

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE
SPECIALITE : ELECTROMECHANIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue d'obtention du diplôme Master en
Electromécanique

Thème

Etude et dimensionnement électrique de la raffinerie
Sucre Roux au sein de l'entreprise CEVITAL

Présenté par:

OUARTI Lamine et KENDIRA Amine

Encadreur : **Y. IMAOUCHEN**

Encadreur (CEVITAL) : **S. AMIR**

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciement

Louange à ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force, la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.

En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de notre travail ainsi qu'à la réussite de cette formidable formation.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur **Mr. IMAOUCHEN Yacine** pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans lui, ce mémoire n'aurait jamais pu être mené au bon port.*

*Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à notre tuteur de stage **Mr. AMIR Sofiane**, ainsi que toutes les personnes du groupe Cevi-Agro, qui ont eu l'amabilité de répondre à nos questions.*

*Un remerciement spécial pour **Mr N.HATRI, Mr M^d.MAUCHE, Mr N.MIRA, Mr L.BRAHIMI, et Mr L.MEZMAT.***

Nous adressons nos remerciements les plus humbles à l'ensemble des enseignants de département génie électrique, électromécanique.

Ainsi nos sincères remerciements à tous les membres de jury qui ont accepté de valoriser notre travail.

Notre reconnaissance s'adresse aussi à ceux qui nous ont accordés du temps et nous ont apportés un soutien technique et moral durant tout notre cursus d'étude.

Dédicaces

A cœur vaillant rien d'impossible, A conscience tranquille tout est accessible

Quand il y a la soif d'apprendre Tout vient à point qui sait attendre

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour

Éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis

Pour mon instruction et mon bien-être, ainsi toutes les valeurs que vous avez

su m'inculquer.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous m'en portez.

Maman

Puisse Dieu, le Très Haut, t'accorder la santé, le bonheur et la longue vie et

faire en sorte que jamais je ne te déçois.

*A mon oncle **Lamri***

*A mes adorables sœurs **Lydia et Kahina***

*A mes adorables frères **Nacer-Eddine et Sofiane***

*Le petit **Adam** et La petite **Amira***

*Tente **Fatima***

*A tous le membre de La famille **KENDIRA**,*

*A ma très chère « **SARAH** »*

A mes meilleurs amis que je n'oublierai jamais :

Idir, Hichem, Halim, Rinasse, Rafik, The one, Jigo, Le mignon, Tarik,

Lounis, Zoubir, Riyad, Madjid, Yaya, Salah, Ya cine,

Hafida

A tous ceux que j'ai omis de citer.

*A Mon Binôme **OUARTI Lamine***

Amine Ken.

Dédicaces

A cœur vaillant rien d'impossible, A conscience tranquille tout est accessible

Quand il y a la soif d'apprendre Tout vient à point qui sait attendre

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour

Éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis

Pour mon instruction et mon bien-être, ainsi toutes les valeurs que vous avez

su m'inculquer.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous m'en portez.

Maman

Puisse Dieu, le Très Haut, t'accorder la santé, le bonheur et la longue vie et

faire en sorte que jamais je ne te déçois.

*A mes adorables sœurs **Safia** et **Aya***

*A mon adorable frère **Ahmed***

*A mes cousins **Hafid, Lounes, Farid, Wahib, Toufik, Hamza***

*A tous les membres de La famille **OUARTI***

*Le petit **Mahrez** et les petites **Lylia** et **Ikram***

*A ma très chère **B.fati** qui m'a soutenu durant mon parcours d'études*

*A mes meilleurs amis que je n'oublierai jamais : **Wassim, Brahim, Said,***

Yahia, Saoudi, Massinus

A tous ceux que j'ai omis de citer.

*A Mon Binôme **KENDIRA Amine***

Lamine Ouarti.

TABLE DES MATIERES

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

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL (COMPLEXE CEVITAL)

Introduction	2
I.1 Présentation du complexe Cevi-Agro	2
I.1.1 Historique et évolution de Cevital-Agro	2
I.1.2 Situation Géographique	2
I.1.3 Activités et missions	3
I.1.3.1 Activités de Cevital-agro	3
I.1.3.2 Mission et objectifs de l'entreprise Cevi-Agro	3
I.1.4 Organigramme de CEVITAL	4
I.2 Présentation de l'unité SUCRE ROUX	6
Conclusion	7

CHAPITRE II : GENERALITES ET METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTLLATION ELECTRIQUE

Introduction	8
II.1 Les critères du choix d'une source électrique	8
II.1.1 Source de moyenne tension (source de distribution)	8
II.1.1.1 Caractéristique d'une source moyenne tension	8
II.1.1.2 Structure de réseau MT	8
II.1.2 Source de basse tension BT	9
II.1.2.1 Caractéristique d'une source basse tension	9
II.1.2.2 Modes d'alimentation des tableaux BT	9
A. L'alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation.....	9
B. L'alimentation des tableaux BT par double alimentation sans couplage	10
C. Alimentation des tableaux BT par une double alimentation avec couplage	11
II.2 Méthodologie de calcul et de conception d'une installation électrique	12
II.2.1 Bilan de puissance	12
II.2.1.1 Puissance installée P_n	12
II.2.1.2 Puissance absorbé P_a	13
II.2.1.3 Puissance d'utilisation P_u	13
II.2.1.3.1 Facteur d'utilisation maximale K_u	13
II.2.1.3.2 Facteur de simultanéité (K_s)	14
a) Facteur de simultanéité pour les armoires de distribution	14

b) Facteur tenant compte des prévisions d'extension	15
II.2.2 Calcul et choix de la section des câbles	15
II.2.2.1 Définition des câbles	15
II.2.2.2 Types de câbles	15
A) Câble unipolaire ou câble à un conducteur	15
B) Câble multipolaire ou multiconducteurs	15
II.2.2.3 Principale de la méthode de calcul	15
A) Courant d'emploi I_e	16
B) Courant admissible I_{ad}	16
C) Section des conducteurs	17
D) Chute de tension	17
II.2.2.4 Le jeu de barres	18
II.2.2.4.1 Méthodologie générale de choix et dimensionnement des jeux de barres	18
II.2.3 Calcul des courants de court-circuit (C-C)	20
II.2.3.1 Définition du courant C-C	20
II.2.3.2 Causes d'un courant de C-C	20
II.2.3.3 Conséquences de défaut de courant C-C	20
II.2.3.4 Nécessité de calcul des courants	20
II.2.3.5 Caractéristiques des Courts-circuits	21
II.2.3.6 Méthode de calcul de courant C-C	21
A) Méthode des impédances	21
B) Tableau qui détermine les résistances et les réactances de chaque partie de l'installation	22
II.2.4. Choix des dispositifs de protection	22
II.2.4.1 Choix et protection par disjoncteur	22
II.2.4.2 Protection par fusible	23
II.2.4.3 Protection contre les défauts à la terre	23
II.2.4.4 Protection contre les contacts directs	24
II.2.4.5 Protection contre les contacts indirects	24
II.2.5 Sélectivité	25
II.2.5.1 Sélectivité totale	26
II.2.5.2 Sélectivité partielle	26
II.2.5.3 Sans sélectivité	26
II.2.5.4 Sélectivité ampérométrique	26
II.2.5.5 Sélectivité chronométrique	27
II.2.6 La filiation	27
II.2.6.1 Conditions de mise en œuvre	27
II.2.6.2 Avantages de la filiation	27
II.2.7 Schémas de liaison à la terre	28
II.2.7.1 Méthode pour choisir un schéma de liaison à la terre (SLT)	28
II.2.7.2 Les différents schémas de liaison à la terre	28
II.2.7.2.1 Le schéma TT (neutre a la terre)	28
II.2.7.2.2 Le schéma TN (mise au neutre)	29

II.2.7.2.3	Le schéma IT (neutre isolé ou impudent).....	30
II.3	Compensation de l'énergie réactive.....	31
II.3.1	Matériels de compensation.....	32
II.3.1.1	Batterie fixe	32
II.3.1.2	Batterie de condensateurs en gradin avec régulation automatique...32	
II.3.2	Démarche de choix d'une batterie de condensateurs	32
II.3.3	Calcul de la puissance réactive nécessaire à partir des données électriques de l'installation	33
Conclusion	34

CHAPITRE III : BILAN DE PUISSANCE ET COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE

Introduction	35
III.1	Schémas unifilaire de l'installation	35
III.2	Bilan de puissance	35
III.2.1	Recueil de données et calcul de la puissance installée du TGBT	35
III.2.2	Calcul de la puissance d'utilisation « P_{ui} »	41
III.2.3	Calcul puissance utile dans une branche « P_{uj} »	41
III.2.4	Caractéristique de l'installation	45
III.2.5	Choix et Dimensionnement du transformateur	45
III.2.6	Source de secours	46
III.2.6.1	Les critères de choix d'un groupe électrogène	46
III.2.6.2	Dimensionnement du groupe électrogène	47
III.3	Compensation de l'énergie réactive	48
III.3.1	Matériel et mode de compensation d'énergie réactive	48
III.3.2	Mode de compensation	48
III.3.2.1	Compensation Globale	49
III.3.2.2	Compensation Partielle	49
III.3.2.3	Compensation Locale (individuelle)	50
III.3.3	Choix de type de compensation	50
III.3.4	Puissance réactive à installer	51
III.3.5	Calcul des valeurs de capacités des condensateurs	52
III.3.6	Calcul de la puissance de compensation	53
Conclusion	54

CHAPITRE IV : CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS DE L'INSTALLATION

Introduction	55
IV.1	Conditions générale de choix et de dimensionnement des câbles	55
IV.2	Caractéristiques des câbles	56
IV.3	Détermination des sections des câbles	56
IV.3.1	Détermination des courants influençant sur la section	56

a)	Courant d'emploi I_e	56
b)	Courant admissible I_{ad}	57
c)	Courant fictif I_f	57
IV.3.2	Calcul et choix des sections des câbles en basse tension	57
IV.3.2.1	Calcul de la section selon l'échauffement S_e	57
IV.3.2.2	Vérification de la chute de tension	59
IV.4	Choix et dimensionnement des jeux de barres	59
IV.4.1	Jeu de barre principal	59
IV.4.1.1	Le courant nominal I_n	60
IV.4.1.2	Le courant admissible I_{ad}	60
IV.4.1.3	Vérification aux contraintes thermiques	60
a)	Au passage de courant assigné (I)	60
b)	Au passage d'un courant de court-circuit I_{cc}	63
IV.4.2	Jeu de barre secondaire des armoires MCC	64
IV.5	Calcul des courants de court-circuit	65
IV.6	Protection	65
IV.6.1	Définition et rôle de la protection	65
IV.6.2	Protection par système de liaison à la terre	67
IV.6.2.1	Choix du SLT	67
IV.6.2.2	Régime du neutre utilisé dans l'unité sucre Roux	67
IV.6.2.2.1	Cas du schéma IT	68
IV.6.3	Protection contre les surcharges et court-circuit.....	69
IV.6.4	Dimensionnement des appareils de protection	69
IV.6.4.1	Choix de calibres de disjoncteur	69
IV.6.4.1.1	Temps de déclenchement des disjoncteurs.....	69
IV.6.4.1.2	Contraintes thermiques des conducteurs en cas de court-circuit	70
IV.6.4.1.3	Détermination de la section S_{cc}	71
IV.6.4.1.4	Calibrage de disjoncteur de tête (principale)	72
IV.6.4.1.5	Calibrage des disjoncteurs des armoires MCC	72
IV.6.4.1.6	Calibrage des disjoncteurs des différents départs	73
IV.6.4.2	Vérification de la sélectivité ampérométrique des disjoncteurs.....	73
IV.6.4.2.1	Vérification de la sélectivité ampérométrique disj principale (D_p) et disj récepteur ($Dréc_{TGBT}$)	73
IV.6.4.2.2	Vérification de la sélectivité ampérométrique disj principale (D_p) et disj armoire MCC (D_a).....	75
IV.6.4.2.3	Vérification de la sélectivité ampérométrique disj armoire MCC (D_a) et disj récepteurs des armoires ($Dréc$).....	76
Conclusion.....		76
Conclusion générale		77

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Facteur d'utilisation pour les différentes charges.....	14
Tableau II.2 : Facteur de puissance en fonction du nombre de récepteurs.....	14
Tableau II.3 : Formule de calcul de la chute de tension	18
Tableau II.4 : Chutes de tension en basse tension	18
Tableau II.5 :Tableau qui détermine les résistances et les réactances de chaque partie de l'installation.....	22
Tableau III.1 : Recueil de données et calculs de puissances installées	37
Tableau III.2 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC1 du TGBT	41
Tableau III.3 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC2 du TGBT.....	43
Tableau III. 4 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC3 du TGBT.....	43
Tableau III.5 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC4 du TGBT.....	44
Tableau III.6 : Armoire éclairage	44
Tableau III.7 : Tableau des différents éléments raccordés directement au jeu de barres	44
Tableau III .8 : Bilan de puissances utilisées totale du TGBT	45
Tableau III.9 : Caractéristique de l'installation.....	45
Tableau III.10 : Puissances et tension normalisées des transformateurs.....	46
Tableau III.11 : Dimensionnement du groupe pour les équipements secours.....	47
Tableau III.12 : Les puissance réactive fournis par les batteries de compensation.....	53
Tableau IV.1 : Valeurs de coefficient K1 selon le nombre de jeux de barres	61
Tableau IV.2 : Les valeurs de coefficient K6 en fonction du nombre de barres n par phase et de leur écartement.....	62
Tableau IV.3 : Sections des jeux de barres MCC.....	65
Tableau IV.4 : Calcul des courants de court-circuit dans les différents niveaux de l'installation.....	66
Tableau IV.5 : Caractéristique des courbes de déclanchement selon le lieu d'utilisation	70
Tableau IV.6 : Valeur du coefficient k conformément à la norme NF C 15-100.....	71
Tableau IV.7 : Choix de type de disjoncteur des armoires MCC.....	73
Tableau IV.8 : Conditions de réglage des déclencheurs magnétiques et thermique à remplir pour une meilleure sélectivité.....	73
Tableau IV.9 : Vérification de la sélectivité entre Dp et Da.	75

Liste des figures

Figure I.1 Situation géographique du complexe CEVITAL.....	1
Figure II.1 : Alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation	10
Figure II.2 : Alimentation des tableaux BT par double alimentation	10
Figure II.3 : Alimentation des tableaux BT par double alimentation avec couplage.	11
Figure II.4 : Contact direct	24
Figure II.5 : Contact indirect	25
Figure II.6 : Sélectivité entre disjoncteurs.....	26
Figure II.7 : Sélectivité ampérométrique	26
Figure II.8 : Sélectivité chronométrique.....	27
Figure II.9 : Le schéma TT.....	29
Figure II.10 : Le schéma TNC.....	30
Figure II.11 : Le schéma TNS	30
Figure II.12 : Le schéma IT.....	31
Figure II.13 : Compensation avec des condensateurs.....	32
Figure II.14 : Synthèse de la compensation	34
Figure III.1 : Schéma unifilaire de l'installation « Unité SUCRE ROUX ».....	36
Figure III.2 : Compensation globale.....	49
Figure III.3 : Compensation partielle	49
Figure III.4 : Compensation locale	50
Figure III.5 : Triangle de puissances	51
Figure IV.1 : Constitution du câble électrique.	56
Figure VI.2 : Mode de pose « corbeau ».	58
Figure IV.3 : cas de schéma IT au premier défaut.....	68
Figure IV.4 : cas de schéma IT au second défaut.....	68
Figure IV.5 : Caractéristique des courbes de temps de déclenchement	70
Figure IV.6 : Courant du réglage thermique affiché sur un disjoncteur TM NSXm.....	74

Liste des abréviations

NFC : Norme française.

HT : Haute tension.

MT : Moyenne tension.

BT : Basse tension.

TGBT : Tableau général basse tension.

MCC : Motor control center.

SLT : Schéma de liaison a la terre.

PR : Polyéthylène réticulé.

PVC : Polychlorure de vinyle.

CPI : Contrôleur permanent d'isolement.

JdB : jeu de barre.

TM : Magnétothermique.

PDC : Pouvoir de coupure.

Dréc_{MCC} : Disjoncteur du récepteur dans l'armoire MCC.

Dréc_{TGBT} : Disjoncteur du récepteur raccordé direct au TGBT.

D_a : Disjoncteur armoire MCC.

D_p : Disjoncteur principale.

Liste des symboles

- P_n : Puissance installée.
- P_a : Puissance absorbée.
- P_{ui} : Puissance d'utilisation.
- P_{uj} : Puissance utilisée dans une branche.
- S_n : Puissance apparente.
- K_u : Facteur d'utilisation.
- K_s : Facteur de simultanéité.
- K_e : Facteur d'extension.
- I_b : Courant d'emploi.
- I_{ad} : Courant admissible.
- I_{cc} : Courant de court-circuit.
- I_z : L'intensité admissible du câble.
- K : Facteur de correction global.
- I_f : courant fictif.
- t_k : Durée du court-circuit dans un jeu de barre.
- t_c : Durée du court-circuit (temps de coupure du dispositif de protection)
- ρ_{20} : Résistivité du conducteur à 20°C.
- L : Longueur du câble.
- S : Section de conducteur.
- $\cos \varphi$: Facteur de puissance.
- Θ_n : Température ambiante en °C.
- R : Résistance.
- X : Réactance.
- Z : Impédance.
- ΔU : Chute de tension.
- $\Delta U\%$: Pourcentage chute de tension.
- Z_{cc} : Impédances parcourues par l' I_{cc} du générateur jusqu'au point de défaut.
- R_t : Somme des résistances situées en amont d'un point.
- c : Facteur de charge à vide.
- m : Facteur de tension.
- $t_{d\acute{e}cl}$: Temps de déclenchement de disjoncteur.

- Z_{tr} : Impédance du transformateur.
 R_{tr} : Résistance du transformateur.
 X_{tr} : Réactance du transformateur.
 Q_c : Energie réactive des batteries de compensation.
 ω : Pulsation des tensions du réseau (rd/s).
 U_o : Tension nominale phase-neutre.
 I_m : Courant magnétique.
 I_r : Courant thermique.
 P_{cu} : Pertes cuivre du transformateur.
 ρ : Résistivité du conducteur.

Introduction générale

Introduction générale

L'énergie électrique est parmi les causes principales du développement économique et industriel que notre monde a connu. Les investissements consacrés au déploiement de l'électricité en industrie sont énormes, c'est pour cela la consommation d'énergie électrique est proportionnelle aux progrès techniques.

L'architecture d'un réseau de distribution électrique industriel est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise. Le tableau électrique est le point de passage indispensable du courant électrique, il intègre les appareils qui assurent la distribution de l'énergie électrique, la protection des circuits, la protection des personnes, le contrôle et la commande de l'installation.

Par conséquent, la conception d'une installation électrique industrielle, qui répondra aux exigences essentielles comme la continuité du service et la sécurité, nécessite une étude et un dimensionnement bien précis. Et pour y arriver, elle doit se faire en respectant strictement les normes internationales pour les installations électriques industrielles, et cela constitue l'objectif principal de notre travail.

Pour mener à bien ce dimensionnement, nous rappelons la méthodologie de calcul des installations industrielles sur la base du cahier des charges et du schéma unifilaire. Nous réalisons un bilan de puissance qui va nous permettre le choix et le dimensionnement des éléments de l'installation.

Pour atteindre notre objectif, le travail présenté dans ce manuscrit est scindé en quatre chapitres :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous allons présenter l'entreprise d'accueil Cevital et l'unité Sucre Roux.
- ✓ Dans le deuxième chapitre, nous allons parler sur les généralités et la méthodologie de dimensionnement d'une installation électrique.
- ✓ Dans le troisième chapitre, nous avons exposé le bilan de puissance de l'installation « Raffinerie Sucre Roux » et la compensation de l'énergie réactive.
- ✓ Dans le quatrième chapitre, nous allons choisir et dimensionner les éléments de cette installation.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale et les perspectives.

Chapitre 01 :
Présentation de l'entreprise d'accueil
« Complexe Cevital »

Introduction

Le Groupe Cevi-Agro développe depuis de nombreuses années une ambitieuse stratégie d'acquisition à l'international, à la recherche de relais de croissance à l'horizon 2025. En lui permettant d'atteindre une taille critique, cette stratégie le fait changer d'échelle et jouer dans la cour des plus grandes entreprises mondiales.

Cevi-Agro est considéré comme l'enfant prodige de l'Algérie dans le marché agro-alimentaire, connue et reconnue par tous dans l'ordre national et international spécialisé dans le raffinage des huiles. Dans cette annexe, nous allons d'abord présenter son évolution historique, ses principaux objectifs, ainsi que sa situation géographique et enfin la structure générale de l'unité de SUCRE ROUX.

I.1 Présentation du complexe Cevi-Agro

I.1.1 Historique et évolution de Cevital-Agro

Cevital est un groupe familial de plusieurs sociétés, créé en 1998 à Bejaia par l'entrepreneur Issad Rebrab avec des fonds privés. Il a pour actionnaires principaux ses fils avec un capital social totalement privé de 970 000 000 DA. Elle compte parmi l'une des grandes forces industrielles et économiques, c'est la première entreprise privée qui est entrée en force dans l'industrie de raffinage des huiles brutes sur le marché Algérien. Ses produits se vendent à l'intérieure du pays ainsi que dans des différentes villes africaines telles que le Lagos, Niamey, Bamako, Tunis, Tripoli...En 2005. , Cevital-Agro inaugure son unité d'eau minérale au cœur des montagnes du Djurdjura sous le nom « LALA KHEDIDJA » avec une capacité de production 3 000 000 bouteilles/jours. En 2006, Cevital-agro achète l'unité de jus« COJEK», une entreprise publique, pour s'investir dans les boissons fruitées avec une capacité de 600 000 bouteilles/heure, et dans la conservation tomates et confitures avec une capacité de production de 80 tonne/ jours.

I.1.2 Situation Géographique

D'une superficie de 45000 m² implanté au nouveau quai du port de Bejaia à 3 KM du Sud-ouest de cette ville, à proximité de la route nationale 26 soit 280KM d'Alger. Ce terrain à l'origine marécageux et inconstructible a été récupéré en partie d'une décharge publique, viabilisé avec la dernière technologie de consolidation des sols par le système de colonnes ballastées, ainsi qu'une partie à gagner sur la mer. Ce qui fait que cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité, étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet, elle se situe à l'arrière port de Bejaia à 200 m du quai, et elle est proche de l'aéroport ainsi que de la zone industriel d'Akbou.



Figure I.1 Situation géographique du complexe CEVITAL

I.1.3 Activités et mission

I.1.3.1 Activités de Cevital-agro

Lancé en mai 1998, le complexe Cevital a débuté son activité par le conditionnement de l'huile. Mais depuis, l'ensemble des activités de Cevital-agro se sont comme suit :

- raffinage des huiles (1800 tonnes/jour) ;
- conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure) ;
- Production de margarine (600 tonnes/jour) ;
- fabrication d'emballage PET (9600 unités/heure) ;
- raffinage de sucre (3000 tonnes/jour et 3500 tonnes/jour) ;
- Stockage du sucre (120 000 tonnes/jour) ;
- stockage des céréales (120 0000 tonnes).
- Cogénération (capacité de production arrive jusqu'à 64 MW) ;
- Minoterie et savonnerie en cours d'études.

I.1.3.2 Mission et objectifs de l'entreprise Cevi-Agro

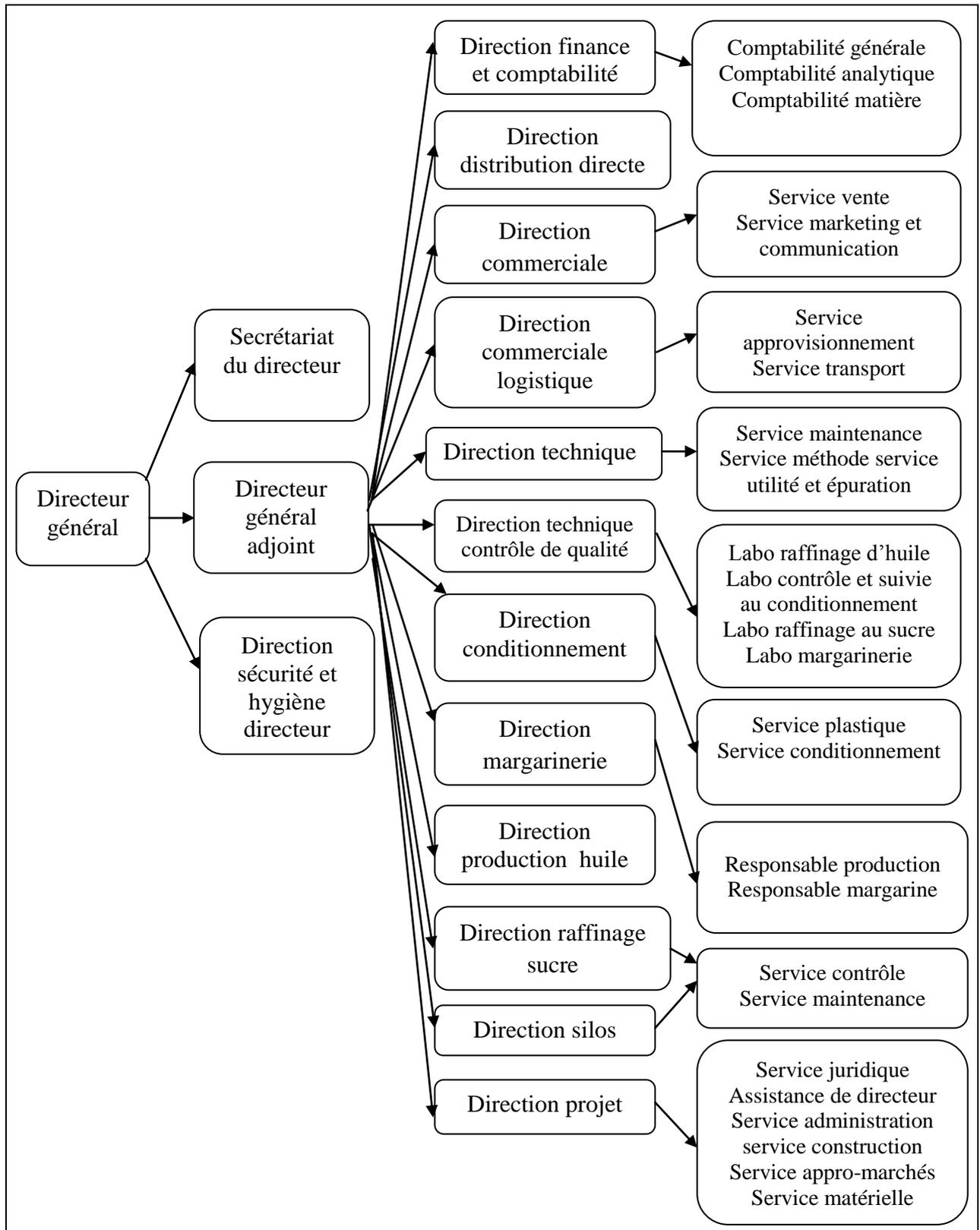
L'entreprise a pour mission de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Cevi-Agro s'est fixé des objectifs qu'elle tient à réaliser en ayant, continuellement des perspectives qui sont d'une grande utilité et efficacité pour l'économie nationale et ainsi que pour l'apaisement. Ces objectifs peuvent se présenter comme suit :

- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations;
- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail,
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production.

I.1.4 Organigramme de CEVITAL

L'organigramme du complexe Cevital est représenté globalement de la manière suivante :



Organigramme I.1 Organigramme des différentes directions du complexe Cevital.

I.2 Présentation de l'unité SUCRE ROUX

Le stage a été effectué au sein de l'unité de raffinerie SUCRE ROUX. Cette dernière est divisée par quatre sections, chaque section exécute une partie du processus de raffinage du sucre. Les missions de chaque section est comme suit :

Section 01

Liqueur d'alimentation (égouts de sucre, sirop) arrive d'une manière indirecte dans les bacs d'alimentation. Cet égout concentré de sucre sera pompé par une pompe vers les cuites qui se situe dans la section 2.

Section 02

La concentration du sirop doit être ramenée à brix de 70 % par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau. Cette opération facilitera la cristallisation du sucre. Elle la partie la plus délicate du procès de fabrication.

Le sirop concentré est introduit dans les cuites pour sa cristallisation. Pour ce on chauffe le sirop sous vide pour évaporer une partie de l'eau afin d'atteindre le point de saturation. A ce moment on introduit une semence de sucre qui provoque la cristallisation. Le sirop vient ensuite grossir ses germes qui deviennent des cristaux. Cette étape est effectuée par un ajout de sirop et chauffage simultané à la vapeur (montée de cuite). A un certain niveau, la cuite en fait un serrage c'est-à-dire, on chauffe sans ajouter du sirop pour épuiser au maximum le sucre contenu dans le sirop.

On supprime le vide de l'appareil à cuire et on coule le mélange obtenu (masse cuite) dans un malaxeur ou il est malaxé afin d'éviter la prise en masse.

Cette masse cuite est ensuite centrifugé dans uneessoreuse qui sépare les cristaux de la liqueur mère appelée égout. Le sucre obtenu qui est humide est envoyé au séchage.

