'à atteindre son maximum ou limitée pour fournir des démarrages à courant limité.

### III.7 Synoptique général (Schéma unifilaire)

C'est un schéma de principe d'une installation électrique au repos, il ne tient pas compte de l'emplacement des équipements électriques, mais du fait des symboles, il donne la composition de chaque circuit de base et les interconnexions entre eux pour former une installation électrique.

III.7.1 schéma unifilaire de l'installation





### III.8 Calcul du courant d'emploi $I_B$

Le courant de conception  $I_B$  est le courant dans le circuit pour alimenter diverses charges. Dans le cas d'une alimentation séparée, le courant  $I_B$  sera égal au courant nominal de la charge alimentée. En revanche, si le secteur alimente plusieurs appareils, le courant  $I_B$  sera égal à la somme des courants consommés compte tenu de la simultanéité d'utilisation et d'installation.

La méthode de détermination du courant de fonctionnement maximal consiste à attribuer différents coefficients à chaque circuit de charge en fonction de la connaissance de la puissance de chaque circuit de charge.

$$I_B = \frac{P_u}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos\varphi} \quad (\text{III.1})$$

Avec :

$P_u$  : puissance utile en (kW).

$U$  : la tension.

$\eta$  : le rendement.

$\cos\varphi$  : facteur de puissance.

### III.9 Méthodologie de calcul du Bilan de puissance

#### III.9.1 Elaboration d'un bilan de puissance

La puissance de l'appareil n'est pas la somme arithmétique de la puissance des récepteurs. Sa détermination nécessite de connaître la puissance et l'emplacement du récepteur pour obtenir la puissance utilisée et pour déterminer la puissance requise par le transformateur [13].

#### III.9.2 Puissance installée

La puissance active installée par l'entreprise est la somme de la puissance active nominale de toutes les charges. Cette puissance sera ensuite utilisée pour calculer la puissance réelle consommée, en utilisant les facteurs d'utilisation et de simultanéité correspondant à chaque niveau d'installation, qui sont définis ci-dessous [14].

### III.9.3 Puissance utilisée

Elle représente la puissance réellement nécessaire aux différents circuits de l'installation électrique à la source. Elle est inférieure à la puissance installée car les récepteurs n'absorbent pas tous leur puissance nominale en même temps.

Son estimation permet d'évaluer la puissance réellement utilisée. Néanmoins sa détermination nécessite la connaissance des trois facteurs suivants : d'utilisation ( $k_u$ ), de simultanéité ( $k_s$ ) et d'extension ( $k_e$ ) [14].

### III.9.4 Facteur d'utilisation $K_u$

Typiquement, les récepteurs électriques ne fonctionnent pas à leur puissance nominale, un facteur d'utilisation est donc introduit pour calculer la puissance absorbée. Sachez que pour chaque type de récepteur, un facteur d'utilisation bien défini lui est associé. Dans les installations électriques, ce coefficient peut être estimé à 0,75 en moyenne Moteur et 1 pour l'éclairage [15].

**Tableau III. 2:** Facteur d'utilisation

Utilisation	Facteurs d'utilisation $K_u$
Eclairage, conditionnement d'air	1
Chauffage électrique, chauffage d'eau	1
Prise de courant (n : nombre de prise de courant alimenter par le même circuit)	Si : $n > 6 \rightarrow 0,6$ $n < 6 \rightarrow 0,1 + (0,9/n)$
Moteur électrique	0.75

### III.9.5 Facteur de simultanéité $K_s$

Les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément. C'est pourquoi il est permis de l'appliquer à différents récepteurs (ou circuits) en même temps ensembles de facteurs. La détermination du facteur de simultanéité nécessite une expérience avec une connaissance fine des conditions d'installation et de fonctionnement considérées, notamment du moteur et des prises de courant.

On ne peut donc pas donner des valeurs précises applicables à tous les cas. Les normes NF C 14-100, NF C 63-410 et le guide UTEC 15-105 donnent cependant des indications sur ce facteur selon le nombre de récepteurs et selon l'utilisation.

**Tableau III. 3:** Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.

Nombre de récepteurs	Facteur de simultanéité Ks
1 à 3	0.9
4 à 6	0.8
6 à 9	0.7
10 et plus	0.6

### III.9.6 Facteur d'extension Ke

Le rôle du facteur d'extension, également appelé facteur de réserve, est de prévoir une augmentation de la puissance absorbée. Le coefficient Ke varie d'un TGMT et un autre de 1 à 1,3 Pour les installations électriques [15].

### III.9.7 Détermination du facteur de puissance total

Le facteur de puissance est le quotient de la puissance active totale consommée et de la puissance apparente totale fournie.

### III.9.8 Dimensionnement des transformateurs

Après le calcul des puissances, on choisira des transformateurs de puissance normalisé

## III.10 Calcul du bilan de puissance de l'installation

### III.10.1 Calcul de la puissance installée

$$I_b = \frac{P_U}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi * \eta} \quad (III.2)$$

$$P_a = \sqrt{3} * U * I_b * \cos\varphi \quad (III.3)$$

$$Q_a = \sqrt{3} * U_n * I_b * \sin\varphi \quad (III.4)$$

$$S_a = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (III.5)$$

#### III.11.1.1 calcule pour l'électropompe M 37kw

$$I_b = \frac{37000}{\sqrt{3} * 400 * 0.84 * 0.938} = 67.85A$$

$$P_a = \sqrt{3} * 400 * 67.85 * 0.84 = 39.48KV$$

$$Q_a = \sqrt{3} * 400 * 67.85 * 0.54 = 25.38KVAR$$

$$S_a = \sqrt{39.48^2 + 25.38^2} = 47KVA$$

Calcul pour l'électropompe M 5.5kw :

$$I_b = \frac{5500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.84 \cdot 0.896} = 10.08 \text{ A}$$

$$P_a = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10.08 \cdot 0.84 = 5.86 \text{ Kw}$$

$$Q_a = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10.08 \cdot 0.54 = 3.77 \text{ KVAR}$$

$$S_a = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10.08 = 6.98 \text{ KV}$$

Les résultats de calcul de la puissance installée de l'installation sont donnés dans les tableaux suivant :

**Tableau III. 4 :** Bilan de puissance.

Récepteur	U	P <sub>u</sub>	η	cosφ	K <sub>u</sub>	P <sub>a</sub>	Q	S	I <sub>b</sub>
P1701B	400	37	0.938	0.84	0.75	39.48	25.38	47	67.85
P1701C	400	37	0.938	0.84	0.75	39.48	25.38	47	67.85
P1701D	400	37	0.938	0.84	0.75	39.48	25.38	47	67.85
P1701E	400	37	0.938	0.84	0.75	39.48	25.38	47	67.85
P1701F	400	37	0.938	0.84	0.75	39.48	25.38	47	67.85
P35H	400	5.5	0.896	0.84	0.75	5.86	3.77	6.98	10.08
P35R	400	5.5	0.896	0.84	0.75	5.86	3.77	6.98	10.08
TOTAL						209.12	134.44	248.9	359.4

Coefficient de simultanéité K <sub>s</sub>	0.7
Coefficient d'extension K <sub>e</sub>	1.2
Facteur de puissance global cosφ	0.84
Courant d'emploi I <sub>b</sub> (A)	301.89
Report p(kw)	175.66

	P(Kw)	Q(kvar)	S(kva)	I <sub>b</sub> (A)
	209.12	134.44	248.9	359.4
K <sub>s</sub>	146.38	94.1	174.23	251.58
K <sub>e</sub>	175.66	112.9	209.07	301.89

### III.11 Calcul de la section des conducteurs

Pour calculer la section des conducteurs il faut tenir compte de plusieurs paramètres :  
 Courant nominal : courant nominal des récepteurs, ou de distribution.

Type de conducteurs : multiconducteur ou mono-conducteur

Mode de pose : disposition des câbles

Type d'isolant [16]:

- PVC polychlorure de vinyle
- Caoutchouc
- PR polyéthylène réticulé
- EPR butyle, éthylène réticulé

### III.11.1 Dans le domaine domestique

Il y a une norme qui définit la section des conducteurs selon les récepteurs utilisés. Cela est possible car les modes de pose, la température ambiante et les isolants sont toujours sensiblement les mêmes.

### III.11.2 Dans le domaine industriel

Ces paramètres peuvent varier de façon importante et chaque cas est donc un cas particulier pour lequel des calculs sont nécessaires afin de déterminer le type de câble et la section à utiliser.

### III.11.3 Constitution d'un conducteur électrique

Un conducteur électrique est constitué d'un matériau conducteur, mono-brin ou multi-brin, souvent entouré d'une enveloppe isolants ('plastique, téflon.).

