



جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abderrahmane MIRA-BEJAJA

Département de génie électrique



## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Electrique

Option : *ELECTROMECHANIQUE*

### Thème

---

# Etude d'un réseau électrique de secours par un groupe électrogène au sein de L'ENNA

---

Réalisé par :

Mr Bouchala Kheir eddine

Mr Guerroua Zahir

Encadrés par:

Mr Atroune Salah (Promoteur)

Président : Mr Rahmani Allaoua

Examineur : Mr Yahiaoui Belkacem

Soutenu le :21/06/2023

*Promotion 2022/2023*

# Remerciements

*Nous tenons à remercier tout d'abord, <sup>Allah</sup>seigneur de l'univers, qui a permis que ce travail voie la lumière. A lui toute louange.*

*En exprimant notre profonde gratitude à notre promoteur M<sub>r</sub> ATROUNE qui a contribué à la réalisation de ce mémoire, Pour nous avoir honorés en acceptant de diriger ce travail et pour ses orientations, ses conseils et sa grande patience tout au long de la période de travail*

*Nous remercions aussi tout le personnel de l'entreprise*

*ENNA de Bejaïa surtout M<sub>r</sub> SAMIR et M<sub>me</sub> AMIRA et notre Co-Encadreur*

*M<sub>r</sub> Dergaoui FATAH*

*Nous tenons à remercier également tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce dernier*

*Et enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## DEDICACE

*Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné le courage, la patience et la volonté afin de terminer ce travail.*

*Je dédie cet humble travail à :*

*La plus merveilleuse des mères : cette dédicace est une petite parcelle de mon affection infinie pour toi. Tu es irremplaçable, et je suis infiniment reconnaissants d'avoir une mère aussi extraordinaire que toi.*

*A Ma sœurs SELMA*

*Particulièrement mon ami FLUX*

*A la personne qui m'a beaucoup soutenu : NOUR EL HOUDA MDN*

*Sans toutefois oublier*

*Mon oncle Alim RIAD*

*DIDINE*

# DEDICACE

*Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné le courage, la patience et la volonté afin de terminer ce travail.*

*Je dédie cet humble travail à :*

*Mes très chers parents pour leurs soutiens et sacrifices, Mes frères RAYANE, ALLALA, et ma sœur LINDA*

*A tous les enseignants qui ont participé à ma formation durant toutes mes études. A mon binôme Bouchala KHEIR EDDINE et toute sa famille.*

*A toute ma promotion de Master Electromécanique (2023).*

*ET à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.*

*ZAHIR*

---

# *Table des matières*

---

*Table des matières*

Table des matière	i
Table des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Liste des symboles	x
Abréviations	xiii
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<i>Chapitre I : généralité sur les réseaux électriques</i>	
I.1. Introduction .....	2
I.2. Types de réseaux électriques .....	2
I.2.1. Réseaux de transport et d'interconnexion.....	2
I.2.2. Réseaux de répartition .....	2
I.2.3. Réseaux de distribution.....	3
I.2.3.1. Réseaux de distribution à moyenne tension .....	3
I.2.3.2. Réseaux de distribution à basse tension .....	3
I.3. Architectures des réseaux HTA .....	3
I.3.1. Radial en simple antenne .....	3
I.3.2. Radial en double antenne sans couplage.....	5
I.3.3. Radial en double antenne avec couplage .....	6
I.3.4. Réseau à structure bouclée.....	7
I.3.4.1. Boucle ouverte.....	7
I.3.4.3. Boucle fermée .....	8
I.3.5. En double dérivation .....	9
I.3.6. Réseau à structure maillée .....	10
I.4. POSTE ELECTRIQUE .....	10
I.4.1. Définition d'un poste .....	10
I. 4. 2. Postes sources .....	10
I. 4. 3. Postes HTB/HTA .....	11
I. 4. 4. Poste HTA /BT .....	11
I. 4. 5. Différents éléments de poste électrique .....	11
I. 4. 6. Transformateur de puissance.....	11
I. 4. 7. Disjoncteur.....	12

I. 4. 8. Sectionneur .....	12
I. 4. 9. Sectionneur de mise à la terre .....	12
I. 4. 10. Transformateur de courant .....	12
I. 4. 11. Transformateur de tension.....	12
I. 4. 12. Jeux de barres.....	13
I. 5. LES PUISSANCES .....	13
I. 5. 1. Bilan de puissances .....	13
I. 5. 2. La puissance d'une installation industrielle .....	13
I. 5. 3. Puissance installée .....	13
I. 5. 4. Puissance absorbée Pa.....	13
I. 5. 5. Puissance d'utilisation Pu.....	14
I. 5. 6. Facteur d'utilisation $k_u$ .....	14
I. 5. 7. Facteur de simultanéité $k_s$ .....	14
I. 5. 8. Facteur d'extension $k_e$ .....	15
I.6. LES COURTS-CIRUITS.....	15
I. 6. 1. Définition d'un court-circuit .....	15
I. 6. 2. Origines du court-circuit .....	15
I. 6. 3. Caractéristiques du court-circuit .....	16
I. 6. 4. Diffèrent type Types de court-circuit .....	16
I. 7. LES CHUTES TENSIONS .....	16
I. 7. 1. Définition d'une chute de tension .....	16
I. 7. 2. Surtension temporaire .....	16
I. 7. 3. Tensions de contact .....	17
I. 7. 4. Surtension de manœuvre.....	17
I. 8. LES NORMS .....	17
I. 8. 1. La Normalisation .....	17
I. 8. 2. Organisme de normalisation .....	18
I.8. 3. Exemple de Norme CEI et leur domaine de spécification .....	19
I. 8. 4. Gamme des tensions utilisés par le groupe « SONELGAZ ».....	20
I.9.1. Introduction .....	20
I.9.2. Définition du groupe électrogène .....	20
I.9.2.1. Puissance continue .....	21
I.9.2.2. Puissance de secours .....	21

I.9.2.3. Groupe électrogène fonctionnant à vitesse fixe .....	23
I.9.2.4. Groupe électrogène fonctionnant à vitesse variable .....	23
I.10. Description des différents éléments d'un groupe électrogène .....	23
I.10.1 Moteur thermique.....	23
I.10.1.1. Fonctionnement.....	23
I.10.2. Système de démarrage .....	26
I.10.2.1 Démarrage manuel .....	26
I.10.2.2. Démarrage électrique .....	26
I.10.2.3. Démarrage pneumatique .....	27
I.10.2.4. Démarrage automatique .....	27
I.10.3. Circuit de lubrification.....	27
I.10.4. Circuit d'alimentation en combustible.....	28
I.10.5. Circuit de démarrage.....	28
I.10.6. Circuit de refroidissement.....	28
I. 11. CONCLUSION.....	29

## *Chapitre II : présentation de l'entreprise*

II. 1. Introduction .....	30
II. 2. Description de l'ENNA .....	30
II.2.1. Historique .....	30
II.2.2. La situation géographique de l'ENNA .....	31
II. 3. Organigramme de l'ENNA / Bejaia .....	31
II.3.1. Digramme explicatif.....	32
II. 4. Principale activité de la société .....	32
II. 5. Les différents services .....	33
II. 5.1. Service Circulation Aérienne.....	33
II. 5.1.1. Tour de Contrôle .....	33
II. 5.1.2. Bureau d'Information Aéronautique (BIA) .....	34
II. 5.2. Service Sécurité Incendie & Sauvetage (SSIS) .....	34
II. 5.3. Service Technique.....	34
II. 5.3.1. Service Radionavigation .....	34
II. 5.3.2. Service Energie et balisage .....	34

II. 5.4. Service Administratif.....	35
II. 6. Présentation des équipements de radionavigation.....	35
II. 6. 1. Balise Non Directionnelle (Non Directionnal Beacon) (NDB).....	35
II. 6. 1.1. Ses éléments constitutifs .....	35
II.6.2. Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR): Alignment Ominidirectionnel VHF.....	36
II.6.3. Distance Measuring Equipment (DME) : Equipement de mesure de Distance .....	36
II.6.4. Instrument Landing System (ILS) : Système d'Aide à l'Atterrissage aux Instruments .....	36
II.7. Représentations des équipements de balisage.....	37
II.7.1.1. Introduction .....	37
II.7.1.2. Disposition Des balises .....	37
II.7.1.3. Balise bord de piste.....	37
II.7.1.4. Balise seuil et extrémité de piste.....	38
II.7.1.5. Balise de voies de circulation et rackets .....	38
II.7.2. Taxi ways .....	39
II.7.3. Système Lumineux d'Indicateur de Pente (PAPI ).....	39
II.9. Conclusion.....	40

### ***Chapitre III : Bilan de puissance de l'installation***

III.1. Introduction.....	41
III.2. Schéma unifilaire de l'installation .....	41
III.3. Identification des différents circuits électriques de l'installation .....	43
III.4. Calcul de la puissance installée.....	44
III.5. Calcul de la puissance d'utilisation.....	46
III.6. Détermination du facteur de puissance total de l'installation.....	49
III.7. Choix et dimensionnement du groupe électrogène .....	49
III.8. Compensation de l'énergie réactive .....	49
III.8.1. Nature de l'énergie réactive .....	49
III.8.2. Pourquoi améliorer le facteur de puissance.....	50
III.8.3. Les différents types de compensation .....	50
III.8.4. La compensation peut être.....	51

III.8.5. Techniques de détermination de la puissance réactive nécessaire à compensation .	52
III.8.5.1. Méthode graphique .....	52
III.8.5.2. Méthode Par calculs.....	53
III.8.5.3. Calcul des valeurs de capacités des condensateurs .....	53
III.8.6. Calcul de la puissance de compensation .....	54
III.8.7. Protection des batteries de condensateurs .....	55
III.8.8. Vérification du type de compensation.....	55
III.9. Conclusion .....	56

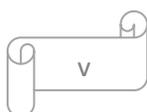
***Chapitre VI : Dimensionnement et choix des canalisations de l'installation***

IV.1. Introduction .....	57
IV.2. Condition générale .....	57
VI.3. Détermination des sections des câbles en basse tension.....	57
VI. 3.1 Méthode de calcul.....	57
IV.4. Câble électrique BT.....	59
IV.5. Calcul de la section technique.....	59
IV.5.1. Calcul de la section selon l'échauffement $S_j$ .....	60
IV.5.2. Calcul des courants de court-circuit par la méthode des impédances .....	63
IV.5.2.1. Vérification des sections calculées selon la surcharge due au court-circuit.....	68
IV.5.3. Calcul de la section $S_Z$ selon la chute de tension .....	70
VI.6. Conclusion .....	73

<b>Conclusion générale.....</b>	<b>74</b>
---------------------------------	-----------

Annexe.....	I
-------------	---

Bibliographie.....	VI
--------------------	----



---

# *Liste des figures*

---

## **LISTE DES FIGURES**

### **CHPITRE I**

FIGURE I.1:RESEAU HTA RADIAL EN SIMPLE ANTENNE. ....	4
FIGURE I.2:RESEAU HTA RADIAL EN DOUBLE ANTENNE SANS COUPLAGE.....	5
FIGURE I.3:RESEAU HTA RADIAL EN DOUBLE ANTENNE AVEC COUPLAGE.....	6
FIGURE I.4:RESEAU HTA EN BOUCLE OUVERTE.....	7
FIGURE I.5:RESEAU HTA EN BOUCLE FERMEE .....	8
FIGURE I.6:RESEAU HTA EN DOUBLE DERIVATION .....	9
FIGURE I.7:GROUPE ELECTROGENE .....	21
FIGURE I.8:TEMPS D'ADMISSION .....	24
FIGURE I.9:TEMPS DE COMPRESSION .....	24
FIGURE I.10:TEMPS DE COMPRESSION DETENTE .....	25
FIGURE I.11:TEMPS D'ECHAPPEMENT.....	25
FIGURE I.12:LANCEUR GROUPE ELECTROGENE .....	26
FIGURE I.13:DEMARREUR DU MOTEUR THERMIQUE. ....	27
FIGURE I.14:SYSTEME DE REFROIDISSEMENT D'UN GROUPE ELECTROGENE ...	29

### **CHAPITRE II**

FIGURE II.1:TOUR DE CONTROLE.....	33
FIGURE II.2:LANDING SYSTEM (ILS).....	36
FIGURE II.3:PISTE D'ATTERRISSAGE DE L'AERODROME DE BEJAIA.....	37
FIGURE II.4:PISTE D'ATTERRISSAGE DE L'AERODROME DE BEJAIA.....	38
FIGURE II.5:BALISE SEUIL ET EXTREMITÉ DE PISTE.....	38
FIGURE II.6:BALISE DE VOIES DE CIRCULATION ET RACKETS .....	38

FIGURE II.7:TAXI WAY .....39  
FIGURE II.8:PAPI ( PRECISION APPROACH PATH INDICATOR ) .....39

**CHAPITRE III**

FIGURE III.1: SCHEMA UNIFILAIRE DE L'INSTALLATION. ....42  
FIGURE III.2:EXEMPLE DE CONDENSATEURS FIXES .....50  
FIGURE III.3:EXEMPLE DE BATTERIE A REGULATION AUTOMATIQUE.....50  
FIGURE III.4:COMPENSATION INDIVIDUELLE .....51  
FIGURE III.5:COMPENSATION PARTIELLE .....51  
FIGURE III.6:. COMPENSATION GLOBALE .....52  
FIGURE III.7:TRIANGLE DE PUISSANCE.....52

**CHAPITRE VI**

FIGURE IV.1:CONSTITUTION D'UN CABLE BT.....60

---

# *Liste des tableaux*

---

## Listes des tableaux

### CHAPITRE I

TABLEAU I.1:FACTEUR D'UTILISATION .....	14
TABLEAU I.2:FACTEUR DE SIMULTANEITE SELON LE NOMBRE DE RECEPTEURS .....	15
TABLEAU I.3:FACTEUR DE SIMULTANEITE SELON LE NOMBRE DE RECEPTEURS .....	18
TABLEAU I.4:DECRET ET NORME EN FRANCE .....	19
TABLEAU I.5:LES NIVEAUX DE TENSION EN FRANCE SELON LA NORME NF C 15-100 ET LA NF .....	19
TABLEAU I.6:DEFINITION DES NIVEAUX DE TENSION PAR LE GROUPE SONELGAZ .....	20

### CHAPITRE III

TABLEAU 1:IDENTIFICATION DES DIFFERENTS CIRCUITS ELECTRIQUES DE L'INSTALLATION .....	43
TABLEAU 2:BILAN DE PUISSANCE INSTALLE DE L'INSTALLATION .....	44
TABLEAU 3:BILAN DE PUISSANCE TOTALE DE TOUTE L'INSTALLATION .....	46
TABLEAU 4:BILAN DE PUISSANCE UTILISEE DANS L'INSTALLATION .....	47
TABLEAU 5:BILAN DE PUISSANCE TOTALE DE TOUTE L'INSTALLATION .....	48
TABLEAU 6:FACTEUR DE PUISSANCE TOTAL DE L'INSTALLATION .....	49
TABLEAU 7:PUISSANCES REACTIVES AVANT ET APRES COMPENSATION .....	55
TABLEAU 8:TYPE DE COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE .....	55

### CHAPITRES VI

TABLEAU 1:RESULTATS DE CALCUL DE LA SECTION SELON L'ECHAUFFEMENT .....	62
TABLEAU 2:RESULTAT DE CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT .....	67
TABLEAU 3:VERIFICATION DES SECTIONS CALCULEES SELON LA SURCHARGE DUE AU COURT-CIRCUIT .....	69

TABLEAU 4:FORMULES DE CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION..... 70

TABLEAU 5:CHUTES DE TENSION ADMISSIBLES DANS LES RESEAUX BT ..... 71

TABLEAU 6:VERIFICATION DES SECTIONS PAR RAPPORT AUX CHUTES DE TENSIONS. 71

---

# *Liste des symboles*

---

## Liste des symboles

**$P_n$**  : Puissance installée (W)

**$P_u$**  : Puissance d'utilisation (W)

**$S_n$**  : Puissance apparente (KVA)

**$K_u$**  : Facteur d'utilisation maximum

**$K_s$**  : Facteur de simultanéité

**$K_e$**  : Facteur d'extension

**$I_B$**  : Courant d'emploi (A)

**$I_{ad}$**  : Courant admissible (A)

**$U_{cc}$**  : tension de court-circuit (V)

**$K$**  : Facteur de correction

**$t$**  : Durée du court-circuit (S)

**$L$**  : Longueur du câble (m)

**$S$**  : Section (mm<sup>2</sup>)

**$\cos\varphi$**  : Facteur de puissance

**$R$**  : Résistance ( $\Omega$ )

**$X$**  : Réactance ( $\Omega$ )

**$Z$**  : Impédance ( $\Omega$ )

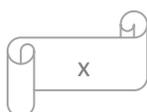
**$\Delta U$**  : Chute de tension (V)

**$\Delta U$**  : Pourcentage chute de tension %

**$Z_{cc}$**  : Impédance de court-circuit ( $\Omega$ )

**$Z_{Tr}$**  : Impédance d'un transformateur ( $\Omega$ )

**$R_{Tr}$**  : Résistance du transformateur ( $\Omega$ )



***X<sub>Tr</sub>*** : Réactance du transformateur ( $\Omega$ )

***TBT*** : Très basse tension.

***HTB ou HTA*** : Haute tension.

***NF*** : Normalement fermé.

***NO*** : Normalement ouvert.

***Ph*** : Phase. (V)

***U*** : Tension composé (V)

***V*** : Tension simple. (V)

***TT*** : Neutre mis à la terre.

***IT*** : Neutre isolé.

***TN*** : Terre neutre.

***TNC*** : Terre neutre confondu.

***TNS*** : Terre neutre séparé

***PVC*** : Polychlorure de vinyle

***PE*** : mise Terre

***I<sub>cc</sub>*** : Courant de court-circuit (A)

***I<sub>n</sub>*** : Courant nominale. (A)

***Q<sub>u</sub>*** : Puissance réactive d'utilisation. (VAR)

***S<sub>u</sub>*** : Puissance apparente d'utilisation. (VA)

***m*** : Rapport de transformation.

**$I_z$**  : Courant équivalent. (A)

**$MT$**  : Moyenne tension

**$BT$**  : Basse tension

**$JB$**  : jeu de barre

**$I_f$**  : Courant fictif. (A)

**$\rho$**  : Résistivité du conducteur en service normal

**$\lambda$**  : Réactance linéique des conducteurs, en  $\Omega/m$

**$\eta$**  : Rendement

**$t_c$**  : temps de coupure du dispositif de protection en seconde, pour notre étude

---

# *Liste d'abréviations*

---

ENNA	établissement national de la navigation aérienne
EGSA	établissement de gestion de services aéroportuaire
BIA	Bureau d'Information Aéronautique
SSIS	Service Sécurité Incendie & Sauvetage
NDB	La Balise Non Directionnelle
DME	équipement de mesure à distance
ILS	le système d'atterrissage aux instruments
VOR	Alignement Omnidirectionnel VHF
L'OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
PAPI	Indicateur de Plan d'Approche de Précision
DSA	Directeur de la Sécurité Aéronautique
EPIC	Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
E.N.E.S.A	Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautiques
OGSA	Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique
ONAM	Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie
ENEMA	Etablissement National pour l'Exploitation et la Météorologie

---

# *Introduction générale*

---

L'électricité est l'un des facteurs clés du développement économique et industriel dans notre monde actuel. Les investissements massifs dans le développement de l'électricité industrielle témoignent de son importance et de son impact sur les progrès techniques. Cependant, la complexité de ces progrès techniques peut engendrer des risques pour les matériels et les personnes, surtout en basse tension. C'est pourquoi une installation électrique industrielle doit répondre à des exigences essentielles telles que la continuité du service et la sécurité, en respectant les normes et les réglementations en vigueur. Pour cela, il est nécessaire de maîtriser le choix de dimensionnement et des protections afin de fournir des conditions économiques optimales à l'usine, tout en respectant les contraintes de sécurité et en satisfaisant les critères de disponibilité, fiabilité et qualité.

Le but de ce travail est donc de réaliser l'étude et le dimensionnement d'une installation électrique industrielle en détaillant les différentes étapes à suivre.

Ce travail sera structuré en quatre chapitres. Tout d'abord, le premier chapitre sera consacré aux généralités sur le réseau électrique industriel, aux normes et à la méthodologie à utiliser pour le dimensionnement.

Le deuxième chapitre, nous aborderons une brève présentation de l'entreprise et les différents tronçons présentés dans le schéma unifilaire.

Le troisième chapitre sera dédié au bilan de puissance et au choix du groupe électrogène adéquat pour l'installation ainsi qu'au choix de la compensation qui convient pour notre installation.

Le quatrième chapitre synthétisera au choix des sections des câbles, et la vérification par rapport au court-circuit, échauffement et en chute tension.

En résumé, la réalisation d'une installation électrique industrielle nécessite une maîtrise parfaite des normes et des réglementations en vigueur, ainsi qu'une connaissance approfondie des méthodologies de dimensionnement. Ce travail permettra d'appréhender les différentes étapes et les bonnes pratiques à suivre pour réussir la mise en place d'une installation électrique industrielle performante et sécurisée.

***CHAPITRE I***

***GENERALITE SUR LES***

***RESEAUX ELECTRIQUES***

## I.1. Introduction

Le fonctionnement du réseau électrique implique la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique nécessaire pour répondre à la demande des charges connectées. Cette énergie doit être fournie à une tension et une fréquence adéquate pour assurer le bon fonctionnement des charges et des équipements du réseau. Ce chapitre présente les différents types de réseaux et de postes électriques, ainsi que les équipements utilisés, en abordant également les mesures de protection électrique et les normes applicables.

## I.2. Types de réseaux électriques

Les réseaux électriques sont partagés en trois types :

### I.2.1. Réseaux de transport et d'interconnexion

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission : [1] [2]

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport),
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une Compensation des différents aléas (fonction interconnexion),
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV,
- Neutre directement mis à la terre,
- Réseau maillé.

### I.2.2. Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions.

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation [1].

En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

- La tension est 90 kV ou 63 kV,
- Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre,
  - Limitation courant neutre à 1500 A pour les 90 kV,
  - Limitation courant neutre à 1000 A pour les 63 kV,
- Réseaux en boucle ouverte ou fermée.

### **I.2.3. Réseaux de distribution**

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [3],[4].

#### **I.2.3.1. Réseaux de distribution à moyenne tension**

- HTA (30 et 10 kV le plus répandu),
- Neutre à la terre par une résistance,
- Limitation à 300 A pour les réseaux aériens,
- Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains,
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.