Section 03

En sortant de la cristallisation le sucre est humide pour permettre une bonne conservation, il est séché dans un cylindre à air chaud qui provoque l'évaporation de l'humide, puis refroidi dans un sécheur et enfin envoyé vers les silos de maturation pour finaliser la déshumidification et assurer son stockage.

Section 04

La quatrième section contient les aérocondenseurs qui font la condensation des vapeurs chaudes, extraite dans les cuites, pour qu'elles deviennent liquides (eau) qui sera utilisée pour le nettoyage, processus, etc ...

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'une façon générale l'entreprise d'accueil Cevital et l'unité de raffinage sucre Roux en expliquant brièvement les étapes de procès selon les différentes sections existés. L'étude et le dimensionnement de cette unité sera notre projet de fin d'étude.

Chapitre 02 :
Généralités et méthodologie de
dimensionnement d'une installation électrique

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons parler des généralités sur les réseaux MT/BT et la méthodologie de dimensionnement d'un réseau électrique industriel à suivre pour pouvoir dimensionner le TGBT de notre cas, en commençant de la source de distribution (transformateur MT/BT) jusqu'au différentes charges. Pour cela, nous avons élaboré une série d'étapes comme suit : les critères de choix d'une source électrique, la réalisation d'un bilan de puissance et le dimensionnement des éléments de l'installation (transformateur, canalisations, protections, et éléments de compensation).

II.1 Les critères du choix d'une source électrique

Afin de pouvoir étudier une installation, il faut d'abord connaître la réglementation, le mode de fonctionnement de tous les récepteurs (régimes normal, démarrage, simultanéité, ... etc.), et la localisation sur le plan bâtiments, des puissances utilisées permettant de réaliser un bilan de puissance installées. Ainsi, nous pouvons déduire la puissance et le nombre de sources nécessaires au fonctionnement de l'installation.

II.1.1 Source de moyenne tension (source de distribution)

Cela concerne, généralement, les puissances comprises entre 250 kVA et 10 MVA et les tensions comprises entre 1kVet 50kV.

II.1.1.1 Caractéristique d'une source moyenne tension

Les caractéristiques du réseau MT déterminent le choix de l'appareillage utilisé dans les sous-stations MT ou MT/BT et dépendent des pays. Leur connaissance est indispensable pour déterminer et réaliser le raccordement.

- HTA (30 kV le plus répandu) ;
- Limitation à 300 A pour les réseaux aériens ;
- Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains ;
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.

II.1.1.2 Structure de réseau MT [1]

Nous allons identifier les principales structures de réseaux HTA permettant d'alimenter les tableaux secondaires et les transformateurs HTA / BT. La complexité de la structure diffère suivant le niveau de sûreté de fonctionnement désiré.

Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte :

- Un poste de livraison HTB alimenté par une ou plusieurs sources, il est composé d'un ou plusieurs jeux de barres et de disjoncteur ;
- Une source de production interne ;
- Un ou plusieurs transformateurs HTB/HTA ;
- Un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres ;
- Un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires ou des postes HTA/BT ;
- Des récepteurs HTA ;
- Des transformateurs HTA/BT ;
- Des tableaux et des réseaux de basse tension ;
- Des récepteurs à basse tension.

II.1.2 Source de basse tension BT

II.1.2.1 Caractéristique d'une source basse tension

Ce types de poste HTA/BT sont caractérisés par :

- Les tensions d'entrées sont 1 ou 50 kV ;
- Les tensions de sorties (d'utilisation) sont : 230/400 V ;
- Un mode d'alimentation des tableaux BT.

II.1.2.2 Modes d'alimentation des tableaux BT

Nous allons identifier les principales solutions d'alimentation d'un tableau BT, indépendamment de son emplacement dans le réseau. Le nombre de sources d'alimentation possibles et la complexité du tableau diffèrent suivant le niveau de sûreté de fonctionnement désiré [1].

A. L'alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation

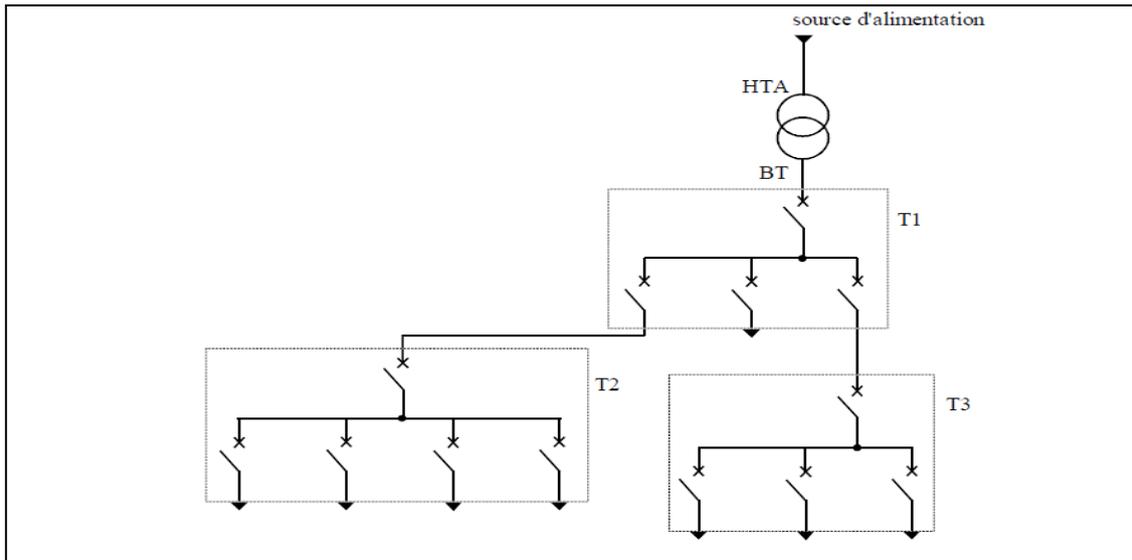


Figure II.1 : Alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation

❖ **Description du fonctionnement**

Les tableaux T_1 , T_2 , T_3 bénéficient d'une seule source d'alimentation. Le réseau est dit de type radial arborescent. En cas de perte de la source d'alimentation d'un tableau, celui-ci est hors service jusqu'à l'opération de réparation.

B) L'alimentation des tableaux BT par double alimentation sans couplage

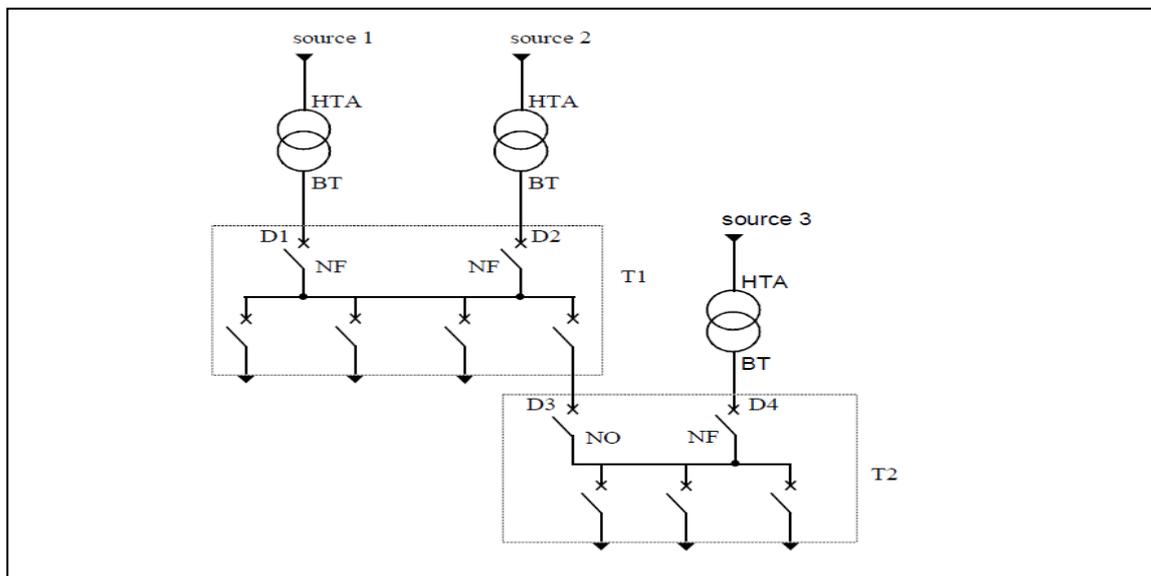


Figure II.2 : Alimentation des tableaux BT par double alimentation

❖ **Description du fonctionnement**

Le tableau T_1 bénéficie d'une double alimentation sans couplage par deux transformateurs HTA/BT.

L'alimentation de T_1 est faite comme suit :

- Les deux sources alimentent T_1 en parallèle ;
- En fonctionnement normal, les deux disjoncteurs (D_1 et D_2) sont fermés.

Le tableau T_2 bénéficie d'une double alimentation sans couplage par un transformateur HTA/BT et par un départ issu d'un autre tableau BT.

L'alimentation de T_2 est faite comme suit :

- Une source alimente le tableau T_2 , la seconde assure le secours.
- En fonctionnement normal, un seul disjoncteur est fermé (D_3 ou D_4).

C. Alimentation des tableaux BT par une double alimentation avec couplage

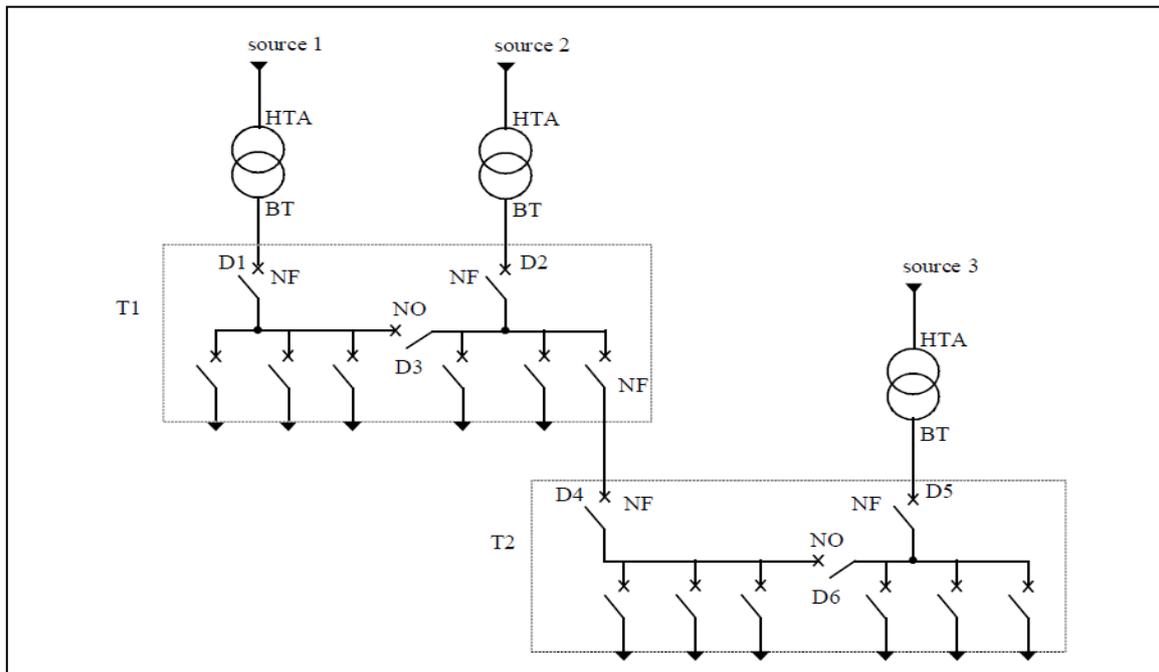


Figure II.3 : Alimentation des tableaux BT par double alimentation avec couplage.

❖ Description du fonctionnement

Le tableau T_1 bénéficie d'une double alimentation avec couplage par deux transformateurs HTA/BT.

L'alimentation de T_1 : en fonctionnement normal, le disjoncteur de couplage D_3 est ouvert. Chaque transformateur alimente une partie de T_1 . En cas de perte d'une source d'alimentation, le disjoncteur de couplage D_3 est fermé et un seul transformateur alimente la totalité de T_1 .

Le tableau T_2 bénéficie d'une double alimentation avec couplage par un transformateur HTA/BT et par un départ issu d'un autre transformateur HTA/BT.

L'alimentation de T_2 : en fonctionnement normal, le disjoncteur de couplage D_6 est ouvert. Chaque source alimente une partie de T_2 . En cas de perte d'une source, le disjoncteur

de couplage D_6 est fermé et l'autre source alimente la totalité de T_2 .

II.2 Méthodologie de calcul et de conception d'une installation électrique

L'étude d'une installation électrique se fait méthodiquement en respectant les étapes suivantes [2] :

1. Réalisation d'un bilan de puissance de toute l'installation ;
2. Détermination des sections de câble ;
3. Détermination de la chute de tension ;
4. Détermination des courants de court-circuit ;
5. Choix des dispositifs de protection ;
6. Détermination des calibres I_n des déclencheurs des disjoncteurs ;
7. Sélectivité des protections ;
8. Mise en œuvre de la technique de filiation ;
9. Sélectivité renforcée par filiation ;
10. Vérification de la protection des personnes ;
11. Protection contre la foudre ;

II.2.1 Bilan de puissance

C'est la première des étapes essentielle de l'étude et de la conception d'un réseau. Elle doit cerner et localiser géographiquement les valeurs des puissances [3]. Il faut :

- Se renseigner sur chaque poste de différents appareillages du projet.
- Se renseigner sur les quantités et les puissances unitaires de chaque appareillage.
- Calculer la puissance totale de chaque appareillage.
- Se renseigner sur les coefficients normés pour chaque appareillage.
- Calculer la puissance totale foisonnée de chaque appareillage.
- Déterminer le niveau réserve de puissance de l'installation.
- Calculer la somme totale de l'installation en kW.
- Convertir la puissance totale de l'installation en kVA à partir du facteur de puissance.
- En déduire le niveau de tarification à souscrire.

II.2.1.1 Puissance installée P_n

La puissance installée (kW) est la somme des puissances nominales de tous les récepteurs de l'installation [4].

L'indication de la puissance nominale (P_n) est marquée sur la plupart des appareils et équipements électriques. En pratique, la puissance nominale n'est pas toujours la puissance

réellement consommée par le récepteur. Par exemple, dans le cas :

- a) d'un moteur électrique, la puissance nominale correspond à la puissance de sortie sur son arbre. La puissance d'entrée consommée est évidemment plus importante,
- b) de lampes fluorescentes et de lampes à décharge, qui ont un ballast stabilisateur, la puissance nominale indiquée sur la lampe (qui est celle consommée par la lampe seule) est inférieure à la puissance consommée par la lampe et son ballast.

II.2.1.2 Puissance absorbée P_a (kVA)

La puissance (apparente) absorbée P_a par une charge est obtenue à partir de sa puissance nominale [4].

$$P_a = \frac{P_n}{\eta \cdot \cos\varphi}$$

La puissance absorbée (puissance apparente installée) est souvent supposée être la somme arithmétique des puissances apparentes de chaque récepteur (cette sommation est exacte si toutes les charges ont le même facteur de puissance).

Cependant, il est souvent fait une simple sommation arithmétique pour des raisons pratiques. De fait, la valeur de la puissance apparente obtenue est supérieure à la valeur de la puissance absorbée, la différence représente une "marge sur conception" acceptable.

II.2.1.3 Puissance d'utilisation P_u (kVA)

De fait que les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge : des facteurs de simultanéité (K_s) et d'utilisation (K_u) permettant de pondérer la puissance apparente maximale réellement absorbée par chaque récepteur et groupes de récepteurs [4].

La puissance d'utilisation P_u (kVA) est la somme arithmétique de ces puissances apparentes valorisées.

La puissance d'utilisation P_u est la donnée significative pour la souscription d'un contrat de fourniture en énergie électrique à partir d'un réseau publique BT ou MT (et dans ce cas, pour dimensionner le transformateur MT/BT).

II.2.1.3.1 Facteur d'utilisation maximale (K_u) [4]

Le régime de fonctionnement normal d'un récepteur peut être tel que sa puissance utilisée soit inférieure à sa puissance nominale installée, d'où la notion de facteur d'utilisation.

Le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur. Ceci se vérifie pour des équipements comportant des moteurs susceptibles de fonctionner en dessous de leur

pleine charge. Dans une installation industrielle, ce facteur peut être estimé en moyenne à 0,75 pour les moteurs. Pour l'éclairage et le chauffage, il sera toujours égal à 1. Pour les prises de courant, tout dépend de leur destination.

Tableau II.1 Facteur d'utilisation pour les différentes charges

Utilisation	Facteur d'utilisation K_u
Eclairage, conditionnement d'air	1
Chauffage électrique, chauffage d'eau	1
Prise de courant (n : nombre de prise de courant alimenté par le même circuit)	Si : $n > 6 \rightarrow 0.6$ $n < 6 \rightarrow 0.1+(0.9/n)$
Moteur électrique	0.75

II.2.1.3.2 Facteur de simultanéité (K_s) [4]

Tous les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément. C'est pourquoi, il est permis d'appliquer aux différents ensembles de récepteurs (ou de circuits) des facteurs de simultanéité.

Le facteur de simultanéité s'applique à chaque regroupement de récepteurs (exemple au niveau d'un tableau terminal, d'un tableau divisionnaire, d'une armoire...). La détermination de ces facteurs de simultanéité implique la connaissance détaillée de l'installation et de ses conditions d'exploitation. Des valeurs précises applicables à tous les cas ne peuvent donc pas être précisées.

a) Facteur de simultanéité pour les armoires de distribution [4]

Des valeurs estimées de K_s pour un tableau de distribution alimentant un nombre de circuits pour lesquels il n'y a aucune information sur la manière dont la charge totale est répartie entre eux. Si l'armoire est composée principalement de circuits d'éclairage, il est prudent de majorer ces facteurs. (Selon la norme NF C 14-100, NF 63-410)

Tableau II.2 Facteur de puissance en fonction du nombre de récepteurs

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

b) Facteur tenant compte des prévisions d'extension [1]

La valeur du facteur d'extension doit être estimée, suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1. Au défaut de précision, la valeur 1,2 est souvent utilisée.

II.2.2 Calcul et choix de la section des câbles

II.2.2.1 Définition des câbles [1]

Un câble est constitué d'un certain nombre de conducteurs, électriquement séparés mais mécaniquement solidaires, généralement enrobés dans une gaine protectrice souple.

L'ensemble contient:

- un ou plusieurs conducteurs isolés
- leur revêtement individuel éventuel
- la protection d'assemblage éventuelle
- le ou les revêtements de protection éventuels

Il peut comporter en plus un ou plusieurs conducteurs non isolés.

II.2.2.2 Types de câbles [1]

Il existe deux types de câbles :

A) Câble unipolaire ou câble à un conducteur :

C'est un câble qui contient un seul conducteur isolé. (Le terme unipolaire désigne qu'il constitue l'une des phases d'un système triphasé).

B) Câble multipolaire ou multiconducteurs :

Un câble comprenant plus d'une âme, dont éventuellement certains sont non isolées. (Le terme multipolaire désigne qu'il constitue les phases d'un système triphasé (câble tripolaire)).

II.2.2.3 Principale de la méthode de calcul

Selon les recommandations de la norme NF-C 15-100, le choix de la section des canalisations et du dispositif de protection doit satisfaire plusieurs conditions nécessaires à la sécurité de l'installation. La canalisation doit :

- Véhiculer le courant maximal d'emploi et ses pointes transitoires normales.
- Ne pas générer des chutes de tension supérieures aux valeurs admissibles.

Afin de pouvoir calculer la section des canalisations nous devons suivre les étapes suivantes :

1. Détermination de courant maximal d'emploi I_b et le normaliser.
2. Détermination du courant admissible dans les canalisations (courant fictif).
3. Déduire les sections des conducteurs.
4. Valider cette section par un calcul de la chute de tension.

A) Courant d'emploi I_e [1]

Le courant maximal d'emploi (I_e) est défini selon la nature de l'installation alimentée par la canalisation. Dans le cas de l'alimentation individuelle d'un appareil, le courant I_e sera égal au courant assigné de l'appareil alimenté.

Par contre, si la canalisation alimente plusieurs appareils, le courant I_e sera égal à la somme des courants absorbés, en tenant compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité de l'installation. Dans le cas de démarrages de moteurs ou de régimes cycliques de charges, il faut tenir compte des appels de courant lorsque leurs effets thermiques se cumulent. Certaines installations sont sujettes à des extensions dans le temps. Le courant correspondant à cette extension sera ajouté à l'existant.

- En courant continu : $I_e = \frac{P}{U} = \frac{\text{puissance absorbée (en W)}}{\text{tension de service (en V)}}$
- En courant alternatif : $I_e = \frac{S}{U}$ en monophasé
- $I_e = \frac{S}{U\sqrt{3}}$ en triphasé

Avec : S : Puissance apparente absorbée (VA) ;

U : Tension entre les deux conducteurs pour le monophasé ou triphasé.

B) Courant admissible I_{ad} [1]

Valeur maximale du courant qui peut parcourir en permanence, dans des conditions données, un conducteur, sans que sa température de régime permanent soit supérieure à la valeur spécifiée.

$$I_{ad} \geq \frac{I_e}{K}$$

K : facteur de correction global qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation :

$$K = K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s$$

I_e : courant d'emploi maximal.

c) Section des conducteurs [2]

Pour déduire la section des conducteurs de phase, il faut :

1. Déterminer la lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose.
2. Déterminer le coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction, K_1 , K_2 , K_3 , K_n et K_s :

- Le facteur de correction K_1 prend en compte le mode de pose.
- Le facteur de correction K_2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte.
- Le facteur de correction K_3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.
- le facteur de correction du neutre chargé K_n , selon la norme (NF C15-100).
 $K_n = 0,84$.
 $K_n = 1,45$.
- Le facteur de correction dit de symétrie K_s , selon la norme (NF C15-105).
 $K_s = 1$ pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie.
 $K_s = 0,8$ pour 2, 3 et 4 câbles par phase si non respect de la symétrie.

D) 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 ce que nous appelons S_z .

- **Détermination des chutes de tension admissible [5]**

L'impédance d'un câble est faible mais non nulle, lorsqu'elle est traversée par le courant de service, il y a une chute de tension entre son origine et son extrémité. La bonne marche des récepteurs étant conditionné par la valeur de la tension à leurs bornes, il est nécessaire de limiter cette chute de tension.

Le tableau II.3 donne les formules usuelles qui permettent de calculer la chute de tension dans un circuit donnée.

Tableau II.3 : Formule de calcul de la chute de tension [6]

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

Tableau II.4 : Chutes de tension en basse tension [7]

Types d'alimentation	Eclairage	Autre usage (force motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	03 %	05 %
Alimentation par poste privé HT/BT	06 %	08 %

Et pour simplifier la méthode de détermination de la section, nous avons le diagramme II.1 apporté dans la page suivante.

II.2.2.4 Le jeu de barres [8]

Le jeu de barres constitue véritablement la “colonne vertébrale” de tout ensemble de distribution. Jeu de barres principal et jeux de barres dérivés assurent l'alimentation et la répartition de l'énergie.

La section nécessaire des barres se détermine en fonction du courant d'utilisation, de l'indice de protection de l'enveloppe et après vérification de la contrainte thermique de court-circuit.

II.2.2.4.1 Méthodologie générale de choix et dimensionnement des jeux de barres [8]

La méthode à suivre pour dimensionner des jeux de barres est comme suit :

1. Calcul du courant nominal I_n parcouru dans un jeu de barre ;
2. Le courant admissible maximal I_{ad} ;
3. Vérification aux contraintes thermiques :
 - Au passage de courant assigné (I) ;
 - Au passage d'un courant de court-circuit I_{cc} .

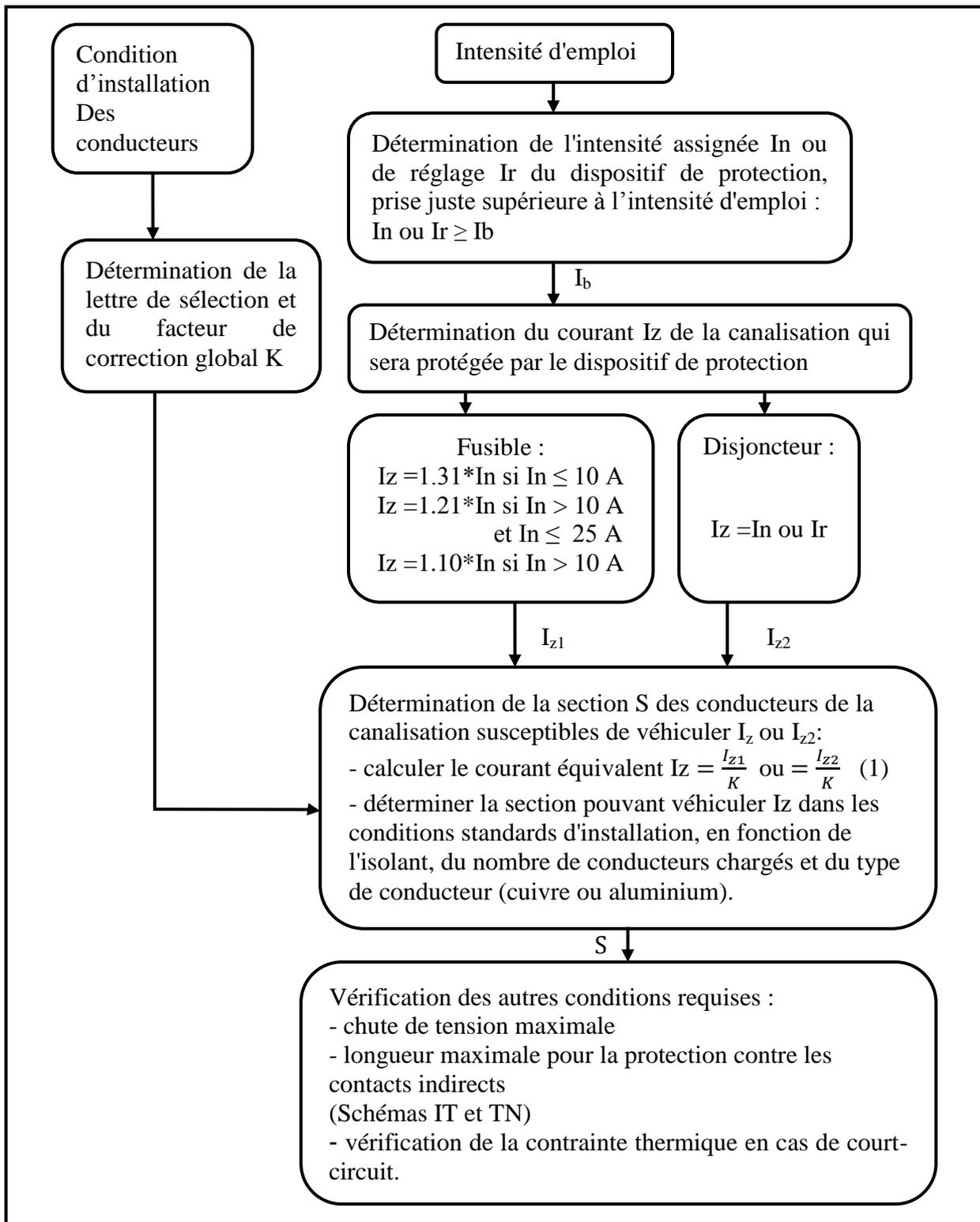


Diagramme II.1 : méthode simplifiée pour la détermination des sections des conducteurs [5]

II.2.3 Calcul des courants de court-circuit (C-C) [9]

II.2.3.1 Définition du courant C-C

Un courant de court-circuit est phénomène électrique qui se produit notamment lorsque deux fils électrique sont mise en contacte directe, le plus souvent suite a un défaut d'isolation. Il se traduit par une augmentation brusque de l'intensité du courant qui peut aller jusqu'à provoquer un incendie, en général sa valeur varie de $2 \cdot I_n$ à $20 \cdot I_n$.

II.2.3.2 Causes d'un courant de C-C

Parmi les causes d'un courant du court-circuit nous trouvons :

- Deux conducteurs de polarités différentes entre en contacte.
- Il se peut être d'origine climatique : absence de parafoudre ou paratonnerre (surtension atmosphérique).
- Surtension interne appelée aussi une surtension de manœuvre.

II.2.3.3 Conséquences de défaut de courant C-C

Les conséquences les plus importantes que nous devrions tenir compte sont :

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

II.2.3.4 Nécessité de calcul des courants C-C

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

A. Le courant maximal de court-circuit qui détermine :

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

B. Le courant minimal de court-circuit qui correspond à un défaut de court-circuit de liaison protégée lors d'un défaut biphasé et dans les conditions d'exploitation les moins sévères. Il est indispensable au choix de la courbe de déclenchement des disjoncteurs et des fusibles.