## III.12 Les étapes à suivre pour déterminer la section de câble

### ➤ 1<sup>er</sup> Etape :

- **Lettre de sélection :**

Elle est choisie en fonction du type de câble et du mode de pose, à l'aide du tableau lettre de sélection voir le (Tableau III.5).

- **Facteur de correction K1**

Il est déterminé en fonction du mode de pose et de la lettre de sélection, à l'aide du tableau facteur de correction K1 voir le (Tableau III.6).

- **Facteur de correction K2 :**

Il est choisi en fonction de la lettre de sélection et du type de pose jointif ou non, à l'aide du tableau facteur de correction K2 voir le (Tableau III.7).

- **Facteur de correction K3 :**

Il est déterminé en fonction du type de l'isolant et de la température ambiante, à l'aide du tableau facteur de correction K3 voir le (Tableau III.8).

- **Facteur de correction K :**

$$K = K_1 * K_2 * K_3 \quad (\text{III.6})$$

➤ **2<sup>ème</sup> Etape :**

- **Courant admissible I'<sub>z</sub> :**

Courant maximal que le câble peut véhiculer en permanence sans préjudice sur la durée de vie du câble :

$$I'_z = I_z / K \quad (\text{III.7})$$

I<sub>z</sub> : correspond à la valeur normalisée du courant d'emploi.

➤ **3<sup>ème</sup> Etape :**

- **Détermination de la section :**

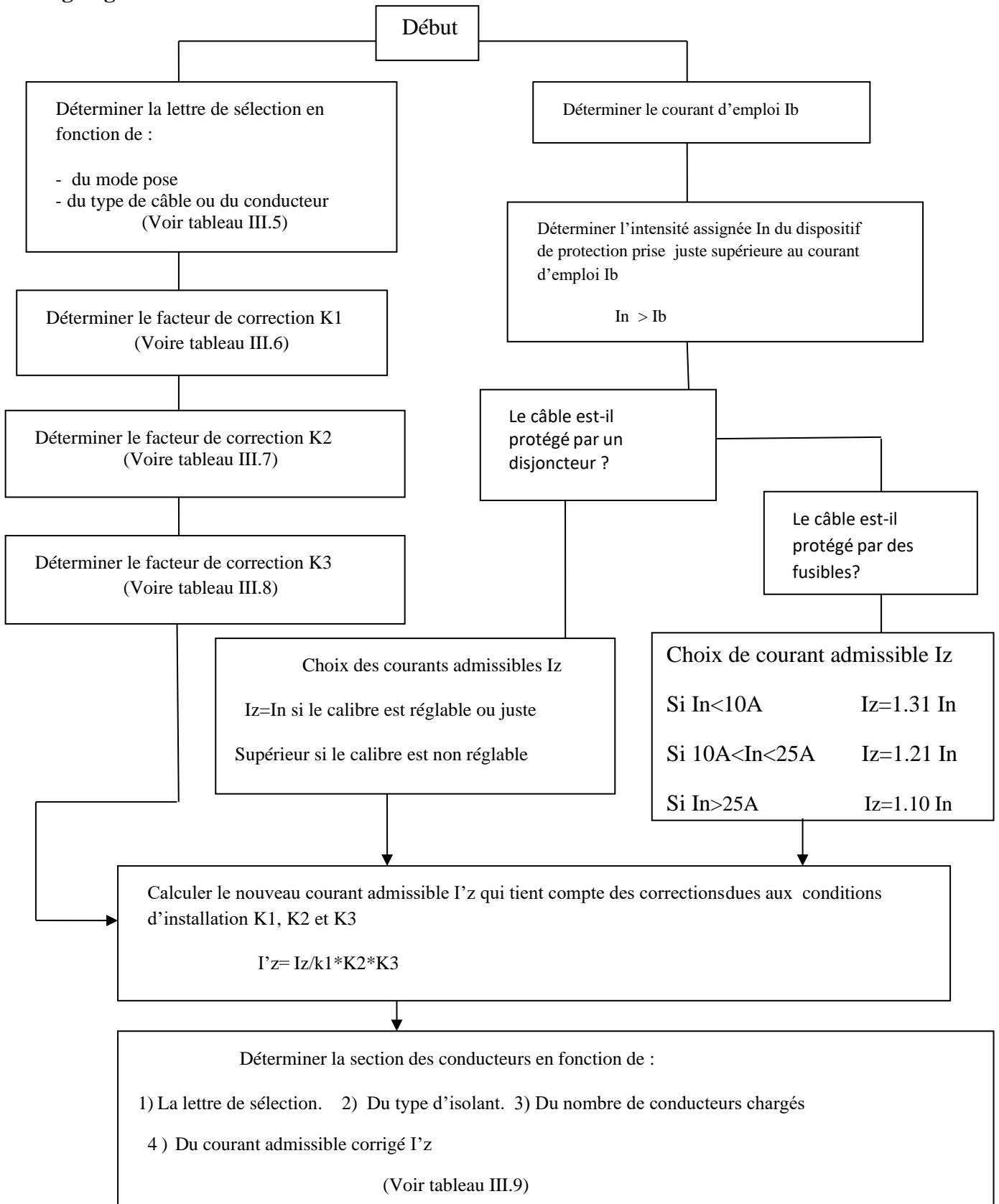
Elle est choisie en fonction de l'isolant, du nombre de conducteurs chargés et de la lettre de sélection, dans le tableau détermination de la section minimale.

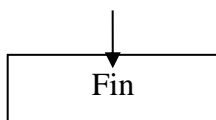
➤ **4<sup>ème</sup> Etape :**

- **Vérification de la chute de tension :**

Elle est vérifiée en fonction du courant admissible, de la nature du réseau et de la longueur du câble.

**Organigramme de la méthode :**





### III.12.1 détermination de la lettre de sélection

Avant de spécifier la valeur de chaque facteur, une lettre de sélection doit être sélectionnée, en fonction du conducteur utilisé et de son mode d'installation. Le tableau suivant énumère quelques-unes des situations les plus fréquemment rencontrées dans le secteur industriel [16].

**Tableau III. 5 :** détermination de la lettre de sélection.

Type d'élément conducteur	Mode de pose	Lettre de sélection
Conducteurs et câbles multiconducteur	- sous conduit, profilé ou goulotte, apparent ou encastré - sous vide de construction, faux plafond - sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	B
	- en apparent contre mur ou plafond - sur chemin de câble ou tablettes mon perforées	C
Câbles multiconducteurs -	-sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforé - fixé en apparent, espacés de la paroi câbles suspendus	E
Câbles mono-conducteur -	-sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforé - fixé en apparent, espacés de la paroi câbles suspendus	F

Pour le dimensionnement des sections de nos conducteurs on choisira le type de conducteurs qui est le troisième choix du tableau précédent c.-à-d. (Câble multi conducteur) et pour le mode de pose on choisira (chemin de câbles perforé) pour les conducteurs à l'intérieure de l'armoire qui correspond à la lettre de sélection (E).

### III.12.2 Le facteur qui prend en compte le mode de pose K1

Selon le mode de pose des conducteurs et leurs isolations on déterminera le facteur K1 mais à défaut de précision on peut prendre K1 égale à 1 ce qui est notre cas.

**Tableau III. 6 :** détermination du facteur de correction K1.

Lettre	Cas d'installation	K1
B, C	câbles dans profilés encastrés directement dans matériaux thermiquement isolants	0,70
	conduit encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	câbles multiconducteurs	0,90
	vides de construction et caniveaux	0,95
C	pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	autres cas	1,00



**III.12.3 Le facteur qui prend en compte l'influence des circuits placés côte à côte K2**

Dans une armoire électrique, de plus que la mise en évidence de ce facteur, on essaie toujours de séparer le câblage des circuits de la commande de ceux de la puissance, afin de limiter l'influence des courants transportés dans les conducteurs les uns contre les autres, on prend  $K2 = 0.73$ .

**Tableau III. 7 : Détermination du facteur de correction K2.**

Lettre	disposition descâbles jointifs	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans parois	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur murs ou planchers ou tablettes non perforées	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur échelles ou corbeaux	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Note : lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer un facteur de correction de :

Nombre de couche	2	3	4 ou 5	6 a 8	9 et +
Facteur de correction	0.8	0.73	0.7	0.68	0.66

**III.12.4 Le facteur qui prend en compte la température et la nature de l'isolant K3****Tableau III. 8 : Détermination du facteur de correction K3.**

Température ambiante en °C	Nature de l'isolant		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87

50	0,58	0,71	0,82
55		0,61	
60		0,50	

On supposera que la température peut atteindre 25°C avec la ventilation qui sera dimensionnée ultérieurement et l'isolation des conducteurs est en caoutchouc, pour les câbles, elle est en PVC.