#### **I.2.3.2. Réseaux de distribution à basse tension**

- BTA (230 / 400 V),
- Neutre directement à la terre,
- Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

### **I.3. Architectures des réseaux HTA**

Il y a trois structures qui reposent sur les qualités de service.

#### **I.3.1. Radial en simple antenne**

Il s'agit d'une structure très simple qui prend la forme d'une arborescence à schéma unifilaire. À la base de cette structure se trouve un poste (HT/MT) qui est relié à des réseaux de distribution constitués de postes (MT/BT) chargés de distribuer l'énergie électrique. Les avantages de ce type de réseau résident dans sa simplicité d'étude et de construction, ainsi que dans la facilité avec laquelle il peut être protégé et commandé grâce à un matériel peu onéreux. En cas de défaut, il suffit d'ouvrir l'appareil de protection placé en tête de ligne et dans toutes les branches. Cependant, le réseau radial présente également des lacunes, telles qu'une chute

de tension importante par rapport à d'autres distributions, ainsi qu'une incapacité à assurer une bonne continuité de service en cas d'incident ou de coupure, sans possibilité de réalimentation de secours. [5]

I.3.1.1) – Architecture

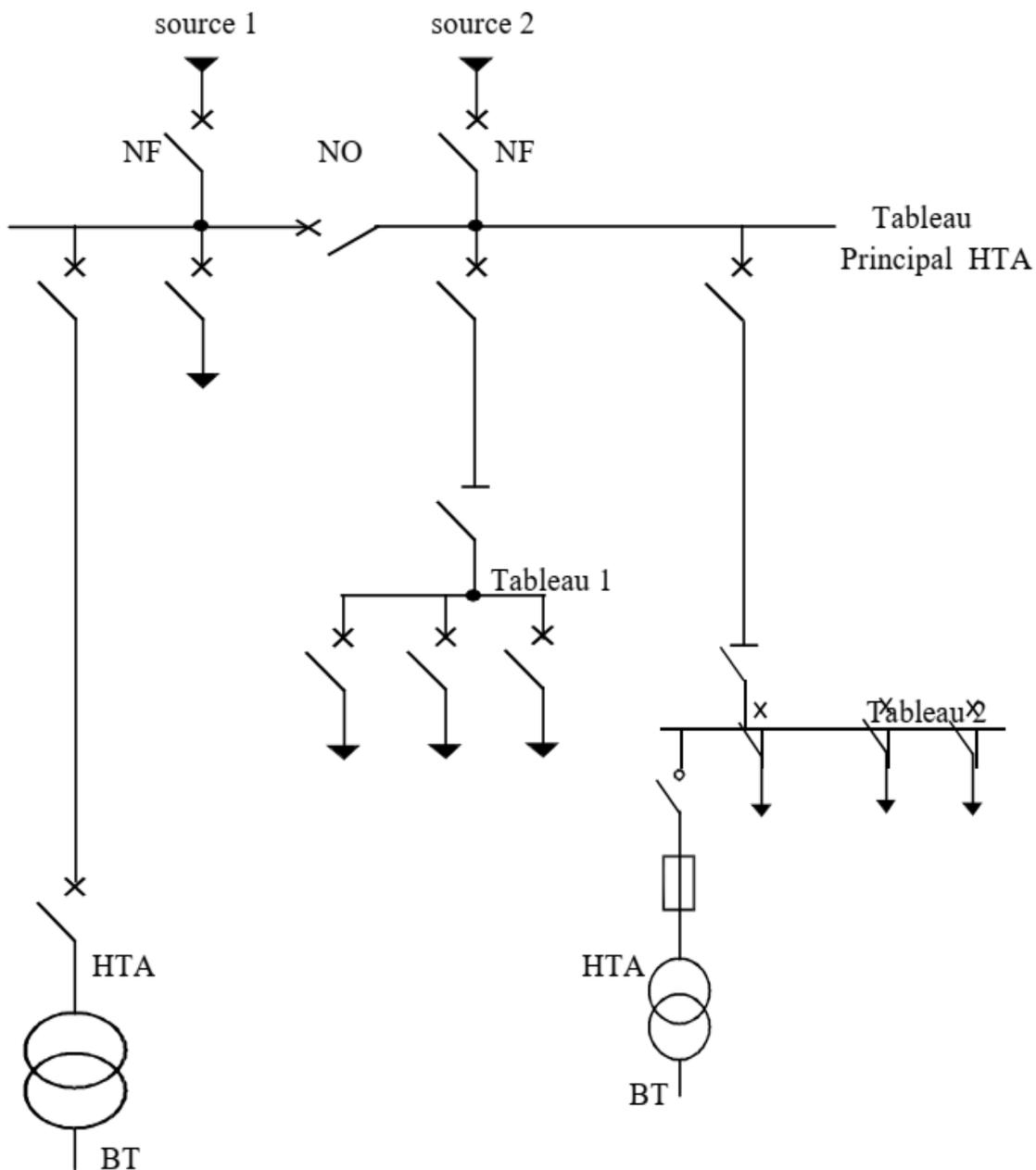


Fig. I-1: Réseau HTA radial en simple antenne.[4]

I.3.1.2) – Fonctionnement

- Il n'y a qu'une seule source d'alimentation pour les tableaux 1 et 2 ainsi que pour les transformateurs, ce qui signifie qu'il n'existe aucune solution de dépannage en cas de panne
- On recommande généralement d'utiliser cette structure lorsque les exigences en matière de disponibilité sont faibles. Elle est fréquemment choisie pour les réseaux de cimenterie. [5]

I.3.2. Radial en double antenne sans couplage

I.3.2.1) – Architecture

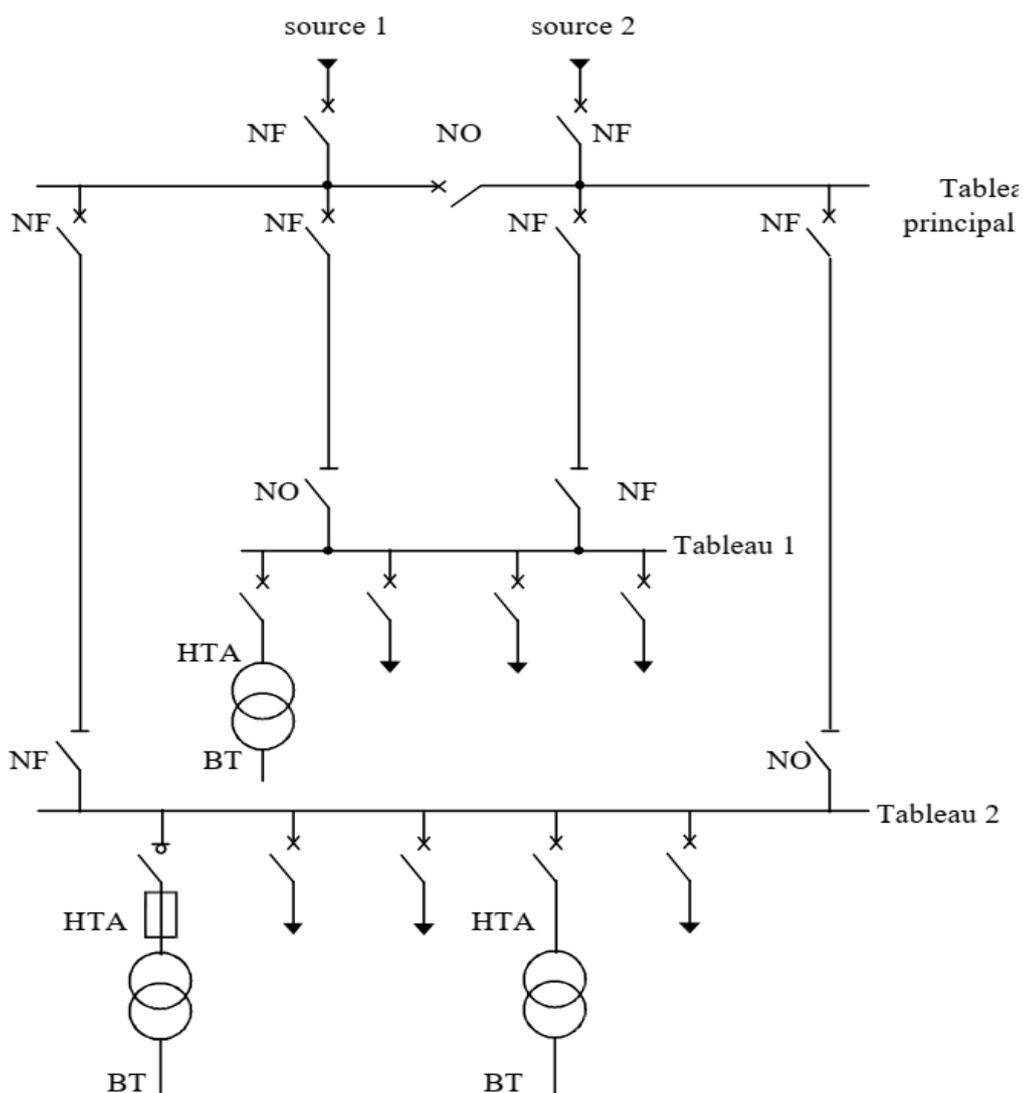


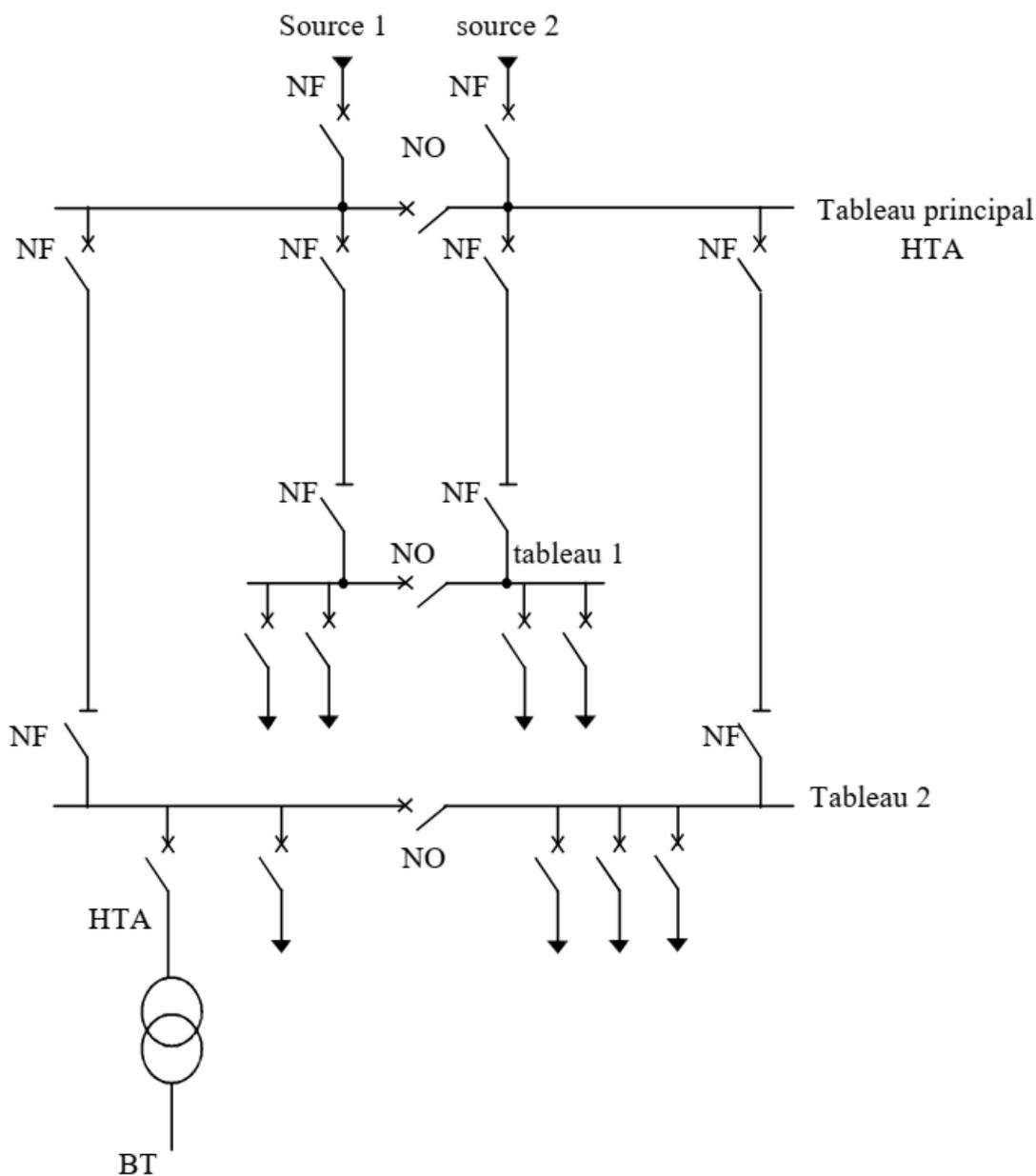
Figure I-2 : réseau HTA radial en double antenne sans couplage [4]

**I.3.2.2. Fonctionnement**

Tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre et La disponibilité est bonne et l'absence de couplage des sources pour les tableaux 1 et 2 entraîne une exploitation moins souple. [5]

**I.3.3. Radial en double antenne avec couplage**

**I.3.3.1) – Architecture**



*Figure I-3: réseau HTA radial en double antenne avec couplage [4]*

**I.3.3.2. Fonctionnement**

Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources avec couplage. En fonctionnement Normal les disjoncteurs de couplage sont ouverts et chaque demi-jeu de barres peut être Dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre source, cette structure est préconisée Lorsqu'une bonne disponibilité est demandée, elle est souvent retenue dans le domaine de la Pétrochimie. [4]

**I.3.4. Réseau à structure bouclée**

Une structure bouclée est caractérisée par la présence de plusieurs boucles fermées avec un nombre limité de sources. Le principal avantage de ce type de réseau est que la continuité de service est maintenue même en cas de panne d'un élément, car la mise hors tension d'une section bien définie n'entraîne pas de surcharges inadmissibles pour les autres parties du réseau. Cependant, la mise en œuvre d'un réseau bouclé est complexe et coûteuse, notamment en ce qui concerne la réalisation et l'installation des protections nécessaires.

**I.3.4.1. Boucle ouverte**

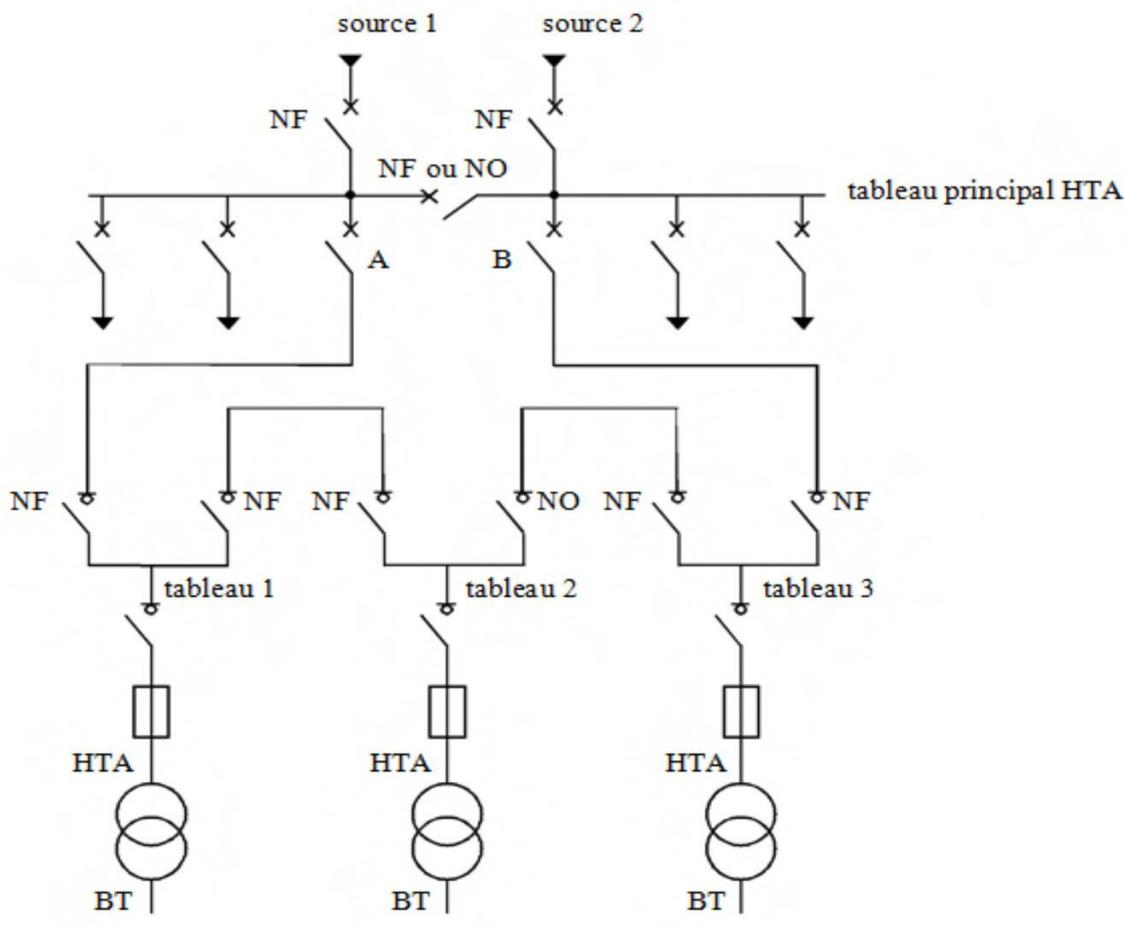


Figure I-4 : réseau HTA en boucle ouverte [4]

**I.3.4.2. Fonctionnement**

Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs, les appareils de coupure des tableaux 1 et 2 et 3 sont des interrupteurs. En fonctionnement normal la boucle est ouverte (sur la figure, elle est ouverte au niveau du tableau 2) les tableaux peuvent être alimentés par l'une ou l'autre source l'orque un défaut survient. Cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes. La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation. [4]

**I.3.4.3. Boucle fermée**

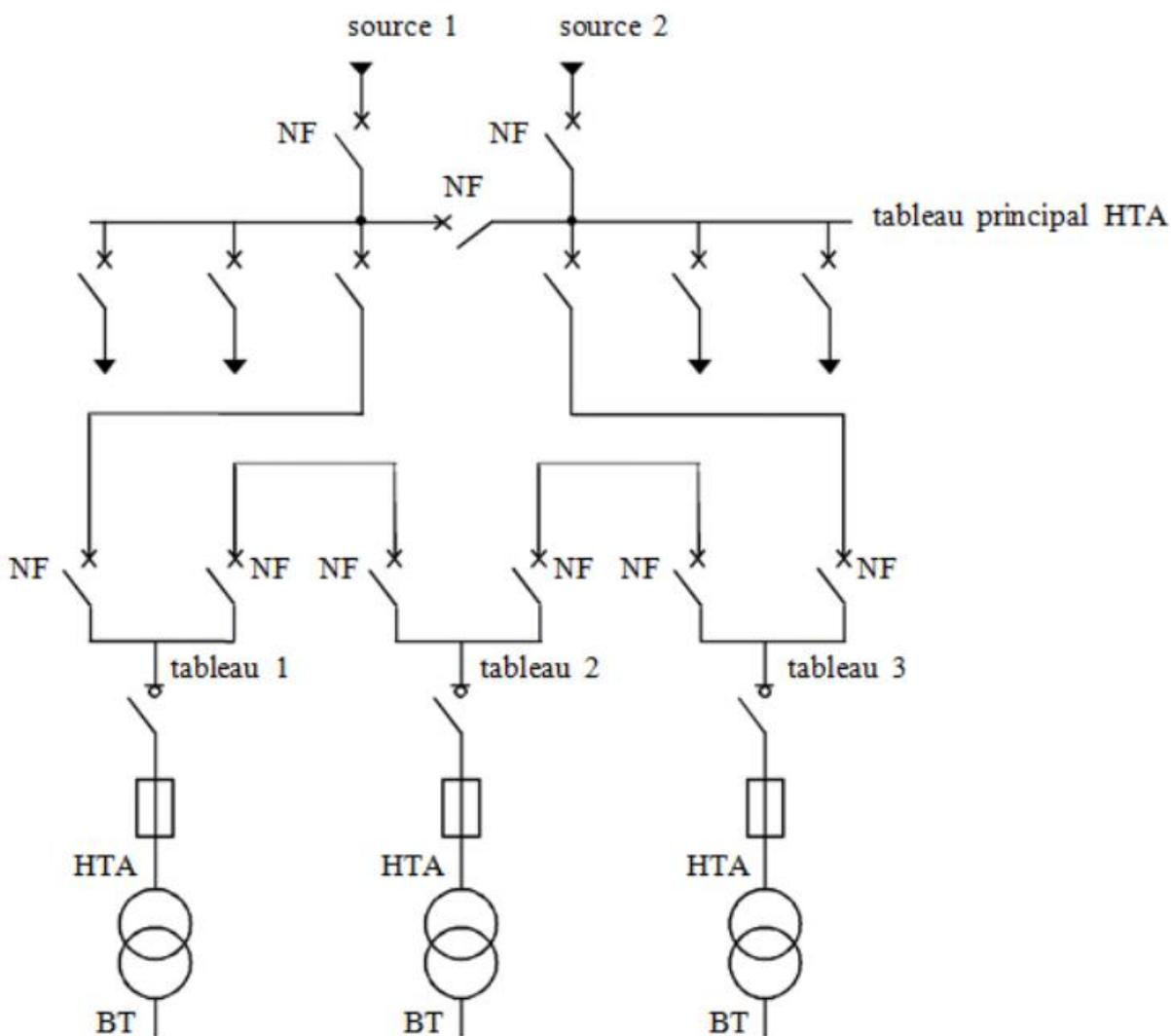


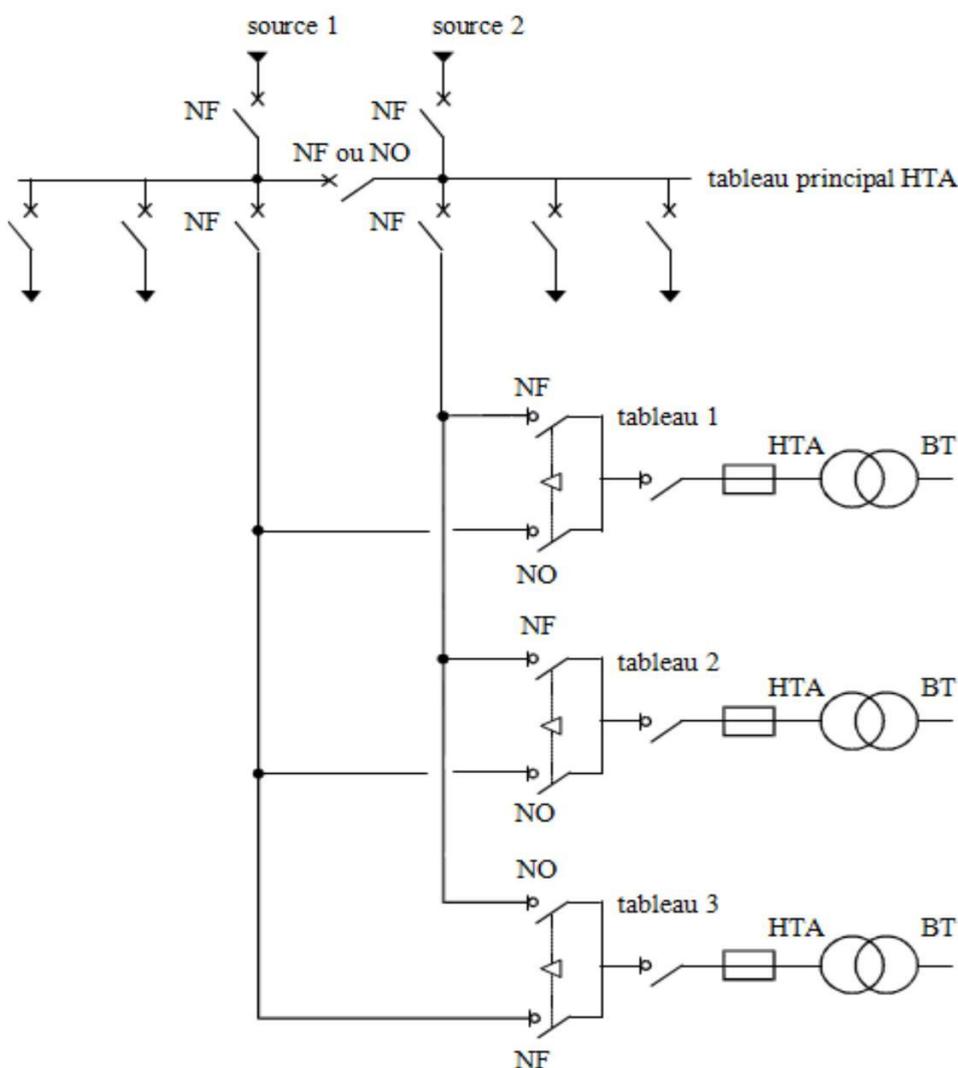
Figure I-5 : réseau HTA en boucle fermée [4]

