



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI – TÉBESSA  
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES MINES



# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Option : Electromécanique Minière

## Thème

**Calculs des charges et la contribution à la sécurité  
électrique au niveau des sections DKIII et DKII-complexe  
Djbal Onk\_Bir -Ater**

Par:

**BARRAH ABD ELKARIM**

**GUELLIL KHAIR EDDINE**

Devant le jury composé de:

**FARES Nouredine**  
**RACHACH Abd El Karim**  
**ZAAMOUCHE Fares**

**MAB** Université Tébessa  
**MAA** Université Tébessa  
**MCA** Université Tébessa

**Présidente**  
**Encadreur**  
**Examineur**

**Promotion 2016/2017**

# *Remerciements*

*Notre profonde gratitude et nos plus grands remerciements  
vont en priorité à Dieu Tout Puissant qui sans Son aide, ce travail  
n'aurait jamais abouti*

*Je tiens à remercier en tout premier lieu mon encadreur Mr  
RACHECH ABD AL KRIM de m'avoir proposé ce sujet et de  
m'avoir aidé par ses idées et ses conseils durant toutes les étapes  
de ce travail*

*J'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et  
amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la  
réalisation de ce mémoire.*

*Enfin, je n'oublie pas ma famille, spécialement ma mère et mon  
père, pour leur contribution, leur soutien et leur patience.*

*Merci à tous et à toutes.*

## Résumé

Notre monde ne peut se passer d'une alimentation électrique sûre et fiable. Or le courant Fourni par le réseau n'est pas toujours l'onde parfaite sortie des centrales. Pour déterminer l'efficacité du courant produit, on calcule le facteur de puissance. Les charges, surtout non linéaires, créent des harmoniques qui causent une augmentation de la puissance réactive. Le but de ce projet est de calculer les charge électrique est le facteur de puissance.

## Abstract

Our world depends on a safe and reliable power supply. However, the current supplied by , The network is not the perfect wave output. To determine the effectiveness of the produced current, power factor is calculated. Loads, especially nonlinear, create harmonics that cause an increase in reactive power.

The aim of this project is to calculate the power factor the effectiveness and the produced.

## ملخص

عالمنا لا يمكنه الاستغناء عن امدادات الطاقة الامنة والموثوق بها. ولكن التيارات الكهربائية التي تقدمها الشبكة ليست دائما مثالية ولهذا الهدف من هذا العمل هو حساب معامل الاستطاعة الكهربائية وحساب الحمولة الكهربائية لضمان عمل الشبكة الكهربائية بشكل مثالي.

## List des figures

<b>Figure (I.1)</b> Carte de situation géographique et géologique des gisements de Djebel Onk ...	6
<b>Figure (I.2)</b> Schémas d'une marmanite.....	8
<b>Figure (I.3)</b> Schéma d'un Broyage à marteaux.....	9
<b>Figure (II.1)</b> Courant continu.....	15
<b>Figure (II.2)</b> Courant alternatif .....	15
<b>Figure (II.3)</b> Le triangle des puissances.....	16
<b>Figure (II.4)</b> facturation de l'énergie réactive.....	18
<b>Figure (II.5)</b> La Somme vectorielle de P et de Q correspond à la puissance apparente (S)...	20
<b>Figure (II.6)</b> Influence du $\cos \varphi$ sur la valeur de la puissance apparente.....	23
<b>Figure (II.7)</b> influence du $\cos \varphi$ sur la valeur du courant apparente.....	24
<b>Figure (II.8)</b> variation de $\varphi$ en fonction de la puissance réactive des condensateurs Q.....	25
<b>Figure (II.9)</b> batteries de condensateurs de type fixe.....	26
<b>Figure (II.10)</b> batteries de condensateurs de type automatique.....	26
<b>Figure (II.11)</b> la puissance des condensateurs de compensation.....	27
<b>Figure (II.12)</b> compensation global.....	28
<b>Figure (II.13)</b> Compensation par secteur.....	29
<b>Figure (II.14)</b> Compensation individuelle.....	29
<b>Figure (III.1)</b> schéma unifilaire de poste 90 KV.....	40
<b>Figure (III.2)</b> Schéma unifilaire de distribution et alimentation a MT des dépoussiérages...	41
<b>Figure (III.3)</b> Schéma d'alimentation ancienne des consommateurs DK III.....	42
<b>Figure (III.4)</b> Schéma d'alimentation ancienne des consommateurs DK II.....	43
<b>Figure (III.5)</b> Schéma unifilaire de distribution et alimentation actuelle MT des dépoussiérages.....	44
<b>Figure (III.6)</b> Schéma d'alimentation actuelle des consommateurs DK III.....	45
<b>Figure (III.7)</b> Schéma d'alimentation actuelle des consommateurs DK II.....	46
<b>Figure (IV.1)</b> chute de tension.....	71
<b>Figure (V.1)</b> contact direct.....	88

<b>Figure (V.2)</b> contact indirect.....	89
<b>Figure (V.3)</b> Protection par éloignement.....	89
<b>Figure(V.4)</b> protection par Isolation.....	90
<b>Figure (V.5)</b> protection par obstacle.....	90
<b>Figure (V.6)</b> DDR.....	92
<b>Figure (V.7)</b> Systèmes simples (a) et systèmes complexes de terre(b).....	95
<b>Figure (V.8)</b> réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime TT.....	97
<b>Figure (V.9)</b> réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime TN.S.....	98
<b>Figure (V.10)</b> réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime TN.C.....	98
<b>Figure (V.11)</b> réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime IT. ....	99

## LIST DES TABLEAUX

<b>Tableau</b>	<b>Titre de tableau</b>	<b>N</b>
<b>Tableau III.1</b>	Consommateurs DKII ancienne installation de moyenne tension en régime permanent	47
<b>Tableau III.2</b>	Consommateurs DKII ancienne installation basse tension en régime permanent	47
<b>Tableau III.3</b>	Consommateurs DKII ancienne installation de basse tension en régime inter mi-temps	48
<b>Tableau III.4</b>	Consommateurs DKII ancienne installation de basse tension en régime courte durée	48
<b>Tableau III.5</b>	Consommateurs DKIII ancienne installation de moyenne tension en régime permanent :	48
<b>Tableau III.6</b>	Consommateurs DKIII ancienne installation basse tension en régime permanent	48
<b>Tableau III.7</b>	Consommateurs DKIII ancienne installation de basse tension en régime inter mi-temps	49
<b>Tableau III.8</b>	Les consommateurs DKIII ancienne installation de basse tension en régime courte durée	49
<b>Tableau III.9</b>	Consommateurs DKII nouvelle installation de moyenne tension en régime permanent	55
<b>Tableau III.10</b>	Les consommateurs DKII nouvelle installation basse tension en régime permanent	55
<b>Tableau III.11</b>	Consommateurs DKII nouvelle installation de basse tension en	56

	régime inter mi-temps	
<b>Tableau III.12</b>	Les consommateurs DKII nouvelle installation de basse tension en régime courte durée	56
<b>Tableau III.13</b>	Consommateurs DKIII nouvelle installation de moyenne tension en régime permanent	56
<b>Tableau III.14</b>	Consommateurs DKIII nouvelle installation basse tension en régime permanent	57
<b>Tableau III.15</b>	Consommateurs DKIII nouvelle installation de basse tension en régime inter mi-temps	57
<b>Tableau III.16</b>	Consommateurs DKIII nouvelle installation de basse tension en régime courte durée	57
<b>Tableau III.17</b>	Conclusion des calculs de charges de l'Ancienne installation la section DKII	64
<b>Tableau III.18</b>	Conclusion des calculs de charges de l'Ancienne installation la section DKIII	64
<b>Tableau III.19</b>	Conclusion des calculs de charges de nouvelle installation la section DKII	64
<b>Tableau III.20</b>	Conclusion des calculs de charges de nouvelle installation la section DKIII	65
<b>Tableau IV.1</b>	Calcule du courant de chaque consommateur DKII	68
<b>Tableau IV.2</b>	Calcule du courant de chaque consommateur DKIII	70
<b>Tableau IV.3</b>	Vérification de la section des conducteurs DKII	73
<b>Tableau IV.4</b>	Vérification de la section des conducteurs DKIII	76