Donc :  $K3 = 1.07$

Après avoir déterminé les facteurs K1, K2 et K3 qui tiennent compte des différentes influences sur les conducteurs on obtiendra le facteur K et on calcule le courant admissible dans la canalisation en fonction des Influences extérieures  $I_z'$ .

Avec : 
$$I'_z = I_z / K$$

En tenant compte du courant  $I_z'$ , la lettre de sélection, la nature de l'isolation, la matière des conducteurs ainsi que le nombre des conducteurs chargés, on détermine la section des conducteurs exacte ou approchée grâce à un tableau standard utilisé dans le domaine industriel qui est le suivant :

**Tableau III. 9** : Détermination de la section minimale des conducteurs.

	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
	caoutchouc ou PVC				butyle ou PR ou éthylène PR					
Lettre de	B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2			
	C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2		
Sélection	E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
	F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
Section	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
Cuivre	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
(mm <sup>2</sup> )	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	161
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	200
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	242
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	310
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	377
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	437
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	504
	150		299	319	344	371	395	441	473	575
	185		341	364	392	424	450	506	542	679
	240		403	430	461	500	538	599	641	783
	300		464	497	530	576	621	693	741	940
	400					656	754	825		1083
	500					749	868	946		
	630					855	1005	1088		1254

Section aluminium (mm <sup>2</sup> )	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	121
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	150
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	184
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	237
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	289
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	337
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	389
	150		227	245	261	283	316	324	346	447
	185		259	280	298	323	363	371	397	530
	240		305	330	352	382	430	439	470	613
	300		351	381	406	440	497	508	543	740
	400					526	600	663		856
	500					610	694	770		996
	630					711	808	899		

Pour notre armoire le tableau suivant résume le calcul des sections de nos conducteurs.

**Tableau III. 10** : calcul des différents paramètres.

Paramètres	Pompe P35H, P35R	Pompe (P1701B , P1701C, P1701D, P1701E, P1701F)
P <sub>n</sub> (kw)	5.5	37
I <sub>B</sub> (A)	10.08	67.85
Type de protection	Disjoncteur	Disjoncteur
I <sub>Z</sub> (A)	11	69
K <sub>1</sub>	1	1
K <sub>2</sub>	0.73	0.73
K <sub>3</sub>	1.07	1.07
K	0.78	0.78
I <sub>Z</sub> ' (A)	14.1	88.46
S mm <sup>2</sup>	1.5	25

$$I_B \text{ Total} = (10.08 \times 2 + 67.85 \times 5) = 359.41 \text{ A.}$$

On a :  $I_Z > I_B$

$$\text{Donc : } I_Z \text{ Total} = (11 \times 2 + 69 \times 5) = 367 \text{ A, } I_Z' \text{ Total} = 470.51$$

$$S = 300 \text{ mm}^2$$

Tel que :  $I_z$  Total courant de réglage du disjoncteur principal, et  $S$  la section des câbles du disjoncteur principal.

### III.13 Calcul des chutes de tension

La chute de tension sur une canalisation est calculée par la formule [16] :

**Tableau III. 11** : les formules de calcul de la chute tension.

Circuit	Chute de tension (en V)	Chute de tension normalisée en %
Monophasé : deux phases	$\Delta U = 2 * I_b * (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$	$\frac{\Delta U}{U}$
Monophasé : phase et neutre		$\frac{\Delta U}{V}$
Triphasé équilibré	$\Delta U = \sqrt{3} * I_b * (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$	$\frac{\Delta U}{U}$

Avec :  $R = \rho * \frac{L}{S}$

Résistance de ligne avec  $\rho$  résistivité du conducteur en service normal

- $\rho = 22.5 \Omega \text{ mm}^2/\text{km}$  pour le cuivre
- $\rho = 36 \Omega \text{ mm}^2/\text{km}$  pour l'aluminium

$\cos \varphi$  : facteur de puissance (en l'absence d'indication précise on peut prendre  $\cos \varphi = 0,8$ )

$I_B$  : courant maximal d'emploi, en ampère

**Tableau III. 12** : Chute de tension maximale.

	Eclairage	Autres usages
Type A - Installations alimentées directement par un branchement à basse tension, à partir d'un réseau de distribution publique à basse tension	3%	5%
Type B - Installations alimentées par un poste de livraison ou par un poste de transformation à partir d'une installation à haute tension et installations de type A dont le point de livraison se situe dans le tableau général BT d'un poste de distribution publique	6%	8%

$X = \lambda * L$  réactance du linge avec réactance linéique des conducteur ( $\sim 8 * 10^{-3} \Omega/km$ )

### III.13.1 Aspects normatifs

La chute de tension normalisée doit répondre à des critères définis par la norme NF C 15-100.

**Remarque :** en cas de chute de tension supérieure à la norme, passé à une section de conducteur plus grande, jusqu'à ce que la norme soit vérifiée.

**Tableau III. 13 :** les formule de calcul de R et X.

	R	X
Cuivre	$R = \frac{22.5 \Omega mm^2 / km}{S(mm^2)}$	Base tension : $X = 0.1 \Omega / km$
Aluminium	$R = \frac{36 \Omega mm^2 / km}{S(mm^2)}$	Moyenne tension : $X = 0.13 \Omega / km$

**Nb :** Cas particulier : câble tripolaire en cuivre  $X = 0.08 \Omega / km$

**Dans notre raffinerie nous avons :**

Les bacs 1701E et 1701F  $L = 30m$

Les bacs 1701D et 1701C  $L = 50m$

Les bacs 1701B  $L = 70m$

Les bacs 35H  $L = 50m$

Les bacs 35R  $L = 30m$

**Calcul de la chute tension :**

Pour les linges de P1701F :

$$\Delta U = b * I_b * L * (R * \cos \varphi + X * \sin \varphi) \quad (III.8)$$

En triphasée :  $b = \sqrt{3}$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 67.85 * 30 * 10^{-3} * (0.9 * 0.84 + 0.08 * 0.54)$$

$$= 2817.65 * 10^{-3}$$

$$= 2.81V$$

$$\Delta U\% = 0.7\%$$

$$\cos\varphi = 0.84$$

$$R = \frac{22.5\Omega\text{mm}^2/\text{km}}{S(\text{mm}^2)} \quad (\text{III.9})$$

$$R = \frac{22.5}{25} = 0.9$$

X câble tripolaire en cuivre  $X = 0.08\Omega/\text{km}$

$$Z=0.7992$$

Pour les lignes de P1701D et P1701C :

$$\Delta U = b * I_b * L * (Z)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 67.85 * 50 * 10^{-3} * 0.7992$$

$$\Delta U = 4.69V$$

$$\Delta U\% = 1.17\%$$

Pour les lignes de P1701B :

$$\Delta U = b * I_b * L * (Z)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 67.85 * 70 * 10^{-3} * 0.7992$$

$$\Delta U = 6.57V$$

$$\Delta U\% = 1.64\%$$

Pour les lignes de P35H :

$$\Delta U = b * I_b * L * (Z)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 10.08 * 50 * 10^{-3} * 12.64$$

$$\Delta U = 11.03V$$

$$\Delta U\% = 2.7\%$$

Pour les lignes de P35R :

$$\Delta U = b * I_b * L * (Z)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 10.08 * 30 * 10^{-3} * 12.64$$

$$\Delta U = 6.62v$$

$$\Delta U\% = 1.65\%$$

### III.14 Calcul des courants de court-circuit

#### III.14.1 Définition du courant de court-circuit

Un court-circuit est un phénomène électrique qui se produit notamment lorsque deux fils sont en contact direct, le plus souvent suite à un défaut d'isolation. Il peut provoquer une augmentation brutale de l'ampérage et même provoquer un incendie, généralement sa valeur varie entre  $2I_n$  et  $20I_n$  [17].

#### III.14.2 Causes d'un court-circuit

- Deux conducteurs de polarités différentes entre en contact.
- Il peut être d'origine climatique : absence de parafoudre ou de paratonnerre (surtension atmosphérique).
- Surtension interne appelée aussi surtension de manœuvre.
- La tenue de l'isolant, isolants en mauvais état notamment si le système électrique est corrodé, trop vieux ou trop humide.

#### III.14.3 Conséquences du défaut de court-circuit

- Ils génèrent des dégradations irréversibles du matériel ou des circuits électriques.
- L'apparition des arcs électriques.
- La provocation des électrocutions et des incendies.
- Les efforts électrodynamiques qui mènent à la déformation des jeux de barre et l'arrachement des câbles.

#### III.14.4 Nécessité de calcul des courants de court-circuit

Il existe deux types de courant de court-circuit et la détermination de chacun d'eux a pour but bien défini :

#### III.14.5 Le courant maximal de court-circuit qui détermine

- Le pouvoir de coupure (PDC) des disjoncteurs,
- Le pouvoir de fermeture des appareils,
- La tenue électrodynamique des canalisations et de l'appareillage.