**I.3.4.4. Fonctionnement**

Tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs, en fonctionnement normal la boucle est fermée. Le système de protection permet d'éviter les coupures d'alimentation lors d'un défaut, cette solution est plus performante que le cas de la boucle ouverte car elle évite les coupures d'alimentation. Par contre elle nécessite des disjoncteurs dans chaque tableau et un système de protection plus élaboré. [5]

**I.3.5. En double dérivation**

**I.3.5.1) – Architecture**



*Figure I-6 : réseau HTA en double dérivation [4]*

### **I.3.5.2. Fonctionnement**

Les tableaux 1 et 2 et 3 peuvent être dépannés et être alimentés par l'une ou l'autre des sources indépendamment, cette structure est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures limitées nécessitant une très bonne disponibilité. [4]

### **I.3.6. Réseau à structure maillée**

Les réseaux maillés sont constitués de liaisons formant des boucles qui créent une structure en forme de filet. Ce type de réseau offre une meilleure sécurité d'exploitation et une continuité de service pour les consommateurs en cas de panne, car il suffit d'isoler le tronçon défectueux entre les deux nœuds. Cependant, l'étude de ce type de réseau est très complexe, ce qui en fait une réalisation plus coûteuse par rapport à d'autres types de réseaux électriques.

## **I.4. Poste électriques**

### **I.4.1. Définition d'un poste**

Un poste électrique, aussi appelé sous-station électrique, est une installation qui permet de modifier la tension de l'électricité à haute tension produite par une centrale électrique ou transportée à travers un réseau de lignes à haute tension, en une tension plus basse utilisable pour la distribution aux consommateurs. [5]

Le poste électrique peut contenir des équipements tels que des transformateurs électriques pour augmenter ou diminuer la tension électrique, des disjoncteurs pour protéger le système contre les surcharges et les courts-circuits, des interrupteurs de sectionnement pour isoler les parties du réseau électrique, et d'autres équipements pour contrôler et surveiller la distribution de l'électricité.

Il existe différents niveaux de tension disponibles pour la distribution de l'électricité

- (400 - 220 - 60) KV. SAB
- (220 - 150 - 60 - 30) KV. DERGINA
- (220 - 60 - 30) KV. EL KESEUR
- (60 - 30) KV. BEJAIA
- (60 - 10) KV.

### **I. 4. 2. Postes sources**

Les postes-sources servent d'interface entre le réseau de transport et le réseau de distribution d'électricité. Dans les zones où la demande est élevée, ils sont connectés au réseau de transport à des niveaux de tension de 90 ou 63 KV, voire 225 KV. Les postes-sources sont équipés de

dispositifs de surveillance, de protection et de télécommande pour assurer leur disponibilité. Pour garantir un fonctionnement ininterrompu, des équipements sont souvent installés pour permettre au poste-source de continuer à fonctionner en cas de perte d'une ligne d'alimentation côté transport ou d'un transformateur HTB/HTA. [5][6]

#### **I. 4. 3. Postes HTB/HTA**

Les postes HTB/HTA sont des installations électriques qui permettent de transformer l'électricité à haute tension produite par une centrale électrique ou transportée sur de longues distances à travers un réseau de lignes à haute tension, en une tension plus basse utilisable pour la distribution aux consommateurs. Le terme HTB signifie Haute Tension Basse, qui correspond à une tension de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de kilovolts, tandis que le terme HTA signifie Haute Tension Alternative, qui correspond à une tension de l'ordre de quelques kilovolts.

Les postes HTB/HTA contiennent des équipements tels que des transformateurs électriques pour augmenter ou diminuer la tension électrique, des disjoncteurs pour protéger le système contre les surcharges et les courts-circuits, des interrupteurs de sectionnement pour isoler les parties du réseau électrique, et d'autres équipements pour contrôler et surveiller la distribution de l'électricité. Les postes HTB/HTA peuvent être situés sur le réseau de transport ou de distribution et constituent une étape essentielle pour assurer la continuité de l'approvisionnement en électricité. [5]

#### **I. 4. 4. Poste HTA /BT**

Ces postes sont définis par des niveaux de tension d'entrée situés entre 10 et 30 kV, et des niveaux de tension de sortie (utilisables par les consommateurs) de 230/400 V. [5]

#### **I. 4. 5. Différents éléments de poste électrique**

Les composants d'un poste électrique peuvent être divisés en deux parties distinctes, les "éléments primaires" qui comprennent les équipements à haute tension, et les "éléments secondaires" qui comprennent les équipements à basse tension. Parmi les équipements primaires [5][7]

#### **I. 4. 6. Transformateur de puissance**

Le transformateur est un dispositif électromagnétique statique conçu pour convertir une tension électrique d'une certaine valeur (magnitude) en une tension de valeur supérieure ou inférieure. [5]

Il existe deux types de transformateur : [5]

- Transformateur éleveurs  $U$  primaire inférieur à  $U$  secondaire.
- Transformateur abaisseurs  $U$  primaire supérieur à  $U$  secondaire.

#### **I. 4. 7. Disjoncteur**

Un disjoncteur est un dispositif conçu pour établir, supporter et interrompre des courants électriques sous sa tension nominale maximale. Contrairement à une coupure visible, sa désactivation se fait au moyen de contacts fixes et mobiles situés dans une chambre de coupure (une enveloppe en porcelaine), remplie de gaz SF<sub>6</sub>, d'air comprimé ou d'huile isolante de type BORAK. Les différents types de disjoncteurs, à savoir les disjoncteurs à gaz SF<sub>6</sub>, à air comprimé et à faible volume d'huile, sont définis en fonction du produit d'extinction de l'arc utilisé dans la chambre de coupure. [5]

#### **I. 4. 8. Sectionneur**

Le sectionneur est un dispositif de connexion mécanique conçu pour séparer un départ ou une ligne d'une source d'énergie. Sa manœuvre doit être effectuée hors charge pour garantir l'isolement du circuit. Il existe des sectionneurs motorisés et non motorisés, équipés ou non d'une commande électrique locale ou à distance, selon les besoins spécifiques de l'application. [5]

#### **I. 4. 9. Sectionneur de mise à la terre**

Un sectionneur de mise à la terre est un dispositif de sécurité qui permet d'isoler un circuit et d'empêcher toute tension sur la ligne lors de travaux de réparation grâce à sa capacité à mettre le circuit à la terre. [5]

#### **I. 4. 10. Transformateur de courant**

Le transformateur de courant est un composant qui permet de produire un courant proportionnel à celui du réseau électrique auquel il est connecté, à son niveau secondaire. Ce courant est utilisé pour alimenter des appareils de mesure, de comptage et des relais de protection. [5]

#### **I. 4. 11. Transformateur de tension**

Un transformateur de tension est un composant qui permet de produire une tension proportionnelle à celle du réseau électrique auquel il est connecté, à son niveau secondaire. Il est souvent utilisé pour alimenter des appareils de mesure, de comptage et des relais de protection. Ce type de transformateur est composé d'un enroulement primaire, d'un circuit

magnétique et d'un ou plusieurs enroulements secondaires, le tout recouvert d'une résine isolante. [5]

#### **I. 4. 12. Jeux de barres**

Les barres de connexion constituent des éléments clés dans les schémas de réseaux électriques industriels. Elles sont responsables de la distribution et de la concentration de l'énergie électrique, tout en favorisant une organisation électrique répartie. Une barre se compose de trois conducteurs soutenus par des isolateurs fixés sur un châssis métallique. Leur rôle principal est de répartir la tension sur plusieurs départs, en les alimentant en dérivation. [5]

### **I. 5. Les puissances**

#### **I. 5. 1. Bilan de puissances**

La première étape cruciale de la conception d'un réseau consiste à identifier et à localiser géographiquement les valeurs des puissances actives et réactives. Selon la taille et la distribution des puissances installées sur le site, l'installation sera divisée en plusieurs zones géographiques, généralement de 3 à 8 zones. Pour chaque zone, un bilan des puissances actives et réactives sera établi en utilisant les facteurs d'utilisation propres à chaque récepteur, ainsi que le facteur de simultanéité pour les groupements de plusieurs récepteurs ou circuits. [4]

#### **I. 5. 2. La puissance d'une installation industrielle**

Afin de concevoir une installation électrique industrielle, il est essentiel d'estimer au mieux la puissance maximale que le distributeur d'énergie devra fournir, c'est-à-dire la puissance d'utilisation, pour réussir à calculer la puissance totale de l'installation. [4]

#### **I. 5. 3. Puissance installée**

La puissance installée d'une installation électrique correspond à la somme des puissances nominales de tous les récepteurs de cette installation. Généralement, les appareils et équipements électriques sont marqués de leur puissance nominale ( $P_n$ ). [8]

#### **I. 5. 4. Puissance absorbée $P_a$**

Pour des raisons de commodité de calcul, on suppose souvent que la puissance absorbée ( $P_a$ ) d'une installation électrique est égale à la somme arithmétique des puissances apparentes de chaque récepteur. Cependant, cette sommation n'est exacte que si toutes les charges ont le même facteur de puissance. [9]

### I. 5. 5. Puissance d'utilisation Pu

Comme les récepteurs ne fonctionnent pas tous en même temps et à pleine charge, il est nécessaire d'utiliser des facteurs de simultanéité ( $k_s$ ) et d'utilisation ( $k_u$ ) pour estimer la puissance apparente maximale réellement absorbée par chaque groupe de récepteurs. La puissance d'utilisation ( $P_u$ ) est l'élément clé dans la souscription d'un contrat de fourniture d'énergie électrique à partir d'un réseau public de basse ou moyenne tension. Il existe trois coefficients disponibles pour cela. [10]

### I. 5. 6. Facteur d'utilisation $k_u$

Il est possible que le régime de fonctionnement normal d'un récepteur implique une puissance utilisée inférieure à sa puissance nominale installée, ce qui donne lieu à l'utilisation du facteur d'utilisation. Le facteur d'utilisation est appliqué individuellement à chaque récepteur. [10]

Utilisations	Facteur d'utilisation $K_u$
Eclairage, conditionnement d'air	1
Chauffage électrique, micro-ordinateur	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

*Tableau I-1 : Facteur d'utilisation*

### I. 5. 7. Facteur de simultanéité $k_s$

Etant donné que tous les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément, il est possible d'utiliser des facteurs de simultanéité pour les différents ensembles de récepteurs ou de circuits. Le facteur de simultanéité s'applique à chaque regroupement de récepteurs. [10]

Nombre de circuit	Facteur de simultanéité Ks
1 à 3	0.9
4 à 5	0.8
6 à 9	0.7
10 et plus	0.6

*Tableau I-2 : Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs*

### **I. 5. 8. Facteur d'extension ke**

Le facteur d'extension, également connu sous le nom de facteur de réserve, permet de prévoir une augmentation de la puissance absorbée. Il est rarement utilisé sur des circuits terminaux mais plutôt sur un ensemble de plusieurs départs tels qu'un coffret ou une armoire électrique. Ce coefficient varie généralement de 1 à 1,5, mais pour les installations industrielles, on utilise souvent un coefficient de 1,5, qui sera également appliqué dans notre travail.

### **I.6. Les courts-circuits**

#### **I. 6. 1. Définition d'un court-circuit**

Un court-circuit peut se produire de manière accidentelle lorsqu'il y a une connexion entre des conducteurs à impédance nulle (appelé court-circuit franc) ou avec une certaine impédance (appelé court-circuit impédant). Cette connexion peut être interne s'il se produit à l'intérieur d'un équipement ou externe s'il se produit dans les liaisons. [10]

#### **I. 6. 2. Origines du court-circuit**

Les divers éléments des réseaux sont édifiés et maintenus en vue d'atteindre un équilibre optimal entre les coûts et les risques de panne. Toutefois, il est impossible de garantir l'absence totale de risque et des incidents ou des défaillances peuvent surgir, causant des perturbations dans le fonctionnement des installations électriques. [11]

### I. 6. 3. Caractéristiques du court-circuit

Les courts-circuits sont définis par leur forme, leur durée et leur intensité, et les ingénieurs spécialisés dans les réseaux électriques ont souvent recours à l'expression "défaut électrique" pour les désigner.

### I. 6. 4. Différent type Types de court-circuit

Il existe plusieurs types de courts-circuits, notamment :

1. Court-circuit franc : Une connexion directe entre deux conducteurs à impédance nulle.
2. Court-circuit impédant : Une connexion entre deux conducteurs avec une certaine impédance, qui peut causer une surchauffe ou une défaillance de l'équipement.
3. Court-circuit monophasé : Un court-circuit qui implique seulement une phase du système électrique.
4. Court-circuit biphasé : Un court-circuit qui implique deux phases du système électrique.
5. Court-circuit triphasé : Un court-circuit qui implique les trois phases du système électrique.
6. Court-circuit interne : Un court-circuit qui se produit à l'intérieur d'un équipement.
7. Court-circuit externe : Un court-circuit qui se produit dans les liaisons électriques entre les équipements.

## I. 7. Les chutes tensions

### I. 7. 1. Définition d'une chute de tension

La chute de tension correspond à une diminution de tension souvent en dessous du seuil toléré par les récepteurs. Cette baisse de tension peut engendrer des problèmes persistants même après la correction du défaut. La chute de tension peut se produire dans les installations électriques ou sur le réseau d'alimentation. [9]

### I. 7. 2. Surtension temporaire

Les surtensions temporaires à la fréquence industrielle apparaissent lorsqu'il y a un défaut d'isolement entre la phase et la terre lors d'une surcompensation de l'énergie réactive. La caractéristique principale de ces surtensions est leur fréquence qui correspond à celle du réseau électrique. [12] [13]

### I. 7. 3. Tensions de contact

En cas de défaut impliquant une phase et une masse ou deux phases et une masse, une tension apparaît entre la masse et la terre ou entre deux masses voisines, due au passage d'un courant conducteur de terre. Afin d'éviter que cette tension ne présente un danger, il est nécessaire d'installer une liaison équipotentielle entre deux masses simultanément accessibles au niveau de la mise à terre des masses et des conducteurs de neutre. [9] [12]

### I. 7. 4. Surtension de manœuvre

Les surtensions transitoires surviennent lors de la mise sous tension ou de la mise hors tension des récepteurs connectés au réseau électrique. Ces surtensions peuvent être particulièrement dangereuses si le courant interrompu est inductif ou capacitif. L'amplitude, la fréquence et la durée d'amortissement de ces transitoires dépendent des caractéristiques du réseau électrique considéré ainsi que des propriétés mécaniques et diélectriques de l'appareil de coupure. [9][12][13]

## I. 8. Les normes

### I. 8. 1. La Normalisation

Il existe en réalité trois normalisations en électricité : [14]

- Internationale : La CEI.
- Européenne : Le CENELEC.
- Française : L'UTE.

Lesquelles élaborent plusieurs types de documents : [14]

- Publications ou recommandations de la CEI.
- Documents d'harmonisation (HD) ou normes européennes (EN) du CENELEC.
- Normes homologuées et normes enregistrées de l'UTE laquelle édite également des guides ou publications UTE (qui ne sont pas des normes).

Il existe deux grandes familles de normes qui visent d'une part la construction du matériel électrique et d'autre part la réalisation des installations électriques. Les principales normes de réalisation sont : [14]

- La NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension.
- La NF C 13-100 : Postes de livraison.
- La NF C 13-200 : Installations électriques à haute tension.
- La NF C 14-100 : Installations de branchement (basse tension).

Parmi les normes de conception beaucoup plus nombreuses citons en particulier : [14]

- La NF C 20-010 : Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes
- La NF C 20-030 : Règles de sécurité relatives à la protection contre les chocs

Électriques.

- La NF C 71-008 : Baladeuses.

Une marque de conformité est gravée sur les appareils, un appareil conforme à une norme est un gage de sécurité.

### I. 8. 2. Organisme de normalisation

Exemple d'organisme de normalisation : [15]

- AFNOR : Association Française de Normalisation.
- UTE : Union Technique de l'électricité.
- CEI : Commission Electrotechnique Internationale.

NORMES	DESIGNATION
CEI 60 364	Installations électriques Basse Tension
CEI 60 529	Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
CEI 60 947-1	Appareillages Basse Tension – Règles générales
CEI 60 947-2	Appareillages Basse Tension - Disjoncteurs
CEI 60 947.3	Appareillages Basse Tension – Interrupteurs, sectionneurs
CEI 61 000	Compatibilité électromagnétique (CEM)
CEI 61 140	Protection contre les chocs électriques
CEI 61 143.1	Parafoudres Basse Tension
CEI 61 921	Condensateurs de puissance – Batterie de compensation de facteur de puissance BT

- CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Tableau I-3 : Organismes de normalisations et normes internationales [15]**

**I.8. 3. Exemple de Norme CEI et leur domaine de spécification**

<b>NORMES</b>	<b>DESIGNATION</b>
NF C 15-100	Installation électrique BT et guide technique
NF C 14-100	Installations de branchement de 1ère catégorie comprises entre le réseau de distribution publique et l'origine des installations intérieures.
NF C 13-200	Installation électrique Haute Tension
NF C 13-102	Postes simplifiés préfabriqués sous enveloppe
NF C 13-100	Poste de livraison HTA/BT raccordé à un réseau de distribution de 2ème catégorie.

*Tableau I-4 : Décret et norme en France [15]*

La norme NF C 15-100 et NF C13-200 en France définit les niveaux de tension comme suite :

<b>TENSION ALTERNATIVE</b>	<b>DOMAINE DE TENSION</b>	<b>APPELLATION COURANTE</b>	<b>VALEUR USUELLE EN FRANCE</b>
$\leq 50V$	TBT	/	12 – 24 – 48V
$\leq 500V$	BTA	BT (Basse Tension)	220 – 380 – 400V
$\leq 1000V$	BTB		
$1 \leq U \leq 50kV$	HTA	MT (Moyenne Tension)	5,5 – 6,6 – 10 – 15 – 20 – 36kV
$U \geq 50kV$	HTB	HT (Haute Tension)	63 – 90 – 150kV
		THT (Très Haute Tension)	225 – 400kV

*Tableau I-5 : Les niveaux de tension en France selon la norme NF C 15-100 et la NF*

C13- 200. [15]

**I. 8. 4. Gamme des tensions utilisés par le groupe « SONEGAS »**

Domaine de tension		Valeur de la tension composée nominale ( $U_n$ en volts)	
		Tension alternative	Tension continue
Très basse tension TBT		$U_n \leq 50V$	$U_n \leq 120V$
Basse tension (BT)	BTB	$50 < U_n \leq 500V$	$120 < U_n \leq 750V$
	BTA	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500V$
Haute tension (HT)	HTA ou MT	$1000 < U_n \leq 50\ 000$	$1500 < U_n \leq 75\ 000V$
	HTB	$U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

*Tableau I-6 : définition des niveaux de tension par le Groupe SONEGAS [3]***I.9. Généralité sur les groupes électrogène****I.9.1. Introduction**

Les groupes électrogènes ont été créés dans le but de pallier aux coupures de courant et aussi pour fournir de l'énergie aux sites isolés qui ne sont pas désertés par le réseau. On les trouve généralement dans les endroits où l'interruption de l'alimentation en énergie électrique entraîne des conséquences grave ou des pertes financières, comme dans le cas des hôpitaux, l'industrie, les aéroports, les centres informatiques, les pompiers pour les interventions

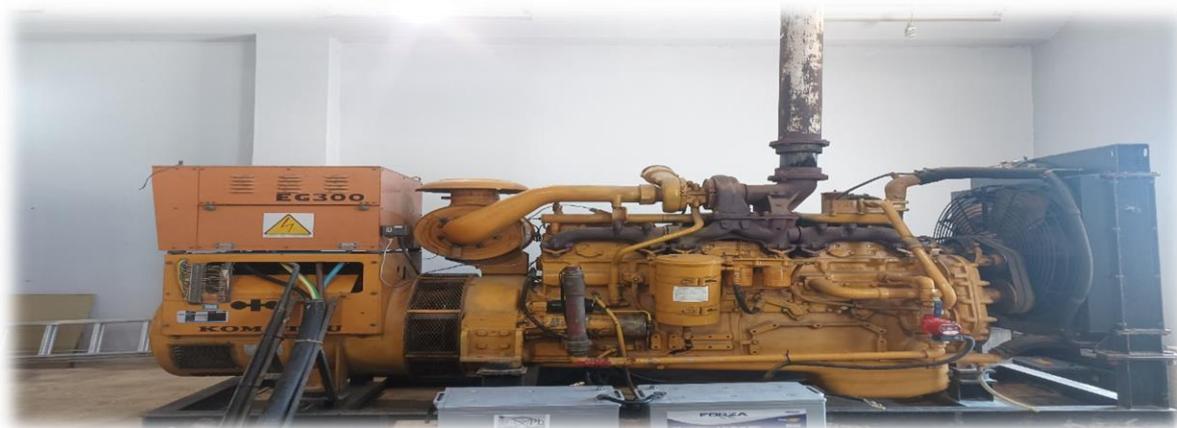
**I.9.2. Définition du groupe électrogène**

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui entraîne une génératrice. Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. Le groupe électrogène permet d'atteindre des puissances et des durées de fonctionnements

importants. En plus de son application comme source de remplacement, le groupe électrogène offre des possibilités d'utilisation dans différents domaines.