<b>Tableau IV.5</b>	sections vérifiées consommateurs DKII	77
<b>Tableau IV.6</b>	sections vérifiées consommateurs DKIII	78
<b>Tableau V.1</b>	les effets du passage du courant alternatif	80
<b>Tableau V.2</b>	classes de matériel électrique	88
<b>Tableau V.3</b>	Domaines de Tension.	91
<b>Tableau V.4</b>	Résistivités moyennes des différents types de sol.	93

## Liste de symbole

$P$  : Puissance active (W)

$U$  : Tension (V)

$I$  : Intensité (A)

$\Phi$  : déphasage ( $^{\circ}$ )

$\cos \varphi$  : facteur de puissance

$K_d$  : Facteur de demand

$\sum_{i=1}^n P_{ni}$  : La somme des puissances nominales des consommateurs.

$P_{cbt}$  : La puissance active des consommateurs BT.

$P_{cht}$  : La puissance active des consommateurs HT.

$P_{cmt}$  : La puissance active des consommateurs MT.

$P_{ct}$  : La puissance active totale.

$Q_{cbt}$  : La puissance réactive des consommateurs BT.

$Q_{cht}$  : La puissance réactive des consommateurs HT.

$Q_{cmt}$  : La puissance réactive des consommateurs MT.

$Q_{ct}$  : La puissance réactive totale.

$\sqrt{S}$  Facteur de marche

$N_{j fr}$  : Nombre de jours fermiers pour fêtes religieuses

$N_{j week}$  : Nombre de jours fermiers pour fin semaine

$N_{j fn}$  : Nombre de jours fermiers pour fêtes nationales

$P_c$  : La puissance calculée.

$K_m$  : La puissance calculée moyenne

$P_m$  : Facteur de maximum de charge active.

$\beta$  : Coefficient qui tient compte de la durée du Max de charge.

$K_f$  : Coefficient qui tient compte de la forme de la courbe de charge

$$K_f = 1.05 \text{ jusqu'à } 1.10.$$

$T$  : La durée calculée de la courbe de charge.

$\Delta T$  : La durée calculée de maximum de la charge.

$I_{nx}$ : le courant nominal de l'atelier x.

$U_r$  : Chute de tension résistive

$U_i$  : Chute de tension inductive

$U_a$ : Tension arrivée

$U_i$  : Chute de tension

$\sqrt{3}$  : En triphasé (tension phase-phase)

$\rho_1$ : Résistivité pour le cuivre est égale  $0.0225 \frac{mm^2}{m}$

L : longueur de câble en(m)

$\lambda$  : Réactance linéique des conducteurs .Est égale  $0.08 \times 10^{-3} \Omega m$

$I_n$ : courant d'emploi en A

$S_{éc}$  : section économique en  $mm^2$

$J_{éc}$  : la densité économique en  $\frac{A}{mm^2}$

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre1 : Historique et généralité</b>	
I.1 Introduction .....	4
I.2 Historique du complexe.....	4
I.3 Les moyens humains.....	5
I.4 Transport du phosphate .....	5
I.5 Modification de chaine de traitement .....	5
I.6 Géologie régionale .....	6
I.6.1 Situation géographique des gisements de djebel onk .....	6
I.7 Exploitation du phosphate de la mine de djebel-Onk.....	7
I.7.1. Régime de travail .....	7
I.7.2. Travaux de tir .....	7
I.8. USINE DE TRAITEMENT .....	8
I.9.MAINTENANCE .....	10
I.9.1 Entretien préventif.....	10
I.9.2 Les méthodes .....	11
<b>Chapitre II : Amélioration du facteur de puissance et compensation</b>	
II .I .INTRODUCTION .....	
II.2 Courant électrique .....	14
II.3 Les différences entre courant monophasé et courant triphasé.....	14
II.3.1 Le courant monophasé.....	14
II.3.2 Le courant triphasé.....	14
II.3.3 L'intensité du courant électrique .....	14
II.4 la puissance électrique .....	15
II.4.1 Les puissances apparente, active, réactive .....	15
II.5 Les puissances électriques en triphasé .....	17
II.5.1 La puissance active .....	17
II.5.2 La puissance réactive .....	17
II.5.3 La puissance apparente .....	18
II.6 L'énergie électrique .....	18
II.6.1 L'énergie active .....	18
II.6.2 L'énergie réactive .....	18

II.6.3. Les principaux consommateurs d'énergie réactive concernent.....	18
II.6.4 Les conséquences de cette énergie réactive sont nombreuses .....	19
II.6.5 Comment l'énergie réactive est-elle facturée .....	19
II.6.6 Avantages dus à l'amélioration du facteur de puissance .....	19
II.6.6.1 Diminution de la facture d'électricité .....	19
II.6.7 Optimisation des choix technico économiques .....	19
II.6.8 La problématique de l'énergie réactive en milieu industriel.....	20
II.7 Facteur de puissance.....	20
II.7.1 L'amélioration de facteur de puissance.....	21
II.8. Compensation de l'énergie réactive.....	22
II.8.2 Comment améliorer le facteur de puissance.....	23
II.8.3 Circulation de l'énergie réactive.....	23
II.8.4 Relation entre la puissance des condensateurs et l'amélioration du $\cos\phi$ .....	25
II.9 la compensation.....	25
II.9.1 intérêt de la compensation.....	25
II.9.2 Les différents types de compensation.....	25
II.9.3 Calcul de la puissance des condensateurs de compensation.....	27
II.9.4 Les modes de compensation.....	28
II.10 Conclusion.....	30
<b>Chapitre III : Calcul Des Charge Electrique</b>	
III.1 INTRODUCTION.....	32
III.2 Description de post 90.....	32
III.2.1 Caractéristique de post 90 KV.....	32
III.3 Les méthodes de calcul des charges électriques.....	34
III.4 Recueil des caractéristiques des consommateurs de l'ancienne installation.....	47
III.5 Calcul des charges électrique d'ancienne installation .....	49
III.5.1 La section DKII .....	49
III.5.1.1 Les consommateurs MT.....	49
III.5.1.2 Les consommateurs BT.....	50
III.5.2 La section DK3 .....	52
III.5.2.1 Les consommateurs MT.....	52
III 5.2.2 Les consommateurs BT.....	52
III.6 Recueil des caractéristiques des consommateurs de la nouvelle installation	55
III.6.1 La section DKII.....	55
III.6.2 La section DKIII.....	56
	57