Le courant minimal de court-circuit correspond à un défaut de court-circuit l'extrémité de la liaison protégée lors d'un défaut biphasé et dans les conditions d'exploitation les moins sévères.

Il est indispensable au choix de la courbe de déclenchement des disjoncteurs et des fusibles, en particulier quand :

- La longueur des câbles est importante et/ou que la source est relativement impédance (générateurs-onduleurs)
- La protection des personnes repose sur le fonctionnement des disjoncteurs ou des fusibles, c'est essentiellement le cas avec les schémas de liaison à la terre du neutre TN ou IT.

### III.14.6 Caractéristiques des courts-circuits

Ils sont principalement caractérisés par :

- ❖ Leurs durées : auto-extincteur, fugitif ou permanent
- ❖ Leurs origines :
  - Mécaniques (rupture de conducteurs, liaison électrique accidentelle entre deux conducteurs par un corps étranger conducteur tel que outils ou animaux).
  - Surtensions électriques d'origine interne ou atmosphérique.
  - Ou à la suite d'une dégradation de l'isolement, consécutive à la chaleur, l'humidité ou une ambiance corrosive
- ❖ Leurs localisations : interne ou externe à une machine ou à un tableau électrique.

Outre ces caractéristiques, les courts-circuits peuvent être :

- Monophasés : 80 % des cas
- Biphasés : 15 % des cas. Ces défauts dégénèrent souvent en défauts triphasés - Triphasés : 5 % seulement dès l'origine.

### III.14.7 Différents types de court-circuit

Il existe 4 types de courants de court-circuit :

- ❖ Court-circuit triphasé  $I_{cc3}$  :
- ❖ Courant de court-circuit,

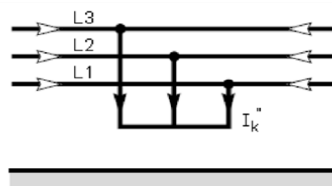


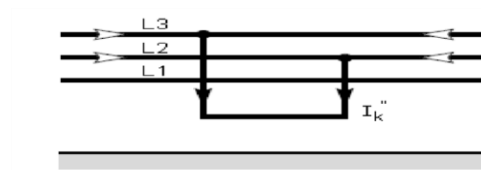
Figure III. 4 : Court-circuit triphasé symétrique



La réunion des trois phases provoque un défaut appelé court-circuit triphasé. L'intensité de ce court-circuit est égale à :

$$I_{cc3} = \frac{U/\sqrt{3}}{z_{cc}} \quad (\text{III.10})$$

- U : tension entre phase volt (V)
- **Z<sub>cc</sub>** : Impédance équivalente du circuit parcouru par I<sub>cc</sub> en ohm (Ω)
- ❖ Court-circuit biphasé I<sub>cc2</sub>
- ❖ Courant de court-circuit,

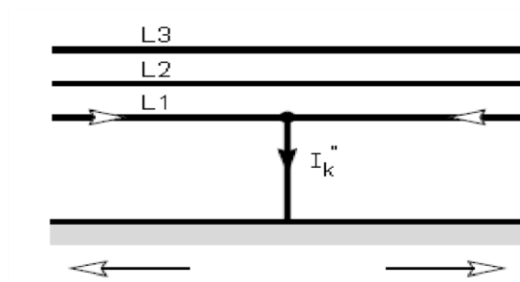


**Figure III. 5 :** Court-circuit entre phases, isolé

C'est le défaut qui correspond à la réunion des deux phases. L'intensité de ce court-circuit est égale à :

$$I_{cc2} = \frac{U}{2*Z_{cc}} \quad (\text{III.11})$$

- ❖ Court-circuit monophasé I<sub>cc1</sub> :
- ❖ Courant de court-circuit,



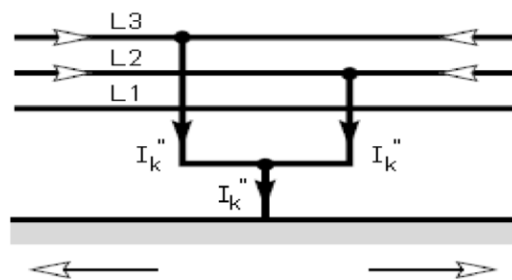
**Figure III. 6 :** Court-circuit phase Terre

Le contact entre une phase et le neutre accorde un défaut appelé court-circuit monophasé.

L'intensité de ce court-circuit est égale à :

$$I_{CC1} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{CC}+Z_n} \quad (\text{III.12})$$

- ❖  $Z_n$  : Impédance du neutre en ohm ( $\Omega$ )
- ❖ Court-circuit à la terre  $I_{cch}$  :
- ❖ Courant de court -circuit



**Figure III. 7 :** Court-circuit entre phases, avec mise à la Terre

Il correspond à un défaut entre phase et la terre faisant intervenir l'impédance homopolaire  $Z_h$ . L'intensité de ce court-circuit est égale à :

$$I_{cch} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{CC}+Z_h} \quad (\text{III.13})$$

- $Z_h$  : Impédance homopolaire en ohm ( $\Omega$ )

Afin de calculer ces courants du court-circuit en réseaux BT, plusieurs méthodes ont été proposées par la norme C 15-105 qui complète la C15-100 (installation BT alimentées en courant alternatif) .

Parmi ces méthodes, on trouve la méthode des impédances qui permet de calculer les courants de défaut avec une bonne précision.

Cette méthode consiste à additionner toutes les résistances  $R$  et toutes les réactances  $X$  du circuit en amont du court-circuit, puis à calculer l'impédance  $Z$ , et ensuite calculer  $I_{cc}$  par la loi d'ohm.

$$Z_{cc} = \sqrt{Rt^2 + Xt^2} \quad (\text{III.14})$$

Avec :

- $Rt = \sum R$  somme des résistances en série
- $Xt = \sum X$  somme des réactances en série.
- **Les Calcule :**

$$I_{ccmaxi} = \frac{m \cdot c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad (\text{III.15})$$

Rt et Xt exprimées en m et I en kA

-Un = tension nominale entre phases au secondaire du transformateur

-m = facteur de charge à vide = 1,05

-c<sub>max</sub> = facteur de tension max = 1,05.

### III.15 Déterminer résistances et réactances de chaque partie de l'installation

#### III.15.1 Impédance du réseau amont

Dans la plupart des calculs, on ne remonte pas au-delà du point de livraison de l'énergie. La connaissance du réseau amont se limite alors généralement aux indications fournies par le distributeur, à savoir uniquement la puissance de court-circuit S<sub>cc</sub> (en MVA) [16].

L'impédance équivalente du réseau amont est :  $Z_a = \frac{(m \cdot U)^2}{S_{cc}}$  (III.16)

U est la tension composée du réseau non chargé.

$$R_1 = 0.1 Z_a, X_1 = 0.995 Z_a$$

#### III.15.2 Impédance interne du transformateur

L'impédance se calcule à partir de la tension de court-circuit U<sub>cc</sub> exprimée en % :

$$Z_t = \frac{U_{cc}}{100} * \frac{U^2}{S_n} \quad (\text{III.17})$$

U = tension composée à vide du transformateur,

S<sub>n</sub> = puissance apparente du transformateur.

U<sub>cc</sub> tension de court-circuit du transformateur en %

**Tableau III. 14 :** Impédance interne du transformateur.

Puissance du transformateur HTA/BT (en KVA)	<630	800	1000	1250	1600	2000
Tension de court-circuit U <sub>cc</sub> (en %)	4	4.5	5	5.5	6	7

Tension de court-circuit U<sub>cc</sub> normalisée pour les transformateurs HTA / BT de distribution publique.

Les valeurs de la résistance et de la réactance sont données par :

$$R_T = \frac{W_c \cdot U^2}{S_n^2} \quad (\text{III.18})$$

$W_c$  représente les pertes cuivre dans le transformateur

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} \tag{III.19}$$

**III.15.3 Impédance des liaisons**

L'impédance des liaisons  $Z_L$  dépend de leur résistance et réactance linéiques, et de leur longueur.

La résistance linéique  $R_L$  des lignes aériennes, des câbles et des jeux de barres se calcule avec l'équation :  $R_L = \frac{\rho}{S}$  (III.20)

$S$  = section du conducteur ;

$\rho$  = sa résistivité, mais dont la valeur à adopter n'est pas la même selon le courant de court-circuit calculé, maximum ou minimum.

Pour les lignes aériennes les valeurs à adopter pour la réactance sont :

$X = 0.3 \text{ } \Omega/\text{km}$  ligne BT ou HTA

$X = 0.4 \text{ } \Omega/\text{km}$  ligne HTA ou HTB

Pour les câbles, selon leur mode de pose, le tableau de la figure ci-dessous récapitule différentes valeurs de réactance en BT (valeurs pratiques extraites des normes).