Un groupe électrogène sert à produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie chimique, cette dernière (carburant) est transformée en énergie mécanique en utilisant un moteur thermique. L'énergie mécanique développée par le moteur est transformée en énergie électrique via une génératrice.

Le groupe électrogène fonctionne avec toutes sortes de carburant, les plus utilisés sont : l'essence, le gasoil, le gaz naturel, les biocarburants et le fuel. Le type de carburant à choisir dépend de plusieurs paramètres : l'environnement d'utilisation du groupe, la puissance du groupe, le coût, etc. [17]



*Figure I-7 : Groupe électrogène.*

Le groupe électrogène est défini selon deux puissances :

#### **I.9.2.1. Puissance continue**

Elle correspond à la puissance que le groupe est capable de fournir en service continu, pendant un nombre illimité d'heures par an, en respectant les arrêts normaux pour maintenance et dans les conditions ambiantes définies. C'est la notion utilisée pour un groupe de production [16].

#### **I.9.2.2. Puissance de secours**

C'est la puissance maximale que le groupe peut délivrer, durant une période limitée, généralement moins de 500 heures par an. Cette définition ne doit être appliquée que pour les groupes électrogènes travaillant exclusivement en secours. Du fait que le moteur n'est pas en mesure de fournir une puissance supérieure, il convient d'appliquer un facteur de sécurité d'au moins 10 % pour la détermination de la puissance de secours nécessaire [16].

Le groupe électrogène doit être aussi défini en fonction de la charge qu'il doit alimenter.

Nous distinguons quatre classes d'application qui ont été définies pour répondre aux besoins de la charge à alimenter [17].

- **Classe G1** : Représente les groupes électrogènes destinés à alimenter des charges qui ne nécessitent pas une exigence en tension et en fréquence.

Exemple : Eclairage et charges simples.

- **Classe G2** : Concerne l'alimentation des charges qui nécessitent des caractéristiques proches de celle du réseau public.

Exemple : Eclairage, pompes et ventilateurs.

- **Classe G3** : Il s'agit des groupes électrogènes destinés à alimenter des charges alimentées par thyristors, l'alimentation de ce type de charges nécessite une étude particulière en raison de leur influence sur la forme d'onde de tension de l'alternateur.

Exemple : télécommunications

- **Classe G4** : Elle est définie pour des exigences en tension, en fréquence et en forme d'ondes exceptionnellement sévères.

Exemple : Systèmes informatiques.

Le groupe électrogène de secours est défini aussi en termes de délais d'intervention. On trouve cette notion d'intervention dans le cas où le groupe est destiné à fonctionner en secours.

Le temps admissible de coupure peut être plus ou moins long suivant le site secouru. Dans le cas d'un délai d'intervention non spécifié, la durée de coupure a moins d'importance et il est possible d'utiliser un démarrage manuel du groupe. Dans le cas d'un délai d'intervention à coupure spécifiée, la durée de coupure est définie en fonction des impératifs du site à secourir, où le temps de reprise varie de 8 à 15 secondes. Ce délai d'intervention est couramment rencontré dans les hôpitaux, les bâtiments recevant du public et dans les chaînes de production. Dans ces cas, il est impératif d'utiliser un démarrage automatique [16].

Le groupe électrogène est choisi aussi selon le type de vitesse de fonctionnement :

- Groupe électrogène à vitesse fixe ;

- Groupe électrogène à vitesse variable.

### I.9.2.3. Groupe électrogène fonctionnant à vitesse fixe

Les groupes électrogènes sont généralement constitués d'un moteur diesel tournant à vitesse fixe accouplé à un alternateur synchrone. Cette solution présente l'avantage de la simplicité et d'un prix d'énergie au kilowattheure compétitif [18].

### I.9.2.4. Groupe électrogène fonctionnant à vitesse variable

Les groupes électrogènes fonctionnant à vitesse variable sont basés sur l'association d'un alternateur fonctionnant à vitesse et puissance variables entraîné par un moteur diesel et un convertisseur AC/AC qui alimente une charge électrique triphasée à fréquence et à puissance variables. L'association d'un convertisseur statique à la machine électrique permet de fournir une énergie électrique à une fréquence donnée à partir d'un moteur diesel fonctionnant à vitesse variable [18].

## I.10. Description des différents éléments d'un groupe électrogène

### I.10.1 Moteur thermique

Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique. Ils sont appelés les moteurs à combustion et il en existe deux types :

➤ **Moteurs à combustion interne** : le système est renouvelé à chaque cycle. Il est en contact avec une seule source de chaleur (l'atmosphère), c'est le cas des moteurs à essence et diesel

➤ **Moteurs à combustion externe** : le système (air) est recyclé, sans renouvellement, ce qui nécessite alors deux sources de chaleurs, par exemple dans cette dernière catégorie on trouve les machines à vapeur, les moteurs Stirling.

#### I.10.1.1. Fonctionnement

Un moteur diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont semblables et s'ils respectent le même cycle à quatre temps.

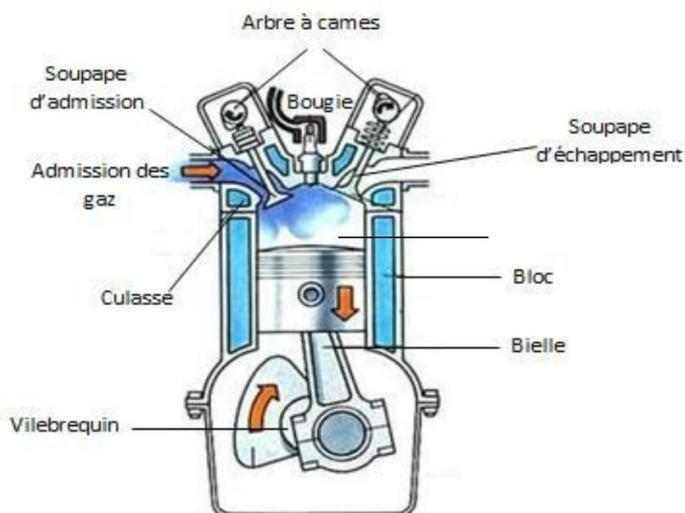
Un moteur diesel est un moteur à explosion présentant des différences sensibles, en particulier dans la façon dont le mélange est enflammé et la manière dont la puissance délivrée est régulée. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique, par contre dans un moteur diesel, l'allumage est obtenu par une auto inflammation du gasoil à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de compression. Un rapport volumétrique normal

est de l'ordre 1/20 pour un moteur diesel (alors qu'il est de 1/10 pour un moteur à essence). Un tel taux de compression porte la température de l'air dans le cylindre à plus de 450°C. Cette température étant celle de l'auto inflammation du gasoil, celui-ci s'enflamme spontanément au contact de l'air sans qu'il y ait besoin d'une étincelle, et par conséquent, sans système d'allumage. [19]

➤ **Cycle à quatre temps**

• **Temps d'admission**

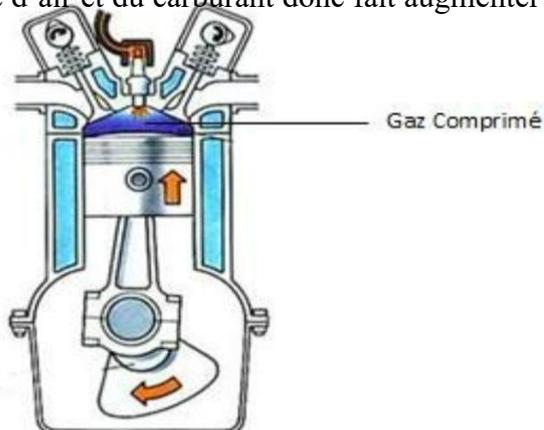
Le piston descend, ce qui fait diminuer la pression dans le cylindre. La soupape d'admission s'ouvre, une mixture d'air et de carburant descend du carburateur vers le cylindre.[19]



*Figure II-8 : Temps d'admission.*

• **Temps de compression**

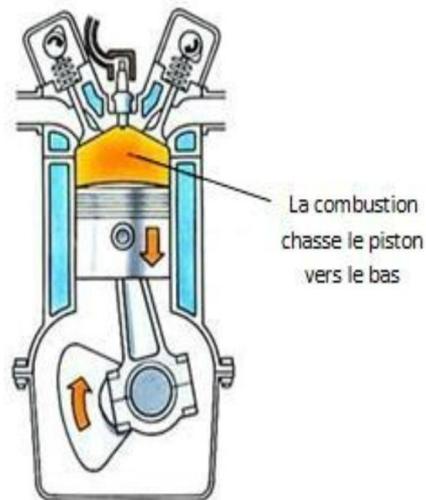
Les soupapes d'admission et d'échappement sont toutes deux fermées. Le piston monte, ce qui comprime le mélange d'air et du carburant donc fait augmenter sa température. [19]



*Figure II-9 : Temps de compression.*

- **Temps de compression détente**

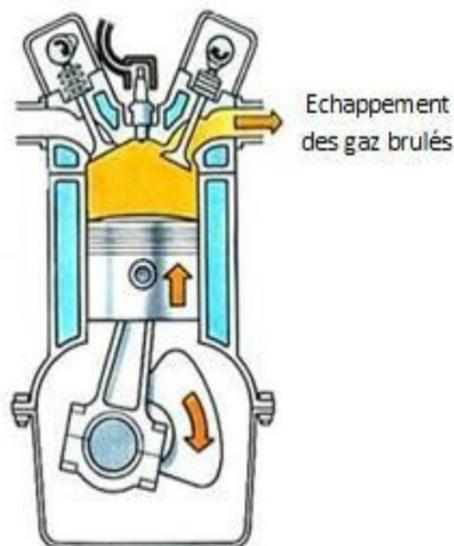
La bougie d'allumage enflamme le mélange d'air et du fuel réchauffé. L'explosion repousse le piston vers le bas.



*Figure II-10 : Temps de compression détente.*

- **Temps d'échappement**

Le piston remonte, la soupape d'échappement s'ouvre et les gaz d'échappement sont rejetés. [19]



*Figure I-11 : Temps d'échappement*

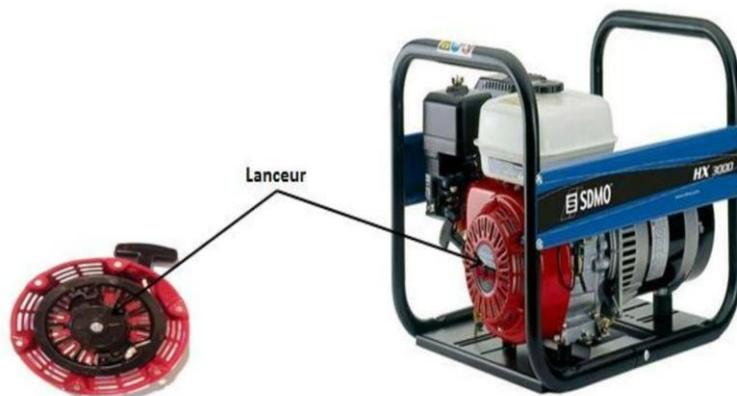
### I.10.2. Système de démarrage

Le circuit de démarrage comprend l'ensemble des composants nécessaires à la mise en fonction autonome du moteur thermique.

Le système de démarrage d'un groupe électrogène peut être manuel, pneumatique, électrique ou automatique et dans quelques cas il est possible d'installer les deux systèmes au même temps. [19]

#### I.10.2.1 Démarrage manuel

Le démarrage manuel d'un groupe électrogène à l'aide d'un lanceur est une approche traditionnelle. Ce système compact et léger fonctionne en utilisant uniquement l'énergie du bras qui le met en mouvement. Pour les groupes électrogènes autonomes, le démarrage par lanceur est la solution évidente. Cependant, cette méthode est limitée par la taille du moteur à démarrer, qui est déterminée par la puissance et l'énergie du groupe électrogène. En pratique, le démarrage par lanceur est couramment utilisé sur les groupes électrogènes à essence de faible puissance. Son principe repose sur la traction de la poignée, qui déroule le cordon enroulé autour de la poulie du lanceur, entraînant ainsi la rotation de l'arbre moteur. [19]



*Figure I-12 : Lanceur groupe électrogène*

#### I.10.2.2. Démarrage électrique

En raison du grand nombre de cylindres sur les groupes électrogènes de forte puissance, le démarrage manuel est pratiquement impossible. C'est pourquoi on utilise le démarrage électrique, qui est assuré par un démarreur. Les démarreurs ont des modes de fonctionnement similaires, mais leurs constructions diffèrent légèrement. Ils sont généralement composés d'un

moteur électrique à courant continu, d'un solénoïde et d'un lanceur, comme illustré dans la Figure. [19]

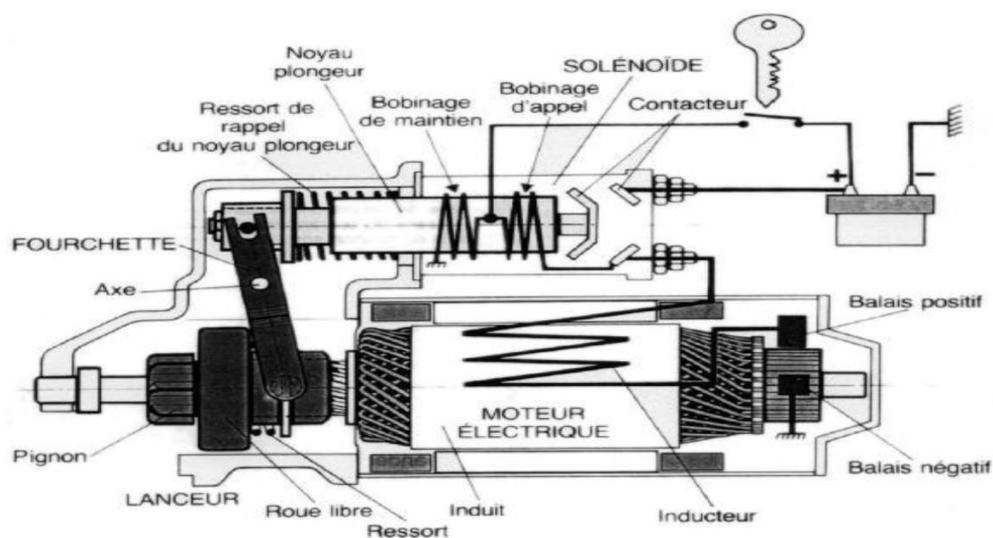


Figure I-13 : Démarreur du moteur thermique.

### I.10.2.3. Démarrage pneumatique

Il existe deux systèmes de démarrage pneumatique :

- Système pneumatique à turbine suivant le même principe que le démarreur électrique et fonctionnant avec une pression d'air 7 à 10 bar.
- Système de démarrage par injection d'air comprimé dans les cylindres sous une pression d'air comprise entre 20 et 30 bar, cet air comprimé assure la mise en rotation du groupe par action sur les pistons du moteur.

### I.10.2.4. Démarrage automatique

Le démarrage automatique d'un groupe électrogène combine un démarrage électrique avec un inverseur de source automatique. Ce dispositif détecte les défauts du réseau, démarre automatiquement le groupe et assure la commutation sans intervention humaine. Il arrête également le groupe lorsque le réseau est rétabli. Cette fonction peut être ajoutée à tout groupe électrogène à démarrage électrique, offrant un confort supplémentaire pour les maisons et une nécessité pour les hôpitaux, les centres d'urgence et les installations stratégiques. [19]

### I.10.3. Circuit de lubrification

Le circuit de lubrification permet d'abord d'assurer le graissage du moteur mais également d'assurer le refroidissement des pièces en mouvement (pistons). L'huile est refroidie dans un échangeur huile/eau. Pour permettre la prise en charge rapide du groupe, certains constructeurs

prévoient la mise en œuvre d'un système de pré-graissage pouvant être cyclique ou permanent. Ce dispositif de pré-graissage peut également être couplé avec un système de préchauffage de l'huile [20].

#### **I.10.4. Circuit d'alimentation en combustible**

L'alimentation en combustible d'un groupe électrogène est assurée à partir d'un réservoir journalier alimenté depuis un réservoir de stockage principal dimensionné en fonction de l'application et de la puissance du groupe. Le remplissage du réservoir journalier, de capacité limitée à 500 litres, si elle est installée dans le même local que le groupe, est normalement assuré de façon automatique par une pompe de transfert commandée par des niveaux de contacts haut et bas [20].

#### **I.10.5. Circuit de démarrage**

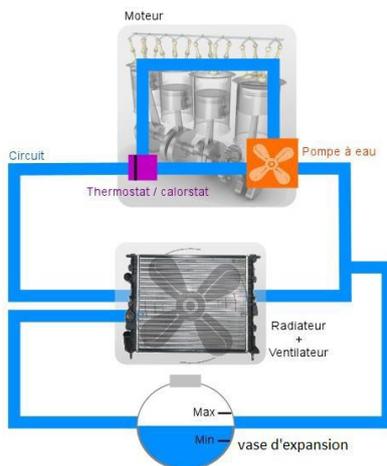
Le circuit de démarrage du groupe électrogène doit être fiable et assurer un démarrage direct du moteur. Le système de démarrage d'un groupe électrogène peut être soit électrique, soit pneumatique, il est possible d'installer les deux systèmes de démarrage, pour des raisons de sécurité.

#### **I.10.6. Circuit de refroidissement**

Lors de son fonctionnement, le groupe électrogène consomme du carburant et produit de l'énergie. Les groupes électrogènes actuels ont un rendement souvent bien inférieur à 50% par rapport à la valeur calorifique du carburant. C'est-à-dire que lors de sa combustion, la moitié du carburant est convertie en énergie électrique tandis que l'autre est convertie en chaleur qui arrive jusqu'à l'ordre de 2000°C. Lors de sa transformation, le carburant réchauffe le groupe et l'augmentation de température qui en résulte peut entraîner [20] :

- Une surconsommation de carburant par le groupe ;
- Une baisse de son rendement ;
- La destruction du moteur si l'échauffement est excessif.

Ainsi, l'installation d'un système de refroidissement pour le groupe électrogène est nécessaire, afin d'éviter l'échauffement du système. Le système de refroidissement représenté sur la figure I.14



**Figure I-14 :** Système de refroidissement d'un groupe électrogène

Comprend : Un radiateur ; Une pompe qui entraîne le liquide de refroidissement ; Un vase d'expansion ; Un thermostat ; Un ventilateur ; Un liquide de refroidissement (eau + additif).

## I. 11. CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, nous avons abordé les différents types de réseaux électriques et leurs structures variées. Ensuite, nous avons procédé à une description des postes électriques, des courts-circuits et des chutes de tension qui peuvent survenir sur les réseaux électriques industriels. Enfin, nous avons exposé la méthodologie de calcul du bilan de puissance, ainsi que les aspects relatifs aux puissances et aux normes utilisées dans le domaine de l'électricité. Nous avons également abordé quelques généralités sur les groupes électrogènes.

***CHAPITRE 02***  
***PRESENTATION DE***  
***L'ENTREPRISE***

## Présentation de L'ENNA

### II. 1. Introduction

L'ENNA a été créé en 1991 après une refonte des statuts de l'entreprise nationale de l'exploitation et de la sécurité aéronautique, qui a été transformée en un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. L'ENNA est considéré comme un commerçant dans ses relations avec les tiers et est placé sous la tutelle du ministère des transports.

Situé sur la rive droite de l'ouest à 2,6 km de l'aéroport de BEJAIA SOUMMAM ABANE REMDANE en bordure de la mer, l'établissement assure le service public de sécurité de la navigation aérienne. Ses activités principales comprennent la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national algérien, ainsi qu'autour des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique conformément aux accords internationaux en vigueur. Il est également responsable du respect des réglementations, des procédures et des normes techniques pour les mouvements d'aéronefs en vol et au sol, la mise en place d'aérodromes, les installations et équipements relevant de sa mission.