II.2.3.5 Caractéristiques des Courts-circuits

En principe, les courts-circuits sont caractérisés par :

- Leurs durées : auto extincteur, fugitif ou permanent.
- Leurs origines :
 - ✓ Mécaniques (rupture de conducteurs, liaison électrique accidentelle entre deux conducteurs par un corps étranger conducteur tel que un outil ou animaux).
 - ✓ Surtension électrique d'origine interne ou atmosphérique.
 - ✓ Ou a la suite de la dégradation de l'isolement, consécutive à la chaleur, l'humidité ou une corrosion.
- Leur localisation : interne ou externe à une machine ou un tableau électrique

II.2.3.6 Méthode de calcul de courant C-C

On ne peut pas étudier ou dimensionner une installation électrique sans passer par le calcul des courants des courants de court-circuit de chaque éléments du réseau électrique que sa soit le courant de court-circuit minimal qui se situe à l'extrémité du circuit ou maximal qui est dans l'origine du circuit.

A) Méthode des impédances [10]

Le calcul de l'intensité de court-circuit se résume au calcul des impédances Z_{cc} impédance équivalente a toutes les impédances parcourues par I_{cc} du générateur jusqu'au point de défaut de la source et des lignes. C'est en fait l'impédance « directe » par phase :

Pour calculer le courant de court-circuit I_{cc} on applique la formule générale de la méthode des impédances qui :

$$I_{cc} = \frac{m * c * U_n}{\sqrt{3} * Z_{cc}}$$

Avec :

$$Z_{cc} = \sqrt{R_t^2 + X_t^2} \quad \text{et} \quad \begin{cases} R_t = \sum_{i=1}^n R \\ X_t = \sum_{i=1}^n X \end{cases}$$

I_{cc} : Courant maximal de court-circuit ;

U_n : Tension nominale ;

Z_{cc} : Impédances parcourues par I_{cc} du générateur jusqu'au point de défaut ;

R_t : La somme des résistances situées en amont de ce point ;

X_t : La somme des réactances situées en amont de ce point ;

C : Facteur de charge à vide :

- $C_{\max} = 1.05$ (pour les courants maximums)
- $C_{\min} = 0.95$ (pour les courants minimums) ;

m : Facteur de tension = 1.05 selon la norme NF-C 15-500 ;

B) Tableau qui détermine les résistances et les réactances de chaque partie de l'installation [2]

Tableau II.5 : Tableau qui détermine les résistances et les réactances de chaque partie de l'installation

Partie de l'installation	Valeurs des résistances	Valeurs des réactances	Valeurs des impédances
Réseau en amont	$R_A = 0.1 * Z_A$	$X_A = 0.995 * Z_A$	$Z_A = \frac{(m * U_n)^2}{S_{cc}}$
Transformateur	$R = \frac{P_{cu} * U_n^2 * 10^{-3}}{S^2}$	$X = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$	$Z_A = \frac{U_{cc} * U_0^2}{100 * S_n}$
Les câbles	$R = \rho * \frac{L}{S}$	$X = 0.08 * L$	$Z_A = \sqrt{R^2 + X^2}$
Jeu de barre	$R = \rho * \frac{L}{S}$	$X = 0.15 * L$	$Z_A = \sqrt{R^2 + X^2}$
Disjoncteurs	Négligeable	$X = 0.15 \text{ m}\Omega$	$Z_A = 0.15 \text{ m}\Omega$

II.2.4. Choix des dispositifs de protection [6]

Le rôle de la protection électrique est d'éviter ou de limiter les conséquences destructives et dangereuses de surintensités ou des défauts d'isolement, et pour assurer cette protection on doit protéger l'installation contre :

Les courants de surcharges : cela correspond à un courant excessif circulant dans une installation saine (sans défaut).

Les courants de court-circuit, dus, par exemple à la rupture d'un isolant entre phases ou entre phase et neutre.

II.2.4.1 Choix et protection par disjoncteur [11]

Pour le choix des disjoncteurs, pour la manœuvre et la protection des lignes, on doit connaître :

- Le courant de service de la ligne I_b .
- L'intensité admissible du câble I_z .
- Le courant de court-circuit I_{cc} (I_{cc} : pour les circuits triphasé) présumé au point d'installation du disjoncteur.

Le disjoncteur approprié doit satisfaire les conditions suivantes :

- Disposer d'un pouvoir de coupure (I_{cu} / I_{cs}) supérieur ou égal au courant de court-circuit I_{cc} .
- Disposer d'un déclencheur de protection permettant à son courant de réglage pour surcharge I_n (I1) de satisfaire la relation $I_b \leq I_n \leq I_z$;

L'énergie spécifique passante ($I^2.t$) que le disjoncteur laisse passer doit être inférieure ou égale à l'énergie supportée par le câble.

❖ La protection par des disjoncteurs différentielle [11]

Les disjoncteurs différentiels sont utilisés tant pour la protection des personnes que pour la protection contre les défauts à la terre. Cette protection est admise comme protection contre les contacts indirects car elle permet d'éliminer un défaut alors qu'elle n'est admise que comme protection supplémentaire contre les contacts directs d'une personne qui entrerait en contact avec les conducteurs actifs d'un circuit car elle ne peut pas garantir la protection des personnes en cas de : personne isolée de la terre, personne en contact avec la terre.

II.2.4.2 Protection par fusible [11]

Le fusible est un élément de faiblesse dans un circuit électrique. S'il y a surintensité c'est là que le circuit doit se couper. Actuellement les fusibles sont en cartouche. La fonction du fusible est d'assurer la protection des circuits électriques contre les court-circuits et les surcharges par la fusion d'un élément calibré lorsque le courant qui traverse dépasse la valeur de son calibre.

II.2.4.3 Protection contre les défauts à la terre [12]

La protection contre les contacts directs ou indirects rentre dans le cadre plus général de la sécurité et elle revêt une importance primaire étant donné que le contact entre les personnes et les appareils électriques est inhérent à l'utilisation de ces mêmes appareils. Cette matière est réglementée par la loi et les Normes qui fixent les conditions minimums indispensables pour empêcher et/ou prévenir tout événement négatif aux fins de la sécurité. Mais, de par sa nature, la sécurité ne peut pas être limitée à des conditions minimum, surtout en raison du fait que la conduite normale des installations et l'utilisation des dispositifs de celles-ci conduisent à un changement continu de l'état de l'installation. Le contact avec des parties sous tension peut entraîner le passage d'un courant à travers le corps de la personne et avoir des conséquences pouvant être mortelles.

Les systèmes de protection permettent de réduire l'exposition à ce risque, en limitant

le courant ou le temps pendant lequel ce courant peut passer. Il faut aussi que le système de protections offre des garanties contre les phénomènes évolutifs qui concernent l'installation durant son cycle de vie.

II.2.4.4 Protection contre les contacts directs [13]

On parle de contact direct lorsqu'une personne vient toucher directement une partie nue sous tension d'un appareil, d'un équipement ou d'une installation (imprudence, maladresse, défektivité...).

La protection contre ce danger peut être obtenue de plusieurs manières :

- Protection par isolation
- Protection par barrières et enveloppes.
- Protection par obstacles.
- Protection par éloignement.
- Protection par très basse tension de sécurité.
- Protection par limitation de l'énergie de décharge.
- Protection par dispositif différentiel à haute sensibilité

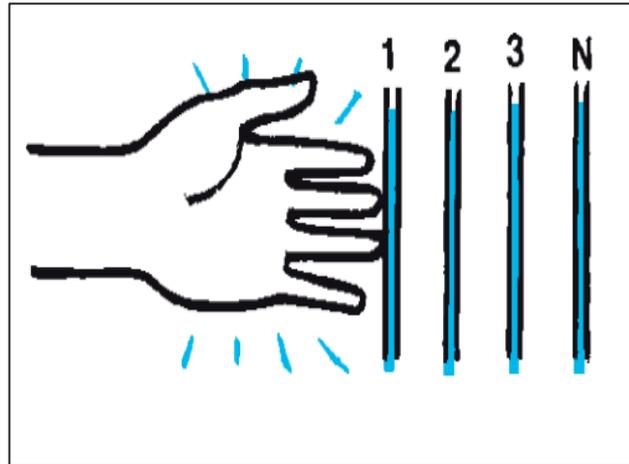


Figure II.4 : Contact direct

II.2.4.5 Protection contre les contacts indirects [12, 13]

On parle de contact indirect lorsqu'une personne vient toucher une masse métallique mise accidentellement sous tension (défaut d'isolement d'appareil ou de machine électrique).

Il sera donc important de détecter et d'éliminer rapidement ce défaut avant qu'une personne entre en contact avec la masse métallique.

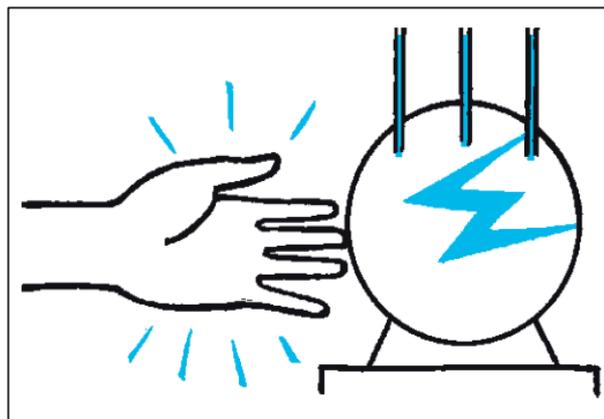


Figure II.5 : Contact indirect

- Mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation :
 - Mise à la terre de toutes les masses des matériels électriques de l'installation et constitution de la liaison équipotentielle principale.

- Mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit un défaut d'isolement.

- Isolation supplémentaire à l'installation

Cette mesure consiste à réaliser lors de l'installation une isolation des parties actives procurant une sécurité équivalente à celle des matériels de classe II.

- Le matériel, une fois installé et raccordé, doit pouvoir supporter une tension de 4 000 V entre parties actives et parties métalliques extérieures (pendant une minute),
- L'enveloppe ne doit pas comporter de vis en matière isolante qui pourrait être remplacée par une vis métallique.

II.2.5 Sélectivité [2, 12, 14]

C'est la coordination des dispositifs de coupure automatique de telle sorte qu'un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut, et par lui seul.

La sélectivité des protections est un élément essentiel qui doit être pris en compte dès la conception d'une installation basse tension, afin de garantir aux utilisateurs la meilleure disponibilité de l'énergie. La sélectivité est importante dans toutes les installations pour le confort des utilisateurs, mais elle est fondamentale dans les installations qui alimentent des processus industriels de fabrication.

Une installation non sélective est exposée à des risques de diverses gravités :

- Impératifs de production non respectés.
- Rupture de fabrication avec :
 - Perte de production ou de produits finis.
 - Risque d'endommager l'outil de production dans les processus continus.
- Obligations de reprise de procédures de démarrage machine-outil par machine-outil, à l'issue d'une perte d'alimentation générale.
- Arrêt de moteur de sécurité telle qu'une pompe de lubrification, extracteur de désenfumage, etc.

La sélectivité dans le déclenchement de la protection à maximum de courant est normalement mise en œuvre dans les installations publiques et industrielles pour isoler du système la partie concernée par un défaut, en provoquant le déclenchement du seul disjoncteur immédiatement en amont de ce même défaut.

Alors que dans le domaine des courants de surcharge il existe normalement une sélectivité naturelle à cause de la différence entre les courants assignés du disjoncteur de

protection de l'utilisateur et du disjoncteur général en amont, dans le domaine des courants de court-circuit la sélectivité peut être obtenue en différenciant les valeurs des courants et éventuellement des temps de déclenchement.

II.2.5.1 Sélectivité totale

Pour toutes les valeurs du défaut, depuis la surcharge jusqu'au court-circuit franc, la distribution est totalement sélective si D2 s'ouvre et si D1 reste fermé (Figure II.06).

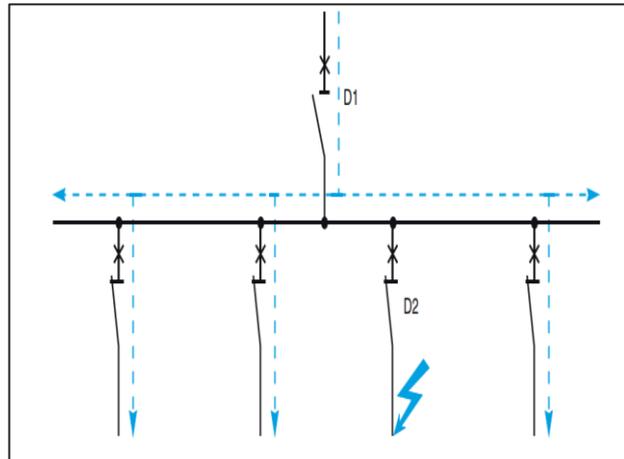


Figure II.6 : Sélectivité entre disjoncteurs

II.2.5.2 Sélectivité partielle

La sélectivité est partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité. Dans l'éventualité d'un défaut dépassant cette valeur les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent (Figure II.06).

II.2.5.3 Sans sélectivité

Dans l'éventualité d'un défaut le disjoncteur D1 s'ouvre (Figure II.06).

II.2.5.4 Sélectivité ampérométrique

Elle résulte de l'écart entre les seuils des déclencheurs instantanés ou court-retard des disjoncteurs en série dans un circuit. Elle s'applique dans le cas de défauts de court-circuit et conduit généralement, si elle n'est pas associée à une autre sélectivité, à une sélectivité partielle limitée au seuil d'intervention de l'appareil amont (Figure II.7).

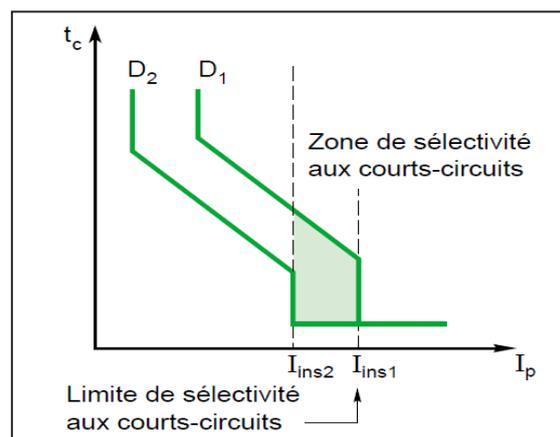


Figure II.7 : Sélectivité ampérométrique

La sélectivité est assurée si le seuil maxi du déclencheur de l'appareil aval est inférieur au seuil mini de celui de l'appareil amont, toutes tolérances comprises.

II.2.5.5 Sélectivité chronométrique

Pour assurer la sélectivité au-delà du seuil court-retard (ICR1) de l'appareil amont, il est possible d'utiliser une temporisation, réglable ou non, sur le déclencheur de l'appareil amont D1 (Figure II.8).

Cette solution ne peut être mise en œuvre qu'à condition que l'appareil puisse supporter l'intensité de court-circuit durant cette temporisation. Elle n'est donc applicable qu'aux appareils à forte tenue électrodynamique, dits aussi « sélectifs ».

Sur deux disjoncteurs en série, les différents crans de temporisation, lorsqu'ils existent, sont agencés de telle sorte qu'ils soient sélectifs entre eux. Le temps maximal de fonctionnement d'un cran, temps de coupure compris, doit être inférieur au temps minimal de détection du cran suivant.

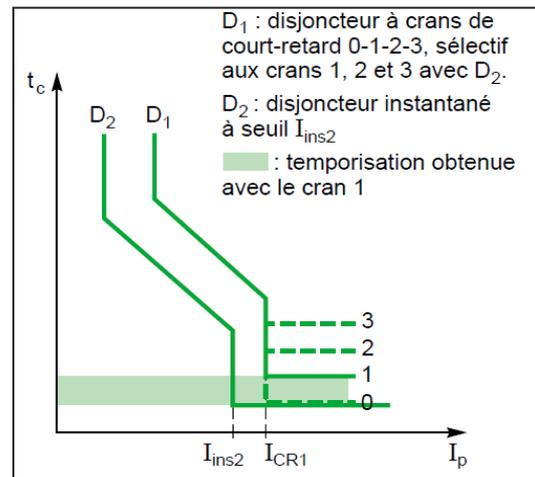


Figure II.8 : Sélectivité chronométrique

II.2.6 La filiation [15]

La filiation est l'utilisation du pouvoir de limitation des disjoncteurs, qui permet d'installer en aval des disjoncteurs ayant un pouvoir de coupure très inférieur au courant de court-circuit présumé.

II.2.6.1 Conditions de mise en œuvre

L'utilisation d'un appareil de protection possédant un pouvoir de coupure moins important que le courant de court-circuit présumé en son point d'installation est possible si un autre appareil est installé en amont avec le pouvoir de coupure nécessaire. Dans ce cas les caractéristiques de ces deux appareils doivent être telles que l'énergie limitée par l'appareil amont ne soit pas plus importante que celle que peut supporter l'appareil aval et que les câbles protégés par ces appareils ne subissent aucun dommage.

II.2.6.2 Avantages de la filiation

Grâce à la filiation, des disjoncteurs possédant des pouvoirs de coupeurs inférieurs au courant de court-circuit présumé de l'installation peuvent être installés en aval de disjoncteurs

limiteurs. Il s'en suit que de substantielles économies peuvent être fait au niveau de l'appareillage et des tableaux.

II.2.7 Schémas de liaison à la terre [13]

Dans le but premier de protéger les personnes contre les conséquences de défauts d'isolement dans les installations, les conditions de mise à la terre ont été réglementairement définies. Si les différents schémas de liaison à la terre procurent un niveau équivalent de protection contre les contacts indirects, il n'en est pas forcément de même pour la sécurité des biens, la continuité d'exploitation, la compatibilité électromagnétique, les coûts d'installation, la maintenance ou l'évolutivité.

II.2.7.1 Méthode pour choisir un schéma de liaison à la terre (SLT) [2]

Pour la protection des personnes, les 3 schémas de liaison à la terre sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation. Etant donné les caractéristiques spécifiques à chaque schéma, il ne peut donc être question de faire un choix a priori.

- Ce choix doit résulter d'une concertation entre l'utilisateur et le concepteur de réseau (BE, installateur ...) sur : S'assurer que l'installation ne se trouve pas dans un des cas où le schéma de liaison à la terre est imposé ou recommandé par la législation (décrets, arrêtés ministériels).
- Rechercher avec l'utilisateur les exigences de continuité de service ou de productivité en fonction de l'exploitation (service entretien).
- Rechercher avec l'utilisateur et avec le bureau d'études, les synergies entre les différents schémas de liaison à la terre et les perturbations électromagnétiques).

Vérifier la compatibilité entre le schéma de liaison à la terre choisi et certaines caractéristiques particulières de l'installation ou de certains récepteurs.

II.2.7.2 Les différents schémas de liaison à la terre [13]

Tous les schémas de liaison à la terre (régimes de neutre) apportent le même niveau de sécurité contre le danger de choc électrique. Toutefois, il importe de bien connaître leurs conditions de mise en œuvre et de fonctionnement pour que cette sécurité soit garantie.

II.2.7.2.1 Le schéma TT (neutre a la terre)

En schéma TT, le point neutre du secondaire du transformateur d'alimentation de l'installation est directement relié à la terre; les masses de cette installation sont reliées à une prise de terre électriquement distincte (en distribution publique). Le courant de défaut est

fortement limité par l'impédance des prises de terre mais peut générer une tension de contact dangereuse. Ce courant est généralement trop faible pour solliciter les protections contre les surintensités, il sera donc préférentiellement éliminé par un dispositif à courant différentiel résiduel. Le conducteur neutre ne doit jamais être relié à la terre en aval du dispositif différentiel. Les masses doivent être reliées à une seule prise de terre et un seul dispositif différentiel placé en amont est suffisant. Si des circuits sont reliés à des prises de terre différentes, chaque ensemble de circuits devra être protégé par un dispositif différentiel propre.

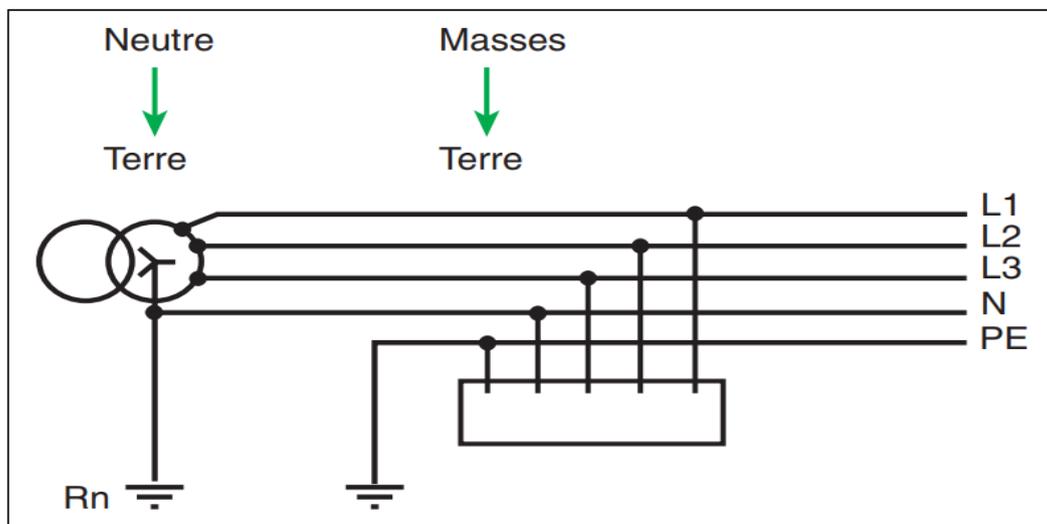


Figure II.9 : Le schéma TT

II.2.7.2.2 Le schéma TN (mise au neutre)

En schéma TN, un point de l'alimentation, généralement le neutre du transformateur, est relié à la terre. Les masses de l'installation sont reliées à ce même point par un conducteur de protection. Le schéma est nommé TN-C lorsque la fonction neutre est confondue avec celle du conducteur de protection qui se nomme alors PEN. Si ces conducteurs sont séparés, le schéma est nommé TN-S. Lorsque les deux variantes cohabitent dans une même installation, on peut employer le terme TN-C-S, sachant que le schéma TN-C doit toujours être en amont du TN-S. L'impédance de la boucle de défaut est faible (elle ne passe pas par la terre). S'il y a défaut d'isolement, celui-ci se transforme en court-circuit qui doit être éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.

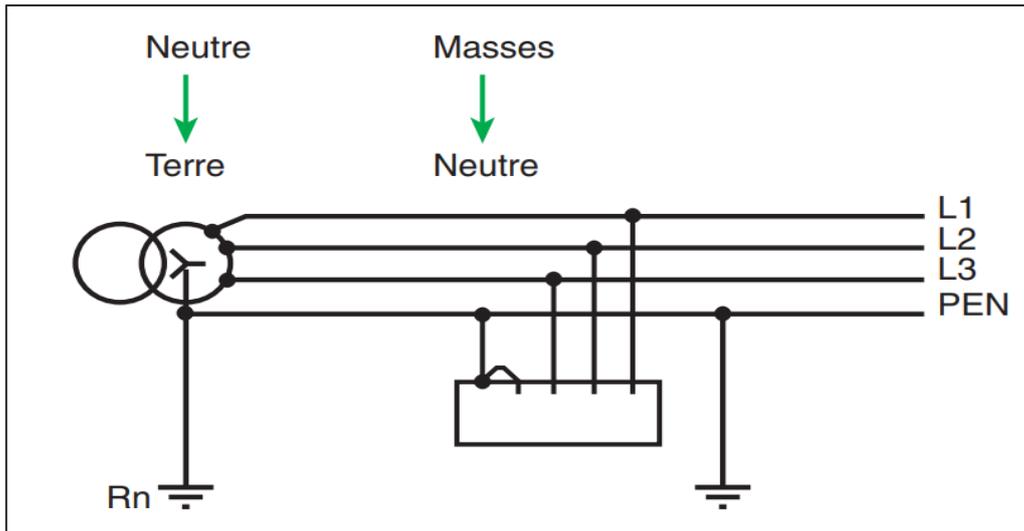


Figure II.10 : Le schéma TNC

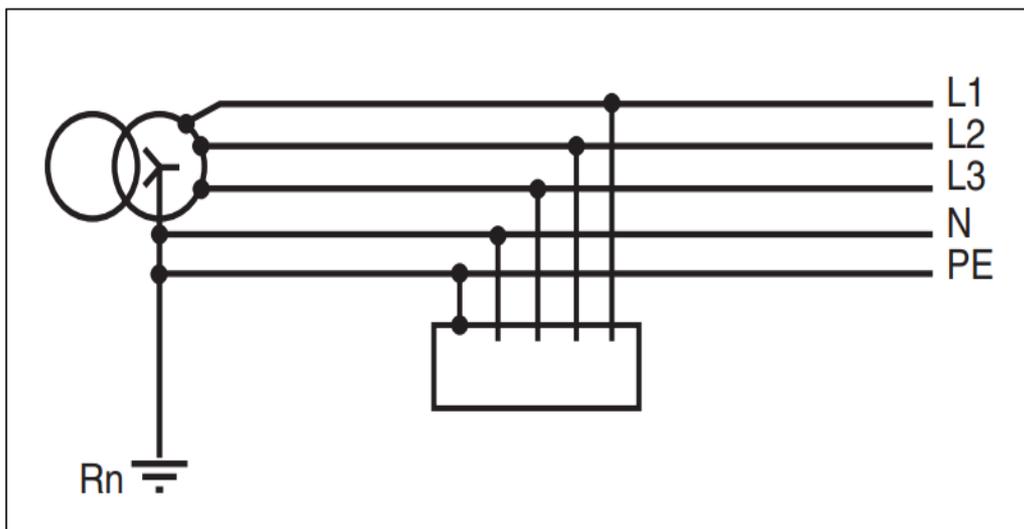


Figure II.11 : Le schéma TNS

II.2.7.2.3 Le schéma IT (neutre isolé ou impudent)

En schéma IT, l'alimentation de l'installation est isolée de la terre ou reliée à celle-ci par une impédance Z élevée. Cette liaison est généralement effectuée au point neutre ou à un point neutre artificiel. Les masses de l'installation sont interconnectées et reliées à la terre. En cas de défaut d'isolement, l'impédance de la boucle de défaut est élevée (fixée par la capacité de l'installation par rapport à la terre ou par l'impédance Z). Au 1er défaut, l'élévation en potentiel des masses reste limitée et sans danger.

La coupure n'est pas nécessaire, la continuité est assurée mais le défaut doit être recherché et éliminé par un service compétent. Un contrôleur permanent d'isolement (CPI) doit être installé pour surveiller l'état d'isolement de l'installation. Si au 1er défaut non éliminé, s'ajoute un second, le défaut se transforme en court-circuit qui doit alors être éliminé.

par les dispositifs de protection contre les surintensités. En schéma IT, les masses peuvent être reliées à la terre individuellement, par groupe, ou toutes interconnectées ensemble.

Dans tous les cas, il est nécessaire de vérifier que la condition $R_A \cdot I_a < 50 \text{ V}$ est satisfaite pour la résistance de la terre R_A des masses considérées (I_a étant le courant de déclenchement du dispositif de protection). L'interconnexion et la liaison à une seule prise de terre restent préférables. Si un double défaut apparaît, les conditions de protection à mettre en œuvre et à vérifier, seront pour chaque groupe celles du schéma TT si les masses sont séparées, et celles du schéma TN si elles sont toutes interconnectées.

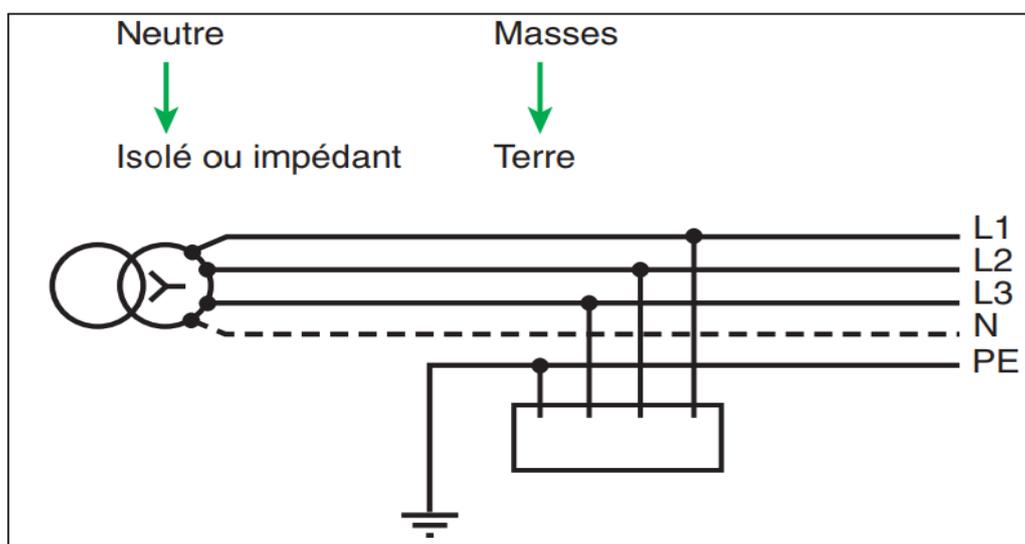


Figure II.12 : Le schéma IT.

II.3 Compensation de l'énergie réactive [2]

Le distributeur d'énergie peut fournir l'énergie réactive, mais cette fourniture surcharge les lignes et les transformateurs. C'est la raison pour laquelle, lorsque l'électricité est livrée en HTA, les distributeurs ont choisi de facturer la fourniture d'énergie réactive au même titre que la fourniture d'énergie active. Le seuil de facturation : $\cos \varphi = 0,93$ ou $\tan \varphi = 0,4$ est destiné à inciter les clients à s'équiper de condensateurs.