III.7 Calcul des charges électrique de la nouvelle installation .....	57
III.7.1 La section DKII .....	57
III.7.1.1 Les consommateurs MT.....	57
III.7.1.2 Les consommateurs BT.....	60
III.7.2 La section DK3 .....	60
III.7.2.1 Les consommateurs MT.....	61
III.7.2.2 Les consommateurs BT.....	65
III.8 Conclusion .....	
<b>Chapitre IV : choix et vérification des sections des conducteurs électrique</b>	<b>67</b>
IV.1 Introduction.....	67
IV.2 Le choix de la section des conducteurs de la ligne électrique.....	67
IV.2.1 Choisi les sections des câbles d'après l'échauffement.....	68
IV.3 calcule du courant de chaque consommateur.....	68
IV.3.1 Les consommateurs de DKII .....	70
IV.3.2 Les consommateurs de DKIII.....	71
IV.4 Vérification de la section choisis .....	71
IV.4.1 chute de tension admissible .....	72
IV.4.2 La densité économique .....	73
IV.5 vérification de la section des conducteurs.....	73
IV.5.1 Les consommateurs du DKII.....	76
IV.5.2 Les consommateurs du DKIII.....	81
IV.6 Conclusion .....	
<b>Chapitre V : Sécurité électrique</b>	<b>83</b>
V.1Introduction .....	83
V.2 Risque électrique .....	83
V.2.1 L'exposition délibérée.....	83
V.2.2 L'exposition ordinaire.....	84
V.3 Habitation électrique.....	84
V.4 Les types de courant .....	84
V.4.1 Le courant continu .....	84
V.4.2 Le courant alternatif .....	86
V.5 Les effets de l'électrisation .....	86
V.6 Les facteurs de gravité et leurs effets .....	87
V.6.1 Les caractéristiques du courant.....	87
V.6.1.1 La tension du courant.....	87
V.6.1.2 L'intensité du courant.....	87
V.6.2 La durée du passage de l'électricité dans le corps .....	88
	88

V.7 Sécurité électrique .....	88
V.8 Choc électrique .....	
V.8.1 Contact direct .....	89
V.8.2 Contact indirect .....	
V.9 Protection contre les contacts directs.....	89
V.9.1 Protection par éloignement.....	89
V.9.2 Protection par isolation.....	90
V.9.3 Protection par obstacle.....	91
V.9.4 Matériel électrique.....	92
V.9.5 Protection en utilisant le dispositif différentiel à haute sensibilité.....	92
V.9.6 Protection en utilisant d'une très basse tension .....	93
V.10 Protection contre les contacts indirects .....	94
V.10.1 Protection sans coupure de l'alimentation .....	94
V.10.2 Protection par coupure automatique de l'alimentation .....	94
V.11 Mise à la terre .....	95
V.11.1 Rôle de la mise à la terre.....	95
V.11.2 Différents types de prise de terre .....	95
V.11.2.1 Systèmes simples.....	95
V.11.2.2 Systèmes complexes.....	95
V.11.3 Résistivité de la terre et résistance de mise à la terre .....	96
V.12 Le choix du régime de neutre et les protections .....	97
V.12.1 Régime TT .....	97
V.12.2 Régime TN.....	97
V.12.2.1 Le régime TN-C .....	98
V.12.2.2 Le régime TN-S .....	98
V.12.3 Régime IT .....	99
V.13 Synthèse sur les 3 régimes de neutre .....	100
V.14 Conséquences des contacts directs .....	100
V.14.1 réseaux à neutre à la terre (schéma TT) .....	100
V.14.2 réseaux à neutre impédance (schéma IT) .....	101
V.14.3 réseaux à mise au neutre des masses (schéma TN) .....	101
V.15 Conséquences des contacts indirects .....	101
V.15.1 Danger d'utilisation des réseaux à neutre mise directement à la terre (schéma TT)	102
V.15.2 Danger d'utilisation des réseaux à neutre impédance (schéma TT) .....	105
V.16 Conclusion.....	
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>106</b>



## **INTRODUCTION GENERALE**

L'industrie du Phosphate algérienne a commencée à la fin du XIXème siècle lors de la découverte et la mise en exploitation de plusieurs gisements à l'Est du pays. En 1962 commença l'exploitation du plus grand gisement algérien de phosphate « Djebel Onk ».

Dans les entreprises minières, le choix de l'énergie appropriée pour la mécanisation des équipements miniers, est considérée un volet aussi important que l'exploitation elle-même. Le complexe de Djebel Onk ne sort pas de cette règle.

L'orientation vers l'énergie électrique ne repose ni sur le hasard ni sur le doute, elle a été choisie de part ces avantages innombrables tels que la rapidité, efficacité, disponibilité, propreté, puissance et possibilité d'automatisation, régulation et robotisation. La puissance active et réactive, sont les quantités de base principales pour le flux d'énergie dans les réseaux électriques. Elles définissent ce qui est généré, transmis, distribué et vendu par les compagnies d'électricité et achetés par les utilisateurs.

Toutefois l'installation électrique y compris le consommateur et accessoires doivent de temps à autre être réglés, maintenus et parfois changés, comme le cas dans cette modeste étude qui se résume au calcul des charges électriques de l'ancienne et la nouvelle installation des sections de dépoussiérage DKII et DKIII.

Certains consommateurs de ces derniers pour des raisons de productivités et de consommation excessive ont été mis hors service et d'autres ont été installés nouvellement, ce qui nous a incités à refaire tous les calculs et dresser un nouveau schéma de distribution de l'énergie électrique basé sur un choix judicieux des sections de câbles et conducteurs ainsi que les accessoires de protection et de mesure.

La sécurité électrique assure la protection du personnel, du réseau et des installations. La protection légale des travailleurs est ensuite abordée à partir de décrets et d'arrêtés spécifiques. La formation du personnel intervenant à proximité des installations ainsi que l'équipement de protection sont également des aspects primordiaux à ne pas négliger.

Dans notre étude une investigation a été faite pour différencier le procédé de mise à la terre et le procédé du neutre isolé pour l'alimentation de l'installation. Pour l'atelier où est installé le four, On vu que la mise à la terre est la plus appropriée.

## ➤ **Problématique**

Dans cette modeste étude on a fait un calcul des charges électriques de l'ancienne et l'actuelle installation des sections de dépoussiérage DKII et DKIII, pour choisir les bons transformateurs qui peuvent supporter les charges, en utilisant la Méthode de facteur de demande, par la suite, un diagnostic du système de sécurité employé a été fait pour aboutir à des recommandations estimés importante à nos yeux .

# *Chapitre I*

*Historique et généralité*

## **I. INTRODUCTION**

L'industrie minière se base sur l'extraction et le traitement des différents minéraux tout en respectant le cadre environnemental qui joue un rôle important dans l'économie national d'un pays.

Dans l'avenir le potentiel économique de chaque pays sera déterminé sur base du niveau de production des métaux et diverses substances minérales.