En outre, l'ENNA est chargé de l'exploitation technique des aérodromes, du contrôle de la circulation aérienne, de la fourniture d'informations aéronautiques et de la diffusion des informations météorologiques nécessaires à la circulation aérienne publique. Il gère également les moyens de communication aéronautique, assure les opérations de sauvetage et lutte contre les incendies aux aérodromes, ainsi que la gestion du domaine aéronautique constitué par l'espace aérien, les terrains, les bâtiments et les installations nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

### II. 2. Description de l'ENNA

#### II.2.1. Historique

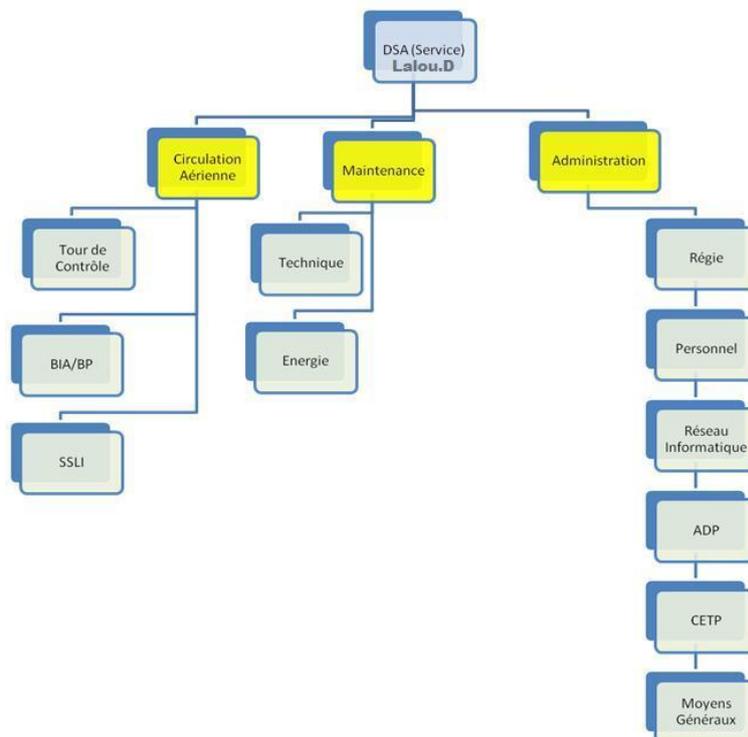
En 1962, l'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français, a été créée pour gérer l'ensemble des services d'exploitation de l'aviation civile en Algérie. Elle a été remplacée par l'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM) le 1er janvier 1968, qui a fusionné avec la gestion de l'aéroport et l'Etablissement National pour l'Exploitation et la Météorologie (ENEMA) le 1er janvier 1969 pour devenir l'ENEMA. En 1975, les activités de météorologie ont été transférées à l'Office National de Météorologie (ONM), qui est devenu un établissement public à caractère industriel et

commercial (EPIC) à vocation scientifique et technique par décret en 1998. L'ENEMA a été divisée en deux entités, l'Etablissement National de Gestion et d'Exploitation Aéroportuaire (ENGEA) et l'Etablissement National d'Exploitation et de la Sécurité Aéronautique (ENESA) en 1983. L'Etablissement de Gestion des Services Aéroportuares d'Alger (EGSA) a été créé en 1987 en tant qu'entreprise nationale à caractère socialiste et a obtenu le statut d'établissement public à caractère industriel et commercial, qui reste en vigueur aujourd'hui. En mai 1991, l'ENESA a été restructurée et renommée Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA) par décret exécutif n° 91-149.[25]

### II.2.2. La situation géographique de l'ENNA

L'établissement (ENNA) se situe à l'aérodrome de BEJAIA SOUMAM ABANE REMDANE en bordure de mer et occupe la plaine alluvionnaire de l'embouchure sur la rive droite de l'ouest à 2.6km (notical mille 1nm=1852m) (mille marins) et 4.8km au sud-ouest de Bejaia ville.[25]

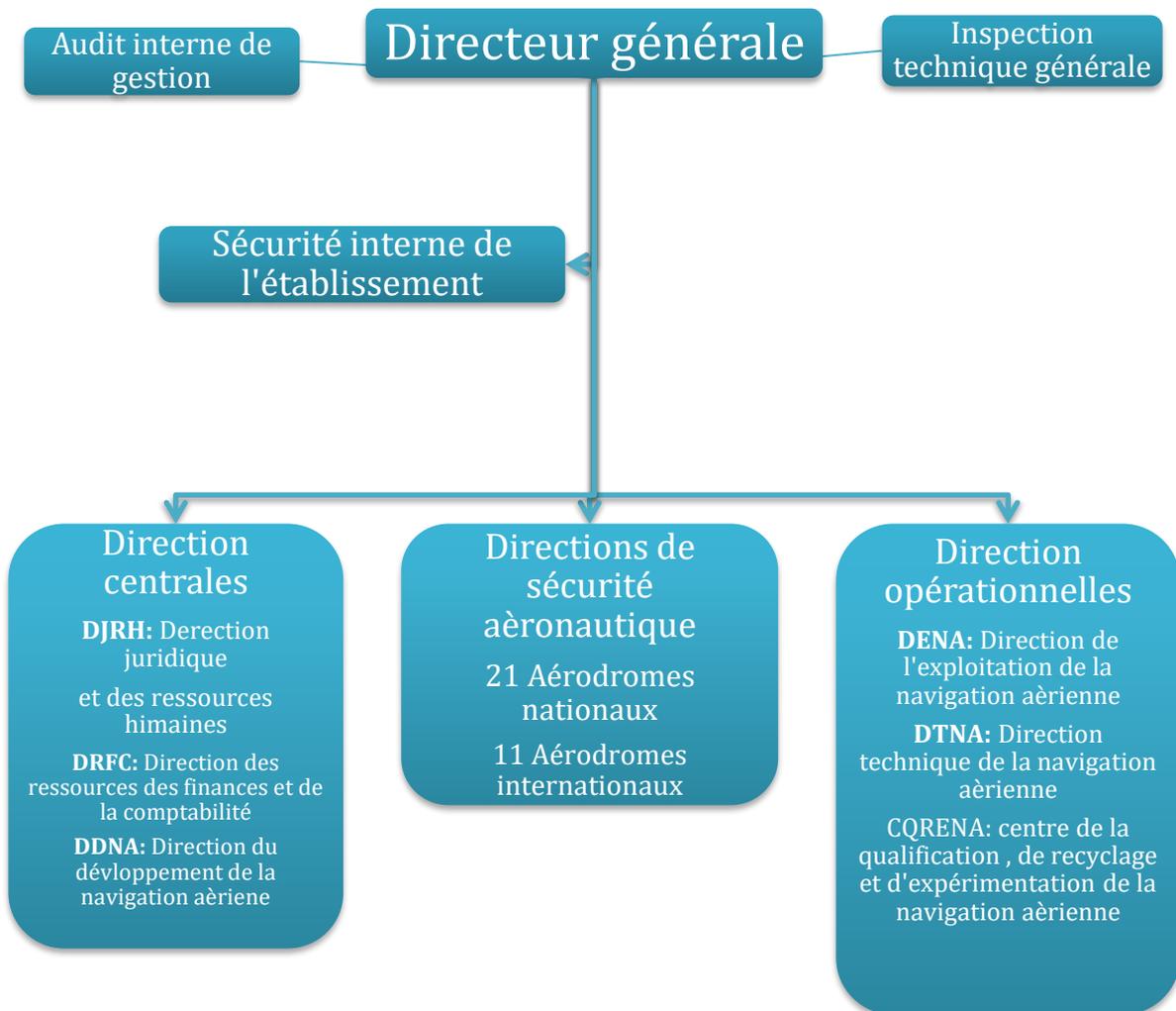
### II. 3. Organigramme de l'ENNA / Bejaia



**Digramme II-1 : ORGANISATION DE L'ENNA [26]**

### II.3.1. Digramme explicatif

L'Entreprise Nationale de la Navigation Aérienne (ENNA) assure la gestion de onze aéroports internationaux ainsi que vingt-cinq aéroports nationaux en Algérie.



*Diagramme II-2 : Digramme explicatif [26]*

## II. 4. Principale activité de la société

Conformément au décret exécutif N° 01-149 du 18 mai 1991 portant réaménagement des statuts de l'Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautiques (E.N.E.S.A) et dénomination nouvelle : Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne, l'ENNA est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) placé sous la tutelle du Ministère des Transports.

Ses principales missions sont :

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'Etat.
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées.
- Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique.
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes technique relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission.
- Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique.
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

## II. 5. Les différents services

La direction de l'ENNA à Bejaia est située sur l'aérodrome et est dirigée par le Directeur de la Sécurité Aéronautique (DSA), qui supervise quatre services distincts : la circulation aérienne, l'administration, le service de sécurité incendie et sauvetage, ainsi que le service technique.

### II. 5.1. Service Circulation Aérienne

#### II. 5.1.1. Tour de Contrôle

**Fonction :** Contrôle de la Navigation Aérienne.

**Responsabilité :** Assurer l'écoulement sûr et efficace du trafic aérien. Premier organe d'alerte ; représentant directe du DSA en dehors des horaires Administratives.



*Figure II-1 : tour de contrôle*

### II. 5.1.2. Bureau d'Information Aéronautique (BIA)

**Fonction :** Exploitation, mise à jour et diffusion des informations aéronautiques

**Responsabilité :**

Assurer l'acheminement sûr et efficace des informations aéronautiques ; ainsi que leurs traitements.

### II. 5.2. Service Sécurité Incendie & Sauvetage (SSIS)

**Fonction :** Sauvetage et lutte contre l'incendie.

**Responsabilité :** S'assurer de la disponibilité des moyens matériels et humains pour intervention rapide et efficace.

### II. 5.3. Service Technique

Il comprend à son tour deux services qui sont :

1. Service Radionavigation,
2. Service Energie et balisage.

#### II. 5.3.1. Service Radionavigation

Le service est assuré par des électroniciens de la sécurité aérienne, leur mission est l'installation des équipements de radionavigation, télécommunication et veiller à leur bon fonctionnement.

La radionavigation est assurée par des équipements spécifiques dont on cite :

La Balise Non Directionnelle (**NDB**), Very High Frequency Ominidirectional Range (**VOR**) , Distance Measuring Equipment (**DME**) , Instrument Landing System (**ILS**) et le Dipôle du champ . (On sera les détails dans le chapitre suivant).

#### II. 5.3.2. Service Energie et balisage

Le service est assuré par des Electrotechnicien de la sécurité aérienne, leur mission est l'installation et la maintenance de tous équipements d'énergie et balisage lumineux aéroportuaire, et il veille au bon fonctionnement et à la continuité du service en cas de coupure d'énergie électrique.

Le service est constitué des équipements suivants :

• Poste de transformation MT (Moyenne Tension), BT (Basse Tension) avec 02 transformateur de puissance de 630 kVa, 30 kV / 400 V.

- Un central d'énergie avec 02 groupes électrogènes type KOMTSU de puissance De 250 kVa.
- Une armoire principale de comptage contient deux arrivées du poste de transformation MT / BT
- Une armoire de distribution auxiliaire.
- 04 régulateurs (02 pour le balisage séries, 01 pour le Taxi Ways et 01 pour le PAPI).

#### II. 5.4. Service Administratif

Le service est assuré par le directeur et l'assistance de la direction. Il se charge de la gestion du personnel et des moyens, finance et comptabilité, œuvre sociales, projets, et de redevance aéronautique les différents atterrissages, il rend compte périodiquement de la situation à la direction générale dont le siège se trouve à ALGER.

### II. 6. Présentation des équipements de radionavigation

#### II. 6. 1. Balise Non Directionnelle (Non Directional Beacon) (NDB)

La Balise Non-Directionnelle (NDB) est un système de navigation radio le plus souvent utilisé en complément des points clés des régions de contrôle. Les indicatifs des NDB sont généralement constitués de trois lettres. Dans le cas de l'aérodrome de BEJAIA, l'indicatif serait "BJA", représentant "Bravo Juliette Alpha". Les NDB ont une portée très étendue, allant jusqu'à environ 150 milles nautiques, ce qui en fait un moyen de navigation en vol.

##### II. 6. 1.1. Ses éléments constitutifs

**Une antenne émettrice des signaux dit MORSE :** Les signaux sont émis depuis la station au sol d'une balise NDB et sont destinés à être captés par un récepteur à bord d'un aéronef lorsqu'il traverse le champ de signaux émis dans l'espace.

**Le mat :** qui est le support de l'antenne.

**Chelther :** équipement de NDB de la station qui comprend une armoire d'alimentation de la balise, un chargeur de batterie, une armoire de réglage et de contrôle de courant et la tension de l'antenne de la station

##### II. 6. 1.2. Role

La courbure de la terre suit le signal émis par le NDB, ce qui lui permet d'être capté à de plus grandes distances et à des altitudes plus basses.

### II.6.2. Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR): Alignment

#### Omnidirectionnel VHF

Le système radioélectrique de positionnement à courte distance connu sous le nom de Very High Frequency Omnidirectionnel Range (VOR) permet de se situer par rapport à une balise. Il offre la possibilité de suivre un axe qui permet soit de se rapprocher, soit de s'éloigner de la balise. [27]

### II.6.3. Distance Measuring Equipment (DME) : Equipement de mesure de Distance

Le Dispositif de Mesure de Distance (DME) est un instrument de mesure de distance oblique en milles marins (NM) entre un avion et une station au sol. Il utilise la vitesse sol de l'avion en nœuds ainsi que le temps nécessaire pour rejoindre la station. La précision du DME est de l'ordre de 0,2 NM et sa portée est optique, ne dépassant pas les 200 NM.

### II.6.4. Instrument Landing System (ILS) : Système d'Aide à l'Atterrissage aux Instruments

L'Instrument Landing System (ILS) est un système d'aide à l'atterrissage aux instruments qui se compose d'un émetteur au sol. Il émet deux faisceaux radioélectriques qui servent à matérialiser l'axe de la piste ainsi qu'un plan de descente, généralement établi à un angle de 3 degrés.[28]



*Figure II-2: Landing System (ILS) [28]*

## II.7. Représentations des équipements de balisage

### II.7.1.1. Introduction

La présence de balises lumineuses le long d'une piste d'atterrissage permet de la repérer facilement la nuit ou en cas de mauvaises conditions météorologiques telles que la pluie ou le brouillard, et elles servent également d'aide visuelle à l'atterrissage. En outre, il existe un système de balises radio pour les avions équipés de repérage automatique, généralement intégrés aux avions de ligne. Habituellement, deux circuits série de balisage lumineux sont installés pour améliorer la sécurité aérienne. Chaque circuit est constitué d'une série de balises câblées ensemble et connectées à un régulateur à courant constant.

### II.7.1.2. Disposition Des balises

La piste d'atterrissage de l'aérodrome de BEJAIA a une longueur de 2400 mètres et une largeur de 45 mètres. Elle est équipée de :

- 142 balises de bord de piste
- 66 balises pour le TAXI WAY (voie d'accès)
- 24 feux de seuil et d'extrémité de piste
- 20 balises pour les raccords
- Des câbles de connexion et des fiches de raccordement entre les balises et le transformateur
- Un dispositif PAPI.



*Figure II-3 : piste d'atterrissage de l'aérodrome de BEJAIA*

### II.7.1.3. Balise bord de piste

La lampe est équipée de deux filtres de couleur, chacun couvrant un champ azimutal de 180 degrés. Elle est également fournie avec une fiche bipolaire pour une connexion directe au

transformateur d'isolement. Le corps et le support sont fabriqués en fonte d'aluminium phosphatée et sont peints en jaune aviation par un procédé électrostatique. La hauteur de la lampe est de 290 mm et son poids net est de 2 kg.

Il y a 142 balises blanches qui sont des feux élevés bidirectionnels de haute intensité.



*Figure II-4 : Balise bord de piste*

#### II.7.1.4. Balise seuil et extrémité de piste

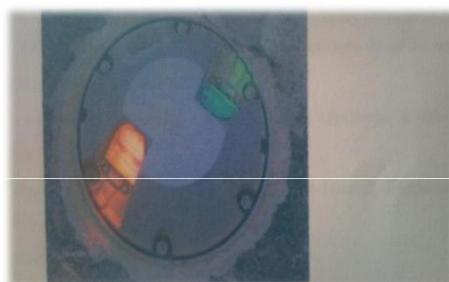
Ce sont des feux encastrés bidirectionnel moyenne intensité utilisée en seuil et extrémité de piste.



*Figure II-5 : Balise seuil et extrémité de piste*

#### II.7.1.5. Balise de voies de circulation et rackets

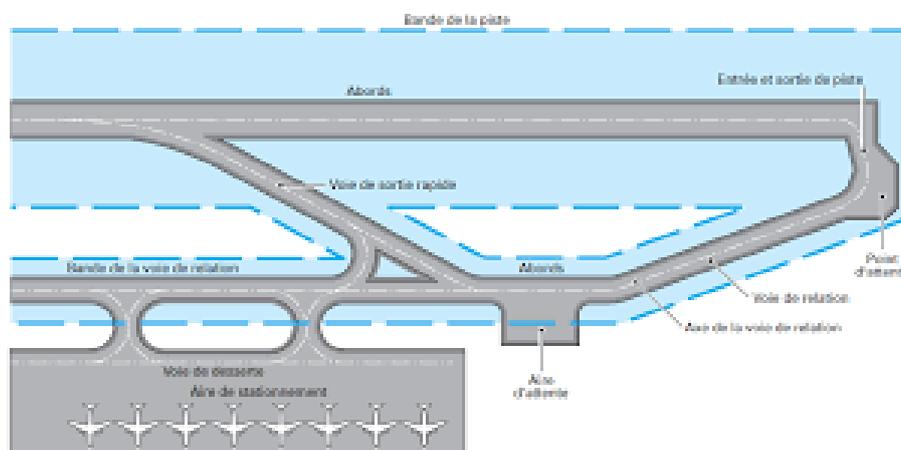
Il y a 86 balises moyenne intensité de type feu élevé omnidirectionnel, qui sont utilisées pour délimiter les voies de circulation et les bords de la piste conformément aux recommandations de l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale). Parmi ces balises, il y a 66 balises pour les voies de circulation et le stationnement des avions, ainsi que 20 balises pour les îlots directionnels.



*Figure II-6 : Balise de voies de circulation et rackets*

### II.7.2. Taxi ways

Les taxiways sont des voies de circulation au sol qui sont repérées par des balises bleues et qui sont réservées aux aéronefs roulant pour rejoindre la piste ou l'aire de stationnement.



*Figure II-7: TAXI WAY*

### II.7.3. Système Lumineux d'Indicateur de Pente (PAPI)

Le PAPI, ou Indicateur de Plan d'Approche de Précision, est un système lumineux situé à l'entrée de la piste du côté gauche. Il est composé de quatre lampes identiques qui émettent de la lumière rouge en dessous d'un angle de 2 degrés et de lumière blanche au-dessus d'un angle de 2 degrés, et peut être utilisé de jour comme de nuit. Le PAPI indique au pilote la position de l'avion par rapport au plan d'approche idéal pour l'atterrissage.



*Figure II-8: PAPI (Precision Approach Path Indicator)*

**II.9. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné une description générale de l'entreprise ENNA et ses principales activités.

***CHAPITRE III***  
***BILAN DE***  
***PUISSANCE DE***  
***L'INSTALLATION***

### III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons le schéma unifilaire de l'installation ainsi que les puissances des équipements. Par la suite, nous procéderons au calcul de la puissance installée et de la puissance utilisée afin d'assurer un dimensionnement adéquat des groupes électrogènes pour un fonctionnement optimal. Enfin, nous aborderons l'amélioration de notre facteur de puissance en compensant l'énergie réactive à l'aide de batteries de condensateurs.

### III.2. Schéma unifilaire de l'installation

Toute exploitation d'une installation électrique a besoin d'avoir un plan de passage des Conducteurs et de distribution.

A cet effet, il est utile de prendre un schéma unifilaire de l'installation, dans lequel on Distingue :

- ✓ Les plans de cheminement des câbles.
- ✓ Les plans d'implantation des équipements.
- ✓ Les plans de câblage des armoires et coffrets.

Le schéma unifilaire de l'installation de notre projet est représenté dans la figure ci-dessous Qui sera réalisé sur ECODIAL, un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) Développe par Schneider Electric et destine aux de installations électriques basse tension.

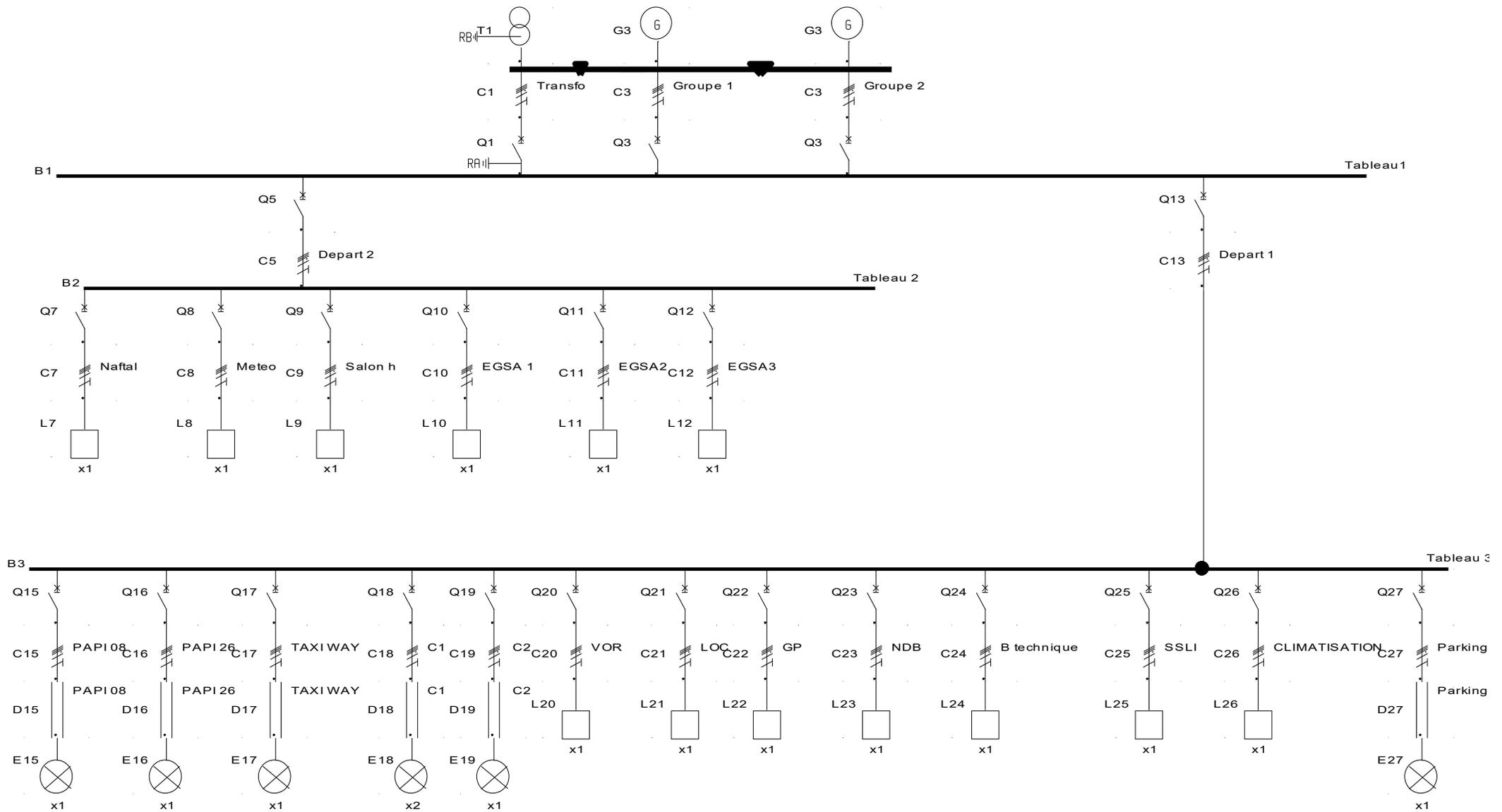


Figure III-1 : Schéma unifilaire de l'installation.

### III.3. Identification des différents circuits électriques de l'installation

Le tableau suivant représente l'ensemble de toutes les charges de l'installation, ainsi que leurs puissances nominales et les longueurs des câbles par rapport à leurs jeux de barres associés.