Les équipements de compensation de l'énergie réactive (condensateurs et batteries) permettent de réaliser des économies sur les factures d'électricité et d'optimiser les équipements électriques. La tangente Phi ($\tan \varphi$) est un indicateur de consommation d'énergie réactive. Elle est égale au rapport de la puissance réactive à la puissance active consommée. Le cosinus Phi ($\cos \varphi$) est une mesure du rendement électrique d'une installation. C'est le quotient de la puissance active consommée par l'installation sur la puissance apparente fournie à l'installation. Un bon rendement correspond à un $\cos \varphi$ proche de 1.

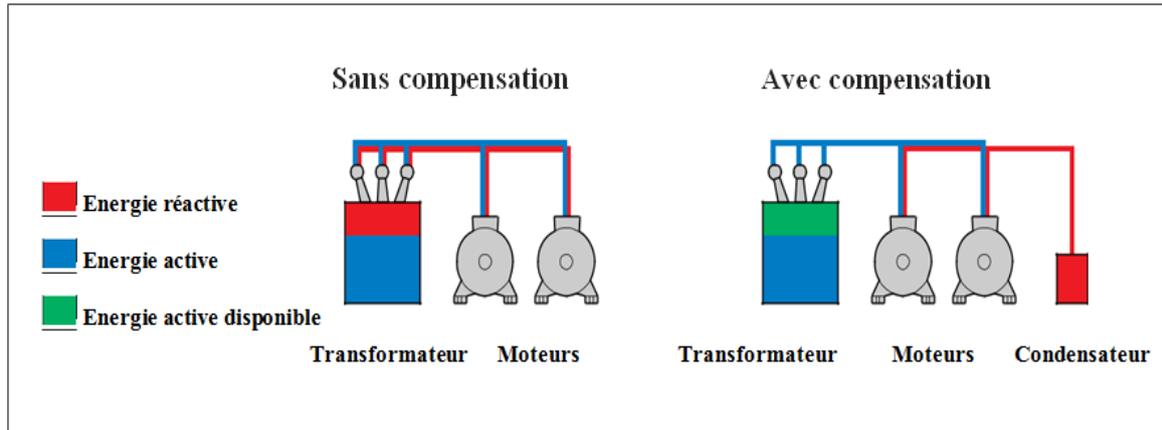


Figure II.13 : Compensation avec des condensateurs.

II.3.1 Matériels de compensation [16]

La compensation peut être réalisée avec deux familles de produits :

- Les condensateurs de batterie fixe.
- Les batteries de condensateurs en gradins avec régulateur (ou batterie automatique) qui permet d'ajuster la compensation aux variations de consommation de l'installation.

II.3.1.1 Batterie fixe

La batterie de condensateurs a une puissance constante. Elles sont utilisées de préférence :

- Aux bornes des récepteurs
- Sur les jeux de barres dont la fluctuation de charge est faible.

II.3.1.2 Batterie de condensateurs en gradin avec régulation automatique

Ce type d'équipement permet d'ajuster la puissance réactive fournie aux variations de consommation, et ainsi de maintenir le $\cos \varphi$ à la valeur désirée. Il s'utilise dans les cas où la puissance réactive consommée est forte vis-à-vis de la puissance du transformateur et varie dans des proportions importantes, c'est-à-dire essentiellement :

- Aux bornes des tableaux généraux BT.
- Sur les départs de puissance importante.

II.3.2 Démarche de choix d'une batterie de condensateurs [2]

1^{ère} étape : Calcul de la puissance réactive nécessaire Q_C .

La puissance à installer se calcule soit :

- À partir des factures d'électricité ou du feuillet de gestion.

- À partir des données électriques de l'installation.

2^{ème} étape : Choix d'une compensation fixe ou automatique.

Dans le cas de la compensation globale ou par ateliers, le ratio Q_c/S_n permet de choisir entre un équipement de compensation fixe ou automatique. Le seuil de 15 % est une valeur indicative conseillée pour éviter les effets de la surcompensation à vide :

- $\frac{Q_c}{S_n} \leq 15 \%$: compensation fixe
- $\frac{Q_c}{S_n} > 15 \%$: compensation automatique.

3^{ème} étape : Choix du type d'équipements (standard, renforcé ou avec selfs).

Cela se fait en fonction du niveau de pollution harmonique :

❖ **Type standard**

Si puissance des générateurs d'harmoniques inférieure à 15% de la puissance du transformateur.

❖ **Type H (isolation renforcée à 470 V)**

Si puissance des générateurs d'harmoniques est comprise entre 15% et 25% de la puissance du transformateur.

❖ **Type SAH (avec selfs anti harmoniques)**

Si puissance des générateurs d'harmoniques est comprise entre 25% et 50% de la puissance du transformateur.

II.3.3 Calcul de la puissance réactive nécessaire à partir des données électriques de l'installation

- Faire les bilans de puissance active P et réactive Q_c de tous les récepteurs de l'installation.
- Tenir compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité.
- Calculer les puissances totales P et Q_c .
- Calculer la tg ϕ globale ($tg \phi = \frac{Q}{P}$) et à chaque sous station ou atelier.
- Calculer la compensation nécessaire en la répartissant par niveau ($\cos \phi \geq 0,93$).
- Comparer le bilan de puissance ainsi corrigé avec le précédent kW, kVA, $\cos \phi$. Pour

Une puissance active donnée P (kW), la valeur de la puissance réactive Q_c (kvar) à installer est : $Q_c = P * (tg\phi - tg\phi') = k * P$. La tg ϕ correspond au $\cos \phi$ de l'installation sans condensateur, soit mesuré, soit estimé tg $\phi' = 0,4$ correspond à $\cos \phi' = 0,93$ la valeur qui

permet de ne pas payer les consommations excessives d'énergie réactive.

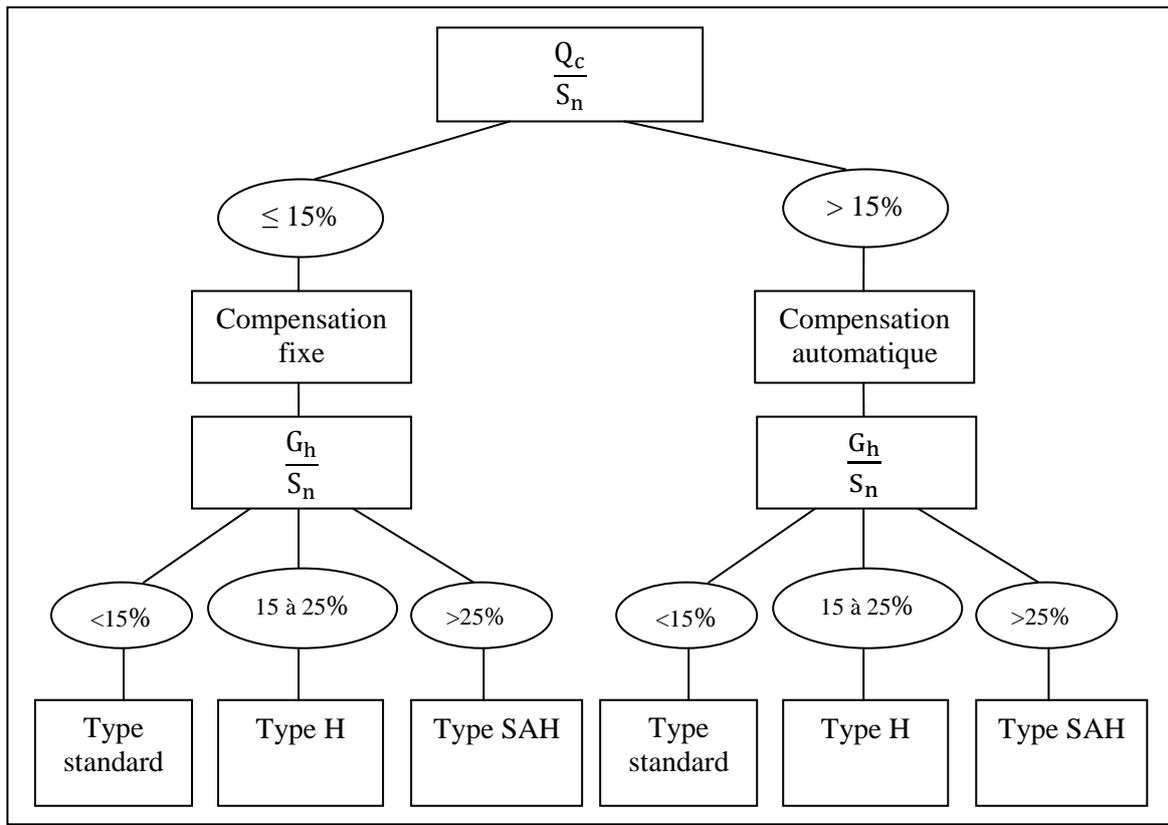


Figure II.14 : Synthèse de la compensation [16]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit brièvement le réseau MT/BT, puis les différentes étapes de la méthodologie à suivre pour le dimensionnement électrique d'une installation. Et ce, en assurant un fonctionnement fiable par un choix judicieux des éléments de l'installation et la mise en œuvre de la protection des personnes et des équipements.

Chapitre 03 :
Bilan de puissance et compensation de l'énergie
réactive

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le schéma unifilaire de l'installation, puis nous allons calculer la puissance installée et la puissance utilisée afin de pouvoir choisir et dimensionner le transformateur principal le plus adéquat. Nous allons aussi déterminer le facteur de puissance afin de l'améliorer par la compensation de l'énergie réactive via des batteries de condensateurs.

III.1 Schémas unifilaire de l'installation

Le schéma électrique unifilaire résume le réseau d'alimentation, la représentation par un seul fil avec l'inscription du nom de différents instruments exploités, facilite la lecture et la compréhension du schéma.

Le schéma unifilaire de l'installation est schématisé de la façon présentée sur la figure III.1 dans la page suivante.

III.2 Bilan de puissance

Toutes les données recueillies, nous ont permis de faire le bilan de puissance électrique en fonction de la répartition des puissances installées sur le site. Nous avons pu calculer les puissances actives et réactives afin d'en déduire le facteur de puissance globale de l'installation. Ce bilan sera établi en tenant compte pour les récepteurs des facteurs d'utilisation qui caractérisent leurs modes de fonctionnement, et des facteurs de simultanéité caractérisant la marche simultanée ou non des groupes de récepteurs qui sont reliés dans les mêmes circuits.

III.2.1 Recueil de données et calcul de la puissance installée du TGBT

Les résultats des calculs sont inscrits dans le tableau III.1.

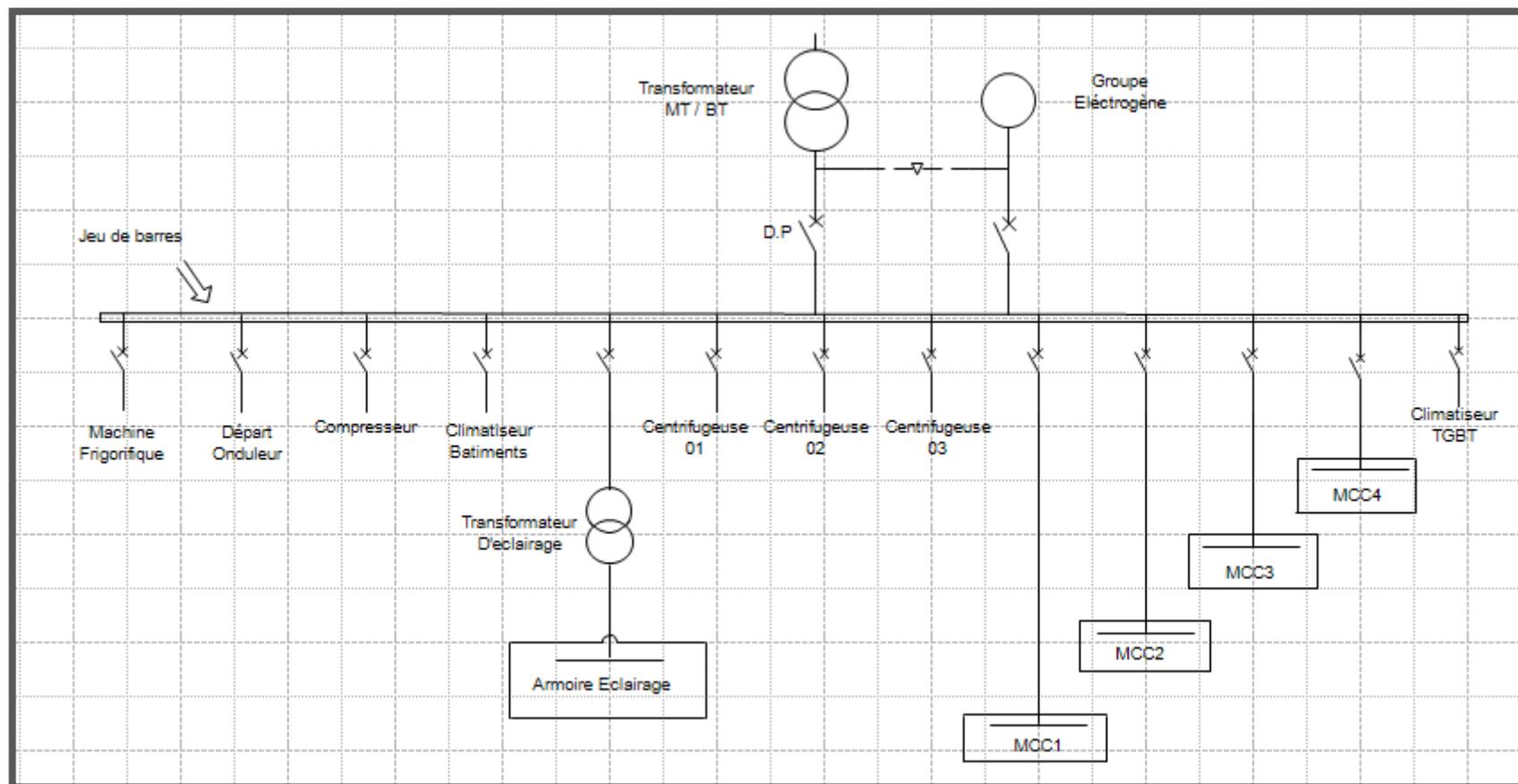


Figure III.1 : Schéma unifilaire de l'installation « Unité SUCRE ROUX ».

Tableau III.1 : Recueil de données et calculs de puissances installées

Repère d'équipement	Désignation	Cos ϕ	P_n (kW)	I_n (A)	U_n (V)	Q_n (kVAR)	S_n (kVA)
1P027	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P026	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P035	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P034	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P038	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P037	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P010	Pompe centrifuge	0.8	5.5	10.3	400	4.28	6.97
1P011	Pompe centrifuge	0.8	5.5	10.3	400	4.28	6.97
1P041	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P040	Pompe volumétrique	0.85	11	20.7	400	7.55	13.34
1P044	Pompe volumétrique	0.85	15	28	400	10.21	18.15
1P046	Pompe centrifuge	0.82	3	6.2	400	2.45	3.87
1P029	Pompe centrifuge	0.87	11	20.5	400	7	13.04
1P028	Pompe centrifuge	0.87	11	20.5	400	7	13.04
1P032	Pompe centrifuge	0.87	11	20.5	400	7	13.04
1P031	Pompe centrifuge	0.87	11	20.5	400	7	13.04
1P051	Pompe centrifuge	0.87	11	20.5	400	7	13.04
1A001	Agitateur cuite 1A001	0.81	95	158	400	64.19	114.65

1A002	Agitateur cuite 1A002	0.81	95	158	400	64.19	114.65
1A003	Agitateur cuite 1A003	0.81	95	158	400	64.19	114.65
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	0.8	10	18.1	400	7.52	12.51
1M012	Malaxeur de coulée	0.84	11	20.7	400	7.78	12.47
1M013	Malaxeur de coulée	0.84	11	20.7	400	7.78	12.47
1M014	Pompe à piston rotatif F500G	0.82	32	59	400	23.39	32.36
1M015	Malaxeur distributeur	0.83	4	8	400	3.1	5.06
1A024	Ventilateur	0.8	5.5	10	400	4.16	6.90
1A019	Vis d'Archimède	0.83	58	109	400	42.12	71.68
1A020	Vis d'Archimède	0.85	20	36	400	13.14	23.93
1S016	Centrifugeuse B1750L	0.82	250	420	400	170.5	302.61
1S017	Centrifugeuse B1750L	0.82	250	420	400	170.5	302.61
1S018	Centrifugeuse B1750L	0.82	250	420	400	170.5	302.61
1A025	Agitateur de 1T025	0.85	18	29	400	10.58	20.87
1A036	Agitateur de 1T036	0.85	18	29	400	10.58	20.87
1A039	Agitateur de 1T039	0.85	18	29	400	10.58	20.87
1A043.1	Agitateur1 de 1T043	0.83	3	10.8	400	4.17	5.13
1A043.2	Agitateur2 de 1T043	0.83	3	10.8	400	4.17	5.13
2P013	Pompe centrifuge	0.85	11	21	400	7.66	13.40
2P015	Pompe centrifuge	0.85	11	21	400	7.66	13.40

2P016	Pompe centrifuge	0.83	8	14.7	400	5.68	9.81
2A001	Convoyeur à vis	0.83	8	14.7	400	5.68	9.81
2A003	Convoyeur à vis	0.83	11	22	400	8.5	13.9
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	0.8	3	5	400	2.47	4.06
2A009	Ventilateur axial	0.8	11	21	400	8.73	14.04
2A017	Ventilateur radial	0.86	120	195	400	68.94	138.4
2A002	Agitateur sécheur à tambour	0.8	45	90	400	37.4	58.51
2A014	Appareil frigorifique	0.9	192	280	400	90.59	212.30
3A001	Elévateur à godets	0.83	11	22	400	8.5	13.9
3A004	Elévateur à godets	0.85	5.5	11.3	400	4.12	6.87
3A005	Convoyeur à vis	0.85	5.5	11.3	400	4.12	6.87
3A006	Convoyeur à vis	0.85	5.5	11.3	400	4.12	6.87
3A011	Convoyeur à vis	0.83	11	22	400	8.5	13.90
3A012	Elévateur à godets	0.85	5.5	11.3	400	4.12	6.87
3A014	Convoyeur à bande	0.85	5.5	11.3	400	4.12	6.87
3A015	Convoyeur à bande	0.85	5.5	11.3	400	4.12	6.87
Compresseur	Compresseur	0.86	38	86	400	30.4	48.66
Pont roulant	Pont roulant	0.85	19	29.5	400	10.76	21.84
E695.37N/48	Aérocondenseurs (*12)	0.88	660	95*12	400	381.46	762.31
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	0.94	10	16	400	3.78	10.69

3A017	Ventilateur	0.8	75	110	400	49.88	90.07
3T020	Agitateur	0.8	1.5	3	400	1.24	1.95
3P018	Pompe centrifuge	0.8	2.5	5	400	2.47	3.51
3P019	Pompe centrifuge	0.8	1.5	3	400	1.24	1.95
P 940.01	Pompe P940.01	0.85	37	68	400	24.82	44.55
	Départ Onduleur	1	40	57	400	/	40
	Transformateur d'éclairage	0.98	156.16	230	400	31.71	159.35
	Climatiseurs TGBT (*2)	1	31(*2)	7.6 (*2)	400	/	62
	Climatiseurs (*5)	1	1.5 (*5)	7.5 (*5)	230	/	7.5
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	1	4.32	10.84	230	/	4.32
	Eclairage : Projecteurs (*25)	1	14	35.14	230	/	14
	Micro-ordinateurs (*10)	1	4	10.04		/	4
Totaux	/		3025.98			1796.61	3519.14

III.2.2 Calcul de la puissance d'utilisation « P_{ui} » [13]

L'estimation de la puissance réellement absorbée par une charge électrique tient compte du taux de charge du récepteur par rapport à sa puissance nominale. Ainsi, la détermination de cette puissance nécessite une bonne connaissance du facteur d'utilisation

Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{ui} = K_u * P_n \quad (III -1)$$

Avec :

P_{ui} : Puissance d'utilisation ;

P_n : Puissance nominale ;

K_u : Facteur de d'utilisation.

III.2.3 Calcul de la puissance utile dans une branche « P_{uj} » [13]

Cette puissance est obtenue en établissant la somme de toutes les puissances utiles du groupe de récepteurs alimenté par la même branche, multipliée par le facteur de simultanéité correspondant. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{uj} = K_s * \sum P_{ui} \quad (III -2)$$

Avec :

P_{ui} : Puissance utilisée ;

P_{uj} : Puissance utilisée dans une branche ;

K_s : Facteur de simultanéité.

Les éléments de l'installation sont repartitionnés selon quatre armoires MCC (Motor Control Center) et une armoire d'éclairage, sauf pour quelques éléments qui sont raccordés directement au jeu de barre TGBT.

Tableau III .2 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC1 du TGBT

Repère	Equipement	K_u	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
1P027	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P026	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P035	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P034	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10

1P038	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P037	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P010	Pompe centrifuge	0.75	4.13	3.21	5.23
1P011	Pompe centrifuge	0.75	4.13	3.21	5.23
1P041	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P040	Pompe volumétrique	0.75	8.25	5.66	10
1P044	Pompe volumétrique	0.75	11.25	7.66	13.61
1P046	Pompe centrifuge	0.75	2.25	1.84	2.91
1P029	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.25	9.78
1P028	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.25	9.78
1P032	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.25	9.78
1P031	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.25	9.78
1P051	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.25	9.78
12A10-1	Agitateur cuite 1A001	0.75	71.25	51.19	87.73
12A10-2	Agitateur cuite 1A002	0.75	71.25	51.19	87.73
12A10-3	Agitateur cuite 1A003	0.75	71.25	51.19	87.73
1M009	Malaxeur de coulée	0.75	7.5	5.64	9.38
1M012	Malaxeur de coulée	0.75	8.25	5.84	10.11
1M013	Malaxeur de coulée	0.75	8.25	5.84	10.11
1M014	Pompe à piston rotatif	0.75	24	17.54	29.73
1M015	Malaxeur distributeur	0.75	3	2.33	3.80
1A024	Ventilateur	0.75	4.13	3.12	5.18
1A019	Vis d'Archimède	0.75	43.5	31.59	53.76
1A020	Vis d'Archimède	0.75	15	9.86	17.95
1A025	Agitateur de 1T025	0.75	13.5	7.94	15.66
1A036	Agitateur de 1T036	0.75	13.5	7.94	15.66
1A039	Agitateur de 1T039	0.75	13.5	7.94	15.66
1A043-1	Agitateur1 de 1T043	0.75	2.25	3.13	3.85
1A043-2	Agitateur2 de 1T043	0.75	2.25	3.13	3.85
	TOTAUX		501.38	352.83	613.08
	Puissance * ($K_s=0.6$)		300.83	211.7	367.85

Tableau III .3 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC2 du TGBT

Repère	Equipements	K_u	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
2A001	Convoyeur à vis	0.75	6	4.26	7.36
2A003	Convoyeur à vis	0.75	8.25	6.38	10.53
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	0.75	2.25	1.85	2.91
2A009	Ventilateur axial	1	11	8.73	14.04
2A017	Ventilateur radial	1	120	68.94	138.39
2A002	Agitateur sécheur à tambour	0.75	33.75	28.05	44.17
2P013	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.75	10.05
2P015	Pompe centrifuge	0.75	8.25	5.75	10.05
2P016	Pompe centrifuge	0.75	6	4.26	7.36
	TOTAUX		203.75	133.97	243.85
	Puissance * ($K_s=0.7$)		142.63	93.78	170.7

Tableau III .4 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC3 du TGBT

Repère	Equipement	K_u	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
3A001	Elévateur à godets	0.75	8.25	6.38	10.50
3A004	Elévateur à godets	0.75	4.13	3.09	5.15
3A005	Convoyeur à vis	0.75	4.13	3.09	5.15
3A006	Convoyeur à vis	0.75	4.13	3.09	5.15
3A011	Convoyeur à vis	0.75	8.25	6.38	10.43
3A012	Elévateur à godets	0.75	4.13	3.09	5.15
3A014	Convoyeur à bande	0.75	4.13	3.09	5.15
3A015	Convoyeur à bande	0.75	4.13	3.09	5.15
Pont roulant	Pont roulant	0.75	14.25	8.07	16.38
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	0.75	7.5	2.84	8.02
3A017	Ventilateur	1	75	49.88	90.07
3T020	Agitateur	0.75	1.13	0.93	1.46
3P018	Pompe centrifuge	0.75	1.65	1.85	2.48
3P019	Pompe centrifuge	0.75	1.13	0.93	1.46
/	TOTAUX		141.9	95.93	171.29
/	Puissance * ($K_s=0.6$)		85.14	57.56	102.77

Tableau III.5 : Bilan de puissances utilisées armoire MCC4 du TGBT

Repère	Equipement	K_u	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
E695.37N/48	Aérocondenseur	0.75	495	281.36	569.38
P 940.01	Pompe P940.01	0.75	27.75	18.62	33.42
	TOTAUX		522.75	299.98	602.71
	Puissance * ($K_s=0.6$)		313.65	179.99	361.62

Tableau III .6 : Armoire éclairage.

Repère	Equipement	K_u	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
/	Eclairage: 2*Réglettes (*60)	1	4.32	/	4.32
/	Eclairage : Projecteurs (*25)	1	14	/	14
/	Micro-ordinateurs (*10)	1	4	/	4
	TOTAUX		22.32	/	22.32
	Puissance * ($K_s=0.9$)		20.09	/	20.09

Tableau III .7 : Tableau des différents éléments raccordés directement au jeu de barres

Repère	Equipement	K_u	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
1S016	Centrifugeuse B1750L	0.75	187.5	124.9	225.29
1S017	Centrifugeuse B1750L	0.75	187.5	124.9	225.29
1S018	Centrifugeuse B1750L	0.75	187.5	124.9	225.29
/	Climatiseurs TGBT (*2)	1	62	/	62
/	Climatiseurs Bât (*5)	1	7.5	/	7.5
/	Appareil frigorifique	0.75	144	84.56	166.99
/	Départ Onduleur	1	40	/	40
	Compresseur	0.75	28.5	30.40	41.67
/	Transformateur d'éclairage	1	160	/	160
	TOTAUX		1004.5	489.66	1117.49
	Puissance * ($K_s=0.9$)		904.05	440.69	1005.74

- **La charge totale du TGBT [13]**

La puissance utilisée totale nous servira, ensuite, à prévoir la puissance au poste de transformation en prenant compte de l'évolution de la charge.

$$P_{ut} = K_e * K_s * \sum P_{ui} \quad (\text{III -3})$$

Avec :

P_{ut} : Puissance utilisée totale dans l'installation ;

K_e : Facteur d'extension ($K_e = 1.2$) ;

K_s : Facteur de simultanéité ;

P_{ui} : Puissance utilisée dans une charge.

Tableau III .8 : Bilan de puissances utilisées totale du TGBT

Puissances	P_{ut} (kW)	Q_{ut} (kVAR)	S_{ut} (kVA)
Totaux avec coefficient d'extension $K_e = 1.2$	2119.668	1180.464	2426.21

III.2.4 Caractéristique de l'installation

L'installation se caractérise de ces paramètres suivants :

Tableau III.9 : Caractéristique de l'installation

Coefficient d'extension	K_e	1.2
La puissance d'utilisation consommée par l'installation (kW)	P_{ut}	2119.668
La puissance réactive de l'installation (kVAR)	Q_{ut}	1180.464
La puissance foisonnée de l'installation (kVA)	S_{ut}	2426.21
Courant d'emplois de l'installation (A)	I_e	3501.193
Facteur de puissance de l'installation	$\cos \varphi = P_{ut}/S_{ut}$	0.87

III.2.5 Choix et Dimensionnement du transformateur

Le transformateur HTA/BT, est abaisseur dans notre cas, permette d'alimenter des installations basse tension à partir d'un réseau haute tension.

Après le calcul des puissances, nous allons choisir le transformateur de puissance normalisée, comme il apparait sur le Tableau III .10.

Tableau IV.10 : Puissances et tension normalisées des transformateurs [17]

Transformateur sur poteau (kVA)	25-50-100-160
Transformateurs en cabine (kVA)	50-100-160-250-400-630-800-1000-1250- 1600-2000-3150
Tension primaires (kV)	5.5-10-15-20-30
Tension secondaires (V)	231/400

- ❖ **Résultat** : Le choix de transformateur se portera sur : **le transformateur 3150 kVA**. Ce choix est justifié par la puissance totale demandé par l'installation, comme montré dans le tableau III.9.

III.2.6 Source de secours [13]

Les entreprises ne cessent de chercher les moyens d'augmenter leur productivité, et ne peuvent supporter les conséquences des coupures des courants répétitives qui risquent de nuire à leurs moyens de production et à leur productivité. Afin d'éviter toute coupure de courant, on utilise des sources de secours : les groupes électrogènes.

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui actionne un alternateur. Les groupes électrogènes sont utilisés dans les zones que le réseau de distribution électrique ne dessert pas ou comme une source de secours lors d'une coupure d'alimentation électrique. Ils représentent pour l'installation une sorte de sécurité et sources de remplacement en cas de défaillance. Le groupe électrogène est associé éventuellement à un onduleur pour mettre et maintenir en sécurité des installations sur des périodes incompatible avec l'autonomie de batteries.