En Algérie, l'activité minière prend de l'envergure et joue un Rôle très important dans le développement du pays.

La société des mines de phosphates (SOMIPHOSSE) de Djebel-Onk en est l'une Des plus brillantes implantées sur le territoire algérien.

Cependant, comme tout entreprise minière elle a de nombreux défis à relever pour cela elle doit résoudre d'une manière technique et scientifique d'importantes questions liées au traitement du minerai :

- ❖ Perfectionnement de la technologie de traitement.
- ❖ Produire six (1.8) millions de tonnes de produit marchands par an.

## **I.2 HISTORIQUE DU COMPLEXE**

Ce complexe est spécialisé dans l'exploitation minière des gisements de phosphate.

Le gisement de phosphate de Djebel Onk a été découvert en 1908 par les français. Ce n'est qu'en 1931 que commence les premières études par la compagnie de phosphate de Constantine en suite fut créer la société Djebel Onk en 1936.

De 1961 à 1963 fut précisé les valeurs du gisement de Djebel Onk. Et ce n'est qu'au mois de février 1965 que débute l'exploitation de Djemi Djema.

Actuellement le complexe exploite une nouvelle carrière de Kef Essnoun après l'épuisement de la carrière de Djemi Djema



### **I.3 LES MOYENS HUMAINS**

La réussite du complexe est basée sur le niveau de management exemplaire et la rigueur dans la prise en charge des problèmes de travail à temps qui les bonnes relations entes les travailleurs permettant la réalisation des objectifs par le complexe phosphate

L'effectif du personnel se divise en plusieurs divisions.

Chaque division à un rôle bien déterminé, les cadres supérieurs gérant la Planification et la prise en charge des problèmes technique, les cadres maîtrises assurant le rôle de suivi sur le terrain des principales étapes de réalisation de la production, alors que les ouvriers interviennent directement sur le processus

### **I.4 TRANSPORT DU PHOSPHATE**

L'expédition du phosphate marchand est réalisée par chemin de fer dans des wagons du type auto videur très étanche et par rame composé de 34 wagons environ et par camions de SOTRAMINE capacité 40T chaque camion.

### **I.5 MODIFICATION DE CHAINE DE TRATEMENT**

Transfert produit du débouillage vers lavage

1-Débouillage

2-lavage

3-séchage

4-Embarquement

Le produit venant des cribles et avant les filtres à bandes est acheminé vers le lavage par une pompe WEMCO qui était utilisé dans la calcination, le produit ensuite alimente la bache de la pompe 322 et le produit passe par la voie normale du lavage puis séchage. Un autre transfert de produit se fait entre la débouillage à partir du stocke débouillé vers le séchage par camions ce produit alimente le séchage à partie de la trémie T7 en cour ci cuitant le lavage

\*\*changement des fours calcinateur en fours sécheur.

1-Débouillage

2-calcination (four sécheur)

3-Embarquement

\*les fours calcinateur sont modifiée pour les utilisés comme fours sécheurs.

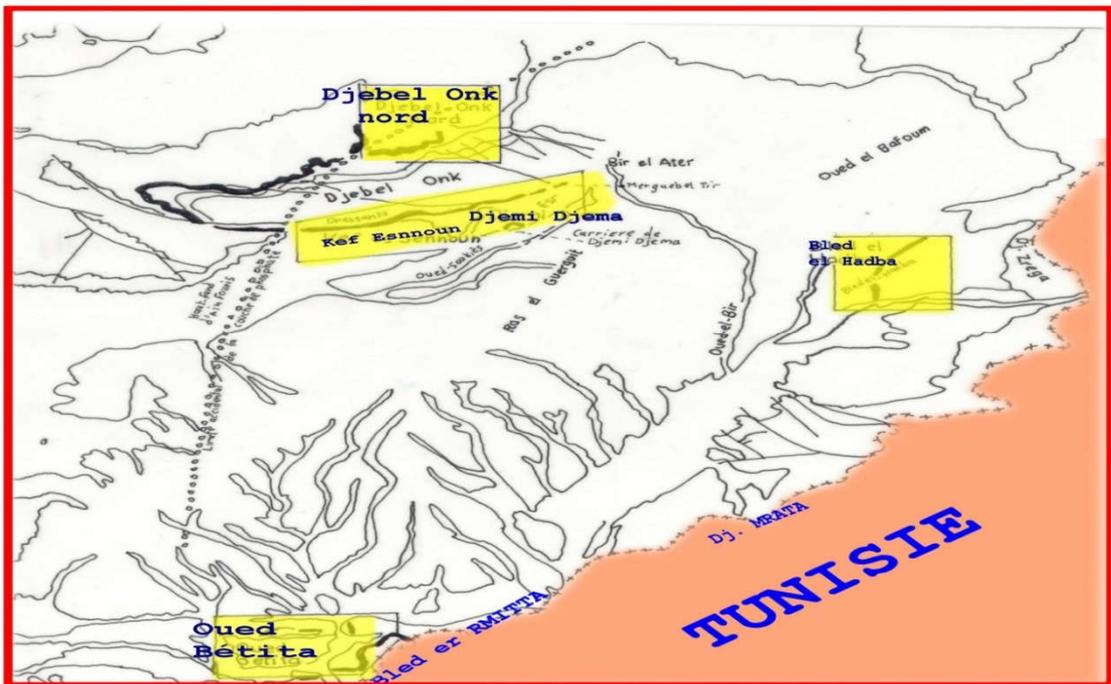
## I.6 GEOLOGIE REGIONALE

### I.6.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DES GISEMENTS DE DJEBEL ONK

La région de Djebel Onk est située au Sud – Est de l'Algérie, à 100 km de la Wilaya de Tébessa et à 20 km de la frontière Algéro – Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued (**Fig. 1**). Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif de Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts de Nemencha qui prolonge vers l'Est le massif des Aurès. Les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635m.

La région de Djebel Onk est subdivisée en 5 secteurs miniers : (**Fig. 1**)

- Gisement de Djemidjema,
- Gisement de Kef Essnoun,
- Gisement de Djebel Onk Nord,
- Gisement d'Oued Betita,



**Figure (I.1)** Carte de situation géographique et géologique des gisements de Djebel Onk.

### I.7 Exploitation du phosphate de la mine de djebel-Onk

La méthode d'exploitation du gisement dans cette mine est à ciel ouvert, consiste en la réalisation d'une succession des travaux miniers afin d'assurer la découverte et l'extraction en qualité et quantité planifiée dans les meilleures conditions. la méthode d'exploitation du gisement de Kef-Essnoun est avec un seul ***bord exploitable***, suivants des normes :

- La hauteur des gradins : 15 m
- La largeur de la route de déplacement des engins : 15 à 25m
- La largeur de plateforme : 40 m

L'extraction du phosphate est le premier maillon de la chaîne de production :

**1<sup>ère</sup> opération** : Terrassement par bulldozer

**2<sup>ème</sup> opération** : Foration avec des sondeuses

**3<sup>ème</sup> opération** : usage de l'explosif.

### **I.7.1. Régime de travail**

- **Stérile** : 3×8 continue
- **Phosphate** : 3×8 continue
- **Chargement et Transport** : Nombre de poste / j = 03
- **Foration** : Nombre de poste / j = 02

#### **- Principaux processus**

La préparation des roches se fait par les travaux de forage et tir pour le stérile et le phosphate.