<i>Récepteurs</i>	<i>P<sub>n</sub> [W]</i>	<i>Longueur [m]</i>
<i>Départ n°01</i>		
PAPI08	8325.4	68
PAPI26	8325.4	77
Taxi way	25000	80
Balilage C1	16665	75
Balilage C2	16665	80
SSLI	11249	50
Bloc technique	29999	60
Localisateur	8325.4	150
Trajectoire d'approche (GP)	12494	100
NDB	19998	104
VOR	24996	106
Parking avion	16665	150
climatisation	37497	60
<i>Départ n°02</i>		
EGSA 1	12418	150
EGSA2	16261	150
EGSA3	10714	150
Naftal	8978	30
Salon H	10714	70
Météo	5356	30

**Tableau III.1.** Identification des différents circuits électriques de l'installation

### III.4. Calcul de la puissance installée

La puissance installée est beaucoup plus élevée que celle qui est réellement consommée car on suppose que tous les récepteurs fonctionnent simultanément et à leur puissance nominale.

$$P_a = \frac{P_n}{\eta} \quad \text{III- 1}$$

$$Q_a = P_a \times \tan \varphi \quad \text{III- 2}$$

$$I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos \varphi} \quad \text{III- 3}$$

$$S_a = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2} \quad \text{III- 4}$$

Le tableau suivant illustre les calculs effectués afin de savoir quel est la puissance installée de notre installation :

Récepteurs	$U$ [V]	$P_n$ [W]	$\eta$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	$P_a$ [W]	$Q_a$ [Var]	$I_a$ [A]
<i>ENNA</i>								
<i>Départ n°01</i>								
Indicateur de Pente (PAPI08)	400	8325.4	1	1	0	8325.4	0	12
Indicateur de Pente (PAPI26)	400	8325.4	1	1	0	8325.4	0	12
Taxi way	400	25000	1	1	0	25000	0	21.65
Balisage C1	400	16665	1	1	0	16665	0	24.05
Balisage C2	400	16665	1	1	0	16665	0	24.04
Service de Sauvetage et de lutte contre l'incendie (SSLI)	400	11249	0.8	0.8	0.75	14061	10545	25.36
Localisateur	400	12494	0.8	0.8	0.75	15618	11713.5	28.17

Trajectoire d'approche (GP)	400	12494	0.8	0.8	0.75	15618	11713.5	28.17
Balise Non Directionnelle (NDB)	400	19998	0.8	0.8	0.75	24998	18748.5	45.10
Alignment Omnidirectionnel (VOR)	400	24996	0.8	0.8	0.75	31245	23433.75	56.37
Parking avion	400	16665	1	1	0	16665	0	24.05
Bloc technique	400	29999	1	1	0	29999	0	25.98
climatisation	400	37497	0.8	0.8	0.75	46872	35154	84.56
<i>Départ n°02</i>								
Etablissement de Gestion des Services Aéroportuaires (EGSA 1)	400	12418	0.8	0.8	0.75	15523.4	11642.55	28
EGSA 2	400	16261	0.8	0.8	0.75	20326	15244.5	36.67
EGSA 3	400	10714	0.8	0.8	0.75	13392.5	10044.4	24.16
NAFTAL	400	8978	0.8	0.8	0.75	11223.6	8417.7	18.90
Salon d'honneur	400	10714	0.8	0.8	0.75	13392.5	10044.4	24.16
Météo	400	5356	0.8	0.8	0.75	6695.4	5021.5	12.07

Tableau III. 2 : Bilan de puissance installée de l'installation

Nous avons donc le bilan des puissances installées résumé dans le tableau suivant :

<i>Les puissances</i>	$P_a$ [KW]	$Q_a$ [KVAR]	$S_a$ [KVA]
<b>TOTAL</b>	<b>350.611</b>	<b>171.723</b>	<b>379.66</b>

**Tableau III.3** : Bilan de puissance totale de toute l'installation

### III.5. Calcul de la puissance d'utilisation

Pour déterminer la puissance d'utilisation du groupe électrogène, il faut avoir une bonne connaissance des Facteurs d'utilisation de chaque charge, cette puissance est donnée par la relation suivante :

$$P_{ui} = K_u \times P_a \quad \text{III- 5}$$

Cette puissance est déterminée en faisant la somme de toutes les puissances utiles groupes de récepteurs alimentés par la même branche, multipliés par le facteur de simultanéité correspondant. Il est donné par la relation :

$$P_{uj} = K_s \times \sum_{i=1}^n P_{ui} \quad \text{III- 6}$$

Cette puissance nous servira ensuite, au calcul de la puissance à prévoir au premier jeu de barre de groupe électrogène, en prenant en compte l'évolution de la charge.

$$P_{ut} = K_e \times \sum_{i=1}^n P_{uj} \quad \text{III-7}$$

$$I_b = \frac{P_{ui} \times K_s}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos\varphi} \quad \text{III- 8}$$

Les résultats des calculs pour chaque paramètre de l'installation sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Récepteurs	$U$ [V]	$\eta$	$\text{Cos}\varphi$	$P_a$ [W]	$Q_a$ [Var]	$K_u$	$K_s$	$P_{ui}$ [W]	$Q_{ui}$ [Var]	$I_b$ [A]
Indicateur de Pente (PAPI08)	400	1	1	8325.4	0	1	/	8325.4	0	7.21
Indicateur de Pente (PAPI26)	400	1	1	8325.4	0	1	/	8325.4	0	7.21
Taxi way	400	1	1	25000	0	1	/	25000	0	21.65
Balilage C1	400	1	1	16665	0	1	/	16665	0	14.433
Balilage C2	400	1	1	16665	0	1	/	16665	0	14.433
Service de Sauvetage et de lutte contre l'incendie (SSLI)	400	0.8	0.8	14061	10545	0.75	/	10545.6	7909.2	14.27
Localisateur (LOC)	400	0.8	0.8	15618	11713.5	0.75	/	11713.3	8785	15.85
Trajectoire d'approche (GP)	400	0.8	0.8	15618	11713.5	0.75	/	11713.3	8785	15.85
Balise Non Directionnelle (NDB)	400	0.8	0.8	24998	18748.5	0.75	/	18748.64	14061.5	25.37
Alignement Omnidirectionnel VHF (VOR)	400	0.8	0.8	31245	23434	0.75	/	23434	17575.5	31.71
Parking avion	400	1	1	16665	0	1	/	16665	0	14.433
Climatisation	400	0.8	0.8	46872	35154	0.75	/	35154	26365.5	47.57
Bloc technique	400	1	1	29999	0	1	/	29999	0	25.98
<i>Départ n°01</i>								<b>232953.6</b>	<b>83482</b>	<b>255.966</b>
<b>TOTAL</b>						<b><math>K_s=0.6</math></b>		<b>139772.2</b>	<b>50089.02</b>	<b>153.5796</b>

Etablissement de Gestion des Services Aéroportuaires (EGSA 1)	400	0.8	0.8	15523.4	11642.55	0.75	/	11642.54	8731.87	18.38
EGSA 2	400	0.8	0.8	20326	15244.5	0.75	/	15245	11433.4	24.075
EGSA 3	400	0.8	0.8	13392.5	10044.4	0.75	/	10044.4	7533.3	15.857
Naftal	400	0.8	0.8	11223.6	8417.7	0.75	/	8417.72	6313.3	13.289
Salon d'honneur	400	0.8	0.8	13392.5	10044.4	0.75	/	10044.4	7533.3	15.857
Météo	400	0.8	0.8	6695.4	5021.5	0.75	/	5021.56	3766.125	7.9275
<i>Départ n°02</i>						$K_s=0.7$		<b>60415.62</b>	<b>45311.3</b>	<b>95.38</b>
<i>TOTAL</i>								<b>42290.93</b>	<b>31718</b>	<b>66.76</b>

Tableau III.4: Bilan de puissance utilisée dans l'installation

	$K_s$	$P_{uj} [KW]$	$Q_{uj} [KVAR]$	$S_{uj} [KVA]$	$I_b [A]$
<b>TOTAL</b>	0.9	163.856	73.626	179.63	198.30

$K_e$	$P_u Total [KW]$	$Q_u Total [KVAR]$	$S_u Total [KVA]$	$I_b Total [A]$
1.3	213.01	95.71	233.51	257.78

Tableau III.5: Bilan de puissance totale de toute l'installation

### III.6. Détermination du facteur de puissance total de l'installation

Le facteur de puissance est un indicateur de la qualité de la conception et de la gestion d'une installation électrique. Il repose sur deux notions très basiques : les puissances active et apparente.

La puissance active P (kW) est la puissance réelle transmise à des charges telles que moteurs, lampes, appareils de chauffage, ordinateurs. La puissance active est transformée en énergie mécanique, chaleur ou lumière.

La puissance apparente est la base du dimensionnement de l'équipement électrique.

Le facteur de puissance PF est le rapport de la puissance active P (kW) sur la puissance apparente S (kVA)

$$\cos\varphi = \frac{P_u}{S_u} \quad \text{III- 9}$$

$$\cos\varphi = \frac{213.01}{233.51} = 0.91$$

$P_{ut} [KW]$	$S_{ut} [KVA]$	$\cos\varphi$
213.01	233.51	0.91

**Tableau III.6:** facteur de puissance total de l'installation

### III.7. Choix et dimensionnement du groupe électrogène

Après avoir effectué le bilan de puissance de notre installation, nous avons pu déterminer la puissance totale utilisée par celle-ci. Grâce au tableau N°01 de l'annexe, Nous avons pu déterminer le groupe électrogène normalisé le plus adapté à notre installation. Après analyse, le choix s'est porté sur le groupe électrogène 250KVA.

### III.8. Compensation de l'énergie réactive

#### III.8.1. Nature de l'énergie réactive

Tous les appareils et machines à induction (c'est à dire à champs électromagnétiques) convertissent l'énergie fournie par le réseau d'alimentation en énergie mécanique (travail) et chaleurs (pertes). Cette énergie est mesurée par des wattmètres en kWh, et est appelée énergie « active ». Afin de réaliser cette conversion, des champs magnétiques doivent être créés dans

la machine, et ces champs sont associés à une autre forme d'énergie à fournir par le réseau d'alimentation appelée énergie « réactive ». [21]

### III.8.2. Pourquoi améliorer le facteur de puissance

- Diminution de la facture d'électricité
- Diminution de la section des câbles
- Diminution des pertes en ligne
- Réduction de la chute de tension
- Augmentation de la puissance disponible

### III.8.3. Les différents types de compensation

Le choix du type de La compensation d'énergie réactive :

- Par condensateurs fixes (si la puissance des condensateurs est inférieure à 15% de la puissance du Groupe électrogène).



**Figure III. 2:** Exemple de condensateurs fixes [22].

- Par batteries de condensateurs à régulation automatique (si la puissance des condensateurs est Supérieure à 15% de la puissance du groupe électrogène), qui permettent l'adaptation immédiate de la Compensation aux variations de la charge.



**Figure III. 3:** Exemple de batterie à régulation automatique [22].

### III.8.4. La compensation peut être

- **Locale (Individuelle)**

La batterie est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur de type inductif. Lorsqu'elle est possible, cette compensation produit la puissance réactive à l'endroit même où est consommée et en quantité ajustée aux besoins. Une compensation individuelle est à envisager lorsque la puissance de certains récepteurs est importante par rapport à la puissance totale [23,24].

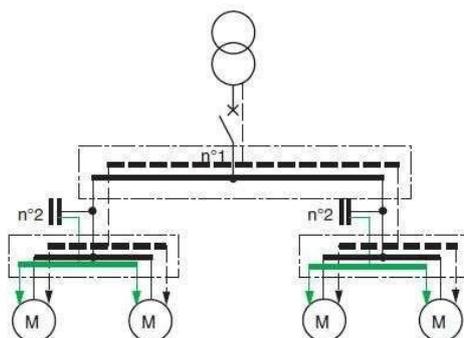


Figure III. 4: compensation individuelle

- **Partielle**

La batterie est raccordée au tableau de distribution et fournit la puissance réactive par atelier à un Groupe de récepteurs. Une grande partie de l'installation est soulagée, en particulier les câbles d'alimentation de chaque atelier (Figure III.5). Une compensation partielle est conseillée lorsque l'installation est étendue et comporte des Ateliers dont les régimes de charge sont différents.

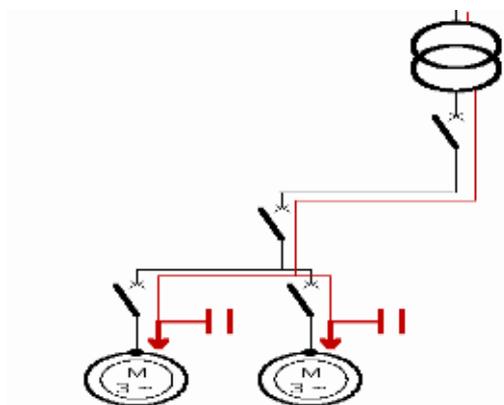


Figure III. 5: compensation partielle

- **Globale**

La batterie est raccordée en tête d'installation et assure une compensation pour l'ensemble de l'installation, elle reste en service de façon permanente pendant la marche normale de l'usine (Figure III. 6). Lorsque la charge est stable et continue, une compensation globale convient.

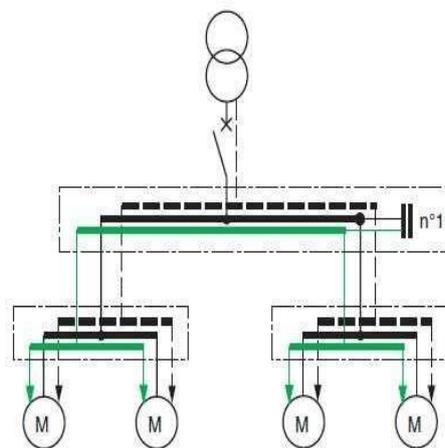


Figure III. 6 . Compensation globale

### III.8.5. Techniques de détermination de la puissance réactive nécessaire à compensation

On connaît :

- La puissance active de l'installation ;
- Son facteur de puissance actuel  $\cos(\varphi)$  ;
- Le facteur de puissance souhaité  $\cos(\varphi')$  [23].

#### III.8.5.1. Méthode graphique

On trace le triangle des puissances à l'échelle. On détermine ainsi la puissance réactive actuelle. On trace le nouvel angle  $\phi'$  ce qui permet de connaître la nouvelle puissance réactive de l'installation. La Puissance réactive de compensation est obtenue par différence. (Figure III.7) La méthode se poursuit par Le calcul de la capacité de chacun des trois condensateurs [33].

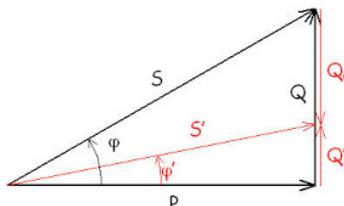


Figure III. 7: Triangle de puissance.

**III.8.5.2. Méthode Par calculs [23]**

La puissance réactive actuelle est donnée par :

$$Q_{ut} = P_{ut} \times \tan\varphi \quad \text{III- 10}$$

La puissance réactive souhaitée est donnée par :

$$Q' = P_{ut} \times \tan\varphi' \quad \text{III- 11}$$

La puissance réactive de compensation est donnée par la différence :

$$Q_c = Q_{ut} - Q' \quad \text{III- 12}$$

**III.8.5.3. Calcul des valeurs de capacités des condensateurs****III.8.5.3.1. En monophasé**

La valeur de la capacité en monophasé se calcule à partir de la relation suivante :

$$Q_c = C_{eq} \times \omega \times V^2 \quad \text{III- 13}$$

V : Tension (V) ;

W : Pulsation des tensions du réseau (rd/s) ;

$Q_c$ : Capacité équivalente du condensateur (F).

**III.8.5.3.2. En triphasé**

Dans ce cas il existe deux façons pour monter les condensateurs :

**a) Couplage triangle**

La puissance réactive fournie par l'ensemble des condensateurs est donnée par l'expression

Suivante :

$$Q_c(\Delta) = 3 \times C_{eq} \times \omega \times U^2 \quad \text{III- 14}$$

$$C_{eq} = \frac{m}{n} \times C \quad \text{III- 15}$$

Avec :

U : Tension composée (V) ;

W : Pulsation des tensions du réseau (rd/s) ;

C : Capacité du condensateur (F) ;

N : nombre de condensateurs connectés en série ;

M : nombre de condensateurs connectés en parallèle

**b) Couplage étoile**

La puissance réactive fournie par l'ensemble des condensateurs est donnée par la formule suivante :

$$Q_c(Y) = 3 \times C_{eq} \times w \times V^2 \quad \text{III- 16}$$

La relation entre  $C_{eq} (\Delta)$  et  $C_{eq} (Y)$  :

A partir de (III.16) on obtient  $3 \times C_{eq} = \frac{Q_c(\Delta)}{w \times U^2}$  III- 17

On sait que :  $V = \frac{U}{\sqrt{3}}$  III- 18

En remplaçant (III- 18) dans (III- 16), on obtient :

$$C_{eq} = \frac{Q_c(Y)}{w \times U^2} \quad \text{III- 19}$$

De (III- 17) et (III- 19) :

$$Q_c(Y) = 3 \times Q_c(\Delta) \quad \text{III- 20}$$

**III.8.6. Calcul de la puissance de compensation**

Nous avons opté pour une approche de compensation globale.

Au niveau de groupe électrogène on a :

$$\cos\varphi = 0.91 \quad \tan\varphi = 0.45$$

$$P_{ut}=213.01KW \quad Q_{ut} = 95.71KVAR$$

$\cos\varphi'$  Désiré est 0.97 ainsi  $\tan\varphi' = 0.25$

$$Q_c = P_{ut}(\tan\varphi - \tan\varphi')=213.01 (0.45-0.25) = 42.60KVAR$$

$$Q_{ut} = Q_c + Q' \longrightarrow Q' = Q_{ut} - Q_c = 95.71 - 42.60 = 53.11KVAR$$

$$C_{eq}(\Delta) = \frac{Q_c(\Delta)}{3 \times w \times U^2} \longrightarrow C_{eq}(\Delta) = \frac{42600}{400^2 \times 3 \times (2 \times 50 \times \pi)} = 282.50. \mu F$$

$$C_{eq}(\Delta) = 282.50\mu F$$

$$C_{eq}(Y) = 847.5\mu F$$

Les puissances réactives avant et après compensation et les valeurs des capacités des condensateurs pour le groupe électrogène sont données dans le tableau suivant :

	Avant Compensation			Après Compensation			
CHARGE	$Q_{ut}$ [KVAR]	$\cos\phi$	$Q_c$ [KVAR]	$Q'$ [KVAR]	$\cos\phi'$	$C_{eq}(\Delta)$ [ $\mu F$ ]	$C_{eq}(Y)$ [ $\mu F$ ]
Groupe Électrogène	95.71	0.91	42.60	53.11	0.97	282.50	847.5

**Tableau III.7:** Puissances réactives avant et après compensation.

### III.8.7. Protection des batteries de condensateurs

Le calibre de l'appareil de protection doit être déterminé sur la base d'un courant d'emploi réel

( $I_b$ ) majoré par le coefficient K :

K = 2 pour  $Q \leq 25$  kVAR ;

K = 1,8 pour  $25 < Q \leq 50$  kVAR ;

K = 1,7 pour  $50 < Q \leq 100$  kVAR ;

K = 1,5 pour  $Q > 100$  kVAR

$$I_b = \frac{Q \times 10^3}{U \times \sqrt{3}} \times K \quad \text{III-21}$$

$$I_b = \frac{42600}{400 \times \sqrt{3}} \times 1.8 = 110.67A$$

Avec :

Q : puissance réactive de la batterie de condensateurs (en kVAR) ;

U : tension nominale du réseau triphasé.

### III.8.8. Vérification du type de compensation

$Q_c$ [KVAR]	$S_n$ [KVA]	$Q_c/S_n$ %	Type de compensation
42.60	250	17.04	Compensation automatique

**Tableau III.8:** Type de compensation de l'énergie réactive.

D'après nos résultats, la compensation de l'installation s'effectue avec des condensateurs automatiques.

### **III.9. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons entrepris une analyse du bilan de puissance de l'installation électrique de notre usine dans le but de sélectionner le groupe électrogène le plus approprié. Pour ce faire, nous avons suivi plusieurs étapes, notamment la spécification des différentes formes de puissance telles que la puissance active, réactive et apparente de l'ensemble de l'installation. Nous avons constaté que le facteur de puissance moyen de l'installation est de 0.91. Pour cela nous procédons à l'amélioration de ce facteur en le relevant à 0.97.

***CHAPITRE IV***  
***DIMENSIONNEMENT ET***  
***CHOIX DES***  
***CANALISATIONS DE***  
***L'INSTALLATION***

### IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder le dimensionnement des équipements de notre installation électrique. Plus précisément, nous allons déterminer les sections des câbles de chaque récepteur en prenant en compte plusieurs facteurs tels que le mode de pose des canalisations, le type de câble, la nature de l'isolant et de l'âme des conducteurs, le regroupement des circuits et la température ambiante. Ce processus de dimensionnement est essentiel pour garantir le fonctionnement correct de l'ensemble du circuit électrique et pour satisfaire à toutes les contraintes de fonctionnement.

### IV.2. Condition générale

La section du câble doit répondre aux conditions techniques suivantes [23, 29] :

1- Le chauffage normal du noyau conducteur n'entraînera pas de dégradation des performances Composition de l'enveloppe d'isolation et de la gaine tout en transmettant la force Autorisée en régime permanent, cette condition doit être considérée :

- Construction du câble.
- Le mode et les conditions de pose qui limitent les échanges thermiques du câble avec l'environnement.
- La température du milieu ambiant (air ou terre).

2- Une perte de charge égale au plus à :

- Dans les limites réglementaires.
- soit la différence acceptable entre la tension disponible au départ et la tension requise à l'arrivée.

3- Bonne résistance aux surintensités à court terme causées par le courant de court-circuit, et De forts courants sont générées dans le blindage métallique du câble, provoquant Échauffement accru et risque accru de détérioration.

### VI.3. Détermination des sections des câbles en basse tension

#### VI. 3.1 Méthode de calcul

La détermination de la section d'un câble se fait selon les critères suivants :

- ✓ Calcul de la section technique ;
- ✓ Calcul de la section économique.