**Tableau III. 15 :** Valeurs de la réactance des câbles selon le mode de pose.

mode de pose	jeux de barres	câble triphasé	câbles unipolaires espacés	câbles unipolaires serrés en triangle	3 câbles en nappe serrée	3 câbles en nappe espacée de "d"
schéma						
réactance linéique valeurs moyenne (en mΩ/m)	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145

La résistivité des conducteurs selon le courant de court-circuit à calculer (maxima où minimal) est donnée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III. 16 :** La résistivité des conducteurs selon le courant de court-circuit.

Règle	Résistivité	Valeur de la résistivité ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )		Conducteurs concernés
		Cuivre	Aluminium	
Courant de court-circuit maximal	$\rho_1 = 1.25 \rho_{20}$	0.0225	0.036	PH-N
Courant de court-circuit minimal	$\rho_1 = 1.5 \rho_{20}$	0.027	0.043	PH-N

Tirés des Cahiers Techniques N°158 « calcul des courants de court-circuit)

$\rho_{20}$  résistivité des conducteurs à 20° C. 0,018  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre et 0,029  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  pour l'aluminium.

Valeurs de la résistivité  $\rho$  des conducteurs à prendre en considération selon le courant de court-circuit calculé, maximum ou minimum (UTE C 15-105).

### III.15.4 Impédance des Jeux de barres

La valeur de la résistance et de la réactance des jeux de barres est donnée par :

$$R_L = \frac{\rho * L}{S} \quad (\text{III.21})$$

$X = 0.15 * L$  (X en  $\text{m}\Omega$  et L en m)

Pour les disjoncteurs R et X négligeables.

### III.15.5 Impédance des machines tournantes

Alternateurs synchrones :

Les impédances des machines sont généralement exprimées sous la forme d'un pourcentage





Telle que  $\frac{X}{100} = \frac{I_n}{I_{cc}}$ , X est l'équivalent de  $U_{cc}$  pour les transformateurs, soit :  $Z = \frac{X}{100} * \frac{U^2}{S_n}$

U = tension composée à vide de l'alternateur,

$S_n$  = puissance apparente (VA) de l'alternateur.  $R \ll X$

### III.15.6 Application numérique par rapport à notre projet

**Tableau III. 17 : calcul des résistances et des réactances des différentes parties de l'installation.**

Schéma	Partie d'installation	Impédance (Z) (Ω)	Résistance (R) (Ω)	Réactance (X) (Ω)
	Réseau S= 2.5 MVA	$Z = \frac{m * U^2}{S}$ $Z = \frac{(1.05) * 400^2}{2500000^2}$ Z= 0.07056 (Ω)	R=0.1*Z R=0.007056 (Ω)	$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$ X = $\sqrt{0.07056^2 - 0.007056^2}$ X=0.0702 (Ω)
	Transformateur Sn=2000 kvA  $U_{kr} = 6\%$ U=400V $P_{cu} = 19800W$	$Z = \frac{U^2}{S_n} * U_{kr}$ $Z = \frac{400^2 * 6}{200000000}$ Z=0.0048 (Ω)	$R = P_{cu} * \frac{U^2}{S_n^2}$ R = $19800 * \frac{400^2}{2000000^2}$ R=0.00792 (Ω)	$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$ X = $\sqrt{0.0048^2 - 0.000792^2}$ X=0.00473 (Ω)
	Jeux de barre 3*3*(200*20) L=3.5	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ Z=0.000525 (Ω)	$R = \frac{\rho * L}{S}$ $R = \frac{0.0225 * 3.5}{3 * 400}$ R=0.00000656 (Ω)	$X = 0.15 * 10^{-3} * L$ X = $0.15 * 10^{-3} * 3.5$ X = 0.000525 (Ω)
	Liaison (câble) S = 300 mm <sup>2</sup> L=100m	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ Z=0.01 (Ω)	$R = \frac{\rho * L}{S}$ $R = \frac{0.0225 * 100}{300}$ R=0.0075 (Ω)	$X = 0.08 * 10^{-3} * L$ X = $0.08 * 10^{-3} * 100$ X=0.008 (Ω)
	Disjoncteur Principale	/	/	/
	Jeux de barres 3*3(32*8) L = 0.65 m	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ Z = 0.0000993	$R = \frac{\rho * L}{S}$ $R = \frac{0.0225 * 0.65}{3 * 32 * 8}$ R=0.000019 (Ω)	$X = 0.15 * 10^{-3} * L$ X = $0.15 * 10^{-3} * 0.65$ X = 0.0000975 (Ω)
	Disjoncteur Moteur	/	/	/

**Tableau III. 18 : calcul des impédances totales de l'installation.**

	$Z_{TOT}$	$R_{TOT}$	$X_{TOT}$
Au niveau disjoncteur principale	0.0863 ( $\Omega$ )	0.0224 ( $\Omega$ )	0.0834 ( $\Omega$ )
Au niveau disjoncteur Moteur	0.0864 ( $\Omega$ )	0.0225 ( $\Omega$ )	0.0835 ( $\Omega$ )

$$I_{cc\ disj.pr} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0863} = 2676.015A \quad I_{cc\ disj.moteur} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0864} = 2672.91A$$

D'après nos calculs on propose la solution suivante :

### III.16 La Solution

Ce nouveau changement qui consiste à installer cinq nouvelles motopompes plus les anciennes, nous mit dans l'obligation de redimensionner notre armoire électrique et d'installer des appareils qui ont le pouvoir de supporter notre nouvelle gamme de puissance. Ces appareils sont :

#### III.16.1 Disjoncteur principale

Le disjoncteur fait partie des organes de protection de l'installation électrique,

- Il assure un rôle de protection pour les récepteurs qui sont branché en bout des circuits électriques.
- Il protège des équipements et les canalisations (conducteur câble).
- Il coupera le circuit en cas de surintensité température excessif.
- Il assure un rôle de protection contre deux types de défaut : une protection contre les sur charge et aux courts-circuits.

Dans notre installation nous avons choisi le disjoncteur de 400 (ampère) de déclencheur magnétothermique de marque Scheider Electric sur la référence NSX 400. Ce type de disjoncteur assure la protection, le sectionnement et la commande des circuits de distribution électrique dans les domaines tertiaires et industriels, il a un déclencheur de type magnétothermique ou micro logique avec mesure et communication. La protection différentielle est intégrée dans volume de disjoncteur (voir figure III.8) [3].



**Figure III. 8 :** Disjoncteur NSX 400

### III.16.2 Disjoncteur moteurs magnétothermique

Le principe de fonctionnement de ce disjoncteur ci le même principe de disjoncteur principale.

Dans notre installation nous avons besoin de cinq disjoncteurs de 80 A de déclencheur magnétothermique de marque scheider Electric de gamme Tesys GV4 et de référence GV4L80N. Et deux disjoncteurs 9 à 14 A de déclencheur magnétothermique de référence Tesys GV2ME16 (voir figure III.9 et III.10) [3].



**Figure III. 9 :** Disjoncteur TeSys Gv4L80N



**Figure III. 10 :** Disjoncteur TesysGV2ME16



III.16.3 Contacteur

Les contacteurs commandant la mise sous tension et hors tension des équipements électrique de puissance, principalement des moteurs mais aussi des systèmes chauffage, les dispositifs d'éclairage ...etc. Les contacteurs peuvent être commandé localement ou à distance depuis un simple bouton poussoir, un relais ou encore un automate programmable (voir figure III.12).

Dans notre installation nous avons besoin de deux contacteurs de bobine 230V et de référence LC1D12, notre choix était fait à base du tableau suivant (voir figure III.11) [4].

**Circuit de commande en courant alternatif, continu ou basse consommation**

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3 (θ < 60 °C)								courant assigné d'emploi en AC-3 jusqu'à A	contacts auxiliaires instantanés		référence de base à compléter par le repère de la tension (1) fixation (2)					
220 V 380 V	230 V	400 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V		vis	ressort	tensions usuelles					
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW									
2,2	4	4	4	5,5	5,5	5,5	5,5	9	1	1	LC1 D09...	LC1 D09...	B7	P7	BD	BL
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	7,5	7,5	12	1	1	LC1 D12...	LC1 D123...	B7	P7	BD	BL
4	7,5	9	9	10	10	10	10	18	1	1	LC1 D18...	LC1 D183...	B7	P7	BD	BL
5,5	11	11	11	15	15	15	15	25	1	1	LC1 D25...	LC1 D253...	B7	P7	BD	BL
7,5	15	15	15	18,5	18,5	18,5	18,5	32	1	1	LC1 D32...	LC1 D323...	B7	P7	BD	BL
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	38	1	1	LC1 D38...	LC1 D383...	B7	P7	BD	BL
11	18,5	22	22	22	30	22	30	40	1	1	LC1 D40...	LC1 D403...	B7	P7	BD	BL
15	22	25	30	30	33	30	30	50	1	1	LC1 D50...		B7	P7	BD	BL
18,5	30	37	37	37	37	37	37	65	1	1	LC1 D65...		B7	P7	BD	BL
22	37	45	45	45	55	45	45	80	1	1	LC1 D80...		B7	P7	BD	BL
25	45	45	45	55	55	45	45	95	1	1	LC1 D95...		B7	P7	BD	BL
30	55	59	59	75	80	75	75	115	1	1	LC1 D115...		B7	P7	BD	BL
40	75	80	80	90	100	90	90	150	1	1	LC1 D150...		B7	P7	BD	BL

(1) Tensions du circuit de commande préférentielles.