#### **a. Terrassement par bulldozer.**

**b. Foration** : Les processus de Foration font l'objet d'une étude comparative pour deux types de sondeuse avec différents diamètres à savoir : **Ø = 110 mm** **Ø = 165 mm**

#### **c. Foration secondaire :**

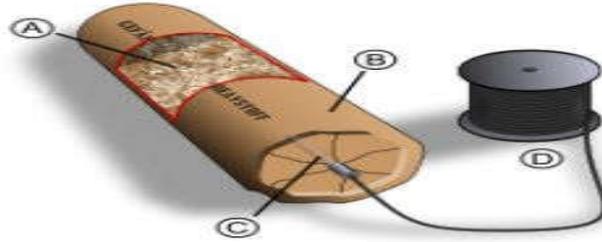
- Pour la Foration secondaire (banquette hors gabarit et pied).

### **I.7.2. Travaux de tir**

Les explosifs utilisés à Djebel Onk sont :

- Anfomil 25 Kg
- Marmanite Ø<sub>80</sub> ; Ø<sub>65</sub> ; Ø<sub>50</sub>.
- Cordeau 12 g/t ; 20 g/t.
- Mèche lente ; relais (détonateur à micro retard) ; détonateur.
- Fils électrique.
- DEMR (détonateur électrique à micro retard).

- Exploseur.
- Testeur



**Figure (I.2)** Schémas d'une marmarite

## I.8. Usine de traitement

L'usine de traitement se situe à proximité des gîtes en exploitation et plus précisément à 1,5 Km du site de Kef Essnoun, juste à côté du site de Djemidjema, ce qui facilite l'alimentation du tout-venant issue des carrières.

On distingue trois secteurs de la chaîne de traitement qui sont :

### I.8.1. Préparation mécanique

Avant de subir des traitements proprement dits, le tout-venant subit un traitement préliminaire qui consiste à préparer le minerai aux prochaines étapes de traitement et cela en utilisant différents procédés à savoir

#### I.8.1.1. Concassage

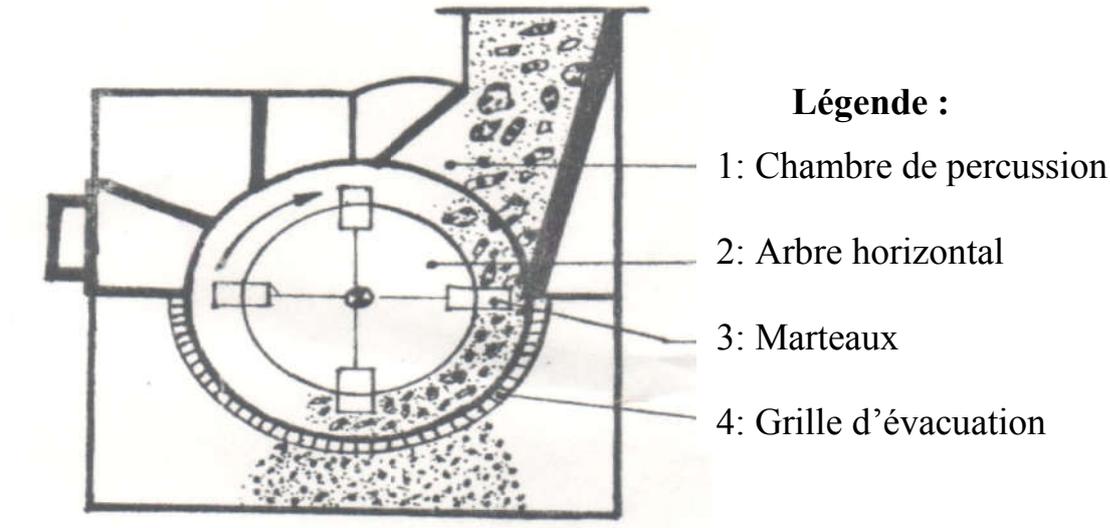
Cette opération a pour but la réduction de la taille des blocs de 1000mm à 150 mm au maximum.

Elle se fait au moyen de deux concasseurs (1<sup>ère</sup> à cône giratoire « BABITLESS » d'une capacité de 1200 t/h et le 2<sup>ème</sup> à percussion utilisé à niveau de Kef Essnoun avec broyeur à marteaux menu d'un scalpeur d'une capacité maximale 1800 t/h).

Le produit concassé passe à l'étape suivante.

#### I.8.1.2-Broyage

Cette opération consiste à réduire la taille du produit concassé jusqu'à une dimension de 20 mm, et ce au moyen de (03) broyeurs à marteaux articulés (WEDAG) d'une capacité de production de 300t/ h/ broyeur, le produit broyé sera ensuite acheminer vers l'atelier de criblage.



**Figure (1.3)** Schéma d'un Broyage à marteaux.

### I.8.1.3- Criblage

Consiste à éliminer le produit dont la dimension est supérieure à 15 mm au moyen de trois (03) cribles vibrants (WEDAG) en aval du BABITLESS d'une capacité de 250 t/ h/ crible.

Le rendement en poids de cette opération atteint les 95% .par contre le produit concassé de Kef Essnoun alimente (02) cribles vibrants inclinés (HAZEMAG) d'une capacité de 900t/ h/ crible, et une ouverture de 10 mm, les refus de ces cribles sont recyclé pour revenir au broyeurs (WEDAG).

Les refus des cribles (WEDAG) sont acheminés vers une trémie de déchargement pour ensuite les transportés a des terrils à l'intérieur des fosses créés par l'exploitation.

Le but essentiel de la préparation mécanique est d'avoir un produit de taille inférieure à 15 mm pour servir les deux chaînes de traitements.

### I.8.1.4. Séchage

Le produit débourbé étant un produit semi fini humide et qui nécessite une déshydratation jusqu'à l'obtention d'un produit marchand d'une humidité de 1%. Le séchage se fait au moyen deux méthodes à savoir :

- Séchage par four de calcination
- Séchage par four horizontal

## **I.9.MAINTENANCE**

La fonction maintenance est primordiale au sein de toutes Entreprises. Les retombés de ses actions et leur rentabilité démontre son importance dans la chaîne de production d'où sa place de choix dans le monde industriel sans cesse en évolution et de plus en plus performant. Elle constitue et représente un enjeu économique considérable pour toutes entreprises souhaitant disposer d'un outil de production sans failles et rentable.

L'inexistence ou l'insuffisance de maintenance influera sur la productivité et sera néfaste pour l'entreprise sur le plan économique et sur son existence même. Les conséquences d'une telle situation se traduira pour l'entreprise par:

- Des pannes fréquentes de l'outil de production,
- Des arrêts de production,
- Des diminutions de rendement,
- Des retards dans les délais de livraison,
- Des pertes d'exploitation,
- Des produits de mauvaise qualité,
- Des défigurations des installations dus aux actions de bricolage pour palier au plus pressé,
- Des usures rapides du matériel dont la fiabilité deviennent incertaines,
- Des accumulations de retards sur toutes les prévisions.
- Les équipements de la voie sèche (Dépoussiérage).