• Organigramme de la méthode

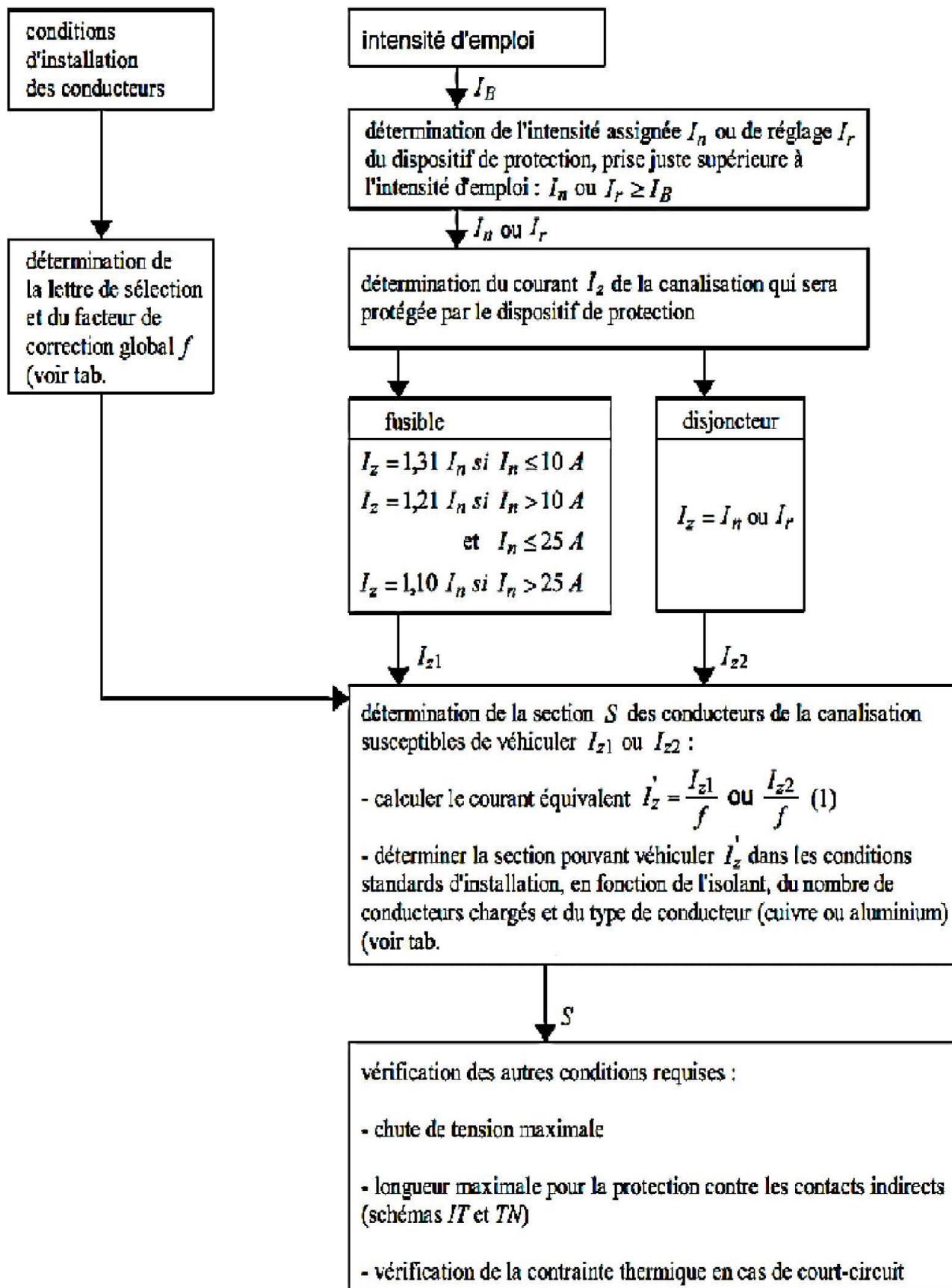


Figure IV-1 : logigramme de la détermination de la section d'une canalisation

#### IV.4. Câble électrique BT

Les lignes de distribution basse tension inférieure 1000v et supérieure 50v sont les lignes les plus courtes du réseau. Ils sont utilisés pour alimenter les habitations, les artisans et les très petites industries.

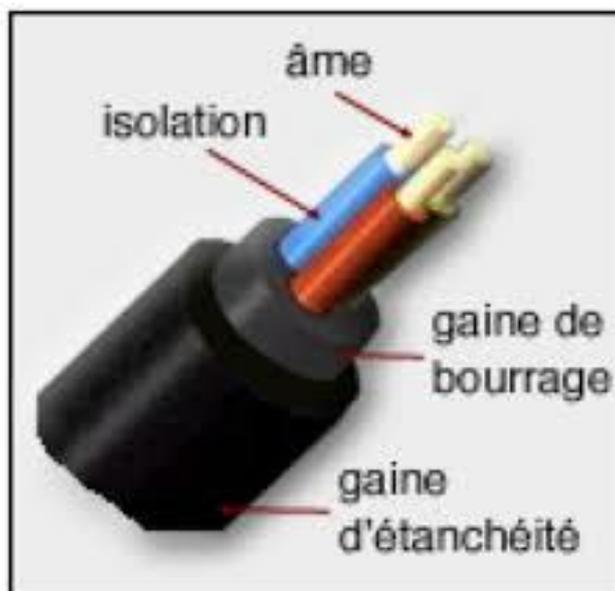


Figure IV-2 : Constitution d'un câble BT [3].

#### IV.5. Calcul de la section technique

La détermination de la section de l'âme d'un câble consiste à calculer la plus petite section Normalisée qui satisfait simultanément les trois conditions :

- **Echauffement normal**

La température à cœur en fonctionnement normal et continu ne doit pas dépasser La température maximale acceptable pour les matériaux composant le câble sélectionné. Cette condition détermine la partie que nous appellerons  $S_j$  en fonction du courant autorisé par le câble.

- **Surintensité due à un court-circuit**

A la fin d'une surintensité de courte durée due par exemple à un court-circuit, la température atteinte par l'âme ne doit pas dépasser la température dite de court-circuit permise par le matériau constituant le câble choisi. Cette condition détermine la partie  $S_{min}$ .

- **Chute de tension**

La chute de tension, provoquée par le passage du courant dans les conducteurs, doit être compatible avec les tensions existantes au départ et souhaitées à l'arrivée. Cette condition détermine une section  $S$  [23].

#### IV.5.1. Calcul de la section selon l'échauffement $S_j$

En fonction des conditions environnementales et les critères des conducteurs, des Facteurs de correction sont appliqués pour la détermination des courants admissibles des Canalisations. Les conditions dans lesquelles l'installation est dimensionnée sont les suivantes :

- Le mode de pose.
- Le type d'éléments conducteurs.
- L'influence mutuelle des autres circuits.
- La température ambiante.
- La nature de l'isolant.
- L'intensité nominale du courant d'emploi  $IB$ .

Le mode de pose dans notre cas c'est : câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits ou dans des conduits profils enterrés des Sélectionne par la lettre **D** du tableau n°2 de l'annexe 1. Le coefficient  $f$  s'obtient en multipliant les facteurs de correction  $f_2, f_3, f_8, f_9$  :

- ✚ Le facteur de correction  $f_2$  prend en compte l'influence des températures de sol différentes de 20°C (tableau N°3 de l'annexe).
- ✚ Le facteur de correction  $f_3$  prend en compte la résistivité thermique de sol (tableau N°4 de l'annexe).
- ✚ Le facteur de correction  $f_8$  prend en compte les conduits enterrés non jointifs disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de 3 câbles mono-conducteurs ou multiconducteur par conduit (tableau N°5 de l'annexe).
- ✚ Le facteur de correction  $f_9$  prend en compte le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré (tableau N°6 de l'annexe).

Le facteur de correction  $f_n$  (conducteur Neutre charge) (selon la norme NFC (15-100). Le facteur de correction dit de symétrie  $f_s$  (selon la norme NF C 15-100 et le Nombre de câbles en parallèle)  $f_s = 1$  pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la Symétrie.  $f_s = 0,8$  pour 2, 3 et 4 câbles par phase si sans-respect de la symétrie.

**Exemple Calcul du courant fictif pour le Départ principal (Câble C1) :**

On a:

$$I'_z = \frac{I_z}{K} \quad \text{IV- 1}$$

$I_z = I_b$  ou juste supérieure, dans notre étude  $I_z = I_b = 257.78 \text{ A}$

$$K = f_0 \times f_2 \times f_3 \times f_8 \times f_9 \times f_n \times f_s \quad \text{IV- 2}$$

$$K = 0.80 \times 0.96 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.84 \times 1 = 0.64$$

$$I'_z = \frac{I_z}{K} = \frac{257.78}{0.64} = 402.807 \text{ A}$$

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection D, dans la colonne PR3 (cuivre) du tableau n°07 de l'annexe, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 402.807 A, ce qui donne un courant admissible  $I_{ad} = 434 \text{ A}$  et une section  $S_j = 185 \text{ mm}^2$ .

**Exemple de calcul du courant fictif pour l'alimentation de l'Indicateur de Pente (PAPI 08)**

On a :  $I'_z = \frac{I_z}{K}$

$I_z = I_b$  ou juste supérieure, dans notre étude  $I_z = I_b = 7.21 \text{ A}$

$$K = f_0 \times f_2 \times f_3 \times f_8 \times f_9 \times f_n \times f_s$$

$$K = 0.80 \times 0.96 \times 1 \times 0.95 \times 0.25 \times 0.84 \times 1 = 0.15$$

$$I'_z = \frac{I_z}{K} = \frac{7.21}{0.15} = 48.066 \text{ A}$$

A partir du tableau n°07 de l'annexe, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 48.066 A, ce qui donne un courant admissible  $I_{ad} = 53 \text{ A}$  et une section  $S_j = 4 \text{ mm}^2$ .

**Exemple de calcul du fictif pour l'alimentation de l'Etablissement de Gestion des Services Aéroportuaires (EGSA) :**

On a :  $I'_z = \frac{I_z}{K}$

$I_z = I_b$  ou juste supérieure, dans notre étude  $I_z = I_b = 18.38 \text{ A}$

$$K = f_0 \times f_2 \times f_3 \times f_8 \times f_9 \times f_n \times f_s$$

$$K = 0.80 \times 0.96 \times 1 \times 0.95 \times 0.41 \times 0.84 \times 1 = 0.25$$

$$I'_z = \frac{I_z}{K} = \frac{18.38}{0.25} = 73.52 \text{ A}$$

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection D, dans la colonne PR3 (cuivre) du tableau n°07 de l'annexe, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 73.52A, ce qui donne un courant admissible  $I_{ad} = 87 \text{ A}$  et une section  $S_j = 10 \text{ mm}^2$ .

Connaissant le courant fictif  $I'_z$  et le coefficient global de correction K nous allons directement déduire la section des câbles (S) d'après *Tableau N°7* des annexes.

Le calcul des autres courants fictifs, ainsi que le choix des courants admissibles et des sections de chaque composant de l'installation, sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Récepteur	Courant d'emploi $I_z$	K	Courant Fictif $I'_z$ [A]	Nature de câble	Courant admissible $I_{ad}$ [A]	$S_J$ [mm <sup>2</sup> ]
<i>ENNA</i>						
<i>Départ n°01</i>						
Indicateur de Pente (PAPI08)	7.21	0.15	48.06	Cuivre PR	53	4
Indicateur de Pente (PAPI26)	7.21	0.15	48.06	Cuivre PR	53	4
Taxi way	21.65	0.15	144.33	Cuivre PR	174	35
Balilage C1	14.433	0.15	96.22	Cuivre PR	113	16
Balilage C2	14.433	0.15	96.22	Cuivre PR	113	16
Service de Sauvetage et de lutte contre l'incendie (SSLI)	14.27	0.15	95.13	Cuivre PR	113	16
Localisateur	15.85	0.15	105.66	Cuivre PR	113	16
Trajectoire d'approche (GP)	15.85	0.15	105.66	Cuivre PR	113	16
Balise Non Directionnelle (NDB)	25.37	0.15	169.13	Cuivre PR	174	35
Alignement Omnidirectionnel (VOR)	31.71	0.15	211.4	Cuivre PR	254	70
Parking avion	14.433	0.15	96.22	Cuivre PR	113	16
Bloc technique	25.98	0.15	173.2	Cuivre PR	174	35
climatisation	47.57	0.15	317.13	Cuivre PR	343	120
<b>Total Départ n°01</b>	153.57	0.15	1023.84	Cuivre PR	(4× 301)	3(4× 95)

Récepteur	Courant d'emploi $I_z$	K	Courant Fictif $I_{z'} [A]$	Nature de câble	Courant admissible $I_{ad} [A]$	$S_J [mm^2]$
<i>Départ n°02</i>						
Etablissement de Gestion des Services Aéroportuaires (EGSA1)	18.38	0.25	73.52	Cuivre PR	87	10
EGSA2	24.075	0.25	76.3	Cuivre PR	87	10
EGSA3	15.857	0.25	63.42	Cuivre PR	66	6
Naftal	13.289	0.25	53.156	Cuivre PR	87	10
Salon H	15.857	0.25	63.42	Cuivre PR	66	6
Météo	7.9275	0.25	21.71	Cuivre PR	31	1.5
<b>Total Départ n°02</b>	<b>66.76</b>	<b>0.25</b>	<b>267.04</b>	<b>Cuivre PR</b>	<b>301</b>	<b>95</b>
<b>Depart Principal (câbles C1)</b>	<b>257.78</b>	<b>0.64</b>	<b>402.78</b>	<b>Cuivre PR</b>	<b>434</b>	<b>185</b>

**Tableau IV-1** : Résultats de calcul de la section selon l'échauffement

**IV.5.2. Calcul des courants de court-circuit par la méthode des impédances**

La méthode des impédances permet de calculer l'impédance équivalente en totalisant les résistances et les réactances des boucles de défaut depuis la source jusqu'au point considéré. En utilisant la loi d'Ohm, on peut déduire les différents courants de court-circuit et de défaut. Cette méthode est applicable lorsque toutes les caractéristiques des éléments constituant les boucles de défaut sont connues.

Les formules suivantes sont utilisées pour calculer les différents courants de court-circuit et de défaut :

$$I_{CC} = \frac{C * m * V}{\sqrt{3} * Z_{CC}} \text{ (kA)} \tag{IV-3}$$

$$Z_{CC} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n R_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2} \tag{IV-4}$$

La méthode consiste à décomposer le réseau de notre installation en tronçons et à calculer, pour chacun des tronçons R, X, puis les additionner arithmétiquement :

<b>Réseau amont</b>		<b>Ra : Résistance amont</b> <b>Xa : Réactance amont</b> <b>S<sub>cc</sub> : puissance en amont</b> <b>500 MVA</b>
<b>Transformateur</b>		Rt : Résistance du transformateur Xt : Réactance du transformateur 250kVA/400V U <sub>cc</sub> = 4%
<b>Liaison transformateur disjoncteur</b>		Rc : Résistance du câble Xc : Réactance du câble
<b>Disjoncteur principal</b>		Rd : Résistance du disjoncteur Xd : Réactance du disjoncteur
<b>Jeu de barres</b>		Rjdb : Résistance du Jeu de barres Xjdb : Réactance du Jeu de barres
<b>Disjoncteur</b>		Disjoncteur
<b>Départ 01</b>		R : Résistance du départ X : Réactance du départ
<b>Liaison jeu de barre</b>		Rc : Résistance du câble Xc : Réactance du câble
<b>Jeu de barres</b>		Rjdb : Résistance du Jeu de barres Xjdb : Réactance du Jeu de barres
<b>Disjoncteur</b>		Disjoncteur
<b>Départ papi 08</b>		R : Résistance du départ X : Réactance du départ

Exemple de calcul pour certains circuits :

Méthode de calcul :

Partie de l'installation	Valeur a considéré résistance	Réactances
<b>Réseau amont</b>	$R1=0.1 \times Q$	$X1=0.995 \times Z_a$ $Z_a = \frac{(m \times U_0)^2}{S_{cc}}$
<b>Transformateur</b>	$R_t = \frac{w_c \times U^2}{S^2} \times 10^{-3}$ Wc = pertes cuivre (W) <sup>2</sup> S= puissance apparente du transformateur (KVA)	$X_t = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_2^2}$ $Z_{tr} = \frac{U_{cc}}{100} \times \frac{U^2}{S}$ Ucc= tension de court-circuit
<b>Liaison</b>		
<b>En câbles</b>	$R_{c1} = \rho \times \frac{L}{S}$ $\rho = 0.0225(\text{Cu})$ L en m S en mm <sup>2</sup>	$X_{c1} = 0.09 \times L(\text{câble uni espacé})$ $X_{c1} = 0.09 \times L(\text{câble uni jointif})$
<b>En barres</b>	$R_{c1} = \rho \times \frac{L}{S}$ $\rho = 0.0225(\text{Cu})$ L en m S en mm <sup>2</sup>	$X_{c1} = 0.15 \times L$ L en m
<b>Disjoncteur</b>		
<b>Rapide</b>	R4 négligeable	X4 négligeable
<b>Sélectif</b>	R4 négligeable	X4 négligeable

- Réseau amont :

$S_{cc}$  : En générale 500000000 VA

$U_0$  :400V

$Z_a$ :Impédance amont du transformateur ramenée au secondaire

Resistance:

$$R1=0.1 \times Q$$

$$R1 = \frac{(1.05 \times 400)^2}{500000000} \times 0.1$$

$$R1=0.035 \text{ m}\Omega$$

Réactance :

IV- 5

$$Z_a = \frac{(m \times U_0)^2}{S_{cc}} = 0.3528 \text{ m}\Omega$$

$$X1 = 0.995 \times Z_a = 0.3510 \text{ m}\Omega$$

- **Transformateur :**

**Resistance :**

$$R_t = \frac{w_c \times U^2}{S^2} \times 10^{-3} = \frac{3250 \times 420^2}{250^2} \quad \text{IV-6}$$

$$R_t = 9.17 \text{ m}\Omega$$

**Réactance :**

$$Z_{tr} = \frac{U_{cc}}{100} \times \frac{U^2}{S} = \frac{4}{100} \times \frac{420^2}{250} \quad \text{IV-7}$$

$$Z_{tr} = 28.221 \text{ m}\Omega$$

$$X_t = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_t^2} = \sqrt{28.224^2 - 9.17^2} \quad \text{IV-8}$$

$$X_t = 26.69 \text{ m}\Omega$$

**Court-circuit:**

$$I_{cc} = \frac{C * m * V}{\sqrt{3} * Z_{cc}} \text{ (kA)} = \frac{1.05 * 1.05 * 400}{\sqrt{3} * 0.028221} = 9021 \text{ A}$$

- **Liaison transformateur disjoncteur :**

**Resistance :**

$$R_{c1} = \rho \times \frac{L}{S} = 0.0225 \times \frac{6}{185} \quad \text{IV-9}$$

$$R_{c1} = 0,72 \text{ m}\Omega$$

**Réactance :**

$$X_{c1} = 0.09 \times L = 0.09 \times 6 \quad \text{IV-10}$$

$$X_{c1} = 0.54 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{c1} = \sqrt{R_{c1}^2 + X_{c1}^2} = \sqrt{0.00072^2 + 0.00054^2} = 0.0009 \Omega$$

- **Disjoncteur :**

La résistance est négligeable  $R4=0$

La réactance est négligeable  $X4=0$

Les résultats de calcul des courants de court-circuit, résistances et impédances dans les différents circuits terminaux sont Représentés dans le tableau suivant :

Eléments	L [m]	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]	Z [ $\Omega$ ]	Z <sub>tot</sub> [ $\Omega$ ]	I <sub>cc</sub> [KA]
<b>Réseau amont</b>	/	0.000035	0.0003510	0,00035128	0,00035128	/
<b>Transformateur</b>	/	0.00917	0,02669	0,02822136	0,02857264	8.911
<b>Câble C1</b>	6	0.00072	0,00054	0.0009	0,02947264	8.638
<b>Câble C13</b>	3	$3.5 \times 10^{-4}$	$2.4 \times 10^{-4}$	0,000424	0,02989664	8.516
<b>PAPI08</b>	68	0.38	$5.44 \times 10^{-3}$	0,38000039	0,40989703	0.621
<b>PAPI26</b>	77	0.43	$6.16 \times 10^{-3}$	0,43004412	0,45994076	0.553
<b>Taxi way</b>	80	0.051	$6.4 \times 10^{-3}$	0,0514	0,08129664	3.131
<b>Balilage C1</b>	75	0.1054	$6 \times 10^{-3}$	0,105570639	0,13547279	1.879
<b>Balilage C2</b>	80	0.1125	$6.4 \times 10^{-3}$	0,112681897	0,142578537	1.785
<b>SSLI</b>	50	0.070	$4 \times 10^{-3}$	0,070114192	0,100010832	2.545
<b>Localisateur</b>	150	0.3375	$12 \times 10^{-3}$	0,33771327	0,36760991	0.692
<b>GP</b>	100	0.1406	$8 \times 10^{-3}$	0,14082741	0,17072405	1.491
<b>NDB</b>	104	0.066	$8.32 \times 10^{-3}$	0,06652235	0,09641899	2.640
<b>VOR</b>	106	0.0340	$8.48 \times 10^{-3}$	0,035041552	0,064938192	3.920
<b>Parking avion</b>	150	0.210	$12 \times 10^{-3}$	0,210342577	0,240239217	1.059
<b>Bloc technique</b>	60	0.03857	$4.8 \times 10^{-3}$	0,03886753	0,06876417	3.702
<b>climatisation</b>	60	0.01125	$4.8 \times 10^{-3}$	0,01223121	0,04212785	6.043
<b>Câble C5</b>	3	0.00071	$2.4 \times 10^{-4}$	0,00074947	0,03022211	8.424
<b>EGSA1</b>	150	0.3375	$12 \times 10^{-3}$	0,03581986	0,06604197	3.855
<b>EGSA2</b>	150	0.3375	$12 \times 10^{-3}$	0,03581986	0,06604197	3.855
<b>EGSA3</b>	150	0.5625	$12 \times 10^{-3}$	0,56262799	0,5928501	0.429

<b>Naftal</b>	30	0.0675	$2.4 \times 10^{-3}$	0,06754265	0,09776476	2.604
<b>Salon H</b>	70	0.2625	$5.6 \times 10^{-3}$	0,26255973	0,29581941	0.860
<b>Météo</b>	30	0.45	$2.4 \times 10^{-3}$	0,45000006	0,48022217	0.530

**Tableau IV-2** : Résultat de calcul des courants de court-circuit

#### IV.5.2.1. Vérification des sections calculées selon la surcharge due au court-circuit

Il est d'une importance capitale de garantir que l'énergie dissipée par le câble pendant le délai de réponse du dispositif de protection reste dans des limites sécuritaires. La contrainte thermique joue ici un rôle essentiel, car il est primordial de ne pas la dépasser afin d'éviter tout dommage potentiel au câble.