Courant alternatif							
volts	24	48	115	230	400	440	500
LC1 D09...D150 (bobines D115 et D150 antiparasitées d'origine)							
50/60 Hz	B7	E7	FE7	P7	V7	R7	
LC1 D40...D115							
50 Hz	B5	E5	FE5	P5	V5	R5	S5

Figure III. 11 : Choix de contacteur dans le catalogue



Figure III. 12 : Contacteur LC1D12

### III.16.4 Démarreur progressif

Un démarreur progressif est un dispositif à base de semi-conducteurs qui protège les moteurs électriques à courant alternatif contre les dommages causés par des afflux soudains d'alimentation en limitant l'important courant d'appel initial associé au démarrage du moteur.

Notre installation nécessite cinq démarreurs progressifs de référence ATS22 pour moteurs de puissance 37KW (voir figure III.13) [3].



Figure III. 13 : Démarreur progressif ATS22

### III.16.5 Aérateur

L'aérateur est un dispositif permettant l'aération naturelle et continue d'une pièce. Dans notre cas nous avons besoin d'aérateur pour refroidissement, évacuation du poussier, afin d'assurer que le milieu soit toujours sec (protection contre l'humidité) à l'intérieur de l'armoire (voir figure III.14) [5].



Figure III. 14 : Aérateur

### III.16.6 Thermostat

Dans notre cas nous avons besoin d'un thermostat pour obtenir une température constante dans l'armoire (voir figure III.15) [5].



Figure III. 15 : Thermostat

### III.16.7 Chauffage

Le chauffage est l'action de transmettre de l'énergie thermique à un objet, un matériau ou à l'air ambiant (protection de chaleur), notre cas nécessite des chauffages pour augmenter la température en cas la température diminuer (voir figure III.16) [5].



Figure III. 16 : Chauffage

### III.16.8 Voyants

Les voyants servent à lire dans la porte de l'armoire sans l'accéder à l'intérieur (marche, arrêt, défaut), (voir figure III.17).



Figure III. 17 : Voyant

### III.16.9 Arrêt d'urgence

Le bouton d'arrêt d'urgence sert à interrompre brutalement le fonctionnement d'un appareil électrique pour empêcher la survenue ou l'aggravation d'un accident (voir figure III.18) [3].



Figure III. 18 : Arrêt d'urgence

### III.16.10 Automate programmable

Un automate programmable industrielle est un dispositif électronique prédéterminé à l'automatisation des processus tels la commande des machines de production au sein d'une usine ou encore le pilotage de robots industriels, dans notre installation nous avons choisi un automate programmable ET200 (voir figure III.19) [6].



Figure III. 19 : Automate programmable ET200

### III.16.11 Relis oméga électrique :

Relis est une bande structurale métallique principalement utilisée pour le montage de panneaux électriques. On l'appelle aussi Omega Rail parce que le matériel électrique a exactement la forme de la lettre de la lettre grecque ( $\Omega$ ), (voir figure III.20).



Figure III. 20 : Relis oméga électrique

### III.16.12 Goulotte électrique

Au niveau du tableau électrique, une goulotte spéciale appelée enveloppe technique (GTL) doit être prévue. En effet, la norme NF C15-100 impose l'installation d'une goulotte pour regrouper toutes les arrivées et tous les départs du circuit électrique du tableau dans le cas d'une rénovation complète ou d'une construction neuve. Il devait être placé dans un espace technique dédié appelé ETEL (voir figure III.21).



Figure III. 21 : Goulotte électrique

### III.16.13 Répartiteur électrique

Les répartiteurs électriques nous permettent de répartir facilement les câbles sur la table. Il peut être placé directement sur les rails ou intégré sur le dessus de la table. Les bornes de raccordement électrique assurent la continuité électrique et facilitent le câblage du tableau.



Figure III. 22 : Répartiteur électrique

### III.17 La sélectivité

La sélectivité est la coordination des dispositifs de protection pour qu'un défaut survenant en tout point du réseau soit éliminé par un disjoncteur immédiatement en amont du défaut. On distingue deux grands types de sélectivité :

#### III.17.1 Sélectivité totale

La distinction entre les deux disjoncteurs est considérée comme complète lorsqu'il y a deux dispositifs de protection contre les courts-circuits maximaux en série, le dispositif aval assurant la protection sans faire fonctionner le dispositif amont (Figure III.24).

#### III.17.2 Sélectivité partielle

Lorsqu'il y a deux dispositifs de protection, la différence entre les deux disjoncteurs est considérée comme partielle, le court-circuit maximal placé en série, le dispositif aval assure jusqu'à un niveau de protection donné sans provoquer le fonctionnement du dispositif amont.

Au-delà les deux dispositifs réagissent simultanément (Figure III.23).