### **I.9.1- Entretien préventif**

#### **Définition**

Le préventif est défini comme l'ensemble des opérations ou interventions d'entretien déclenchées préventivement a priori par le service BPM. Il s'oppose aux opérations curatives déclenchées par les perturbations ou par les événements. Et donc subies par le service entretien.

Nous incluons dans l'entretien préventif:

- Les visites et opérations déclenchées par ces visites.
- Le remplacement systématique.
- Les programmes d'entretien préventif comportent toujours les activités fondamentales suivantes:

Inspection périodique des équipements de façon à éviter les situations pouvant conduire à de arrêts de production. Tout programme d'entretien bien développé dans l'industrie moderne comporte toujours les opérations suivantes:

Nettoyage, graissage, contrôle, correction des défauts ou des erreurs ainsi que l'emploi des moyens de protection du personnel.

L'entretien préventif exerce des effets positifs sur les charges du service relatives à l'entretien correctif et sur ses charges totales.

On peut alors prévoir et organiser à l'avance la plus part des travaux de réparation et les exécuter d'une manière plus profitable et plus économique.

Tout programme d'entretien préventif bien conçu procure des profits excédant largement ses coûts de réparation.

### **I.9.2 Les méthodes**

Il existe deux méthodes:

#### **a) Les visites systématiques**

C'est la solution la plus facile à mettre en place. Il existe différentes formes envisageables l'on choisit en fonction d'impératifs techniques et de critères économiques.

#### **➤ Visites lorsque la machine est en marche**

Les visites ou inspections en cours de marche sont:

- Contrôle du niveau d'huile.
- Contrôle de la qualité d'huile.
- Contrôle de la température.
- Mesure de vibration.
- Mesure d'épaisseurs.
- Bruits.
- Echauffement.
- Fuite d'huile

Les visites ou inspections en cours de marche ont aujourd'hui une tendance à se développer avec l'utilisation de plus en plus d'outillages spéciaux permettant d'effectuer des contrôles non distinctifs en cours de marche peut dans de nombreux cas enregistrés en permanence "en temps réel" avec l'assistance l'outil informatique dans une salle de contrôle.

L'alerte et le déclenchement d'une demande d'expertise ou d'intervention préventive au près du service maintenance quand il sera nécessaire.

Cette méthode d'entretien est en voie de développement. On constate qu'il est possible de faire l'entretien préventif sans arrêter la production.

➤ **Visite à l'arrêt**

Compte tenu du type de visite à effectuer et du temps dont on dispose. Ces visites peuvent s'effectuer :

- Sans démontage (contrôle de l'état, des équipements) ;
- Avec démontage partiel (Révision partielle) ;
- Avec démontage totale (Révision générale).

**b) Les remplacements systématiques**

Le remplacement systématique se définit par une prévision de changement d'une pièce sous ensemble ou ensemble après diagnostic de machine et évaluation de la durée de vie de ces dernières.

**REMARQUE:**

Pour faire l'entretien préventif il faut commencer tout d'abord par les visites systématiques avant les remplacements du matériel.

On fait exception à la règle (on ne commence pas par les remplacements systématiques) dans les cas suivants:

- Pour des raisons de sécurité.
- Lorsque le coût d'arrêt de production élevée par rapport au coût de remplacement.

**I.9.3 But de l'entretien préventif**

Les principaux avantages de l'entretien préventif sont les suivants:

- Moins d'arrêt de production du fait de la diminution des pannes.
- Des frais de l'entretien moins élevés.
- De moindre frais de préparation du fait que les petites réparations demandent moins de temps, moins de pièces détachées et une durée d'arrêt réduite.
- Découverte facile des articles dont l'entretien est coûteux ce qui permet d'étudier et corriger des causes de frais (mauvais traitement de équipement vieillissement de l'équipement ou mauvais emploi).
- Diminution du nombre de réparations importantes et élimination des travaux identiques.
- Meilleure conservation de l'outillage ce qui lui assure une vie plus longue.

# *Chapitre II*

## *Amélioration du facteur de puissance et compensation*

---

## **II.1 Introduction**

En électricité, on désigne par énergie active, l'énergie transformée en travail mécanique (s'il s'agit d'un moteur), chaleur (s'il s'agit d'une résistance chauffante ou d'un tube infrarouge ou lumière) ; quant à l'énergie réactive, elle ne produit pas de travail ou de chaleur mais elle est nécessaire pour permettre aux équipements électriques de fonctionner (pour par exemple produire un champ électromagnétique à l'intérieur d'un moteur). On qualifie aussi la quantité d'énergie non consommée par l'utilisateur et réservée auparavant par le fournisseur comme étant une énergie réactive de mauvais impact du fait qu'elle perturbe le distribution et nuit aux utilisateur environnant . Pour cette dernière raison le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) doit être suffisamment élevé pour éviter la majoration de facturation.

La compensation peut être globale, par secteur ou locale. En principe, la compensation idéale est celle qui permet de produire l'énergie réactive à l'endroit où elle est consommée et en quantité ajustée à la demande. Autrement dit, emmagasiner l'énergie réactive pendant les heures creuses et la réinjecter entant d'énergie active lors des heures de pointe.

## **II.2 Courant électrique**

Le courant électrique correspond au déplacement à l'intérieur d'un conducteur de charges généralement négatives appelées électrons. Le sens conventionnel du courant est orienté du pôle positif au pôle négatif. Ce sens peut être différent du sens réel de déplacement des porteurs de charges, le mouvement des électrons est orienté du pôle négatif au pôle positif. [11]

## **II.3 Les différences entre courant monophasé et courant triphasé**

### **II.3.1 Le courant monophasé**

Présenter, comme son nom l'indique, **une seule phase** et un neutre. Ce sont donc **deux fils** conducteurs qui arrivent chez vous. Pour les reconnaître, rien de plus simple : fil noir ou rouge pour la phase, et fil bleu pour le neutre. [11]

### **II.3.2 Le courant triphasé**

Quant à lui, présente quatre fils électriques : trois phases et un neutre. Les trois câbles de phase sont parcourus par une tension sinusoïdale, ou alternative, ce qui signifie que l'amplitude oscille et varie. Les trois phases qui composent le courant triphasé sont dites « déphasées ».

Le courant passant par les lignes électriques est du courant alternatif, tout comme l'électricité des ménages ordinaires provenant d'une prise de courant dans un mur. Le courant habituellement utilisé aux Etats-Unis est de 60 cycles par seconde (soit une fréquence de 60 Hz) ; en Europe et dans la plupart des autres régions du monde, il est de 50 cycles par seconde (soit une fréquence de 50 Hz). [11]

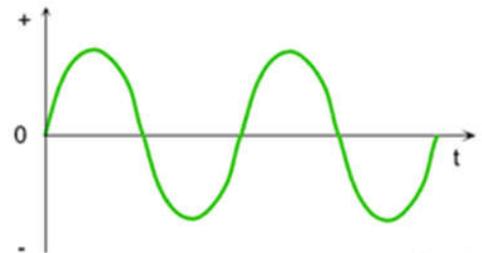
### **II.3.3 L'intensité du courant électrique**

L'intensité du courant électrique se mesure en **ampères (A)**. Elle correspond au « débit » des électrons, c'est-à-dire au nombre de particules qui traversent un conducteur en une seconde. L'intensité n'est pas le seul critère de mesure du courant électrique. Il faut également prendre en compte :

1. -La tension
  2. -La puissance
  3. -L'énergie
- **Représentation graphique de l'intensité du courant en fonction du temps**



**Figure (II.1)** Courant continu



**Figure (II.2)** Courant alternatif [11]

## **II.4 LA PUISSANCE ELECTRIQUE**

Correspond au travail que peut fournir un appareil électrique à chaque seconde. Plus précisément, la puissance électrique indique la quantité d'énergie qu'un appareil peut transformer durant une période de temps.