III.2.6.1 Les critères de choix d'un groupe électrogène [18]

- Le besoin en puissance ;
- La puissance maximale en continue ;
- La vitesse du moteur ;
- La taille du réservoir ;
- Le démarrage ;
- Le niveau sonore ;
- La puissance générer ;
- Le degré de protection.

III.2.6.2 Dimensionnement du groupe électrogène

Pour choisir notre groupe électrogène, il faut d'abord faire une étude sur le premier critère qui est le besoin en puissance.

Nous allons calculer la puissance nominale de chaque appareil, mais la puissance nominale n'est pas tout, il faut aussi prendre en compte la puissance de démarrage, sinon il y aura une surintensité du courant. En effet, et pour plus de sécurité, ces éléments secourus doivent démarrer un par un mais non pas tous à la fois, du moment qu'un élément démarre jusqu'à la stabilisation de son courant, on démarre un autre. Le tableau III.11 rassemble les éléments sélectionnés pour être secourus, de ce fait, ils seront alimentés par le groupe en cas de coupure de l'alimentation principale.

Tableau III.11 : Dimensionnement du groupe pour les équipements secourus

Repère	Equipements	P_{ui} (kW)	Q_{ui} (kVAR)	S_{ui} (kVA)
1A001	Agitateur cuite 1A001	71.25	51.19	87.73
1A002	Agitateur cuite 1A002	71.25	51.19	87.73
1A003	Agitateur cuite 1A003	71.25	51.19	87.73
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	7.5	5.64	9.38
1M012	Malaxeur de coulée	8.25	5.84	10.11
1M013	Malaxeur de coulée	8.25	5.84	10.11
1M015	Malaxeur distributeur	3	2.35	3.81
1A025	Agitateur de 1T025	13.5	7.94	15.66
1A036	Agitateur de 1T036	13.5	7.94	15.66
1A039	Agitateur de 1T039	13.5	7.94	15.66
1A0431	Agitateur1 de 1T043	2.25	3.13	3.85
1A0432	Agitateur2 de 1T043	2.25	3.13	3.85
2A002	Agitateur sécheur à tambour	33.75	28.1	43.92
3T020	Agitateur	0.83	0.86	1.2
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	3.24	/	3.24
	Eclairage : Projecteurs (*25)	10.5	/	10.5
	Micro-ordinateurs (*10)	3	/	3
	Totaux	337.07	232.28	409.35

❖ **Résultat** : pour ces équipements secourus nous recommandons **le groupe de 500 kVA**.

III.3 Compensation de l'énergie réactive [4]

De nombreux récepteurs consomment de l'énergie réactive pour créer les champs électromagnétiques (moteurs, transformateurs, ballasts de tubes fluorescents, etc.). Compenser l'énergie réactive, c'est fournir cette énergie à la place du réseau de distribution par l'installation des batteries de condensateurs, source d'énergie réactive de puissance Q_c des machines tournantes de types synchrones ou asynchrones.

Pratiquement, on utilise les condensateurs statiques dont le diélectrique est constitué d'un papier imprégné de liquide isolant, ces condensateurs sont regroupés en série/parallèle pour constituer des batteries de condensateurs, qui peuvent être directement raccordées en BT ou en MT.

Dans l'installation, la distance entre le TGBT et la batterie ne doit pas dépasser 15m. Ce dispositif doit être mis au plus près de la charge pour éviter que l'énergie réactive ne soit appelée sur le réseau. La puissance réactive des condensateurs à mettre en œuvre, doit être déterminée en fonction de la puissance de l'installation, du facteur de puissance ($\cos \varphi$) d'origine et du $\cos(\varphi)$ requis à l'arrivée

III.3.1 Matériel et mode de compensation d'énergie réactive [4]

En basse tension, la compensation est réalisée avec deux familles de produits :

- Les condensateurs de valeurs fixes.
- Les équipements à régulation automatique ou batteries automatiques qui permettent d'ajuster en permanence la compensation aux besoins de l'installation, elles permettent l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge.

Ce type d'équipement permet l'adaptation automatique de la puissance réactive fournie par les batteries de condensateurs en fonction d'un $\cos(\varphi)$ désiré et imposé en permanence.

Il est utilisé dans le cas où la puissance active varie dans des proportions importantes, c'est-à-dire essentiellement aux bornes des tableaux généraux BT et pour les gros départs.

III.3.2 Mode de compensation

La compensation d'une installation peut être réalisée de différentes façons [4] :

III.3.2.1 Compensation 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.2).

Lorsque la charge est stable et continue, une compensation globale convient.

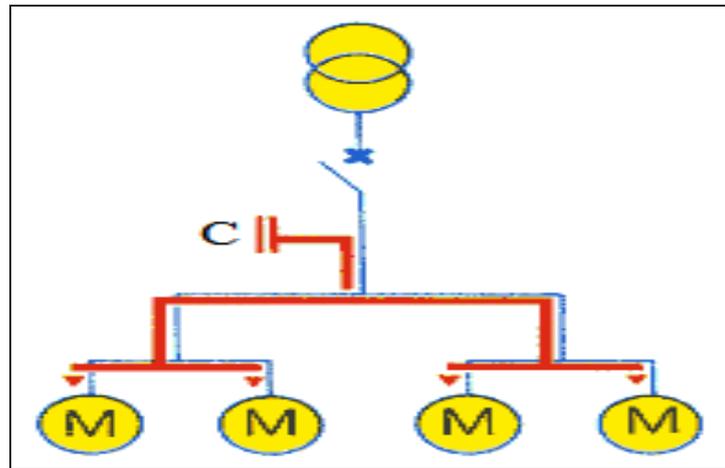


Figure III.2 Compensation globale.

III.3.2.2 Compensation Partielle

La batterie est raccordée au tableau de distribution et fournit l'énergie 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.3).

Une compensation partielle est conseillée lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont différents.

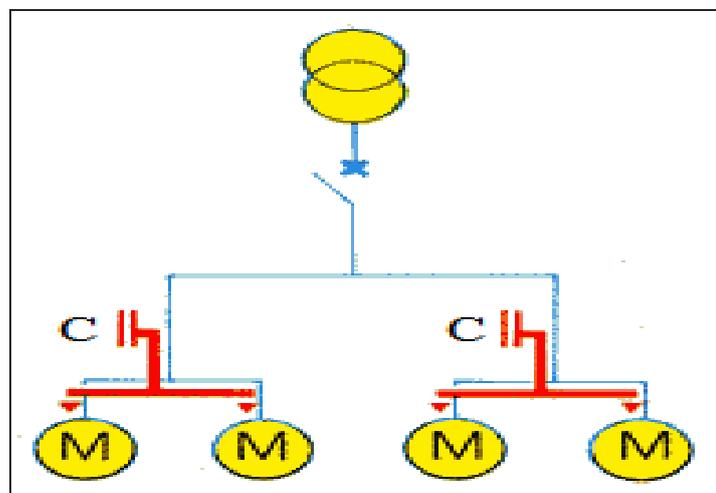


Figure III.3 : Compensation partielle.

III.3.2.3 Compensation Locale (individuelle)

La batterie est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur de type inductif. Lorsqu'elle est possible, cette compensation produit l'énergie réactive à l'endroit même où est consommée et en quantité ajustée aux besoins (Figure III.4).

Une compensation individuelle est à envisager lorsque la puissance de certains récepteurs est importante par rapport à la puissance totale.

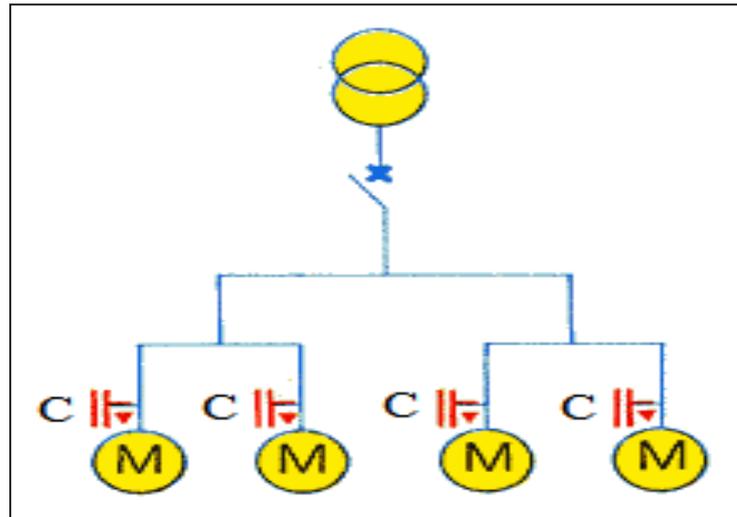


Figure III.4 : Compensation locale.

III.3.3 Choix de type de compensation

Il existe deux types de compensation [19] :

- Compensation fixe :

On met en service l'ensemble de la batterie, dans un fonctionnement "tout ou rien". La mise en service peut être manuelle (par disjoncteur ou interrupteur), semi-automatique (Par contacteur), asservie aux bornes des moteurs. Ce type de compensation est utilisé lorsque la puissance réactive est faible (< 15 % de la puissance du transformateur) et la charge relativement stable.

- Compensation automatique ou en "gradins" :

La batterie de condensateurs est fractionnée en gradins, avec possibilité de mettre en service plus ou moins de gradins, en général de façon automatique. Ce type de batterie est installé en tête de la distribution BT ou d'un secteur important. Elle permet une régulation pas à pas de l'énergie réactive. L'enclenchement et le déclenchement des gradins sont pilotés par un relais var métrique.

III.3.4 Puissance réactive à installer [20]

La puissance réactive, Q_c à compenser d'un équipement électrique peut être déduite à partir de la puissance active et du facteur de puissance de l'installation.

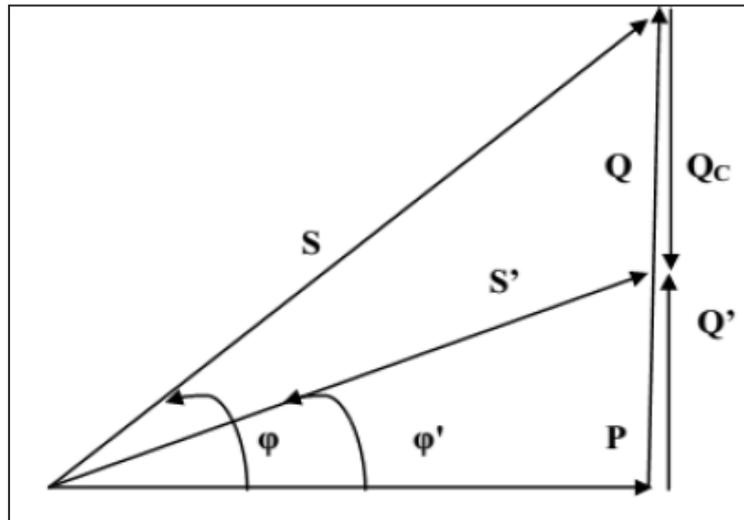


Figure. III.5 : Triangle de puissances [20]

* Avant compensation :

Puissance active P (en kW)

Puissance réactive Q (kVAR)

Puissance apparente S (en kVA)

Facteur de puissance $\cos \phi$

* Après compensation avec une :

Puissance réactive de compensation Q_c (en kVAR)

Puissance active P (en kW)

Puissance réactive Q' (kVAR)

Puissance apparente S' (en kVA)

Facteur de puissance $\cos \phi'$

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (\text{III -4})$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{Q}{P} \quad \Leftrightarrow \quad Q = P * \operatorname{tg} \phi \quad (\text{III -5})$$

$$\operatorname{tg} \phi' = \frac{Q'}{P} \quad \Leftrightarrow \quad Q' = P * \operatorname{tg} \phi' \quad (\text{III -6})$$

$$Q = Q' + Q_c \quad (\text{III -7})$$

D'où

$$Q_c = Q - Q'$$

De ... (III -5) et ... (III -6) : $Q_C = P * (\text{tg } \varphi - \text{tg } \varphi')$

III.3.5 Calcul des valeurs de capacités des condensateurs

* En monophasé :

La valeur de la capacité se calcul à l'aide de la relation suivante :

$$Q_C = C_{eq} * \omega * V^2 \quad (\text{III -8})$$

* En triphasé :

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

a) Montage triangle

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

$$Q_C = 3 * C * \omega * U^2 \quad (\text{III -9})$$

$$C_{eq} = \frac{m}{n} * C \quad (\text{III -10})$$

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) Montage étoile

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

$$Q_C = C * \omega * V^2 \quad (\text{III -11})$$

$$\text{Et } Q_{C-\Delta} = 3 * C_{eq} * \omega * U^2 \quad (\text{III -12})$$

$$C_{eq} = \frac{Q_{C-\Delta}}{3 * \omega * U^2}$$

$$3 * C_{eq-\Delta} = \frac{Q_{C-\Delta}}{\omega * U^2} \quad (\text{III -13})$$

$$Q_{C-Y} = 3 * C_{eq} * \omega * V^2 = 3 * C_{eq} * \omega * \left(\frac{U}{\sqrt{3}}\right)^2$$

$$Q_{C-Y} = \frac{3}{3} * C_{eq} * \omega * U^2$$

$$C_{eq-Y} = \frac{Q_{C-Y}}{\omega * U^2} \quad (\text{III -14})$$

De... (III -13) et... (III -14) : $C_{eq-Y} = 3 * C_{eq-\Delta}$

III.3.6 Calcul de la puissance de compensation

Nous avons opté pour le mode de compensation globale qu'on trouve meilleur sur le plan d'investissement à long terme ; elle permet d'éliminer l'énergie réactive qui circule en amont des batteries. La diminution du courant réactif transitant, nous permet d'avoir des sections des câbles faibles et aussi une faible chute de tension.

Pour calculer la puissance réactive compensée Q_c , il faut tenir compte des étapes citées ci-dessus pour le mode à choisir.

- Calcul des batteries de compensation pour le TGBT

Pour calculer la puissance réactive compensée Q_c , on utilise les formules citées précédemment,

Au niveau de TGBT on a :

$$\cos \varphi = 0.87 \quad ; \quad \operatorname{tg} \varphi = 0.57$$

On a aussi,

$$Q_{ui} = 983.72 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi' = 0.93 \text{ Désiré ainsi, } \operatorname{tg} \varphi' = 0.395$$

$$Q_c = (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

$$Q_c = 1766.39 * (0.57 - 0.395) = 309.12 \text{ kVAR}$$

$$Q = Q' + Q_c \quad \Leftrightarrow \quad Q' = Q - Q_c$$

$$Q' = 983.72 - 309.12 = 674.46 \text{ kVAR}$$

$$Q_{c-\Delta} = 3 * C_{eq} * \omega * U^2 \quad \Leftrightarrow \quad C_{eq} = \frac{Q_c}{3 * \omega * U^2}$$

$$\text{AN: } C_{eq} = \frac{309.12}{3 * 314 * 400^2} = 2.05 \mu\text{F}$$

$$C_{\Delta} = 2.05 \mu\text{F} \quad ; \quad C_Y = 6.15 \mu\text{F}$$

- **Remarque**

Il est préférable de choisir le montage triangle des condensateurs car il est avantageux cotés économique et encombrement.

Les puissances réactives avant et après compensation et les valeurs des capacités des condensateurs pour le TGBT sont données dans le tableau III.12 :

Tableau III.12 Les puissance réactive fournis par les batteries de compensation

/	Avant compensation				Après compensation				
	P_{uj} (kW)	Q_{uj} (kVAR)	S_{uj} (kVA)	$\cos \phi$	Q_c (kVAR)	Q' (kVAR)	$\cos \phi'$	C_{Δ} (μF)	C_Y (μF)
TGBT	1766.39	983.72	2021.84	0.87	309.12	674.46	0.93	2.05	6.15

- **Type de compensation :**

$$\frac{Q_c}{S_{uj}} = 0.153 = 15.3 \%$$

D'après nos résultats, la compensation de l'installation s'effectue avec une compensation automatique.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de réaliser un bilan de puissance des charges en utilisant les trois coefficients d'utilisations, de simultanités et d'extension, afin de dimensionner le transformateur et déduire le facteur de puissance globale.

Nous avons aussi, pu estimer la charge totale à secourir pour les éléments qui ne doivent pas être interrompus par une coupure d'électricité et de dimensionner le groupe électrogène adéquat pour l'installation.

D'après les résultats de calcul obtenus, nous constatons que l'installation présente un facteur de puissance moyen de $\cos(\phi) = 0.87$ entraînant des pertes non exploitées. D'où, nous avons calculé l'énergie à compenser et dimensionner les batteries à utiliser.

Le prochain chapitre sera dédié au choix et au dimensionnement des éléments de l'installation et le système de protection.

Chapitre 04 :
Choix et dimensionnement des éléments de
l'installation

Introduction

Le câble électrique est l'élément fondamental de transport de l'énergie électrique dans un réseau. De ce fait, il doit être déterminé soigneusement. D'autre part, et comme dans tout investissement, ce câble doit être le plus économique possible. Ainsi, son calcul doit tenir compte aussi bien du côté technique que du côté économique. Dans ce présent chapitre, nous allons procéder au dimensionnement des équipements de transit de puissance ainsi que les dispositifs de protection. Après le calcul des courants de court-circuit, nous procéderons à la vérification des dispositifs de protection et la tenue des câbles et des jeux de barres aux efforts thermiques.

IV.1 Conditions générales de choix et de dimensionnement des câbles [21]

La section d'un câble doit satisfaire aux conditions techniques suivantes :

- Un échauffement normal de l'âme conductrice n'entraînant pas détérioration des propriétés isolantes des constituants de l'enveloppe et la gaine lorsqu'elle fait transiter l'intensité admissible en régime permanent, cette condition doit prendre en compte :
 - La constitution 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).
- Une chute de tension au plus égale :
 - Aux limites réglementaires.
 - Ou à l'écart accepté entre la tension disponible au départ et la tension souhaitée à l'arrivée.
- Une bonne tenue à une surintensité de courte durée due à un courant de court-circuit et qui se traduit par des courants intenses dans les écrans métalliques des câbles d'où une augmentation de l'échauffement et un risque de détérioration accrue.

A ces conditions s'ajoutent :

- Des conditions de sécurité, protection contre les contacts indirects.
- Une condition économique, cette condition, consiste à rechercher la section qui, en régime permanent, rend minimale la somme du coût d'investissement et du coût d'exploitation.

IV.2 Caractéristiques des câbles [4]

Les câbles basse tension qui sont utilisés dans l'installation Sucre Roux sont de type U1000R2V multipolaire, dont les caractéristiques sont données ci-dessous selon la norme NFC 32-321.

U : câble normalisé ; 1000 : tension nominale (V) ; R : conducteur isolé au polyéthylène réticulé chimiquement (PRC) ; 2 : gain épaisse de protection et V : polychlorure de vinyle.

L'âme conductrice doit supporter une température maximale de 85°C en permanence et une température de 250°C en court-circuit.

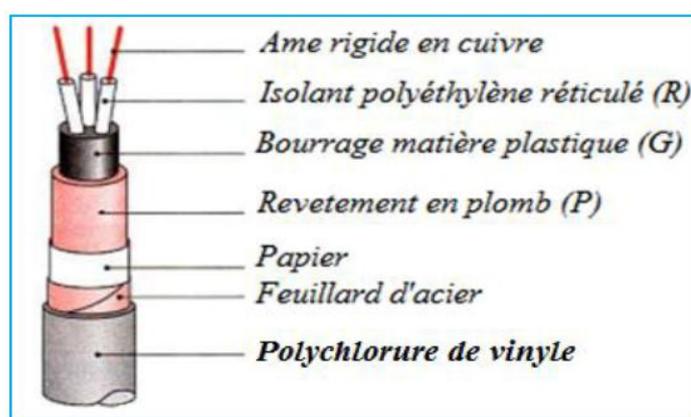


Figure IV.1: Constitution du câble électrique.

IV.3 Détermination des sections des câbles

IV.3.1 Détermination des courants influençant sur la section

a) Courant d'emploi I_e

Le courant d'emploi « I_e » est le courant correspondant à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal.

- En monophasé

$$I_e = \frac{S}{U} \quad (IV.1)$$

- En triphasé

$$I_e = \frac{S}{\sqrt{3} * U} \quad (IV.2)$$

Avec U : tension composée en triphasée (V) et S : Puissance apparente (VA),

b) Courant admissible I_{ad}

Le courant admissible par l'âme conductrice d'un câble est donné par l'expression:

$$I_{ad} \geq \frac{I_e}{K} \quad (IV.3)$$

Avec, K : Facteur de correction tenant compte de la température et du groupe des conducteurs.

c) Courant fictif I_f

Le calcul du courant fictif I_f est nécessaire pour déterminer la section du câble, ce courant fictif est une correction maximum du courant d'emploi I_e réellement transité dans le câble suivant l'expression :

$$I_f = \frac{I_e}{K} \leq I_{ad} \quad (IV.4)$$

Avec, K: facteur de correction tenant compte de condition d'exploitation du câble.

IV.3.2 Calcul et choix des sections des câbles en basse tension**IV.3.2.1 Calcul de la section selon l'échauffement S_e [15]**

Le calcul de la section d'un conducteur dans une ligne électrique est fonction des différents paramètres de l'installation :

- ✓ 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 I_e .

Ainsi on calcul la valeur du courant fictif suivant la relation :

$$I_f = \frac{I_e}{K} = \frac{I_e}{K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s} \quad (IV.5)$$

- ❖ Le mode de pose dans notre étude c'est « **Corbeau** » qui est sélectionné par la lettre **E** d'après le tableau N°1 de l'annexe 01.

Corbeaux : Supports horizontaux de câbles fixés à l'une de leurs extrémités, disposés de place en place et sur lesquels ceux-ci reposent (Figure IV.2).

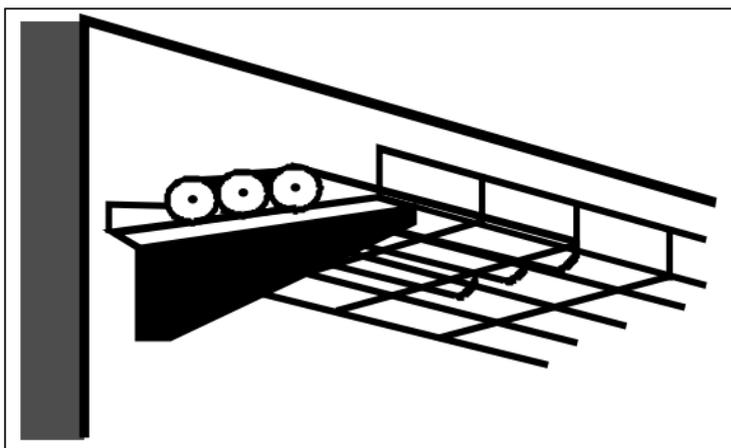


Figure IV.2 : Mode de pose « corbeau ».

- ❖ Le facteur de correction $K_1=1$ prend en compte le mode de pose comme le montre le tableau N°2 de l'annexe 01.
- ❖ Le facteur de correction $K_2=0.82$ prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés coté à coté donné dans le tableau N°3 de l'annexe 01.
- ❖ Le facteur de correction $K_3=1$ prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant donné dans le tableau N°4 de l'annexe 1.
- ❖ Le facteur de correction de neutre chargé K_n , Selon la norme (NF C15-100§ 532 .5.2) :
 $K_n = 0,84$
- ❖ Le facteur de correction dit la symétrie K_s selon la norme (NF C15-105 § B.5.2) :
 $K_s = 1$ pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie
 $K_s = 0,8$ pour 2, 3 et 4 câbles par phase si non-respect de la symétrie

Exemple de calcul effectué sur l'élément (l'Agitateur cuite 1A001) :

$$\text{On a: } I_f = \frac{I_e}{K} = \frac{I_e}{K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s} = \frac{158}{0.55}$$

$$I_f = 287.27 \text{ A}$$

Le courant admissible choisi directement supérieur au courant fictif est de **287.27 A**, ce qui correspond à une section de **95 mm²**.

Le courant admissible correspondant au courant fictif I_f et la section S_j sont choisis à partir du tableau N°5 de l'annexe 01.

Les résultats obtenus pour chacun des circuits du TGBT sont résumés dans le tableau N° 1 de l'annexe 02.

IV.3.2.2 Vérification de la chute de tension

Connaissant le courant I_e , le $\cos \varphi$ et la chute de tension admissible dans les charges à étudier et la longueur de la canalisation, on détermine la section du conducteur convenable S_z .

❖ Exemple de calcul effectué sur l'équipement (**Agitateur cuite 1A001**) :

$$\text{On a: } I_e = 158 \text{ A, } U = 400 \text{ V, } L = 0.15 \text{ km, } \cos(\varphi) = 0.81, S_j = 95 \text{ mm}^2$$

Calcul de la résistance linéique R :

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

$$R = \frac{22.5 * 0.15}{95} = 0.04 \Omega$$

Calcul de la réactance linéique X :

$$X = \lambda * L$$

$$X = 0.08 * 0.15 = 0.012 \Omega$$

Calcul de la chute de tension de cet élément :

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_e * (R * \cos(\varphi) + X * \sin(\varphi))$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 158 * (0.04 * 0.81 + 0.012 * 0.58)$$

$$\Delta U = 9.88 \text{ V}$$

$$\Delta U(\%) = 100 * \frac{\Delta U}{U_n} = 2.47 \%$$

$$\Delta U(\%) < 8 \%$$

Interprétation de ces résultats :

La chute de tension calculée est inférieure à la valeur normalisée 8 %, on déduit que la section choisie selon l'échauffement sera retenue $S_z = 95 \text{ mm}^2$.

Nous ne récapitulons que les résultats de vérification selon la chute de tension valident les sections choisies voir le Tableau N°2 dans l'annexe 02.

IV.4 Choix et dimensionnement des jeux de barres [22, 23]

Le dimensionnement du jeu de barres se fait en tenant compte des conditions normales d'exploitation. C'est pour cela qu'il faut s'assurer que les barres résistent aux effets mécaniques, thermiques dues aux courants de court-circuit.

IV.4.1 Jeu de barre principal

Les étapes à suivre pour le dimensionnement de jeu de barre principale sont comme suit :

IV.4.1.1 Le courant nominal I_n

Le courant nominal qui parcourt les conducteurs des jeux de barres (courant du transformateur) est donné par la relation :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (\text{IV.6})$$

Avec,

S_n : Puissance apparente nominale (VA),

U_n : Tension nominale composée entre deux phases (V).

$$I_n = \frac{3150 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4546.63 \text{ A}$$

IV.4.1.2 Le courant admissible I_{ad}

Le courant admissible maximal est estimé à 1,2 fois le courant nominal qui parcourt les jeux de barres.

$$I_{ad} = 1.2 \cdot I_n \quad (\text{IV.7})$$

$$I_{ad} = 1.2 \cdot 4546.63 = 5455.96 \text{ A}$$

Connaissant le courant admissible, on peut choisir la section des barres directement à partir du (tableau 07 de l'annexe 01), température ambiante 40°C.

Pour un conducteur en cuivre nu et pour un courant admissible normalisé de 5455.96 A, donc la section sera, $S = 2 \cdot (200 \cdot 10) = 2 \cdot 2000 \text{ mm}^2$.

IV.4.1.3 Vérification aux contraintes thermiques [23]

a) Au passage de courant assigné (I)

La formule de *MELSON & BOTH* permet de définir l'intensité admissible dans un conducteur :

$$I = K \cdot \frac{24.9 \cdot (\theta - \theta_n)^{0.61} \cdot S^{0.5} \cdot P^{0.39}}{\sqrt{\rho_{20} \cdot [1 + \alpha(\theta - 20)]}} \quad (\text{IV.8})$$

Avec,

I : Intensité de courant admissible en A ;

θ_n : Température ambiante en °C (la température $\leq 40^\circ\text{C}$) ;

θ : Température du conducteur en °C (Voir le tableau 06 de l'annexe 01) ;

S : Section d'une barre en cm^2 ;

P : Périmètre d'une barre en cm ;

ρ_{20} : Résistivité du conducteur à 20°C (Cuivre : 1,83 $\mu\Omega.cm$; Aluminium : 2,90 $\mu\Omega.cm$) ;

α : Coefficient de température de la résistivité : 0,004 ;

K : Coefficient de conditions de pose, il est le produit de 6 coefficients ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$).

- Définition du coefficient de conditions de pose K :

Le coefficient de conditions de pose il se détermine à partir de la formule suivante:

$$K = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6.$$

- Signification des différents coefficients :

Le coefficient K_1 est fonction du nombre de barres méplates par phase, pour :

- Pour 1 barre chaque phase $K_1 = 1$;
- Pour 2 ou 3 barres chaque phase, voir le tableau ci-dessous.

Tableau IV.1 : Valeurs de coefficient K_1 selon le nombre de jeux de barres. [14]

$\frac{e}{a}$: (e : Epaisseur de la barre, a : Longueur de la barre)									
0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	
Nombre de barres par phase		K_1							
2	1.63	1.73	1.76	1.80	1.83	1.85	1.87	1.89	1.91
3	2.4	2.45	2.5	2.55	2.6	2.63	2.65	2.68	2.7

Dans notre cas :

$$\frac{e}{a} = \frac{10}{200} = 0.05 ; \text{ donc à partir du tableau ci-dessus nous prenons la valeur de } K_1 \text{ pour le}$$

nombre de barres par phase qui est : **2 barres**. D'où le coefficient $K_1, K_1 = 1.63$

Le coefficient K_2 est fonction de l'état de surface des barres :

- Nues $\Rightarrow K_2 = 1$ (notre cas) ;
- Peintes $\Rightarrow K_2 = 1.15$.