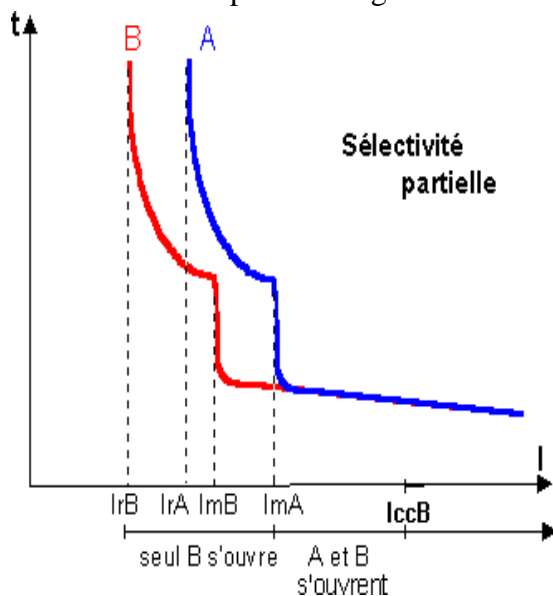


Figure III. 23 : Sélectivité partielle

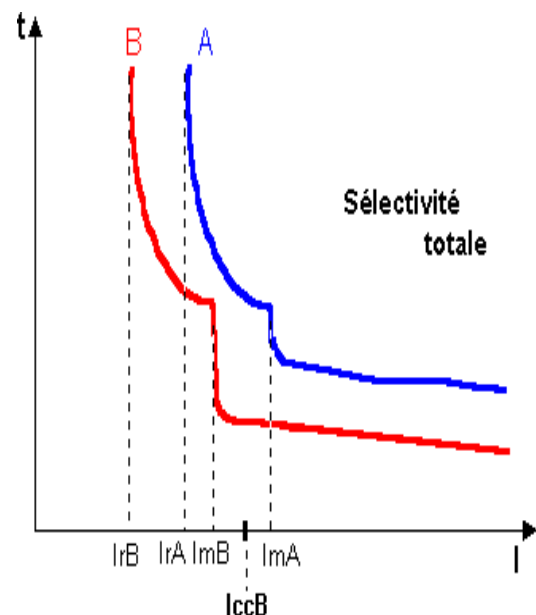


Figure III. 24 : Sélectivité totale

### III.18 Protection des moteurs électrique

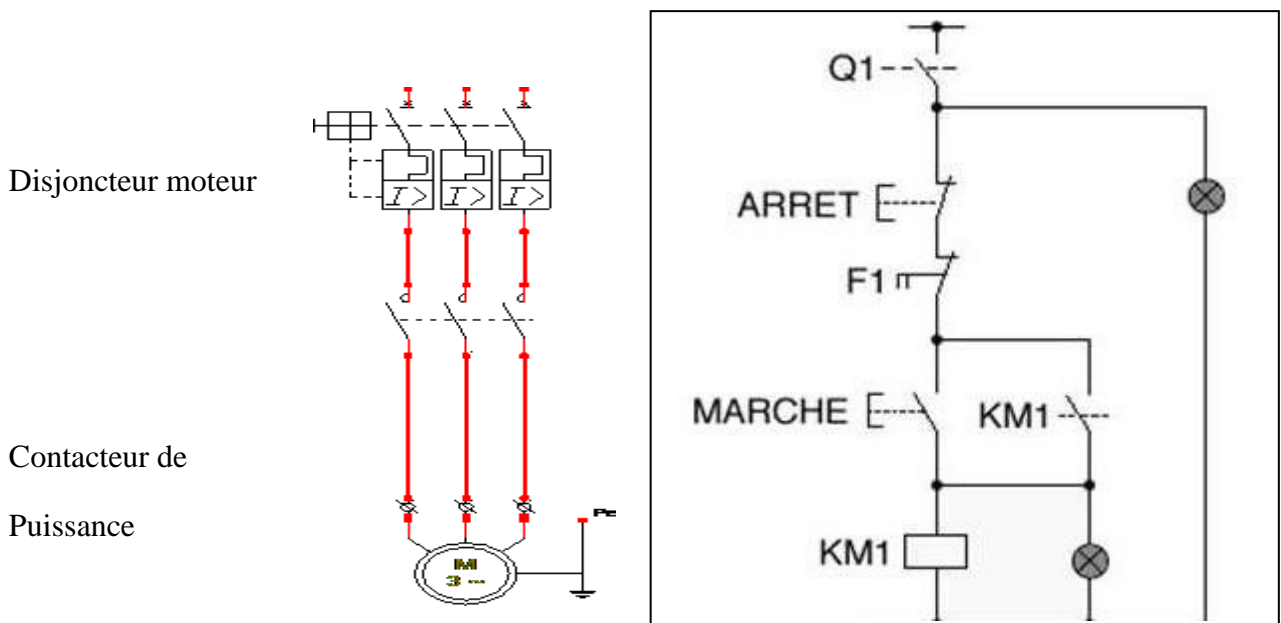
La protection des moteurs électriques s'effectue à travers le choix du départ moteur qui peut être constitué d'un ou plusieurs appareils différents en concordance assurant une ou plusieurs fonctions à savoir.

- La fonction de sectionnement.
- La fonction de protection contre les courts circuits.
- La fonction de protection contre les surcharges.
- La fonction de commande.

Afin de satisfaire les recommandations de protection, nous avons choisi des départs moteur composés de :

Disjoncteur moteur magnétothermique : Dans ces disjoncteurs, les dispositifs magnétiques (protection contre les courts circuits) ont un seuil de déclenchement non réglable, en général environ 10 fois le courant de réglage maximal des déclencheurs thermiques. Leurs éléments thermiques (protection contre les surcharges) sont Compensés contre les variations de la température ambiante. Le seuil de protection thermique est quant à lui réglable en face avant du disjoncteur, sa valeur doit correspondre au courant nominal du moteur à protéger [18].

- Contacteur de puissance : pour la commande marche et arrêt du moteur



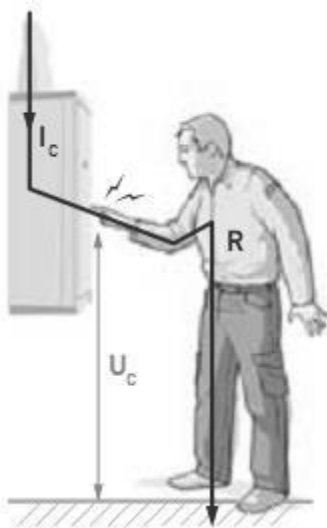
### III.19 la protection des personnes

La protection des personnes est la principale, dans toutes les installations électriques alimentées par une source d'énergie électrique capable de générer une tension de contact  $U_C$ , supérieure ou égale à la tension limite  $U_L$  peut présenter un risque potentiel pour l'utilisateur ( $U_L = 50$  V pour les locaux secs ou humides,  $U_L = 25$  V pour les locaux mouillés).

Le corps humain peut, en cas de contact accidentel avec une pièce sous tension, être assimilé à un récepteur qui va laisser passer un courant, Celui-ci engendre des conséquences proportionnelles à la valeur du courant circulant dans l'organisme et qui dépendent du temps de contact voire figure (III-26) [17].

Les différentes études sur la protection des personnes ont affiné le risque qui se traduit, pour un signal à 50 Hz, par le tableau suivant :

**Tableau IV. 19** : le temps de coupure des éléments de protection.



**Figure III. 26** : contact accidentel avec une pièce sous tension

Tension de contact présumée	Temps de coupure MAX du dispositif de protection en (s)	
	Courant alternatif	courant continue
Locaux ou emplacement secs ou humide : $U_L \leq 50$ v		
<50	5	5
50	5	5
75	0,6	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,4
280	0,12	0,3
350	0,08	0,2
500	0,04	0,1
25	5	5
Locaux ou emplacement humide : $U_L \leq 25$ v		
50	0,48	5
75	0,3	2
90	0,25	0,8
110	0,18	0,5
150	0,1	0,25
220	0,05	0,06
280	0,02	0,02

Pour assurer la protection des personnes, des dispositifs de protection sûrs ont été conçus, grâce à l'analyse rigoureuse des risques et des conséquences de défaillance matérielle ou de mauvaise utilisation. Parmi ces dispositifs, les protections différentielles et les protections



contre les surintensités du courant électrique selon le schéma de liaison à la terre (régime des neutre TT, IT, TNC ou TNS).

Pour notre cas, la raffinerie d'huile utilise le schéma de liaison à la terre TNC (neutre et conducteur de protection confondus en un seul conducteur appelé PEN) on aura besoin d'un dispositif de protection contre les courts-circuits.

Du moment que le neutre et le conducteur de protection sont confondus, chaque défaut d'isolation de la carcasse engendrera un court-circuit comme le montre la figure. (III.26)

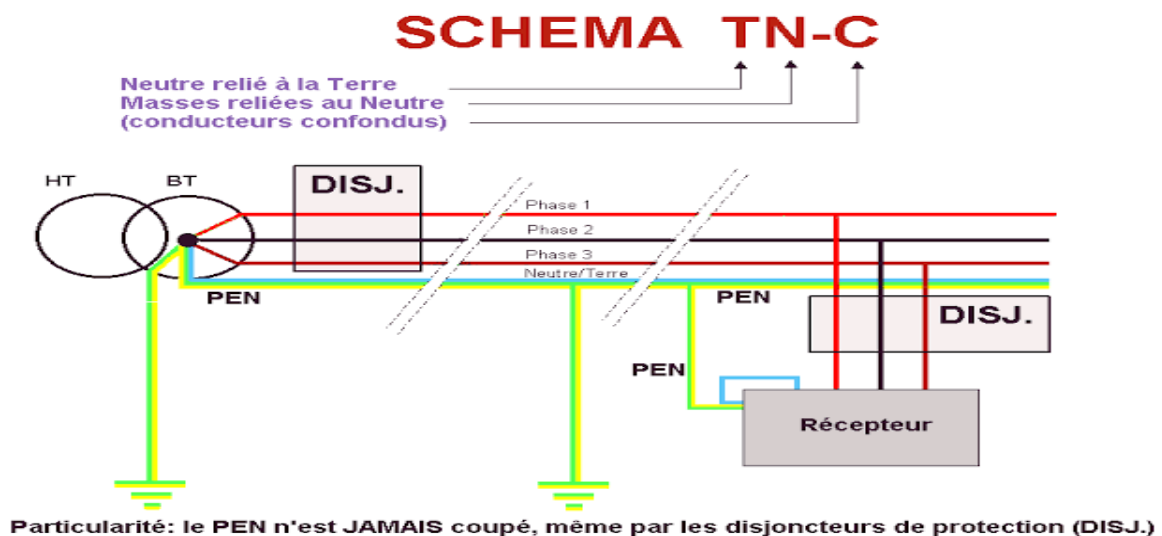


Figure III. 27 : mise au neutre TNC

### III.19.1 Règle de temps de coupure

Cette règle permet d'assurer que le dispositif de protection déclenche dans un temps compatible avec la contrainte thermique des composants à protéger (câbles).

$$\sqrt{t} < \frac{k \cdot S}{I} \quad (\text{III.22})$$

Le produit  $k \cdot S$  est une caractéristique du circuit à protéger (c'est la contrainte thermique),  $I$  aussi ; alors que  $t$  est une caractéristique du dispositif de protection.

### III.19.2 Règle du pouvoir de coupure

Cette règle garantit que le disjoncteur reste opérationnel après l'élimination du court-circuit. Son pouvoir de coupure ( $I_{cu}$ ) doit donc être supérieur au courant de court-circuit

maximal présent sur le circuit qu'il est censé protéger [19] :

$$I_{cc \max} < P_{dC}$$

### III.19.3 Technique de protection

Elle nécessite :

- Une interconnexion et une mise à la terre des masses et des neutres impératives ;
- Une coupure au premier défaut par une protection de surintensité (disjoncteur ou fusible).