### **II.4.1 Les puissances apparente, active, réactive**

#### **II.4.1.1 La puissance apparent**

C'est la Somme (trigon ométrique) de la puissance active et réactive. C'est par ailleurs la puissance souscrite (kVA) pour son contrat d'électricité. Elle se calcule comme suit:

$$S=U.I \tag{2.1}$$

S= Puissance apparente (VA) (homogène à des Watts) //U= Tension (V) //I= Intensité (A)

La puissance apparente est l'hypothénuse du triangle des puissances. On peut donc, grâce à ce bon vieux Pythagore, la calculer à partir des deux autres puissances :

$$S=\sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.2)$$

**II.4.1.2. La puissance active**

La puissance active est la puissance qui va provoquer un mouvement, on pourrait la qualifier d'utile". Elle est souvent confondue avec la puissance apparente. Elle représente, en particulier dans les habitations, la majorité de l'énergie consommée. [12]

$$P=U.I.\cos\phi \quad (2.3)$$

P = Puissance active (W)

U = Tension (V)

I = Intensité (A)

φ = déphasage (°)

**II.4.1.3 La puissance réactive**

La puissance réactive est beaucoup moins connue et plus complexe à aborder. En effet, ce n'est pas une puissance à proprement parler puisque l'on ne peut pas en tirer un "travail". Cependant, elle est nécessaire dans de nombreux systèmes, notamment dans tous ceux qui sont équipés d'un bobinage. Parmi eux, on peut noter les moteurs tournants évidemment, mais aussi les appareils de froid, certains composants informatiques, etc. Les appareils purement résistifs, dont les convecteurs se rapprochent le plus, sont les seuls à ne pas consommer d'énergie réactive. Cette puissance réactive peut être compensée par des batteries de condensateurs qui ont la propriété de pouvoir fournir de l'énergie réactive au système en ayant besoin. [12]

$$Q=U.I.\sin\phi \quad (2.4)$$

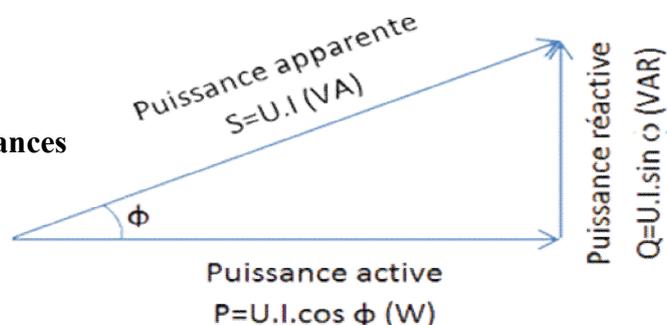
Q = Puissance réactive (VAR) (Volt -Ampère Réactif)

U = Tension (V)

I = Intensité (A)

φ = déphasage (°)

**-Le triangle des puissances**



**Figure (II.3) Le triangle des puissances** [12]

## **II.5 Les puissances électriques en triphasé**

Tous les systèmes électriques utilisant le courant alternatif net en jeu deux formes d'énergie: l'énergie active <<P>> et l'énergie réactive <<Q>>.

Dans les processus industriels utilisent l'énergie électrique seule, l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production.

L'énergie réactive sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques. Par ailleurs certain constituant des réseaux électriques de transport et de distribution, consomment également dans certain cas d'exploitation de l'énergie réactive. [13]

### **II.5.1 La puissance active <<P>>**

On la défini par :

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi ; \text{KW} \quad (2.5)$$

On l'appelle puissance active car c'est elle qui est réellement utile (par exemple dans un moteur, c'est la puissance active qui est transformée en puissance mécanique, aux pertes près).

### **II.5.2 La puissance réactive <<Q>>**

La puissance réactive n'a de puissance que le nom! On fait, la seule puissance à sens mécanique du terme, c'est la puissance active qui la fournit.

La puissance réactive <<Q>> est définie par analogie à la puissance active <<P>>

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varphi ; \text{VAR} \quad (2.6)$$

Elle s'exprime en VAR abréviation (volt-ampère-réactif). Son intérêt en provient du fait qu'elle permet d'évaluer l'importance des récepteurs inductif (moteurs, lampes fluorescentes,...etc.) et des récepteurs capacitifs (condensateurs) dans l'installation. [13]

Les compteurs récemment installés vont d'ailleurs enregistrer distinctement la puissance réactive inductive et la puissance réactive capacitive.

Le placement des condensateurs a permis de diminuer le courant, sans modifier la consommation d'énergie du circuit.

### **II.5.3 La puissance apparente <<S>>**

Le produit de la tension par le courant s'appelle puissance apparente  
 $S = \sqrt{3} \times U \times I$  ; VA (2.7)

Elle exprimée en 'VA' (volte ampère).

Cette grandeur a peu de signification physique. Elle n'exprime en aucune façon la puissance développée par un circuit alternatif.

Elle à la même expression que celle de la puissance développée par un circuit continu.

La puissance apparente est utilisée pour quantifier la capacité de puissance d'un transformateur. [13]

## **II.6 L'énergie électrique**

Est une énergie disponible sous forme de courant d'électrons (électricité). Cette énergie est utilisée directement pour produire de la lumière ou de la chaleur.

Elle peut être convertie en énergie mécanique en alimentant un moteur électrique ou être également utilisée pour produire certaines réactions chimiques. L'unité de mesure de l'énergie électrique est le Watt/heure (symbole Wh) qui représente l'énergie consommée par un appareil de puissance 1 watt fonctionnant pendant 1 heure. (1 Wh = 3600 J).

Toute machine électrique utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie :

### **II.6.1 L'énergie active**

c'est l'énergie utile pour le fonctionnement des machines, est utilisée directement pour produire de la lumière ou de la chaleur. son unité c'est le KWh. [9]

### **II.6.2 L'énergie réactive**

c'est une forme particulière de puissance mise en jeu par un réseau ou une installation possédant une capacité, elle est transformée par les équipements électriques pour créer leurs propres champs électromagnétiques. C'est une énergie parasite pour le réseau, son unité c'est le KVARH. [9]

### **II.6.3. Les principaux consommateurs d'énergie réactive concernent**

- les moteurs asynchrones ordinaires
- les lampes à ballast magnétiques à fluorescence ou à décharge
- les fours à induction et à arc
- les machines à souder

#### **II.6.4 Les conséquences de cette énergie réactive sont nombreuses**

- pénalités (en tarif vert) par le fournisseur d'électricité
- augmentation de la puissance souscrite au fournisseur d'énergie, des pertes Joules et des chutes de tension dans les circuits
- surcharge au niveau du transformateur et des câbles d'alimentation
- surdimensionnement et précaution au niveau des protections
- dégradation de la qualité de l'installation électrique

Globalement l'impact économique est donc très important.