Le coefficient K_3 est fonction de la position des barres :

- Barres sur chant $\Rightarrow K_3 = 1$ (notre cas) ;
- 1 barre à plat $\Rightarrow K_3 = 0.95$;

- Plusieurs barres à plat $\Rightarrow K_3 = 0.75$.

Le coefficient K_4 est fonction de l'endroit où sont installées les barres :

- Atmosphère calme à l'intérieur $\Rightarrow K_4 = 1$;
- Atmosphère calme à l'extérieur $\Rightarrow K_4 = 1,2$ (notre cas) ;
- Barres dans une gaine non ventilée $\Rightarrow K_4 = 0,80$.

Le coefficient K_5 est fonction de la ventilation artificielle :

- Sans ventilation artificielle $K_5 = 1$.
- Le cas avec ventilation devra être traité au cas par cas et ensuite validé par des essais.

Le coefficient K_6 est en fonction de la nature du courant :

- Pour un courant alternatif de fréquence ≤ 60 Hz, K_6 en fonction du nombre de barres « n » par phase et de leur écartement. La valeur de K_6 pour un écartement égal à l'épaisseur des barres :

Tableau IV.2 : Les valeurs de coefficient K_6 en fonction du nombre de barres n par phase et de leur écartement.

N	1	2	3
K_6	1	1	0.98

Dans notre cas, le nombre de barres est $n = 2$ d'où $K_6 = 1$.

Alors, la valeur de K se calcule comme suit :

$$K = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 = 1.63 * 1 * 1 * 1.2 * 1 * 1 = 1.96$$

• **Vérification de la section :**

$\theta_n = 40^\circ\text{C}$: Température ambiante.

$S = (200 * 10) = 2000 \text{ mm}^2 = 20\text{cm}^2$: Section d'une barre.

$P = (200 + 10) * 2 = 420\text{mm} = 42\text{cm}$: Périmètre d'une barre.

$\rho_{20} = 1.83 * 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$: Résistivité du conducteur à 20°C .

$\alpha = 0.004$: Coefficient de température de la résistivité.

$\theta = 90^\circ\text{C}$: Température de la nature de l'organe qui fait le raccordement du jeu de barres.

$$I = 1.96 * \frac{24.9 * (90 - 40)^{0.61} * 20^{0.5} * 42^{0.39}}{\sqrt{1.83 * [1 + 0.004 * (90 - 20)]}} = 6663.74 \text{ A}$$

Nous avons le courant admissible dans une barre $I_{ad} = 5455.96 \text{ A}$.

Et le courant admissible selon la formule de MELSON et BOTH par rapport à la section choisie, $I = 6663.74 \text{ A}$

Donc : $I_{ad} = 5455.96 \text{ A} < I = 6663.74 \text{ A}$.

On constate que le courant trouvé I est supérieur au courant admissible I_{ad} , donc la section choisie vérifie la tenue thermique du au passage du courant admissible.

- **Remarque**

Si la valeur du courant calculé (I) est supérieure à la valeur du courant admissible (I_{ad}), donc la section choisie convient.

Si la valeur du courant calculé (I) est inférieure à la valeur du courant admissible (I_{ad}), donc on fait le choix d'une autre section qui soit supérieure de cette dernière pour que la condition soit vérifiée.

b) Au passage d'un courant de court-circuit I_{cc} [23]

On admet que, pendant toute la durée (1 à 3s) :

- Toute la chaleur dégagée sert à élever la température du conducteur ;
- Les effets du rayonnement sont négligeables.

Pour le calcul de l'échauffement dû à un court-circuit, on utilise la formule suivante :

$$\Delta\theta_{cc} = 0.24 * \frac{\rho_{20} * I_{cc}^2 * t_k}{(n * S)^2 * c * \delta} \quad (\text{IV.9})$$

Avec,

$\Delta\theta_{cc}$: Echauffement dû au court-circuit ($^{\circ}\text{C}$),

c : Chaleur spécifique du métal (Cuivre : 0,091 kcal/daN $^{\circ}\text{C}$, Aluminium: 0,23 kcal/daN $^{\circ}\text{C}$),

n : Nombre de barre(s) par phase,

I_{cc} : Courant de court-circuit de courte durée (kA),

S : Section d'une barre en cm^2 ,

t_k : Durée du court-circuit de courte durée (1 à 3 s),

ρ_{20} : Résistivité du conducteur à 20°C (cuivre : $1,83\mu\Omega/\text{cm}$, Aluminium: $2,90\mu\Omega/\text{cm}$),

δ : Masse volumique du métal (Cuivre: $8,9\text{ g/cm}^3$, Aluminium: $2,7\text{ g/cm}^3$).

$$I_{cc} = \frac{m * c * U_n}{\sqrt{3} * Z_{cc}} \quad (\text{IV.10})$$

Avec,

m : Facteur de tension = 1.05 ;

c : Facteur de charge à vide = 1.05 ;

U_n : Tension nominale composée entre deux phases (V) ;

Z_{cc} : Impédance parcourues par I_{cc} du générateur jusqu'au point de défaut :

$$Z_{cc} = \frac{U_{cc} * U_0^2}{100 * S_{tr}} \quad (IV.11)$$

S_{tr} : Puissance apparente nominale du transformateur (VA) ;

U_{cc} : La tension de court circuit du transformateur (V), ($U_{cc} = 6\%$ pour un transformateur de 3150 kVA, voir le tableau N°08 annexe 01).

✓ Calcul de l'impédance :

$$Z_{cc} = \frac{6 * 400^2}{100 * 3150 * 10^3} = 3.05 * 10^{-3} \Omega$$

✓ Calcul d' I_{cc} :

$$I_{cc} = \frac{1.05 * 1.05 * 400}{\sqrt{3} * 3.05 * 10^{-3}} = 83.479 \text{ kA}$$

✓ Calcul d'échauffement dû à un court-circuit :

Pour une durée de court-circuit $t_k = 3s$ nous aurons :

$$\Delta\theta_{cc} = 0.24 * \frac{1.83 * 10^{-6} * (83479)^2 * 3}{(2 * 20)^2 * 0.091 * 8.9} = 7.09 \text{ °C}$$

La température θ_t du conducteur après le court-circuit est calculée avec la formule suivante :

$$\theta_t = \theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} \quad (IV.12)$$

θ : Température (en °C) choisie en fonction de la nature de l'organe, du matériau et du diélectrique, (Tableau N°07 Annexe 01).

$$\theta_t = 40 + (90 - 40) + 7.09 = 97.09 \text{ °C} .$$

$$\theta_t = 97.09 \text{ °C}.$$

$\theta_{max} = 200 \text{ °C}$: Température maximale supportable par les pièces en contact avec le jeu de barres.

$$\theta_t < \theta_{max} : \text{D'où ; le jeu de barre choisi convient, } S = 2 * (200 * 10) = 2 * 2000 \text{ mm}^2.$$

IV.4.2 Jeu de barre secondaire des armoires MCC

Concernant les jeux de barres des armoires MCC1, MCC2, MCC3 et MCC4 nous avons utilisé la même méthode pour le calcul du facteur global K (à partir de choix des 6 facteurs $K = 1.2$), le calcul des courants admissibles, et le choix de la section (selon le courant admissible normalisée dans tableau 07 de l'annexe 01).

Le tableau suivant représente les résultats du calcul et du choix des sections des jeux de barres MCC1, MCC2, MCC3 et MCC4.

Tableau IV.3 : Sections des jeux de barres MCC.

/	K	Courant admissible (A)	Section de la barre (mm ²)	Vérification selon le courant assigné I
Jeu de barre MCC1	1.2	769.24	4 * 80 = 320	1141.58
Jeu de barre MCC2	1.2	360.18	3.15 * 31.5 = 99.23	449.89
Jeu de barre MCC3	1.2	214.48	2 * 25 = 50	290.89
Jeu de barre MCC4	1.2	782.79	4 * 80 = 320	1141.58

IV.5 Calcul des courants de court-circuit

La méthode que nous allons adopter pour le calcul des courants de court circuit est la méthode des impédances. Pour cela, nous allons calculer la plus forte intensité de court-circuit, qui est celle engendrée par un court-circuit triphasé noté I_{cc} . La disposition d'un réseau de distribution de moyenne tension ou basse tension comporte toujours les éléments suivant :

- Le réseau amont ;
- Le ou les transformateurs ;
- Le ou les disjoncteurs ;
- Les câbles, les jeux de barres et les canalisations.

Le tableau IV.04, présenté dans la page suivante, illustre calcul des courants de court-circuit dans les différents niveaux de l'installation.

Toutefois, nous récapitulons les résultats de calcul des courants de court-circuit dans les différents départs sur le tableau N°3 de l'annexe 2.

Remarque : P_{cu} : perte en cuivre (perte en charge) du transformateur 3150 (kVA) sont donnée dans le tableau 08 dans l'annexe 01.

IV.6 Protection

IV.6.1 Définition et rôle de la protection [6]

Le rôle des protections d'un réseau électrique est d'assurer la sécurité des personnes et des biens, ainsi que la continuité de service.

Pour cela, ces protections doivent pouvoir faire face à un certain nombre d'incidents inévitables :

- Surcharges ;

- Conditions anormales de fonctionnement ;
- Fausses manœuvres ;
- Vieillessement et détérioration des isolants.

Tableau IV.4 : Calcul des courants de court-circuit dans les différents niveaux de l'installation.

Eléments de l'installation		Caractéristique	R (mΩ)	X (mΩ)	Z (mΩ)	Z _t (mΩ)	I _{cc} (kA)
Réseau amont		S _{cc} = 500 MVA	0.036	0.358	0.36	0.36	/
Transformateur		3150 kVA 30 kV/400V U _{cc} = 6% P _{cu} =34000 W	0.55	3	3.05	3.41	74.67
Liaison transformateur disjuncteur		L = 5 m S=2*2000mm ²	0.028	0.4	0.4	3.81	66.83
Disjuncteur principal		/	/	0.15	0.15	3.96	/
Jeu de barres du TGBT		L = 5 m S=2*2000mm ²	0.028	0.75	0.75	4.71	53.49
Disjuncteur		Disjuncteur	/	0.15	0.15	4.86	/
Départ Centrifugeuses 01		L= 100 m S = 500 mm ²	4.5	8	9.17	14.03	18.15
Liaison jeu de barre TGBT jeu de barres MCC1		L = 2 m S = 320 mm ²	0.14	0.16	0.21	5.07	50.22
Jeu de barres MCC1		L = 3 m S = 320 mm ²	0.21	0.45	0.5	5.57	45.71
Disjuncteur		Disjuncteur	/	0.15	0.15	5.72	/
Départ Pompe volumétrique 1P029		L = 100 m S = 4 mm ²	562.5	8	562.6	568.3	0.45

Le problème de la protection des installations consiste à définir la nature du défaut contre lesquels on doit se protéger puis à choisir l'appareil capable de détecter des défauts et d'opérer leur suppression.

Les principales perturbations sur une installation électrique se traduisent par :

- Les surintensités : surcharges ou courts-circuits,
- Les surtensions ou les baisses de tension.

IV.6.2 Protection par système de liaison à la terre

IV.6.2.1 Choix du SLT [24]

Le choix de type de schéma le plus judicieux est selon les critères suivant : le croisement des impératifs réglementaire, la continuité de service, les conditions d'exploitations et la nature du réseau et des récepteurs.

D'abord des textes réglementaires qui imposent dans certains cas un régime de neutre. Puis le choix de l'utilisateur, lorsqu'il est alimenté par un transformateur HT/BT dont il est propriétaire (abonné HT) ou qu'il possède sa propre source d'énergie. Lorsque l'utilisateur est libre de son choix, la définition du régime de neutre ne pourra pas résulter que d'une concertation entre lui-même et le concepteur du réseau (bureau d'étude, installateur).

IV.6.2.2 Régime du neutre utilisé dans l'unité sucre Roux

Pour la continuité de service impérative et service entretien compétent, l'unité Raffinerie de Sucre Roux impose le régime IT en aval du TGBT.

IV.6.2.2.1 Cas du schéma IT [13]

- **Au premier défaut :** L'intérêt du schéma IT est de ne pas déclencher au premier défaut. Grâce à l'impédance de boucle élevée en cas d'un premier défaut, le courant de défaut qui circule dans l'installation est faible et la tension de contact reste très inférieure à la tension limite. Il n'y a donc aucun risque pour l'utilisateur. La présence de ce défaut devra être signalée par le contrôleur permanent d'isolement (CPI).

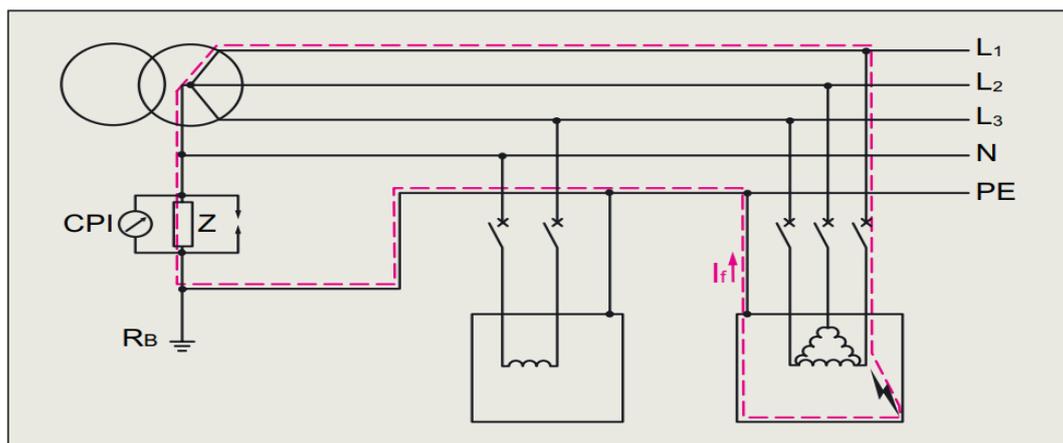


Figure IV.3 : Cas de schéma IT au premier défaut

- **Au second défaut :** Lors de l'apparition d'un second défaut, la coupure de l'alimentation est obligatoire. Deux cas sont à aborder en fonction de la manière dont les masses sont reliées :
 - Les masses des récepteurs sont toutes interconnectées via le conducteur PE (configuration conseillée) : les conditions à appliquer sont celles du schéma TN.
 - Les masses ne sont pas interconnectées et sont reliées à des prises de terre distinctes : les conditions à appliquer sont celles du schéma TT.

Dans le cas où les masses sont interconnectées, le courant de double défaut s'apparente à un court-circuit qui n'est plus limité par les prises de terre. Comme dans un schéma TN, il faut s'assurer que la valeur du courant de double défaut soit suffisamment grande pour activer les dispositifs de protection contre les surintensités. On peut alors appliquer les règles de protection du schéma TN en prenant en compte la tension simple ou composée (neutre distribué ou non) et une impédance de boucle prenant en compte le trajet du courant de double défaut.

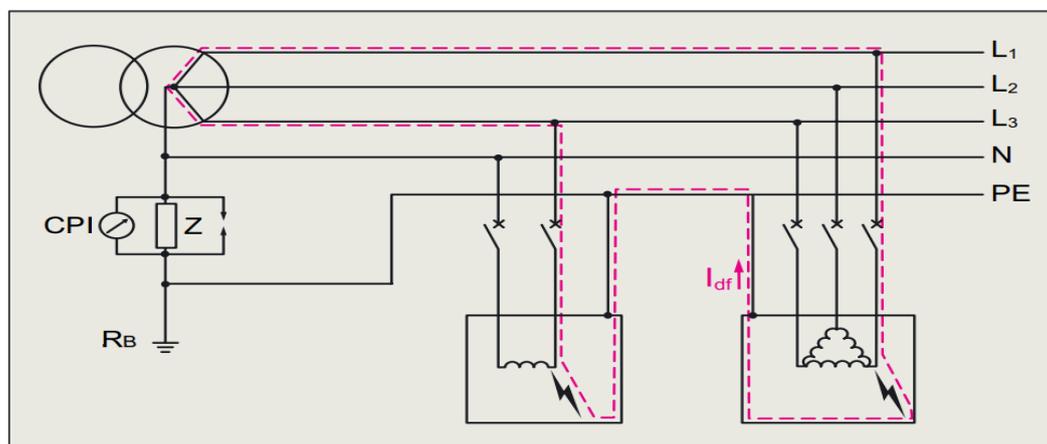


Figure IV.4 : Cas de schéma IT au second défaut

IV.6.3 Protection contre les surcharges et court-circuit

Conformément à la norme NFC 15-100 un appareil (disjoncteur ou fusible) assurera correctement la protection d'un câble contre les surintensités s'il est choisi de telle sorte que :

$$I_e \leq I_r \leq I_z$$

$$I_{cc} \leq PDC$$

I_e : Intensité de service ;

I_r : Intensité de réglage (ou calibre de l'appareil de protection) ;

I_z : Intensité admissible dans le câble ;

I_f : Intensité de fonctionnement de l'appareil de protection ;

I_{cc} : Intensité de court-circuit triphasée au point d'installation de l'appareil de protection ;

PDC: Pouvoir de coupure de l'appareil de protection.

IV.6.4 Dimensionnement des appareils de protection [15]

IV.6.4.1 Choix de calibre des disjoncteurs

Le choix de calibre de disjoncteur s'effectue selon plusieurs paramètres:

- La tension assignée d'isolement (V) ;
- Le courant de court circuit (kA) ;
- Le pouvoir de coupure (kA) selon la loi :

$$I_{cc} \leq PDC$$

- Le courant d'emploi I_e (A) à partir de la condition suivante :

$$I_n \geq I_e$$

où : I_n : Le courant nominal du disjoncteur ;

I_e : Le courant d'emploi.

IV.6.4.1.1 Temps de déclenchement des disjoncteurs [25]

Pour déterminer le temps de déclenchement des disjoncteurs il faut :

- Déterminer la lettre de la courbe de déclenchement (B, C, D), et le choix s'effectue selon le type de la charge.

- Déterminer la courbe de déclenchement selon la figure IV.5 (dans la page suivante) afin de calculer le courant de maintien et de déclenchement et aussi de déterminer le temps de déclenchement $t_{d\acute{e}cl}$.

Tableau IV.5 : Caractéristique des courbes de déclenchement selon le lieu d'utilisation [25].

Caractéristique	Lieu d'utilisation
B	➤ Pour consommateurs thermique sans pointes de courant élevées. Exemple : Cuisinière, Chauffage électrique, Chauffe-eau
C	➤ Pour circuits d'éclairage / de prises électriques avec des consommateurs non définis et des consommateurs avec des pointes de courant d'enclenchement élevées. Exemple : Circuit d'éclairage et de prise électrique, Petits moteurs
D	➤ Pour appareils avec pointes de courant d'enclenchement élevées. Exemple : Comme coupe-surintensité d'abonné, Condensateurs, Transformateurs

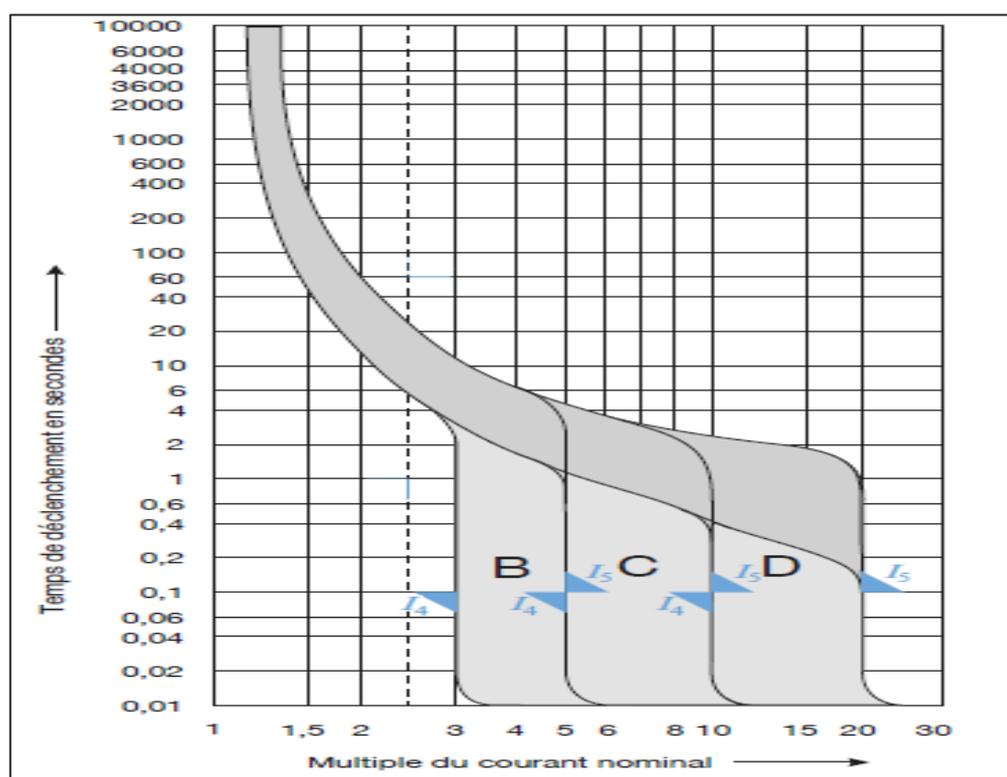


Figure IV.5 : Caractéristique des courbes et temps de déclenchement [25].

IV.6.4.1.2 Contraintes thermiques des conducteurs en cas de court-circuit [5]

Lors du passage d'un courant de court-circuit dans les conducteurs d'une canalisation pendant un temps très court (jusqu'à cinq secondes), l'échauffement est considéré adiabatique, cela signifie que l'énergie emmagasinée reste au niveau du métal de l'âme et n'est pas

transmise à l'isolant. Il faut donc vérifier que la contrainte thermique du court-circuit est inférieure à la contrainte thermique admissible du conducteur.

IV.6.4.1.3 Détermination de la section S_{cc} [5]

La section du conducteur doit satisfaire la condition suivante :

$$S_{cc} \geq \frac{I_{cc} * \sqrt{t_c}}{k} \quad (\text{IV.13})$$

où : I_{cc} : Courant de court-circuit maximal en (A)

t_c : Durée du court-circuit (temps de coupure du dispositif de protection) en seconde (s)

k : Coefficient dépend du matériau de l'âme et de la nature de l'isolant, dont la valeur est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau IV.6 : Valeur du coefficient k conformément à la norme NF C 15-100 [5].

Isolant Ame	PVC	PR
Cuivre	115	135
Aluminium	74	87

❖ Exemple de calcul effectué sur l'équipement (Pompe volumétrique 1P029) :

$I_{cc} = 0.45$ kA (d'après le tableau IV.4) ;

$t_c = 0.4$ s (d'après la figure IV.5) par projection au type de courbe choisi : « C » d'après le tableau IV.5 ;

$k = 135$ (d'après le tableau IV.6).

$$S_{cc} \geq \frac{0.45 * 10^3 * \sqrt{0.4}}{135}$$

$$S_{cc} = 2.11 \text{ mm}^2$$

Interprétation de résultats

La section calculée lors du passage d'un courant de court-circuit est inférieure à la section existante (4 mm^2), d'où nous concluons que les conducteurs de ce circuit peuvent supporter l'intensité de court-circuit pendant le temps d'élimination du défaut sans détérioration.

Nous récapitulons que les résultats de vérification lors du passage d'un courant de court-circuit valident les sections choisi (sauf pour deux sections), voir le Tableau N°05 dans l'annexe 02.

IV.6.4.1.4 Calibrage de disjoncteur de tête (principale)

Le calibre qui est déterminé à partir de la puissance apparente (S) du transformateur placé en amont tel que:

$$S = \sqrt{3} * U_n * I_e \quad \text{D'où} \quad I_e = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n}$$

Application numérique : $I_e = \frac{3150 * 10^3}{\sqrt{3} * 400} = 4546.63 \text{ A}$

Le pouvoir de coupure est déterminé en fonction du courant de court-circuit établi tel que :

$$I_{cc} = 53.49 \text{ kA}$$

Selon la loi : $I_{cc} \leq \text{PDC}$, le pouvoir de coupure : $\text{PDC} = 100 \text{ kA}$

Le disjoncteur qui répond à ces caractéristiques est le disjoncteur **NW50H1** de calibre **5000 A** et d'un PDC de **100 kA**, (voir le tableau N°09 dans l'annexe 01).

IV.6.4.1.5 Calibrage des disjoncteurs des armoires MCC

Le calibre est déterminé à partir de la puissance apparente S_{uj} :

$$S_{uj} = \sqrt{3} * U_n * I_e, \text{ d'où : } I_e = \frac{S_{uj}}{\sqrt{3} * U_n}$$

❖ Exemple de calcul de I_e pour MCC1 avec un courant de court-circuit I_{cc} obtenu dans le tableau IV.04 précédent :

$$I_e = \frac{367.85 * 10^3}{\sqrt{3} * 400} = 530.95 \text{ A}$$

Avec, $I_{cc} = 45.71 \text{ kA}$

Le pouvoir de coupure est déterminé en fonction du courant de court-circuit établi selon la loi : $I_{cc} \leq \text{PDC}$, donc :

Le pouvoir de coupure : $\text{PDC} = 50 \text{ kA}$

Le disjoncteur qui répond à ces caractéristiques est : le disjoncteur **NSX630N** de calibre **630A** et d'un PDC de **50 kA**, (voir le tableau N°13 dans l'annexe 01).

En effectuant les mêmes manœuvres, nous obtenons les choix des disjoncteurs tel que présenté sur le tableau IV.7.

Tableau IV.7 : Choix de type de disjoncteur des armoires MCC

Armoires	I_e (A)	I_{cc} (kA)	I_n disj (A)	PDC (kA)	Type de disjoncteur
MCC1	530.95	45.71	630	50	NSX630N
MCC2	246.38	44.83	400	50	NSX400N
MCC3	148.34	40.54	250	50	NSX250N
MCC4	521.95	45.71	630	50	NSX630N

IV.6.4.1.6 Calibrage des disjoncteurs des différents départs

Exemple d'un départ : Agitateur sécheur tambour (2A002), nous avons :

$$I_n = 90 \text{ A} ; I_{cc} = 4.89 \text{ kA} ;$$

Le pouvoir de coupure PDC = 25 kA.

Le disjoncteur qui répond aux caractéristiques est : le disjoncteur **NSX100B** de calibre **100 A** est d'un PDC de **25 kA**, (voir le tableau N°12 dans l'annexe 01).

Nous récapitulons le choix des disjoncteurs des différents départs dans le Tableau N°4 de l'annexe 2.

IV.6.4.2 Vérification de la sélectivité ampérométrique des disjoncteurs [26]

Les conditions qu'il faut remplir afin d'assurer une sélectivité ampérométrique entre deux appareils de protection :

- Protection thermique : $I_r \text{ amont} / I_r \text{ aval} \geq 1,6$
- Protection magnétique : $I_m \text{ amont} / I_m \text{ aval} \geq 2$

Tableau IV.8 : Conditions de réglage des déclencheurs magnétiques et thermique à remplir pour une meilleure sélectivité [26]

Application	Production thermique $I_r \text{ amont} / I_r \text{ aval} \geq$	Production magnétique $I_m \text{ amont} / I_m \text{ aval} \geq$
Distribution	1.6	2
Moteur	3	2

IV.6.4.2.1 Vérification de la sélectivité ampérométrique disj principale (D_p) et disj récepteur ($D_{réc_{TGBT}}$)

La vérification de la sélectivité ampérométrique entre le disjoncteur principale (D_p) et les disjoncteurs des récepteurs raccordés directement au TGBT ($D_{réc_{TGBT}}$).

Exemple : entre disjoncteur principale et disjoncteur de la centrifugeuse B1750L ;

Le courant nominale du $D_p = 5000 \text{ A}$;

Le courant nominal de DrécTGBT (Centrifugeuse B1750L) = 630 A ;

1) Vérification de la protection thermique :

- ❖ I_r amont Dp = $1 * 5000 = 5000$ A
- ❖ I_r aval DrécTGBT (Centrifugeuse B1750L) = $0.7 * 630 = 441$ A
- ❖ D'où $\frac{I_r(\text{amont Dp})}{I_r(\text{aval Dréc TGBT})} = 11.34 \geq 1.6 \rightarrow$ la sélectivité est assurée.

Remarque

Le coefficient multiplié fois le courant nominal ont été obtenu à partir du courant du réglage (voir le tableau N°10 dans l'annexe 01) :

$$I_r = I_n * (0.7, 0.8, 0.9 \text{ ou } 1)$$

Exemple : un courant nominale d'un moteur est de 120 A,

le disjoncteur NSXm, qu'il faut choisir est de calibre 160 A normalisé [2].

Nous devons régler le courant de réglage I_r de tel sorte que la valeur de ce courant soit égale ou légèrement supérieure au courant nominal du moteur, voir figure IV.6. Dans notre cas, I_r sera réglé ici à 128 A selon les calculs suivants :

$$I_r = 0.8 * 160 = 128A .$$

En effet, le coefficient à choisir est 0.8 et le choix de ces coefficients se fait de la même manière pour les autres disjoncteurs.