### III.20 Principales caractéristiques du régime TNC

Le schéma TNC peut faire apparaître :

- Une économie à l'installation (suppression d'un conducteur) ;
- La nécessité d'un personnel d'entretien très compétant ;
- La nécessité d'un contrôle périodique de la continuité du conducteur de protection ;
- La nécessité des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation ;
- La nécessité d'une vérification obligatoire des déclenchements au premier défaut ;
- L'augmentation des risques d'incendie de fait des forts courants de défauts.

### III.21 Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire

Lors de l'étude des dimensions des conducteurs, des dispositifs de protection ou d'autres éléments pouvant faire partie de l'armoire, tels que l'éclairage, la ventilation, etc. Une fois cela fait, nous continuons à suivre les normes internationales de traçage informatique, en utilisant un logiciel graphique «QElectrotech» qui peut tracer différents circuits pour mettre en œuvre le schéma de l'armoire :

- ✓ Circuit de puissance.
- ✓ Circuit de commande.
- ✓ Circuit de signalisation.

Il y a trois grandes règles à respecter au niveau de la réalisation d'une armoire :

- Respecter la couleur des fils et leurs sections afin de recompter la nature de la tension qui circule (alternatif, continu, 24V, 230V, 400V, ...);
- Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique;
- Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à gauche séparée de la partie puissance à droite).

Le respect de ces trois règles permet de faciliter la maintenance de l'armoire en cas de problème et permet une meilleure compréhension de l'installation.

Les schémas du câblage électrique de l'armoire sont illustrés dans l'annexe.

### III.22 Le choix de l'armoire

Le choix de la taille de l'armoire commence par l'analyse complète du schéma électrique, afin de déterminer le nombre exact d'appareils électrique à installer dans l'armoire et leurs encombrements, afin de procéder à une bonne disposition de ces derniers.

Le choix de l'armoire se fait en fonction de "Hauteur \* Longueur \* Largeur" et aussi le volume du vide au moins 30%.

Les armoires les plus utilisées sont dimensionnées comme suit [19] :

- ❖ 500\*400\*250
- ❖ 500\*400\*250
- ❖ 700\*500\*250
- ❖ 800\*700\*300
- ❖ 900\*300\*700
- ❖ 1200\*800\*300
- ❖ 1600\*800\*300
- ❖ 2000\*1200\*600
- ❖ P6 : 2000\*800\*400
- ❖ 2P6 : 2000\*1600\*400
- ❖ 3P6 : 2000\*2400\*400

Pour notre armoire et après estimation, la taille qui sera occupée par les différents organes et évaluation des espaces entre les différents blocs de l'armoire nous avons choisi un coffret de  $(H \times L \times P) = (1400 \times 1000 \times 400) \text{ mm}^3$ .

### **III.23 Essai**

Dans cette phase, nous procédons au test de fonctionnement de l'armoire. D'abord on se base sur la réponse des voyants de signalisation et si elles indiquent un défaut ou ne s'allument pas convenablement, on teste les équipements et les composants avec le multimètre.

On commence par le branchement de l'alimentation de l'armoire et on observe les voyants de la présence tension et attend qu'elles signalisent sinon on examine les fusibles et le disjoncteur général. Puis, on fait la vérification de la partie puissance et la partie commande en passant par tous les équipements ; il faut déclencher le disjoncteur général. On teste les voyants marche manuellement à partir des contacteurs.

### **III.24 Conclusion**

Au cours de ce chapitre nous avons dimensionné les sections des différentes canalisations, permettant au courant d'y circuler normalement sans y provoquer des échauffements excessifs.

Nous avons aussi calculé les chutes de tension le courant de court-circuit qui peuvent survenir sur l'armoire électrique, ce qui nous a permis de choisir les protections adéquates qui peuvent garantir la protection des composants et des personnes.

Le respect de ces étapes est très important pour la réussite de l'armoire électrique, du point de vue fonctionnement, protection et facilité de maintenance.

## **Conclusion générale**

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Le dimensionnement des armoires électrique est une pratique qui nécessite des connaissances approfondies et divers que ça soit en théorie ou en pratique des différents composants que ça soit ceux de commande ou ceux de protection ou bien ceux d'automatisation, ainsi ça demande des fortes connaissances de dispositifs qu'on désire alimenter afin d'assurer leur sûreté et leur bon fonctionnement.

Notre projet de fin d'étude est reposé en grande partie sur ce que nous avons pu voir durant notre période de stage au sein du complexe Cevital, l'objectif de ce stage et de notre mémoire évidemment était d'étudier et de redimensionner l'armoire électrique qui alimente et commande la raffinerie de l'huile en vue de son extension, ce stage nous a permis de découvrir profondément le domaine de l'électrotechnique industrielle du côté théorique, et d'appuyer nos connaissances par la pratique, chose qui a servi non seulement à enrichir nos connaissances en électrotechnique mais , il nous a donné l'occasion de mettre en pratique les notions de l'électrotechnique reçue au cours de notre formation d'ingénierie au sein de notre université.

Pendant cette période passée au complexe Cevital, nous avons rencontré des problèmes d'adaptations au domaine de l'électrotechnique beaucoup plus dans la compréhension des principes de fonctionnement de l'appareillage avec sa large gamme, ainsi que des problèmes de choix des organes de commande et de protection, chose qui a incité les ingénieurs du complexe Cevital à nous fournir des explications et des formations d'une très grande qualité pendant toute cette période.

Après avoir donné la description générale de la raffinerie de l'huile, nous avons pu faire l'étude de l'armoire électrique en passant par le choix de tous les composants de protection de commande et de contrôle puis la réalisation et le câblage.

Pour finir, nous sommes très satisfaits de cette formation enrichissante et nous avons acquis les secrets du métier d'ingénieur et celui du secteur de l'électrotechnique et de l'électrotechnique industrielle.

## Bibliographié

---

- [1] : <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/genie-electrique#:~:text=Le%20g%C3%A9nie%20%C3%A9lectrique%20est%20une,les%20besoins%20de%20la%20soci%C3%A9t%C3%A9>.
- [2] : Documentation interne de Cevital
- [3] : <https://www.se.com/fr/fr/product/LV432694/compact-nsx400n-disjoncteur-+-d%C3%A9clencheur-%C3%A9lect-micrologic-2-3-400a-4p4d/>
- [4] : [https:// sites. Google.com / site / hichamargou électrotechnique/ choix-des – composants- d-un- départ-moteur](https://sites.google.com/site/hichamargou%C3%A9lectrotechnique/choix-des-composants-d-un-d%C3%A9part-moteur)
- [5] : <https://www.rittal.com/fr-fr/products/PG0168KLIMA1/PGR1932KLIMA1/PG0201KLIMA1>
- [6] <https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/WW/Catalog/Products/10044505>
- [7] : <https://www.technologuepro.com/cours-genie-electrique/cours-4-electricite-generale/>
- [8] : kader BENGÉ, étude du fonctionnement d'un group motopompe dans une station de pompage, travail pour l'obtention du titre de gradué en pétrole et gaz, [Université de kinshasa ], [2015]
- [9] : Fawzi lahlattet, kamel benouaret, étude de la variation du débit en fonction de la vitesse de rotation d'un moteur pompe de grande puissance (2.6 MW) alimentée par un onduleur de tension, mémoire d'ingénieur [ Université de Bejia ], [2010].
- [10] : youcef ouragh, Eoulement forces en Hydraulique : 1ère partie. [Office. Des publications Universitaire], [1990].
- [11] : youcef ouadfel et Nadjat chekkal, Démarrage progressif d'un Moteur Asynchrone Moyenne tension (5.5kv), [Université de Bejaia], [2007].
- [12] : J Paillard, Le départ-Moteur dans l'utilisation Quotidienne, documentation Schneider electric, 2013.
- [13] B. AZZOUG, « Projet de fin d'étude ; ' étude et redimensionnement des systèmes de protection des personnes et des matériels de l'unité CEVITAL', 2003.
- [14] : J.L.Lilien, université de liège Effet, indirect des champs électromagnétiques, Institut Montefiore 2015.

## Bibliographié

---

[15] : B BATTAGLIA, La distribution d'énergie électrique à basse tension, Revue générale de l'électricité (paris), 1984.

[16] : F Assembly, Guide d'installation basse tension , stud, 2004

[17] : Fawzi D et Salim Z, étude et dimensionnement et la réalisation des armoires électriques, [Université de Bejaia], [2021].

[18] : D HILAIRE, JL POYARD, Sécurité électrique-Protection des personnes, 2009.

[19] : Ali A et Yacine H, Etude et réalisation d'une armoire de commande d'une centrale de neutralisation des eaux usées par un API, [Université de Tizi-ouzou], [2014].



## **Annexe**