Lorsqu'un courant de court-circuit traverse les conducteurs d'une canalisation pendant une durée très courte (jusqu'à cinq secondes), l'échauffement est considéré comme adiabatique. Cela signifie que l'énergie accumulée reste au niveau du métal conducteur et n'est pas transférée à l'isolant. Par conséquent, il est important de vérifier que la contrainte thermique due au court-circuit reste inférieure à la limite thermique admissible du conducteur. [30]:

$$\text{Contrainte thermique} > I_{CC}^2 \times t_c$$

Avec :

$I_{CC}^2$ : courant de court-circuit en A ;

$t_c$ : temps de coupure du dispositif de protection en seconde, pour notre étude  $t_c=0,2s$  ;

Contrainte thermique : donnée par la formule :  $S^2 \times K^2$

S : section des conducteurs en  $mm^2$  ;

La valeur de k dépend du matériau de l'âme et de la nature de l'isolant (tableau N°9 de l'annexe).

Nous pouvons vérifier les sections à l'aide des résultants de calcul tableau IV-3.

**Exemple :**

**Exemple de calcul (trajectoire d'approche GP) :**

$$S > \frac{I_{cc} \times \sqrt{0.2}}{K}$$

IV- 11

$$\frac{1490 \times \sqrt{0.2}}{143} = 4.659 < 16$$

Elément	K	$I_{cc}[KA]$	$\frac{I_{cc} \times \sqrt{t_c}}{K}$	$S_j$	$S_{cc}$
<b>Câble C1</b>	143	8.638	27.01	185	185
<b>Câble C13</b>	143	8.516	26.63	3(4×95)	3(4×95)
<b>PAPI08</b>	143	0.621	1.942	4	4
<b>PAPI26</b>	143	0.553	1.729	4	4
<b>Taxi way</b>	143	3.131	9.791	35	35
<b>Balisage C1</b>	143	1.879	5.876	16	16
<b>Balisage C2</b>	143	1.785	5.582	16	16
<b>SSLI</b>	143	2.545	7.959	16	16
<b>Localisateur</b>	143	0.692	2.164	16	16
<b>GP</b>	143	1.491	4.662	16	16
<b>NDB</b>	143	2.640	8.256	35	35
<b>VOR</b>	143	3.920	12.25	70	70
<b>Parking avion</b>	143	1.059	3.311	16	16
<b>Bloc technique</b>	143	3.702	11.577	35	35
<b>climatisation</b>	143	6.043	18.89	120	120
<b>Câble C5</b>	143	8.424	26.34	95	95
<b>EGSA1</b>	143	3.855	12.05	10	16
<b>EGSA2</b>	143	3.855	12.05	10	16
<b>EGSA3</b>	143	0.429	1.341	6	6
<b>Naftal</b>	143	2.604	8.143	10	10
<b>Salon H</b>	143	0.860	2.689	6	6
<b>Météo</b>	143	0.530	1.657	1.5	4

Tableau IV-3 : Vérification des sections calculées selon la surcharge due au court-circuit

### IV.5.3. Calcul de la section Sz selon la chute de tension

La chute de tension sur une canalisation est calculée par les formules ci-dessous :

Circuit	Chute de tension ( $\Delta U$ )	
	En volt	En %
Monophasé : deux phases	$\Delta U = 2I_b(R \cos\varphi + X \sin\varphi)L$	$\frac{100\Delta U}{U_n}$
Monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2I_b(R \cos\varphi + X \sin\varphi)L$	$\frac{100\Delta U}{V_n}$
Triphasé : trois phase (avec ou sans neutre)	$\Delta U = \sqrt{3}I_b(R \cos\varphi + X \sin\varphi)L$	$\frac{100\Delta U}{U_n}$

**Tableau IV-4 :** Formules de calcul de la chute de tension [22]

Pour notre étude on utilise la formule pour une alimentation 3 phases :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_b \times L \times (R \times \cos\varphi + X \sin\varphi) \rightarrow \Delta U = \sqrt{3} \times I_b \left( \frac{\rho \times L}{S} \times \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi \right) \quad \text{IV-12}$$

$I_b$  : courant d'emploi en ampère.

$\rho$  : Résistivité du conducteur en service normal,  $\rho = 0,0225 \text{ mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre.

$L$  : longueur du câble en m.

$S$  : section des conducteurs en  $\text{mm}^2$ .

$\lambda$  : Réactance linéique des conducteurs,  $\lambda = 0,08 \times 10^{-3} / \text{m}$  pour les câbles tripolaires.

**Exemple de calcul (PAPI 08) :**

$$\text{On a : } U = 400V \quad I_a = 7.21A \quad \cos\varphi = 1 \quad \sin\varphi = 0 \quad L = 68 \text{ m}$$

$$S_j = 4 \text{ mm}^2$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 7.21 \left( \frac{0.0225 \times 68}{4} \times 1 + 0.08 \times 10^{-3} \times 68 \times 0 \right)$$

$$\Delta U = 4.77V$$

$$\text{En pourcentage on aura : } \frac{\Delta U}{U} \times 100 \rightarrow \frac{4.77}{400} \times 100 = 1.1926\% \quad \text{IV-13}$$

La chute de tension calculée est inférieure à la chute de tension admissible (8%) indiquée dans le tableau ci-dessous, donc la section de notre câble est convenable :  $S_z = 4 \text{ mm}^2$

Type d'installations	Eclairage	Autres usages (Forces motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé MT/BT	6%	8%

Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, ces chutes de tension peuvent être augmentées de 0.005 % par mètre de canalisation au-delà 100 m sans toutefois que ce supplément soit supérieur à 0.5 %

**Tableau VI-5** : chutes de tension admissibles dans les réseaux BT [22]

Les résultats de calcul des autres paramètres sont représentés dans le tableau suivant :

Récepteur	Courant d'emploi $I_a$ [A]	Cosφ	L [m]	R [Ω]	X [Ω]	ΔU [V]	ΔU %	$S_f$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_z$ [mm <sup>2</sup> ]
ENNA									
<i>Départ n°01</i>									
Indicateur de Pente (PAPI08)	7.21	1	68	0.38	$5.44 \times 10^{-3}$	3.79	0.94	4	4
Indicateur de Pente (PAPI26)	7.21	1	77	0.43	$6.16 \times 10^{-3}$	4.29	1.07	4	4
Taxi way	21.65	1	80	0.051	$6.4 \times 10^{-3}$	1.52	0.38	25	25
Balisage C1	14.433	1	75	0.1054	$6 \times 10^{-3}$	2.10	0.52	10	10
Balisage C2	14.433	1	80	0.1125	$6.4 \times 10^{-3}$	2.24	0.56	10	10
Service de Sauvetage et de lutte contre l'incendie (SSLI)	14.27	0.8	50	0.070	$4 \times 10^{-3}$	1.44	0.36	10	10

Localisateur	15.85	0.8	150	0.3375	$12 \times 10^{-3}$	7.6099	1.90	16	16
Trajectoire d'approche (GP)	15.85	0.8	100	0.1406	$8 \times 10^{-3}$	3.2257	0.80	16	16
Balise Non Directionnelle (NDB)	25.37	0.8	104	0.066	$8.32 \times 10^{-3}$	2.5395	0.63	35	35
Alignment Omnidirectionne I (VOR)	31.71	0.8	106	0.0340	$8.48 \times 10^{-3}$	1.7733	0.44	50	50
Parking avion	14.433	1	150	0.210	$12 \times 10^{-3}$	4.37	1.09	10	10
Bloc technique	25.98	1	60	0.03857	$4.8 \times 10^{-3}$	1.51	0.37	35	35
climatisation	47.57	0.8	60	0.01125	$4.8 \times 10^{-3}$	0.97	0.24	95	95
Cable C13	153.58	0.8	3	0.00035	$2.4 \times 10^{-4}$	0.074	0.18	3(4× 95)	3(4×95)
<i>Départ n°02</i>									
Etablissement de Gestion des Services Aéroportuaires (EGSA1)	18.38	0.8	150	0.3375	$12 \times 10^{-3}$	8.824	2.20	16	16
EGSA2	24.075	0.8	150	0.3375	$12 \times 10^{-3}$	11.55	2.88	16	16
EGSA3	15.857	0.8	150	0.5625	$12 \times 10^{-3}$	12.5570	3.13	6	6
Naftal	13.289	0.8	30	0.0675	$2.4 \times 10^{-3}$	1.2760	0.319	10	10
Salon H	15.857	0.8	70	0.2625	$5.6 \times 10^{-3}$	5.862	1.46	6	6
Météo	7.9275	0.8	30	0.45	$2.4 \times 10^{-3}$	4.96	1.24	4	4
Cable C5	66.76	0.8	3	0.00071	$2.4 \times 10^{-4}$	0.082	0.02	95	95
Depart principal(C1)	257.78	0.8	6	0.00072	$4.8 \times 10^{-4}$	0.3857	0.09	185	185

**Tableau IV-6 : Vérification des sections par rapport aux chutes de tensions**

**Remarque :**

Les calculs effectués dans le tableau indiquent que les chutes de tension calculées sont inférieures à la chute de tension admissible. Cela signifie que les sections précédemment calculées sont appropriées.

**VI.6. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons effectué le calcul de la section des câbles en fonction de trois conditions : l'échauffement, la surintensité due à un court-circuit et la chute de tension. Nous avons ensuite procédé à ces calculs et effectué les choix appropriés en conséquence.

---

# *Conclusion générale*

---

### **Conclusion générale**

Dans ce travail de fin d'étude, nous avons réalisé une étude technique de l'installation électrique proposée, ainsi que de dimensionner le groupe électrogène et les différents équipements nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de cette installation. Dans cette optique, nous avons commencé par décrire les règles de conception d'une installation électrique et élaboré un bilan de puissance pour sélectionner et dimensionner un groupe électrogène de 250 KVA qui répondrait aux besoins énergétiques de l'installation.

Au cours de notre étude, nous avons constaté que la consommation de la puissance réactive pouvait causer une chute de tension, augmenter les pertes de puissance et par conséquent, augmenter les coûts de consommation. Pour remédier à cet effet, nous avons décidé d'installer un système de compensation de puissance électrique, en prenant en compte les différentes contraintes rencontrées dans le réseau. Nous avons également procédé à une étude détaillée des caractéristiques des différentes parties de l'installation pour déterminer les sections des câbles, les chutes de tension et les courants de court-circuit au niveau des différents tronçons de l'installation.

En somme, ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances techniques dans le domaine de l'installation électrique et de comprendre les différentes démarches à suivre pour réaliser une installation électrique adaptée aux besoins d'une usine. Nous espérons que notre travail pourra servir de base de départ pour notre vie professionnelle et être bénéfique aux promotions à venir.

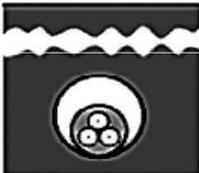
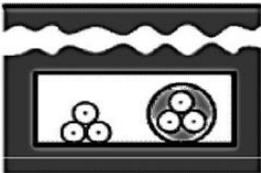
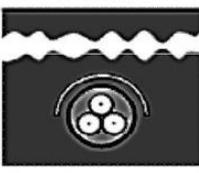
## *ANNEXE*

# *Paramètres normalisés des installations*

**Tableau N°1 : Puissances apparentes normalisées des groupes électrogènes triphasés et intensités nominales correspondantes.**

Puissance apparente kVA	In (A)	
	230 V	400 V
100	244	141
160	390	225
250	609	352
315	767	444
400	974	563
500	1218	704
630	1535	887
800	1949	1127
1000	2436	1408
1250	3045	1760
1600	3898	2253
2000	4872	2816
2500	6090	3520
3150	7673	4436

**Tableau N°2 : Valeurs du facteur de correction  $f_0$  lié aux principaux modes de pose**

Exemple	Description	N°	Lettre de sélection	Facteurs de correction à appliquer				
				$f_0$				
	Câbles mono ou multi-conducteurs dans des conduits ou dans des conduits profilés enterrés	61	D	0,8	$f_2$	$f_3$	$f_8$	$f_9$
								
	Câbles mono ou multi-conducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire	62	D	1	$f_2$	$f_3$	$f_{10}$	-
	Câbles mono ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire	63	D	1	$f_2$	$f_3$	$f_{10}$	-

**Tableau N°3 : facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20 °C (canalisations enterrées)**

Températures du sol $\theta_0$ (°C)	Isolation	
	PVC $\theta_p = 70$ °C	PR et EPR $\theta_p = 90$ °C
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

**Tableau N°4 : Facteurs de correction pour les canalisations enterrées, en fonction de la résistivité thermique du sol**

Résistivité du sol (K.m/W)	Humidité	Nature du terrain			Ensemble de trois câbles unipolaires	Câbles tripolaires		
0,5	Terrain très humide	Sable			1,25	1,20		
0,7	Terrain humide				Argile et Calcaire		1,14	1,10
0,85	Terrain dit normal						1,06	1,05
1	Terrain sec		Cendres et Mâchefer		1,00	1,00		
1,2	Terrain très sec				0,93	0,95		
1,5					0,85	0,88		
2			0,75	0,79				
2,5					0,68	0,72		
3					0,62	0,68		

**Tableau N°5 : Facteurs de correction pour conduits enterrés non jointifs disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de 3 câbles mono-conducteurs par conduit**

Nombre de conduits	Distance entre conduits (a)		
	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,93	0,95	0,97
3	0,87	0,91	0,95
4	0,84	0,89	0,94
5	0,81	0,87	0,93
6	0,79	0,86	0,93

**Tableau N°6 : Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré**

Disposition de circuits ou de câbles jointifs	Facteurs de correction											
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Posés dans un conduit enterré	1	0,71	0,53	0,5	0,45	0,41	0,33	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

**Tableau N°7 :** courants admissibles (en ampère) par les canalisations dans les conditions standards d'installation ( $f_0$  à  $f_{10} = 1$ ) pour la lettre de sélection D (canalisations enterrées)

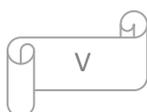
Lettre de sélection <i>D</i>	Isolant et nombre de conducteurs chargés			
	PVC 3	PVC 2	PR 3	PR 2
Section (mm <sup>2</sup> ) <i>Cuivre</i>				
1,5	26	32	31	37
2,5	34	42	41	48
4	44	54	53	63
6	56	67	66	80
10	74	90	87	104
16	96	116	113	136
25	123	148	144	173
35	147	178	174	208
50	174	211	206	247
70	216	261	254	304
95	256	308	301	360
120	290	351	343	410
150	328	397	387	463
185	367	445	434	518
240	424	514	501	598
300	480	581	565	677
Section (mm <sup>2</sup> ) <i>Aluminium</i>				
10	57	68	67	80
16	74	88	87	104
25	94	114	111	133
35	114	137	134	160
50	134	161	160	188
70	167	200	197	233
95	197	237	234	275
120	224	270	266	314
150	254	304	300	359
185	285	343	337	398
240	328	396	388	458
300	371	447	440	520

**Tableau N°8 : caractéristiques électriques des Transformateurs immergés dans un diélectrique liquide**

Puissance (kVA)	Pv (W)	Pc (W)	Ucc (%)	Courant assigné secondaire	Courant de court-circuit triphasé BT*	Chute de tension à pleine charge		Rendement (%)				Puissance acoustique dB (A)
						cos φ = 0,8	cos φ = 1	Charge = 75%		Charge = 100%		
								cos φ = 0,8	cos φ = 1	cos φ = 0,8	cos φ = 1	
A (version 420 V)	kA (version 420 V)											
50	90 (A0)	1 100 (Ck)	4	69	1,7	3,77	2,25	97,69	98,15	97,11	97,68	39
100	145 (A0)	1 750 (Ck)	4	137	3,4	3,57	1,81	98,15	98,52	97,69	98,14	41
160	210 (A0)	2 350 (Ck)	4	220	5,5	3,43	1,54	98,43	98,74	98,04	98,43	44
250	300 (A0)	3 250 (Ck)	4	344	8,5	3,33	1,37	98,60	98,88	98,26	98,60	47
315	360 (A0)	3 900 (Ck)	4	433	10,7	3,30	1,31	98,67	98,93	98,34	98,67	49
400	430 (A0)	4 600 (Ck)	4	550	13,5	3,25	1,22	98,76	99,00	98,45	98,76	50
500	510 (A0)	5 500 (Ck)	4	687	16,8	3,22	1,17	98,81	99,05	98,52	98,81	51
630	600 (A0)	6 500 (Ck)	4	866	21,0	3,17	1,11	98,89	99,11	98,61	98,89	52
800	650 (A0)	8 400 (Ck)	6	1 100	17,9	4,46	1,22	98,89	99,11	98,61	98,88	53
1 000	770 (A0)	10 500 (Ck)	6	1 375	22,2	4,46	1,22	98,90	99,12	98,61	98,89	55
1 250	950 (A0)	11 000 (Bk)	6	1 718	27,5	4,35	1,05	99,06	99,24	98,82	99,05	56
1 600	1 200 (A0)	14 000 (Bk)	6	2 199	34,8	4,35	1,05	99,06	99,25	98,83	99,06	58
2 000	1 450 (A0)	18 000 (Bk)	6	2 749	43,0	4,36	1,07	99,04	99,23	98,80	99,04	60
2 500	1 750 (A0)	22 000 (Bk)	6	3 437	52,9	4,35	1,05	99,07	99,25	98,83	99,06	63

**Tableau N° 9 : Valeurs du coefficient K.**

	Isolants			
	PVC PE		PR EPR	
<b>Conducteurs actifs</b>				
- en cuivre	115		143	
- en aluminium	74		94	
<b>Conducteurs de protection</b>	a	b	a	b
- en cuivre	143	115	176	143
- en aluminium	95	75	116	94
- en acier	52	—	64	—
a conducteurs de protection non incorporés aux câbles				
b conducteurs de protection incorporés aux câbles				



---

# *BIBLIOGRAPHIE*

---

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] SIEMENS, « Power Engineering Guide - Transmission and Distribution » 4th Edition, 2005.
- [2] J.M. DELBARRE, « Postes à HT et THT - Rôle et Structure », Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique, D 4570, 2004.
- [3] Groupe Sonelgaz, XD « Guide Technique de Distribution », Document technique de Groupe SONELGAZ, 1984.
- [4] Schneider Electric, « Architecteur de Réseau de Distribution », 2007
- Ph. CARRIVE, « Réseaux de Distribution - Structure et Planification », Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique D 4210, 2006.
- [5] Mémoire Master II Électrotechnique Option : Commande des Systèmes Électriques /Réseaux Électriques « Fonctionnement et protection du réseau électrique moyenne tension de CEVITAL » ,2017. Présenté par M. DJAMA Malek, M. YUCEF KHODJA Lyes. Université de Bejaia.
- [6] G. VALENTIN and J-C TURPAIN « Réseau moyenne tension » Techniques de l'Ingénieur- traité Génie électrique D 4 600 2017.
- [7] P. FONTI « Paramétrage et réglage d'un relais de protection micom » p142 du départ 30kv hta ssempacs issu du poste source th oued-aissi. Schneider Electric Cahier technique n°194-2017.
- [8] Technique d'ingénieur « Protection des réseaux moyenne tension de distribution publique » d4018.
- [9] Mémoire de Master 2 Filière : Électrotechnique Option : Réseau électrique « Etude du système de protection du réseau de distribution de la ville de Bejaia cas
- [10] Mémoire de Master 2 Filière : Électrotechnique Option : Réseau électrique « Etude et analyse de la sélectivité moyenne tension du complexe CEVITAL » 2016. Présenté par : OUADI Rahim, BOUNAB Nabil, Université de Bejaia.
- [11] M. LAMI « Protection et Surveillance des Réseaux de Transport d'Énergie Électrique » Volume 2 Electricité de France (EDF) février 2003.
- [12] NAHIDI Hassan « Guide de protection des réseaux industriels » Livre 12-28-2011

- [13] Michel LAMI « Protection et surveillance des réseaux de transport d'énergie électrique » livre 01/février /2003.
- [14] texte réglementation et norme-Elemac (<https://elemac.fr> > pdf> livret\_classeur) « 1re Partie : TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET NORMES, Normalisation » INRS ED 1522- 1995.
- [15] UNIVERSITE D'RTOIS, Département Génie Civil – Enseignement du S3, « ET3-RESEAUX : Présentation et dimensionnement des installations courants forts (CFO) et courants faibles (CFA) » Organismes de normalisations et normes internationales et décret et normes en France PDF.
- [16] T. Hazel, " Génération électrique intégrée aux sites industriels et bâtiments commerciaux" Cahier technique Schneider N° 196.
- [17] B. Colin, "Groupes électrogènes de secours", Techniques de l'ingénieur, 2008.
- [18] B. Tounsi, "Etude comparative des groupes électrogènes embarqués à large gamme de vitesse variable associant machines à aimants permanent et convertisseur statique", Thèse de Doctorat à l'institut polytechnique de Toulouse, 2007.
- [19] Messaoud DJELLOUT , Brahim DJAROUM(Conception et réalisation d'un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène à base d'une carte Arduino ,2018 )
- [20] M. Desbazeille, "Diagnostic de groupes électrogènes diesel par analyse de vitesse de vilebrequin", Thèse de Doctorat à l'université de Jean Monnet, 2011.
- [21] B. AZZOUG, Projet de fin d'études, Master II « Étude et redimensionnement des systèmes de protection des personnes et des matériels de L'unité CEVITAL », 2003.
- [22] Schneider Electric, « Guide de l'installation électrique », 2010
- [23] H. ABBAS, S. AIT MOKHTAR, « Etude et dimensionnement électrique de la raffinerie Sucre liquide Cevital », mémoire de master, université de Bejaia (2016).
- [24][http://ww2.acpoitiers.fr/electrotechnique/sites/electrotechnique/IMG/doc/Compensation\\_d\\_energie\\_reactive.doc](http://ww2.acpoitiers.fr/electrotechnique/sites/electrotechnique/IMG/doc/Compensation_d_energie_reactive.doc) viisite le 26/09/2021.
- [25] Manuel d'aérodrome aéroport de Bejaia Soummam abane ramadan, 2005.
- [26] Manuel de l'établissement national de la navigation aérienne,2005.
- [27] Manuel d'utilisation du VOR ,2005.
- [28] Manuel d'utilisation des ILS,2005.
- [29] W. THEODORE, S. GILBERT, « Electrotechnique », 4e édition, de doeck (2005).

[30] C. PRÉVÉ, R. JEANNOT, « Guide de conception des réseaux électriques industriels », Schneider Electric (Février 1997).