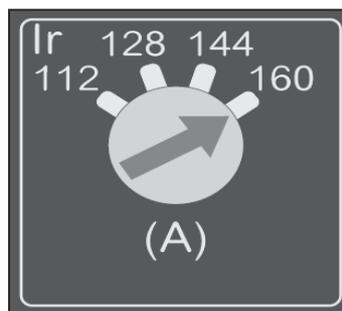


Figure IV.6 : Courant du réglage thermique affiché sur un disjoncteur TM NSXm [2].

2) Vérification de la protection magnétique :

- ❖ I_m amont Dp = 5000 A ;
- ❖ I_m aval DrécTGBT (Centrifugeuse B1750L) = 630 A ;
- ❖ D'où $\frac{I_m(\text{amont Dp})}{I_m(\text{aval Dréc TGBT})} = 7.94 \geq 2 \rightarrow$ la sélectivité est assurée.

La sélectivité entre le disjoncteur principale et les disjoncteurs des récepteurs raccordés directement au TGBT (Dréc_{TGBT}) est vérifié dans le tableau 06 annexes 02.

Remarque

Concernant les coefficients à multiplier par le courant magnétique sont généralement considérés fixe et égal à 1, et ce pour les disjoncteurs NSXm magnétothermique (voir le tableau N°10 dans l'annexe 01).

IV.6.4.2.2 Vérification de la sélectivité ampérométrique disj principale (D_p) et disj armoire MCC (D_a)

Exemple : entre disjoncteur principale et disjoncteur armoire MCC2;

Le courant nominale du D_p = 5000 A ;

Le courant nominale du D_a (MCC2) = 400A ;

1) Vérification de la protection thermique :

- ❖ I_r amont D_p = 1 * 5000 = 5000 A
- ❖ I_r aval DaMCC2 = 0.7 * 400 = 280 A
- ❖ D'où $\frac{I_r(\text{amont } D_p)}{I_r(\text{aval } D_a \text{ MCC2})} = 17.86 \geq 1.6 \rightarrow$ la sélectivité est assurée

2) Vérification de la protection magnétique :

- ❖ I_m amont D_p = 5000 A ;
- ❖ I_m aval DaMCC2 = 400 A ;
- ❖ D'où $\frac{I_m(\text{amont } D_p)}{I_m(\text{aval } D_a \text{ MCC2})} = 12.5 \geq 2 \rightarrow$ la sélectivité est assurée.

La sélectivité entre le disjoncteur principale et les disjoncteurs des armoires MCC est vérifiée et donnée dans le tableau IV.8.

Tableau IV.9 : Vérification de la sélectivité entre D_p et D_a.

Armoires	I _e (A)	I _n disj (A)	I _r = I _n disj *	Sélectivité		Vérification
				$\frac{I_r(\text{amont } D_p)}{I_r(\text{aval } D_a)}$	$\frac{I_m(\text{amont } D_p)}{I_m(\text{aval } D_a)}$	
D _a MCC1	530.95	630	0.9	8.82	7.94	Vérifié
D _a MCC2	246.38	400	0.7	17.86	12.5	Vérifié
D _a MCC3	148.34	250	0.7	28.57	20	Vérifié
D _a MCC4	521.95	630	0.9	8.82	7.94	Vérifié

IV.6.4.2.3 Vérification de la sélectivité ampérométrique disj armoire MCC (D_a) et disj récepteurs des armoires (Dréc)

Exemple : entre disjoncteur armoire MCC1 et disjoncteur Vis d'Archimède 1A019 ;

Le courant nominale du Da (MCC1) = 630 A ;

Le courant nominale du Dréc (Vis d'Archimède 1A019) = 160 A ;

1) Vérification de la protection thermique :

- ❖ I_r amont Da (MCC1) = $0.9 * 630 = 567A$
- ❖ I_r aval Dréc (Vis d'Archimède 1A019) = $0.7 * 160 = 112 A$
- ❖ D'où $\frac{I_r(\text{amont Da (MCC2)})}{I_r(\text{aval Dréc})} = 5.06 \geq 1.6 \rightarrow$ la sélectivité est assurée

2) Vérification de la protection magnétique :

- ❖ I_m amont Da (MCC1) = $1 * 630 A$;
- ❖ I_m aval Dréc (Vis d'Archimède 1A019) = $1 * 160 A$;
- ❖ D'où $\frac{I_m(\text{amont Dp})}{I_m(\text{aval DaMCC2})} = 3.94 \geq 2 \rightarrow$ la sélectivité est assurée.

La sélectivité entre les disjoncteurs armoires MCC (D_a) et disjoncteurs des récepteurs armoires (Dréc) sont vérifiées et donnée dans le tableau 06 dans l'annexe 02.

Conclusion

Ce dernier chapitre est consacré au choix et au dimensionnement des câbles, jeux de barre et leurs sections utilisées au niveau de chaque tronçon tout en respectant les caractéristiques électriques de notre installation.

Ensuite, nous avons calculé les courants de court-circuit qui vont permettre de faire le choix et le dimensionnement des appareils de protection voire les disjoncteurs. Nous avons aussi fait le choix du régime du neutre à appliquer.

Enfin, nous avons effectué la vérification de la sélectivité entre les différents disjoncteurs en amont et en aval de chaque partie de notre installation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce présent travail, nous avons traité le réseau basse tension d'une des installations au sein de l'entreprise CEVITAL, unité Sucre Roux. La période de ce stage de fin d'étude nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances dans la maîtrise des réseaux électriques basse tension, constitutions, fonctionnement et techniques d'exploitations. Les données recueillies et le cahier des charges proposées ont servis de base pour le dimensionnement et le choix des éléments de l'installation.

Ce travail a commencé par une présentation générale de l'entreprise CEVITAL et la raffinerie Sucre Roux en particulier. Ensuite, nous avons décrit les généralités sur les réseaux électriques industriels et la méthodologie de dimensionnement d'une installation électrique. Toutefois, nous avons réalisé un bilan de puissance permettant de déterminer les puissances et le facteur de puissance globale de l'installation pour pouvoir choisir un transformateur convenable et un groupe électrogène comme source de secours. Nous avons aussi effectué la compensation de l'énergie réactive pour pouvoir choisir les batteries de compensation.

En outre, l'étude détaillée des caractéristiques des différentes parties de l'installation nous a permis de déterminer les sections des câbles et celle des jeux de barres TGBT, les chutes de tension et les courants de court-circuits au niveau des différents tronçons de l'installation qui nous a permis de choisir les dispositifs de protection en respectant les normes internationales exigées.

Enfin, nous souhaitons que nos résultats soient pris en considération et exploités par l'entreprise et que notre étude serve de base aux autres projets d'alimentation en énergie électrique.

Bibliographie

Références bibliographiques

- [1] Christophe PRÉVÉ et Robert JEANOTE, « Guide de conception des réseaux électriques industriels », Schneider Electric N° 68883 427/A Février 1997.
- [2] Schneider Electric – Catalogue distribution électrique, Compléments techniques du catalogue 2016 / 2017.
- [3] Technique d'ingénieur, « Protection des réseaux moyenne tension de distribution publique », d4018.
- [4] Schneider Electric, Collection technique, « Guide de l'installation électrique », (norme internationales CEI et nationales françaises NF) », édition 2010.
- [5] Groupe Schneider, « Guide de distribution basse tension BT », édition 1998.
- [6] Schneider Electric, « Choix des dispositifs de protection », Guide de l'installation électrique, édition 2010.
- [7] Etienne TISON, Schneider électrique, (Guide de l'installation électrique 2010), N° dépôt légal : 1^{er} semestre 2008.
- [8] Roland AUBER (Jeu de barre basse tension), Technique d'ingénieur, N° d 5165.
- [9] Schneider Electric, « Calcul des courants de court-circuit », Cahier technique n°158
- [10] Handbuch Schutz, Manuel technique, « Principe de protection », année 2017.
- [11] BENAÏRED Nouridine, « schémas et appareillage électrique, Commande des systèmes électrique », année 2014.
- [12] ABB, Guide technique, « Installation BT », édition 2005.
- [13] Le Grand, Guide Puissance, « Distribution et puissance jusqu'à 4000A », édition 2007.
- [14] Schneider Electric, Cahier technique n°201, « Sélectivité avec les disjoncteurs de puissance basse tension », Edition Mars 2001.
- [15] Schneider Electric, « Guide de la distribution électrique basse et moyenne tension », édition 2002.
- [16] Schneider électrique « Etude d'une installation, compensation de l'énergie réactive », édition 2002.
- [17] NFC 52-100, Norme Française, « Transformateurs de puissance ».
- [18] Schneider Electric, Cahier technique n°196, « Génération électrique intégrée aux sites industriels et bâtiments commerciaux », Edition Juin 2000.
- [19] Schneider Electric, Inter-sections, guide technique, « Compensation de l'énergie réactive », édition Novembre 2006.

- [20] Le Grand, Catalogue, « Compensation d'énergie réactive et maîtrise de la qualité des infrastructures électriques », édition juin 2016.
- [21] THEODORE WILDI & GILBERT SYBILLE, « Électrotechnique », 4ème édition, de Boeck 2005.
- [22] Jean-Marie BEAUSSY, « Intensité admissible dans les jeux de barres », édition 2009.
- [23] Schneider Electric, guide technique Merlin Gerin Moyenne tension, « Guide de conception MT », édition Mars 2000.
- [24] NF C 15-100, norme française, « Installations électriques à basse tension », édition Décembre 2002.
- [25] Handbuch_Schutz, Manuel technique, « principes de protection », Année 2017.
- [26] Schneider Electric, catalogue basse tension, « Complément technique », Année 2013.

***Annexes 01 : Tableaux
normalisés***

Tableau N°01 : Lettre de sélection du mode de pose de câbles.

Lettre de sélection		
type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ● sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ● sous vide de construction, faux plafond ● sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ● en apparent contre mur ou plafond ● sur chemin de câbles ou tablettes non perforées 	C
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ● sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ● fixés en apparent, espacés de la paroi ● câbles suspendus 	E
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ● sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ● fixés en apparent, espacés de la paroi ● câbles suspendus 	F

Tableau N°02 : Facteur de correction K_1 .

Facteur de correction K1		
lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	● câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	● conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	● câbles multiconducteurs	0,90
	● vides de construction et caniveaux	0,95
C	● pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	● autres cas	1

Tableau N°03 : Facteur de correction K₂.

Facteur de correction K2													
lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C, F	encastés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles.		
	simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Tableau N°04 : Facteur de correction K₃.

Facteur de correction K3			
températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Tableau N°05 : Choix de la section S_j selon le courant admissible.

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
	caoutchouc ou PVC					butyle ou PR ou éthylène PR				
	B	PVC3	PVC2			PR3		PR2		
	C		PVC3			PVC2	PR3	PR2	PR2	
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400						656	754	825	940
500						749	868	946	1 083	
630						855	1 005	1 088	1 254	
section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
400						526	600	663	740	
500						610	694	770	856	
630						711	808	899	996	

Tableau N°06 : Température du conducteur.

Nature de l'organe, du matériau et du diélectrique (Cf : 1, 2 et 3)	Température θ (°C)	($\theta - \theta_n$) avec $\theta_n = 40$ °C
Raccords par boulons ou dispositifs équivalents (Cf : 7)		
cuivre nu, alliage de cuivre nu ou alliage d'aluminium dans		
l'air	90	50
le SF6 *	105	65
l'huile	100	60
argentés ou nickelés dans		
l'air	115	75
le SF6	115	75
l'huile	100	60
étamés dans		
l'air	105	65
le SF6	105	65
l'huile	100	60

Tableau N°07 : Choix des sections des barres pour le jeu de barres.

CUIVRE										
T Ambiante : 30 °C Echauffement : 40 °C										
Epaisseur des barres : e = 2 mm Epaisseur des barres : e = 3,15 mm										
Nombre de barres en // et par phases										
Nombre de barres en // et par phases										
Dimensions des barres en mm	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10	110	210	292	360	427					
12,5	133	248	345	424	506					
16	163	299	417	515	612					
20	197	355	493	611	724	252	472	656	807	963
25	239	420	585	716	857	305	560	781	964	1145
31,5	292	504	700	863	1026	371	667	927	1149	1361
40	359	606	843	1041	1238	455	801	1115	1365	1634
50	436	724	1007	1243	1487	552	955	1325	1634	1943
63						675	1140	1586	1957	2328
Epaisseur des barres : e = 4 mm Epaisseur des barres : e = 5 mm										
Nombre de barres en // et par phases										
Nombre de barres en // et par phases										
Dimensions des barres en mm	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
20	288	551	765	943	1119	328	642	885	1088	1288
25	347	649	903	1111	1327	393	751	1043	1286	1526
31,5	422	776	1082	1335	1586	477	891	1239	1525	1821
40	517	930	1292	1602	1897	583	1070	1491	1840	2186
50	626	1101	1533	1878	2247	705	1269	1762	2185	2586
63	764	1322	1834	2262	2690	859	1512	2105	2578	3085
80	940	1589	2210	2727	3245	1056	1828	2535	3127	3718
100						1283	2167	3014	3719	4425
125						1558	2587	3600	4442	5314
160						1935	3115	4354	4663	5834
Epaisseur des barres : e = 6,3 mm Epaisseur des barres : e = 8 mm										
Nombre de barres en // et par phases										
Nombre de barres en // et par phases										
Dimensions des barres en mm	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25						516	1057	1439	1759	2074
31,5						622	1219	1679	2065	2444
40	662	1236	1719	2116	2524	756	1444	2004	2472	2934
50	798	1469	2048	2527	3002	910	1702	2366	2912	3477
63	972	1749	2429	3012	3566	1105	2034	2835	3499	4156
80	1193	2099	2922	3578	4282	1354	2438	3386	4199	4971
100	1447	2503	3472	4282	5092	1640	2887	4018	4921	5888
125						1989	3441	4773	5897	7001
160						2465	4166	5792	7148	8504
200						2995	4972	6919	8536	10213
Epaisseur des barres : e = 10 mm Epaisseur des barres : e = 12,5 mm										
Nombre de barres en // et par phases										
Nombre de barres en // et par phases										
Dimensions des barres en mm	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	591	1247	1684	2050	2411					
31,5	709	1450	1975	2414	2846	811	1711	2311	2813	3308
40	859	1683	2319	2852	3375	979	1995	2719	3326	3923
50	1031	1969	2732	3372	4000	1171	2296	3162	3889	4603
63	1249	2336	3248	3998	4772	1415	2703	3750	4628	5491
80	1528	2803	3908	4823	5729	1726	3228	4488	5524	6594
100	1847	3325	4617	5726	6778	2083	3823	5329	6578	7812
125	2237	3937	5480	6710	8030	2519	4534	6297	7808	9243
160	2769	4790	6644	8195	9745	3113	5479	7627	9339	11176
200	3361	5680	7899	9747	11596	3775	6531	9099	11175	13289
INTENSITES ADMISSIBLES en AMPERES dans les JEUX de BARRES (Cuivre)										

Tableau N°08 : Caractéristiques des différents transformateurs normalisés.

Puissance	Pertes à vide	Pertes en charge	Tension de court-circuit	Courant secondaire assigné	Courant à vide	Chutes de tension à pleine charge		Rendement en %						Puissance acoustique			
						Ucc	In	Io	cos φ = 1	cos φ = 0,85	cos φ = 1				cos φ = 0,85		
											Charge						LWA
KVA	W	W	%	A	%	%	%	50 %	75 %	100 %	50 %	75 %	100 %	dB(A)			
800	1400	10500	6	1154,7	1,8	1,22	4,10	99,19	99,03	98,82	99,05	98,86	98,62	67			
1000	1700	13000	6	1443,4	1,7	1,22	4,10	99,20	99,04	98,82	99,06	98,87	98,62	68			
1250	2100	18000	6	1804,2	1,4	1,45	4,26	99,08	98,86	98,60	98,92	98,66	98,35	70			
1600	2600	20000	6	2309,4	1,6	1,42	4,24	96,27	96,99	97,21	95,64	96,48	96,73	71			
2000	3100	26000	6	2886,8	1,8	1,47	4,28	99,05	98,83	98,57	98,88	98,63	98,32	74			
2500	3500	32000	6	3608,4	1,9	1,45	4,26	99,09	98,87	98,60	98,93	98,67	98,36	76			
3150	4500	34000	6	4546,6	2	1,25	4,12	99,18	99,01	98,79	99,04	98,84	98,58	76			

Tableau N°09 : Choix de disjoncteur normalisé du transformateur (Masterpact NW40 à NW63)

disjoncteurs de base		NW40b	NW50	NW63
disjoncteurs suivant IEC 60947-2				
courant assigné (A)	à 40 °C / 50 °C (t)	4000	5000	6300
calibre du 4 ^{ème} pôle (A)		4000	5000	6300
calibre des capteurs (A)		2000 à 4000	2500 à 5000	3200 à 6300
type de disjoncteur		H1	H2	
pouvoir de coupure ultime (kA eff) V CA 50/60 Hz	Icu	220/415/440 V	100	150
		525 V	100	130
		690 V	100	100
		1150 V	-	-
pouvoir assigné de coupure de service (kA eff)	Ics	% Icu	100%	

Tableau N°10 : Choix et réglage de la protection magnétothermique Compact NSXm

t	I	Calibre (A) In à 40 °C (t)										
		16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	
		disjoncteur Compact NSXm										
Protection thermique												
		seuil (A) Ir = In x ... réglable en ampères de 0,7 to 1 x In										
		déclenchement 1,05 et 1,20 Ir										
		time delay (s) tr non-adjustable										
Protection magnétique												
		seuil (A) Im fixe										
		précision ±20 % Compact NSXm										
		500	600	600	600	600	800	1000	1250	1250	1250	
		temporisation tm fixe										

Tableau N°11 : Choix des disjoncteurs Compact NSXm Déclencheur magnétothermique (de 16 à 63 A, 80 à 160 A)

type			NSXm jusqu'à 63 A					NSXm de 80 à 160 A et disjoncteurs différentiels				
type de disjoncteur			E	B	F	N	H	E	B	F	N	H
pouvoir de coupure ultime (kA eff)												
lcu	CA 50/60 Hz	220...240 V	25	50	85	90	100	25	50	85	90	100
		380...415 V	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70
		440 V	10	20	35	50	65	10	20	35	50	65
		500 V	8	10	15	25	30	-	-	-	-	-
		525 V	-	-	10	15	22	-	-	-	-	-
		660...690 V	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-
pouvoir de coupure de service (kA eff.)												
lcs	CA 50/60 Hz	220...240 V	25	50	85	90	100	25	50	85	90	100
		380...415 V	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70
		440 V	10	20	30	50	65	10	20	30	50	65
		500 V	8	10	10	25	30	-	-	-	-	-
		525 V	-	-	10	15	22	-	-	-	-	-
		660...690 V	-	-	-	2,5	2,5	-	-	-	-	-

Tableau N°12 : Choix des disjoncteurs Compact NSXm Déclencheur magnétothermique (100, 160 et 250 A)

type			NSX100								NSX160 ⁽¹⁾						NSX250																			
type de disjoncteur			B	F	N	H	S	L	R	HB1	HB2	B	F	N	H	S	L	B	F	N	H	S	L	R	HB1	HB2										
caractéristiques électrique suivant CEI 60947-2																																				
courant assigné (A)			100								100		160						250						250											
In			40 °C																																	
nombre de pôles			2 ⁽¹⁾ , 3, 4								3, 4		2 ⁽¹⁾ , 3, 4						2 ⁽¹⁾ , 3, 4						3, 4											
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	CA 50/60 Hz	220/240 V	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-
			380/415 V	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	200	-	-
			440 V	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-
			500 V	15	25	36	50	65	70	80	85	100	15	30	36	50	65	70	15	30	36	50	65	70	80	85	100	15	30	36	50	65	70	80	85	100
			525 V	-	22	35	35	40	50	65	80	100	-	22	35	35	40	50	-	22	35	35	40	50	65	80	100	-	22	35	35	40	50	65	80	100
			660/690 V	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100
pouvoir de coupure de service (kA eff)	Ics	CA 50/60 Hz	220/240 V	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-
			380/415 V	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	200	-	-
			440 V	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-
			500 V	7	12	36	50	65	70	80	85	100	7	12	36	50	65	70	7	12	36	50	65	70	80	85	100	7	12	36	50	65	70	80	85	100
			525 V	-	11	35	35	40	50	65	80	100	-	11	35	35	40	50	-	11	35	35	40	50	65	80	100	-	11	35	35	40	50	65	80	100
			660/690 V	-	4	10	10	15	20	45	75	100	-	4	10	10	15	20	-	4	10	10	15	20	45	75	100	-	4	10	10	15	20	45	75	100

Tableau N°11 : Choix des disjoncteurs Compact NSXm Déclencheur magnétothermique (de 16 à 63 A, 80 à 160 A)

type			NSXm jusqu'à 63 A					NSXm de 80 à 160 A et disjoncteurs différentiels					
type de disjoncteur			E	B	F	N	H	E	B	F	N	H	
caractéristiques électrique suivant CEI 60947-2													
courant assigné (A)	In	40 °C	100					100					
nombre de pôles			2 ^(*) , 3, 4					3, 4					
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	CA 50/60 Hz	220...240 V	25	50	85	90	100	25	50	85	90	100
			380...415 V	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70
			440 V	10	20	35	50	65	10	20	35	50	65
			500 V	8	10	15	25	30	-	-	-	-	-
			525 V	-	-	10	15	22	-	-	-	-	-
			660...690 V	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-
pouvoir de coupure de service (kA eff.)	Ics	CA 50/60 Hz	220...240 V	25	50	85	90	100	25	50	85	90	100
			380...415 V	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70
			440 V	10	20	30	50	65	10	20	30	50	65
			500 V	8	10	10	25	30	-	-	-	-	-
			525 V	-	-	10	15	22	-	-	-	-	-
			660...690 V	-	-	-	2.5	2.5	-	-	-	-	-

Tableau N°12 : Choix des disjoncteurs Compact NSXm Déclencheur magnétothermique (100, 160 et 250 A)

type			NSX100								NSX160 ^(*)								NSX250															
type de disjoncteur			B	F	N	H	S	L	R	HB1	HB2	B	F	N	H	S	L	R	HB1	HB2	B	F	N	H	S	L	R	HB1	HB2					
caractéristiques électrique suivant CEI 60947-2																																		
courant assigné (A)	In	40 °C	100								100								160								250							
nombre de pôles			2 ^(*) , 3, 4								3, 4								2 ^(*) , 3, 4								3, 4							
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	CA 50/60 Hz	220/240 V	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-				
			380/415 V	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	200	-	-				
			440 V	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-				
			500 V	15	25	36	50	65	70	80	85	100	15	30	36	50	65	70	15	30	36	50	65	70	80	85	100	15	30	36	50			
			525 V	-	22	35	40	50	65	80	100	-	22	35	40	50	65	80	100	-	22	35	40	50	65	80	100	-	22	35	40			
			660/690 V	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-			
pouvoir de coupure de service (kA eff.)	Ics	CA 50/60 Hz	220/240 V	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-				
			380/415 V	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	200	-	-	25	36	50	70	100	150	200	-	-				
			440 V	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-				
			500 V	7	12	36	50	65	70	80	85	100	15	30	36	50	65	70	15	30	36	50	65	70	80	85	100	15	30	36	50			
			525 V	-	11	35	35	40	50	65	80	100	-	22	35	35	40	50	65	80	100	-	22	35	35	40	50	65	80	100	-			
			660/690 V	-	4	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100	-			

Tableau N°13 : Choix des disjoncteurs Compact NSXm Déclencheur magnétothermique (400 et 630 A)

type			NSX400								NSX630																			
type de disjoncteur																														
caractéristiques électrique suivant CEI 60947-2																														
courant assigné (A)	In	40 °C	400								400								630											
nombre de pôles			3, 4								3, 4								3, 4											
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	CA 50/60 Hz	220/240 V	40	85	100	120	150	200	-	-	40	85	100	120	150	200	-	-	40	85	100	120	150	200	-	-	200	-	-
			380/415 V	36	50	70	100	150	200	-	-	36	50	70	100	150	200	-	-	36	50	70	100	150	200	-	-	200	-	-
			440 V	30	42	65	90	130	200	-	-	30	42	65	90	130	200	-	-	30	42	65	90	130	200	-	-	200	-	-
			500 V	25	30	50	65	70	80	85	100	25	30	50	65	70	80	85	100	25	30	50	65	70	80	85	100	80	85	100
			525 V	20	22	35	40	50	65	80	100	20	22	35	40	50	65	80	100	20	22	35	40	50	65	80	100	65	80	100
			660/690 V	10	10	20	25	35	45	75	100	10	10	20	25	35	45	75	100	10	10	20	25	35	45	75	100	45	75	100
pouvoir de coupure de service (kA eff.)	Ics	CA 50/60 Hz	220/240 V	40	85	100	120	150	200	-	-	40	85	100	120	150	200	-	-	40	85	100	120	150	200	-	-	200	-	-
			380/415 V	36	50	70	100	150	200	-	-	36	50	70	100	150	200	-	-	36	50	70	100	150	200	-	-	200	-	-
			440 V	30	42	65	90	130	200	-	-	30	42	65	90	130	200	-	-	30	42	65	90	130	200	-	-	200	-	-
			500 V	25	30	50	65	70	80	85	100	25	30	50	65	70	80	85	100	25	30	50	65	70	80	85	100	80	85	100
			525 V	10	11	11	12	12	65	80	100	10	11	11	12	12	65	80	100	10	11	11	12	12	65	80	100	-	-	-
			660/690 V	10	10	10	12	12	45	75	100	10	10	10	12	12	45	75	100	10	10	10	12	12	45	75	100	-	-	-

***Annexes 02 : Résultats de
calculs***

Tableau N°01 : Résultats de calculs et choix des sections des canalisations

Repère	Circuit	I_e (A)	K	I_f (A)	I_{ad} (A)	S_j (mm²)
1P027	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P026	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P035	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P034	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P038	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P037	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P010	Pompe centrifuge	10.3	0.55	18.73	23	1.5
1P011	Pompe centrifuge	10.3	0.55	18.73	23	1.5
1P041	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P040	Pompe volumétrique	20.7	0.55	37.64	42	4
1P044	Pompe volumétrique	28	0.55	50.91	51	6
1P046	Pompe centrifuge	6.2	0.55	11.27	23	1.5
1P029	Pompe centrifuge	20.5	0.55	37.27	42	4
1P028	Pompe centrifuge	20.5	0.55	37.27	42	4
1P032	Pompe centrifuge	20.5	0.55	37.27	42	4
1P031	Pompe centrifuge	20.5	0.55	37.27	42	4
1P051	Pompe centrifuge	20.5	0.55	37.27	42	4
1A001	Agitateur cuite 1A001	158	0.55	287.3	298	95
1A002	Agitateur cuite 1A002	158	0.55	287.3	298	95
1A003	Agitateur cuite 1A003	158	0.55	287.3	298	95
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	18.1	0.55	32.91	42	4
1M012	Malaxeur de coulée	20.7	0.55	37.64	42	4
1M013	Malaxeur de coulée	20.7	0.55	37.64	42	4
1M014	Pompe à piston rotatif F500G	59	0.55	107.3	127	25
1M015	Malaxeur distributeur	8	0.55	14.58	23	1.5
1A024	Ventilateur	10	0.55	18.18	23	1.5
1A019	Vis d'Archimède	109	0.55	198.2	246	70
1A020	Vis d'Archimède	36	0.55	65.45	75	10
1S016	Centrifugeuse B1750L	420	0.55	763.6	868	500
1S017	Centrifugeuse B1750L	420	0.55	763.6	868	500

1S018	Centrifugeuse B1750L	420	0.55	763.6	868	500
1A025	Agitateur de 1T025	29	0.55	52.73	54	6
1A036	Agitateur de 1T036	29	0.55	52.73	54	6
1A039	Agitateur de 1T039	29	0.55	52.73	54	6
1A043.1	Agitateur1 de 1T043	10.8	0.55	19.64	23	1.5
1A043.2	Agitateur2 de 1T043	10.8	0.55	19.64	23	1.5
2P013	Pompe centrifuge	21	0.55	38.18	42	4
2P015	Pompe centrifuge	21	0.55	38.18	42	4
2P016	Pompe centrifuge	14.7	0.55	26.73	31	2.5
2A001	Convoyeur à vis	14.7	0.55	26.73	31	2.5
2A003	Convoyeur à vis	22	0.55	40.00	42	4
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	5	0.55	9.09	23	1.5
2A009	Ventilateur axial	21	0.55	38.18	42	4
2A017	Ventilateur radial	195	0.55	354.6	395	150
2A002	Agitateur sécheur à tambour	90	0.55	163.6	192	50
2A014	Appareil frigorifique	280	0.55	509.1	538	240
3A001	Elévateur à godets	22	0.55	40.00	42	4
3A004	Elévateur à godets	11.3	0.55	20.55	23	1.5
3A005	Convoyeur à vis	11.3	0.55	20.55	23	1.5
3A006	Convoyeur à vis	11.3	0.55	20.55	23	1.5
3A011	Convoyeur à vis	22	0.55	40.00	42	4
3A012	Elévateur à godets	11.3	0.55	20.55	23	1.5
3A014	Convoyeur à bande	11.3	0.55	20.55	23	1.5
3A015	Convoyeur à bande	11.3	0.55	20.55	23	1.5
Compresseur	Compresseur	86	0.55	156.4	158	35
Pont roulant	Pont roulant	29.5	0.55	53.64	54	6
E695.37N/48	Aérocondenseurs (*12)	95* (12)	0.55	172.7	192 *(12)	50 *(12)
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	16	0.55	29.09	31	2.5*(2)
3A017	Ventilateur	110	0.55	200.	246	70
3T020	Agitateur	3	0.55	4.00	23	1.5
3P018	Pompe centrifuge	5	0.55	9.09	23	1.5
3P019	Pompe centrifuge	3	0.55	5.45	23	1.5

P 940.01	Pompe P940.01	68	0.55	132.6	127	25
	Départ onduleur	57	0.55	103.6	127	25
	Climatiseurs TGBT (*2)	7.6 (*2)	0.55	1382	23	1.5 * (2)
	Climatiseurs (*5)	7.5 (*5)	0.55	13.63	23	1.5 * (5)
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	0.18	0.55	19.71	23 *(60)	1.5 *(60)
	Eclairage : Projecteurs (*25)	1.4	0.55	63.90	75 *(25)	1.5 *(25)
	Micro-ordinateurs (*10)	1.01	0.55	18.36	23 *(10)	1.5 *(10)

Tableau N°02 : Valeurs des sections calculées par rapport à la chute de tension

Repère	Circuit	I _e (A)	L (kM)	COS (φ)	R (Ω)	X (Ω)	ΔU (V)	ΔU (%)	S _z (mm ²)
1P027	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P026	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P035	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P034	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P038	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P037	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P010	Pompe cen	10.3	0.1	0.8	1.5	0.008	21.49	5.37	1.5
1P011	Pompe cen	10.3	0.1	0.8	1.5	0.008	21.49	5.37	1.5
1P041	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P040	Pompe vol	20.7	0.1	0.85	0.56	0.008	17.22	4.3	4
1P044	Pompe vol	28	0.1	0.85	0.38	0.008	15.87	3.97	6
1P046	Pompe cen	6.2	0.1	0.82	1.5	0.008	13.26	3.31	1.5
1P029	Pompe cen	20.5	0.1	0.87	0.56	0.008	17.44	4.36	4
1P028	Pompe cen	20.5	0.1	0.87	0.56	0.008	17.44	4.36	4
1P032	Pompe cen	20.5	0.1	0.87	0.56	0.008	17.44	4.36	4
1P031	Pompe cen	20.5	0.1	0.87	0.56	0.008	17.44	4.36	4
1P051	Pompe cen	20.5	0.1	0.87	0.56	0.008	17.44	4.36	4
1A001	Agi cuite	158	0.15	0.81	0.04	0.012	9.88	2.47	95
1A002	Agi cuite	158	0.15	0.81	0.04	0.012	9.88	2.47	95
1A003	Agi cuite	158	0.15	0.81	0.04	0.012	9.88	2.47	95

1M009	Malx	18.1	0.1	0.8	0.56	0.008	14.2	3.55	4
1M012	Malx	20.7	0.1	0.84	0.56	0.008	17.02	4.26	4
1M013	Malx	20.7	0.1	0.84	0.56	0.008	17.02	4.26	4
1M014	P. F500G	59	0.1	0.82	0.09	0.008	8.01	2	25
1M015	Malx.d	8	0.1	0.83	1.5	0.008	17.36	4.44	1.5
1A024	Venti	10	0.1	0.8	1.5	0.008	20.87	5.22	1.5
1A019	Vis	109	0.1	0.83	0.03	0.008	5.55	1.39	70
1A020	Vis	36	0.1	0.85	0.23	0.008	12.45	3.11	10
1S016	Centri	420	0.1	0.82	0.01	0.008	6	1.5	500
1S017	Centri	420	0.1	0.82	0.01	0.008	6	15	500
1S018	Centri	420	0.1	0.82	0.01	0.008	6	1.5	500
1A025	Agit	29	0.1	0.85	0.38	0.008	16.44	4.11	6
1A036	Agit	29	0.1	0.85	0.38	0.008	16.44	4.11	6
1A039	Agit	29	0.1	0.85	0.38	0.008	16.44	4.11	6
1A043.1	Agit 43	10.8	0.1	0.83	1.5	0.008	23.37	5.84	1.5
1A043.2	Agit 43	10.8	0.1	0.83	1.5	0.008	23.37	5.84	1.5
2P013	Pompe cen	21	0.1	0.85	0.56	0.008	17.45	4.37	4
2P015	Pompe cen	21	0.1	0.85	0.56	0.008	17.45	4.37	4
2P016	Pompe cen	14.7	0.1	0.83	0.9	0.008	19.13	4.78	2.5
2A001	Conv	14.7	0.1	0.83	0.9	0.008	19.13	4.78	2.5
2A003	Conv	22	0.1	0.83	0.56	0.008	17.88	4.47	4
2A004	Ecluse	5	0.1	0.8	1.5	0.008	10.43	2.61	1.5
2A009	Venti axe	21	0.1	0.8	0.56	0.008	16.47	4.12	4
2A017	Venti rad	195	0.1	0.86	0.02	0.008	5.71	1.43	150
2A002	Sécheur	90	0.1	0.8	0.05	0.008	6.98	1.75	50
2A014	A.frigo	280	0.15	0.9	0.01	0.012	8.61	2.15	240
3A001	Elév à god	22	0.1	0.83	0.56	0.008	17.88	4.47	4
3A004	Elév à god	11.3	0.1	0.85	1.5	0.008	25.04	6.26	1.5
3A005	Conv.vis	11.3	0.1	0.85	1.5	0.008	25.04	6.26	1.5
3A006	Conv.vis	11.3	0.1	0.85	1.5	0.008	25.04	6.26	1.5
3A011	Conv.vis	22	0.1	0.83	0.56	0.008	17.88	4.47	4
3A012	Elév à god	11.3	0.1	0.85	0.5	0.008	8.4	2.1	1.5
3A014	Conv.band	11.3	0.1	0.85	0.5	0.008	8.4	2.1	1.5

3A015	Conv.band	11.3	0.1	0.85	1.5	0.008	25.04	6.26	1.5
Comp	Comp	86	0.1	0.86	0.02	0.008	3.54	0.89	35
Pont.r	Pont .r	29.5	0.1	0.85	0.38	0.008	16.72	4.18	6
E695.3 7N/48	Aéro.c *(12)	95* (12)	0.1	0.88	0.05	0.008	7.86	1.96	50 *(12)
Vib01/02	M.vib (*2)	16	0.1	0.94	0.9	0.008	23.52	5.88	2.5 *(2)
3A017	Venti	110	0.15	0.8	0.05	0.012	8.99	2.25	70
3T020	Agit	3	0.1	0.8	1.5	0.008	4.59	1.15	1.5
3P018	Pompe cen	5	0.1	0.8	1.5	0.008	10.43	2.61	1.5
3P019	Pompe cen	3	0.1	0.8	1.5	0.008	6.26	1.57	1.5
P940.01	Pompe P94	68	0.1	0.85	0.09	0.008	9.51	2.37	25
	Départ ond	57	0.05	1	0.09	0.004	8.89	2.22	25
	Clim TGBT *(2)	7.6	0.05	1	0.75	0.004	9.87	2.46	1.5 *(2)
	Climatiseur *(5)	7.5	0.05	1	0.75	0.004	9.74	2.43	1.5 *(5)
	Ecl.Rég *(60)	0.18	0.05	1	0.75	0.004	0.23	0.1	1.5 *(60)
	Ecl.Proj *(25)	1.4	0.05	1	0.75	0.004	1.82	0.79	1.5 *(25)
	PC *(10)	1.01	0.05	1	0.75	0.004	1.31	0.57	1.5 *(10)

Tableau N°03 : Courants de court-circuit pour les différents éléments.

Repère	Circuit	R (mΩ)	X (mΩ)	L (m)	S _z (mm ²)	Z (mΩ)	Z _t (mΩ)	I _{cc} (kA)
1P027	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P026	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P035	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P034	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P038	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P037	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P010	Pompe centrifuge	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
1P011	Pompe centrifuge	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
1P041	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P040	Pompe volumétrique	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P044	Pompe volumétrique	375	8	100	6	375	380.72	0.67
1P046	Pompe centrifuge	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
1P029	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P028	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P032	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P031	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1P051	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1A001	Agitateur cuite 1A001	35.53	12	150	95	37.5	43.22	5.89
1A002	Agitateur cuite 1A002	35.53	12	150	95	37.5	43.22	5.89

1A003	Agitateur cuite 1A003	35.53	12	150	95	37.5	43.22	5.89
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1M012	Malaxeur de coulée	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1M013	Malaxeur de coulée	562.5	8	100	4	562.5	568.22	0.45
1M014	Pompe à piston rotatif F500G	90	8	100	25	90.35	96.07	2.65
1M015	Malaxeur distributeur	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
1A024	Ventilateur	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
1A019	Vis d'Archimède	32.14	8	100	70	33.12	38.84	6.56
1A020	Vis d'Archimède	225	8	100	10	225.14	230.86	1.10
1S016	Centrifugeuse B1750L	4.5	8	100	500	9.18	14.04	18.13
1S017	Centrifugeuse B1750L	4.5	8	100	500	9.18	14.04	18.13
1S018	Centrifugeuse B1750L	4.5	8	100	500	9.18	14.04	18.13
1A025	Agitateur de 1T025	375	8	100	6	375	380.72	0.67
1A036	Agitateur de 1T036	375	8	100	6	375	380.72	0.67
1A039	Agitateur de 1T039	375	8	100	6	375	380.72	0.67
1A043.1	Agitateur1 de 1T043	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
1A043.2	Agitateur2 de 1T043	1500	8	100	1.5	1500	1505.72	0.17
2P013	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.87	0.45
2P015	Pompe centrifuge	562.5	8	100	4	562.5	568.87	0.45
2P016	Pompe centrifuge	90	8	100	2.5	90.35	96.72	2.63

2A001	Convoyeur à vis	90	8	100	2.5	90.35	96.72	2.63
2A003	Convoyeur à vis	562.5	8	100	4	562.5	568.87	0.45
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	1500	8	100	1.5	1500	1506.37	0.17
2A009	Ventilateur axial	562.5	8	100	4	562.5	568.87	0.45
2A017	Ventilateur radial	15	8	100	150	17	23.37	10.89
2A002	Agitateur sécheur à tambour	45	8	100	50	45.71	52.08	4.89
2A014	Appareil frigorifique	14.06	12	150	240	18.48	23.34	10.91
3A001	Elévateur à godets	562.5	8	100	4	562.5	569.88	0.45
3A004	Elévateur à godets	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3A005	Convoyeur à vis	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3A006	Convoyeur à vis	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3A011	Convoyeur à vis	562.5	8	100	4	562.5	569.88	0.45
3A012	Elévateur à godets	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3A014	Convoyeur à bande	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3A015	Convoyeur à bande	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
Compresseur	Compresseur	64.29	8	100	35	64.78	69.64	3.66
Pont roulant	Pont roulant	375	8	100	6	375	382.38	0.67
E695.37N/48	Aérocondenseurs (*12)	45	8	100	50 *(12)	45.7	51.42	4.95 (*12)
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	900	8	100	2.5 *(2)	900	907.38	0.28
3A017	ventilateur	48.21	12	150	70	49.68	57.06	4.46

3T020	Agitateur	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3P018	Pompe centrifuge	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
3P019	Pompe centrifuge	1500	8	100	1.5	1500	1507.38	0.17
P 940.01	Pompe P940.01	90	8	100	25	90.35	96.07	2.65
	Départ Ond	45	4	50	25	45.17	50.03	5.09
	Clim TGBT (*2)	750	4	50	1.5	750	754.86	0.19
	Climatiseur (*5)	750	4	50	1.5	750	754.86	0.19
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	750	4	50	1.5 *(60)	750	754.86	0.19
	Eclairage : Projecteurs (*25)	750	4	50	1.5 *(25)	750	754.86	0.19
	Micro-ordinateurs (*10)	750	4	50	1.5 *(10)	750	754.86	0.19

Tableau N°04 : Choix de disjoncteurs pour les différents éléments.

Repère	Equipements	I _n (A)	I _{cc} (kA)	I _n disjoncteur (A)	PDC (kA)	Disjoncteur (A)
1P027	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P026	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P035	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P034	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P038	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P037	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P010	Pompe centrifuge	10.3	0.17	16	16	NSX16E
1P011	Pompe centrifuge	10.3	0.17	16	16	NSX16E
1P041	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P040	Pompe volumétrique	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1P044	Pompe volumétrique	28	0.67	32	16	NSX32E
1P046	Pompe centrifuge	6.2	0.17	16	16	NSX16E
1P029	Pompe centrifuge	20.5	0.45	25	16	NSX25E
1P028	Pompe centrifuge	20.5	0.45	25	16	NSX25E
1P032	Pompe centrifuge	20.5	0.45	25	16	NSX25E
1P031	Pompe centrifuge	20.5	0.45	25	16	NSX25E
1P051	Pompe centrifuge	20.5	0.45	25	16	NSX25E
1A001	Agitateur cuite 1A001	158	5.89	250	25	NSX250B
1A002	Agitateur cuite 1A002	158	5.89	250	25	NSX250B

1A003	Agitateur cuite 1A003	158	5.89	250	25	NSX250B
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	18.1	0.45	25	16	NSX25E
1M012	Malaxeur de coulée	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1M013	Malaxeur de coulée	20.7	0.45	25	16	NSX25E
1M014	Pompe à piston rotatif F500G	59	2.65	63	16	NSX63E
1M015	Malaxeur distributeur	8	0.17	16	16	NSX16E
1A024	Ventilateur	10	0.17	16	16	NSX16E
1A019	Vis d'Archimède	109	6.56	160	25	NSX160B
1A020	Vis d'Archimède	36	1.10	40	16	NSX40E
1S016	Centrifugeuse B1750L	420	18.13	630	36	NSX630F
1S017	Centrifugeuse B1750L	420	18.13	630	36	NSX630F
1S018	Centrifugeuse B1750L	420	18.13	630	36	NSX630F
1A025	Agitateur de 1T025	29	0.67	32	16	NSX32E
1A036	Agitateur de 1T036	29	0.67	32	16	NSX32E
1A039	Agitateur de 1T039	29	0.67	32	16	NSX32E
1A043.1	Agitateur1 de 1T043	10.8	0.17	16	16	NSX16E
1A043.2	Agitateur2 de 1T043	10.8	0.17	16	16	NSX16E
2P013	Pompe centrifuge	21	0.45	25	16	NSX25E
2P015	Pompe centrifuge	21	0.45	25	16	NSX25E
2P016	Pompe centrifuge	14.7	2.63	16	16	NSX16E

2A001	Convoyeur à vis	14.7	2.63	16	16	NSX16E
2A003	Convoyeur à vis	22	0.45	25	16	NSX25E
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	5	0.17	16	16	NSX16E
2A009	Ventilateur axial	21	0.45	25	16	NSX25E
2A017	Ventilateur radial	195	10.89	250	25	NSX250H
2A002	Agitateur sécheur à tambour	90	4.89	100	25	NSX100B
2A014	Appareil frigorifique	280	10.91	400	36	NSX400F
3A001	Elévateur à godets	22	0.45	25	16	NSX25E
3A004	Elévateur à godets	11.3	0.17	16	16	NSX16E
3A005	Convoyeur à vis	11.3	0.17	16	16	NSX16E
3A006	Convoyeur à vis	11.3	0.17	16	16	NSX16E
3A011	Convoyeur à vis	22	0.45	25	16	NSX25E
3A012	Elévateur à godets	11.3	0.17	16	16	NSX16E
3A014	Convoyeur à bande	11.3	0.17	16	16	NSX16E
3A015	Convoyeur à bande	11.3	0.17	16	16	NSX16E
Compresseur	Compresseur	86	3.66	100	25	NSX100B
Pont roulant	Pont roulant	29.5	0.67	32	16	NSX32E
E695.37N/48	Aérocondenseurs (*12)	95 (*12)	4.95	100	25	NSX100B (*12)
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	16	0.28	16	16	NSX25E
3A017	ventilateur	110	4.46	160	25	NSX160B
3T020	Agitateur	3	0.17	16	16	NSX16E

3P018	Pompe centrifuge	5	0.17	16	16	NSX16E
3P019	Pompe centrifuge	3	0.17	16	16	NSX16E
P 940.01	Pompe P940.01	68	2.65	80	16	NSX80E
	Transformateur d'éclairage	57	2.65	63	16	NSX63E
	Départ onduleur	230	5.09	250	25	NSX250B
	Clim TGBT (*2)	7.6 (*2)	0.19	16	16	NSX16E (*2)
	Climatiseur Bat (*5)	7.5 (*5)	0.19	16	16	NSX16E (*5)
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	0.19 (*60)	0.19	16	16	NSX16E (*60)
	Eclairage : Projecteurs (*25)	1.5 (*25)	0.19	16	16	NSX16E (*25)
	Micro-ordinateurs (*10)	1.004 (*10)	0.19	16	16	NSX16E (*10)

Tableau N°05 : Vérification de la section des câbles selon les courants des courts-circuits et le temps de déclenchement.

Repère	Circuit	I _{cc} (kA)	k	Type de courbe	t _c (s)	S _{cc} (mm ²)	Section existante S _z (mm ²)	Vérification
1P027	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P026	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P035	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P034	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P038	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P037	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P010	Pompe centrifuge	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
1P011	Pompe centrifuge	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
1P041	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P040	Pompe volumétrique	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P044	Pompe volumétrique	0.67	135	C	0.4	3.14	6	Vérifié
1P046	Pompe centrifuge	0.17	135	B	1	1.26	1.5	Vérifié
1P029	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P028	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P032	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P031	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1P051	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1A001	Agitateur cuite 1A001	5.89	135	C	0.4	27.59	95	Vérifié

1A002	Agitateur cuite 1A002	5.89	135	C	0.4	27.59	95	Vérifié
1A003	Agitateur cuite 1A003	5.89	135	C	0.4	27.59	95	Vérifié
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1M012	Malaxeur de coulée	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1M013	Malaxeur de coulée	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
1M014	Pompe à piston rotatif F500G	2.65	135	C	0.4	12.41	25	Vérifié
1M015	Malaxeur distributeur	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
1A024	Ventilateur	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
1A019	Vis d'Archimède	6.56	135	C	0.4	30.73	70	Vérifié
1A020	Vis d'Archimède	1.10	135	C	0.4	5.15	10	Vérifié
1S016	Centrifugeuse B1750L	18.13	135	C	0.4	84.94	500	Vérifié
1S017	Centrifugeuse B1750L	18.13	135	C	0.4	84.94	500	Vérifié
1S018	Centrifugeuse B1750L	18.13	135	C	0.4	84.94	500	Vérifié
1A025	Agitateur de 1T025	0.67	135	C	0.4	3.14	6	Vérifié
1A036	Agitateur de 1T036	0.67	135	C	0.4	3.14	6	Vérifié
1A039	Agitateur de 1T039	0.67	135	C	0.4	3.14	6	Vérifié
1A043.1	Agitateur1 de 1T043	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
1A043.2	Agitateur2 de 1T043	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
2P013	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
2P015	Pompe centrifuge	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
2P016	Pompe centrifuge	2.63	135	C	0.4	12.32	2.5	16

2A001	Convoyeur à vis	2.63	135	C	0.4	12.32	2.5	16
2A003	Convoyeur à vis	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	0.17	135	B	1	1.25	1.5	Vérifié
2A009	Ventilateur axial	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
2A017	Ventilateur radial	10.89	135	C	0.4	51.02	150	Vérifié
2A002	Agitateur sécheur à tambour	4.89	135	C	0.4	22.91	50	Vérifié
2A014	Appareil frigorifique	10.91	135	C	0.4	51.11	240	Vérifié
3A001	Elévateur à godets	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
3A004	Elévateur à godets	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
3A005	Convoyeur à vis	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
3A006	Convoyeur à vis	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
3A011	Convoyeur à vis	0.45	135	C	0.4	2.11	4	Vérifié
3A012	Elévateur à godets	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
3A014	Convoyeur à bande	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
3A015	Convoyeur à bande	0.17	135	C	0.4	0.8	1.5	Vérifié
Compresseur	Compresseur	3.66	135	C	0.4	17.15	35	Vérifié
Pont roulant	Pont roulant	0.67	135	C	0.4	3.14	6	Vérifié
E695.37N/48	Aérocondenseurs (*12)	4.95 (*12)	135	C	0.4	23.19 *(12)	50 *(12)	Vérifié
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	0.28	135	C	0.4	1.31*(2)	2.5 *(2)	Vérifié
3A017	ventilateur	4.46	135	C	0.4	20.89	70	Vérifié
3T020	Agitateur	0.17	135	C	1	1.26	1.5	Vérifié

3P018	Pompe centrifuge	0.17	135	C	1	1.26	1.5	Vérifié
3P019	Pompe centrifuge	0.17	135	C	1	1.26	1.5	Vérifié
P940.01	Pompe P940.01	2.65	135	C	0.4	12.41	25	Vérifié
	Départ Ond	5.09	135	C	0.4	23.85	25	Vérifié
	Clim TGBT (*2)	0.19	135	B	1	1.41	1.5 *(2)	Vérifié
	Climatiseur (*5)	0.19	135	B	1	1.41	1.5 *(5)	Vérifié
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	0.19	135	C	0.4	0.89	1.5 *(60)	Vérifié
	Eclairage : Projecteurs (*25)	0.19	135	C	0.4	0.89	1.5 *(25)	Vérifié
	Micro-ordinateurs (*10)	0.19	135	C	0.4	0.89	1.5 *(10)	Vérifié

Tableau N°06 : Vérification de la sélectivité entre les différents disjoncteurs de l'installation

Repère	Circuit	I _e (A)	I _{n disj} (A)	I _r = I _{n disj} *	Sélectivité		Vérification
					$\frac{I_r(\text{amont Dp})}{I_r(\text{aval Da})}$	$\frac{I_m(\text{amont Dp})}{I_m(\text{aval Da})}$	
1P027	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P026	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P035	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P034	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P038	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P037	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P010	Pompe centrifuge	10.3	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
1P011	Pompe centrifuge	10.3	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
1P041	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P040	Pompe volumétrique	20.7	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P044	Pompe volumétrique	28	32	0.9	19.69	19.69	Vérifié
1P046	Pompe centrifuge	6.2	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
1P029	Pompe centrifuge	20.5	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P028	Pompe centrifuge	20.5	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P032	Pompe centrifuge	20.5	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P031	Pompe centrifuge	20.5	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1P051	Pompe centrifuge	20.5	25	0.9	25.2	25.2	Vérifié
1A001	Agitateur cuite 1A001	158	250	0.7	3.24	2.52	Vérifié

1A002	Agitateur cuite 1A002	158	250	0.7	3.24	2.52	Vérifié
1A003	Agitateur cuite 1A003	158	250	0.7	3.24	2.52	Vérifié
1M009	Malaxeur de coulée (transfert)	18.1	25	0.7	32.4	25.2	Vérifié
1M012	Malaxeur de coulée	20.7	25	0.8	28.35	25.2	Vérifié
1M013	Malaxeur de coulée	20.7	25	0.8	28.35	25.2	Vérifié
1M014	Pompe à piston rotatif F500G	59	63	0.9	10	10	Vérifié
1M015	Malaxeur distributeur	8	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
1A024	Ventilateur	10	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
1A019	Vis d'Archimède	109	160	0.7	5.06	3.94	Vérifié
1A020	Vis d'Archimède	36	40	0.9	15.75	15.75	Vérifié
1S016	Centrifugeuse B1750L	420	630	0.7	11.34	7.94	Vérifié
1S017	Centrifugeuse B1750L	420	630	0.7	11.34	7.94	Vérifié
1S018	Centrifugeuse B1750L	420	630	0.7	11.34	7.94	Vérifié
1A025	Agitateur de 1T025	29	32	1	17.72	19.69	Vérifié
1A036	Agitateur de 1T036	29	32	1	17.72	19.69	Vérifié
1A039	Agitateur de 1T039	29	32	1	17.72	19.69	Vérifié
1A043.1	Agitateur1 de 1T043	10.8	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
1A043.2	Agitateur2 de 1T043	10.8	16	0.7	50.63	39.38	Vérifié
2P013	Pompe centrifuge	21	25	0.8	14	16	Vérifié
2P015	Pompe centrifuge	21	25	0.8	14	16	Vérifié

2P016	Pompe centrifuge	14.7	16	1	18	25	Vérifié
2A001	Convoyeur à vis	14.7	16	1	18	25	Vérifié
2A003	Convoyeur à vis	22	25	0.9	12.44	16	Vérifié
2A004	Ecluse alvéolaire rotative	5	16	0.7	25	25	Vérifié
2A009	Ventilateur axial	21	25	0.8	14	16	Vérifié
2A017	Ventilateur radial	195	250	0.8	1.61	2.23	Vérifié
2A002	Agitateur sécheur à tambour	90	100	0.9	3.11	4	Vérifié
2A014	Appareil frigorifique	280	400	0.7	17.86	12.5	Vérifié
3A001	Elévateur à godets	22	25	0.9	7.78	10	Vérifié
3A004	Elévateur à godets	11.3	16	0.8	13.67	15.63	Vérifié
3A005	Convoyeur à vis	11.3	16	0.8	13.67	15.63	Vérifié
3A006	Convoyeur à vis	11.3	16	0.8	13.67	15.63	Vérifié
3A011	Convoyeur à vis	22	25	0.9	7.78	10	Vérifié
3A012	Elévateur à godets	11.3	16	0.8	13.67	15.63	Vérifié
3A014	Convoyeur à bande	11.3	16	0.8	13.67	15.63	Vérifié
3A015	Convoyeur à bande	11.3	16	0.8	13.67	15.63	Vérifié
Compresseur	Compresseur	86	100	0.9	55.56	50	Vérifié
Pont roulant	Pont roulant	29.5	32	1	5.47	7.81	Vérifié
E695.37N/48	Aérocondenseurs (*12)	95 (*12)	100	1	6.3	6.3	Vérifié
Vib01/02	Moto vibreur (*2)	16	16	1	10.94	15.63	Vérifié

3A017	Ventilateur	110	160	0.7	1.6	2.1	Vérifié
3T020	Agitateur	3	16	0.7	15.63	15.63	Vérifié
3P018	Pompe centrifuge	5	16	0.7	15.63	15.63	Vérifié
3P019	Pompe centrifuge	3	16	0.7	15.63	15.63	Vérifié
P 940.01	Pompe P940.01	68	80	0.9	8.75	7.88	Vérifié
	Transformateur d'éclairage	57	63	1	79.37	79.37	Vérifié
	Départ onduleur	230	250	1	20	20	Vérifié
	Clim TGBT (*2)	7.6 (*2)	16	0.7	446.43	312.5	Vérifié
	Climatiseur Bat (*5)	7.5 (*5)	16	0.7	446.43	312.5	Vérifié
	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	0.19 (*60)	16	0.7	16.07	3.94	Vérifié
	Eclairage : Projecteurs (*25)	1.5 (*25)	16	0.7	16.07	3.94	Vérifié
	Micro-ordinateurs (*10)	1.004 (*10)	16	0.7	16.07	3.94	Vérifié

Résumé

Ce travail s'intéresse à l'étude et dimensionnement électrique de la raffinerie « Sucre Roux » au sein de l'entreprise CEVITAL (Bejaia), pour but de choisir et dimensionnement les éléments de l'installation.

La méthodologie consiste à réaliser un bilan de puissance permettant de déterminer les puissances et le facteur de puissance globale et effectuer la compensation de l'énergie réactive.

L'étude détaillée nous a permis de déterminer les sections des conducteurs, calculs des courants de courts-circuits afin de choisir les dispositifs de protection.

Mots-clés : Bilan de puissance, Compensation de l'énergie réactive, Sections des conducteurs, Courants de court-circuit, Protection.

Abstract

This work focuses on the study and electrical dimensioning of the « Sucre Roux » refinery within the company CEVITAL (Bejaia), with the aim of choosing and sizing the elements of the installation.

The methodology consists in carry out a power budget permitting to determinate the powers and the global power factor and to make the compensation of the reactive energy.

The detailed study allowed us to determinate the sections of the conductors, calculating the currents of short circuits in order to choose the protection devices.

Keywords: Power budget, Reactive energy compensation, Sections of conductors, Short circuit currents, Protection.

ملخص

يركز هذا العمل على الدراسة والأبعاد الكهربائية لمصفاة « Sucre Roux » داخل شركة CEVITAL (بجاية)، بهدف اختيار عناصر القياس الكهربائية للتركيب.

تتمثل المنهجية في تنفيذ ميزانية للطاقة مما يجعل امكانية تحديد مختلف الطاقات وعامل الطاقة الكلي وتعويض الطاقة الارتكاسية.

سمحت لنا الدراسة التفصيلية بتحديد مساحة قاعدة النواقل الكهربائية، وحساب تيارات الدوائر القصيرة من أجل اختيار أجهزة الحماية.

الكلمات الرئيسية: ميزانية الطاقة، تعويض الطاقة الارتكاسية، مساحة قاعدة النواقل الكهربائية، تيارات الدارات القصيرة، الحماية.