La solution à tous ces problèmes consiste à installer au niveau du transformateur (primaire ou secondaire) ou par atelier, des batteries de condensateurs qui vont neutraliser cette énergie réactive en s'y opposant. [9]

#### **II.6.5 Comment l'énergie réactive est-elle facturée**

L'énergie réactive facturée est : la valeur absolue de la différence entre l'énergie réactive et 50 % de l'énergie active consommées pendant la même période. [10]



**Figure (II.4)** facturation de l'énergie réactive

#### **II.6.6 Avantages dus à l'amélioration du facteur de puissance**

##### **II.6.6.1 Diminution de la facture d'électricité**

Le distributeur d'énergie électrique, propose des tarifs de facturation différents suivant la consommation de l'abonné:

- Tarif jaune pour des puissances entre 36 et 250 kVA avec livraison en BT
- Tarif vert pour des abonnés livrés en HT avec des puissances souscrites supérieures à 250 kVA. [10]

Dans les deux tarifs la diminution de la consommation d'énergie réactive, avec l'amélioration du facteur de puissance, est très sensible au niveau de la facturation.

## II.6.7 Optimisation des choix technico économiques

### II.6.7.1 Diminution de la section des câbles

La puissance active transportée par un câble diminue lorsque le facteur de puissance s'éloigne de 1. Pour une même puissance active à fournir la diminution du facteur de puissance impose le choix de câbles de plus grande section. [10]

### II.6.7.2 Diminution des pertes en ligne

Un bon facteur de puissance permet une diminution des pertes en ligne à puissance active constante. Les pertes wattées (dues à la résistance des conducteurs) sont intégrées dans la consommation enregistrée par les compteurs d'énergie active (kWh) et sont proportionnelles au carré du courant transporté. [10]

### II.6.7.3 Réduction de la chute de tension

L'amélioration du facteur de puissance diminue l'énergie réactive transportée et de ce fait diminue les chutes de tension en ligne.

Augmentation de la puissance disponible

La puissance active disponible au secondaire d'un transformateur est d'autant plus grande que le facteur puissance de l'installation est élevé [10].

La Somme vectorielle de P et de Q correspond à la puissance apparent (S). Cette dernière est utilisée pour définir la capacité de puissance d'un transformateur en Tarif Vert ou la puissance souscrite en Tarif Jaune, voir fig (II.3) [10].

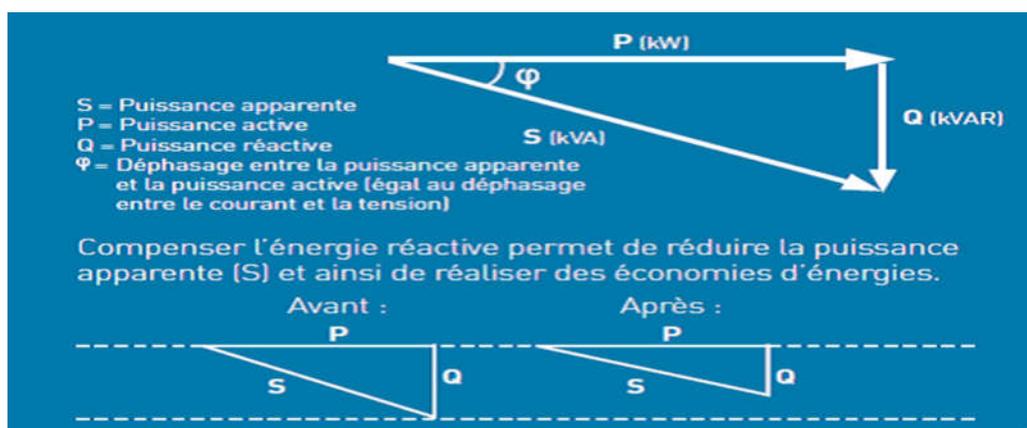


Figure (II.5) La Somme vectorielle de P et de Q correspond à la puissance apparent (S)

## II.6.8 La problématique de l'énergie réactive en milieu industriel

Dans l'environnement industriel actuel, la prolifération des charges « déphasées » sur les réseaux de distribution électrique entraîne une dégradation du facteur de puissance. [11]

## **II.7 Facteur de puissance**

C'est une mesure du rendement électrique d'une installation, C'est le quotient de la puissance active sur la puissance apparente comme c'est indiqué dans le schéma ci-après:

- Le facteur de puissance est défini par le rapport suivant :

$$F = F_d \cos \varphi \quad (2.8)$$

- En l'absence d'harmoniques, le facteur de puissance est égal à  $\cos \varphi$ .
- Par contre, en présence d'harmoniques ces deux valeurs peuvent être très différentes :

$$F = \frac{P}{S} = \frac{\text{Puissance active}(kw)}{\text{Puissance apparente}(kva)} \quad (2.9)$$

- Par exemple, pour un variateur de vitesse (générateur de courants harmoniques de valeur importante) :

- Le  $\cos \varphi$  et donc le facteur de puissance est d'autant meilleur.
- Nous allons voir qu'augmenter le  $\cos \varphi$  optimise le fonctionnement du réseau électrique. [1]

❖ **La valeur  $\tan \varphi$ :**

On utilise souvent  $\tan \varphi$  au lieu de  $\cos$

- ✓ En l'absence d'harmoniques, l'expression de  $\tan \varphi$  est la suivante :

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{\text{Puissance réactive}(kvar)}{\text{Puissance active}(kw)} \quad (2.10)$$

- ✓ Et l'on a la relation :

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2 \varphi}} \quad [1] \quad (2.11)$$

### **II.7.1 L'amélioration de facteur de puissance**

#### **❖ Pourquoi améliorer le facteur de puissance**

Une trop grande consommation d'énergie réactive pour une installation électrique va augmenter considérablement ses courants en ligne bien que sa puissance active n'est pas changée.

Pour limiter les courants en ligne et donc l'énergie réactive absorbée par l'installation, on doit donc installer des batteries de condensateurs sources d'énergie réactive en parallèle sur notre installation. On appelle cette technique " Compensation de l'énergie réactive ".

- En préalable à la compensation, il faut éviter le surdimensionnement des moteurs asynchrones et leur marche à vide (le facteur de puissance d'un moteur asynchrone est d'autant plus faible que le moteur fonctionne en deçà de sa puissance nominale). [2]

### **II.7.3 Les besoins de compensation**

Pour déterminer ces besoins, il est indispensable au préalable de réaliser des mesures. L'analyse de l'installation électrique du client permettra de définir la puissance et le type de batteries de condensateurs à mettre en place sur les installations électriques. Cette analyse de réseau consistera à mesurer les intensités (I), les tensions (U), la puissance réactive (Q), la puissance active (P), la puissance apparente (S), le cos (et la  $\tan \varphi$ ) et les harmoniques tensions et intensité (THD et rangs).

## **II.8 Compensation de l'énergie réactive**

La compensation de l'énergie réactive est un élément important pour réduire la facture d'énergie et améliorer la qualité du réseau électrique. [3]

### **II.8.1 Norme des consommations d'énergie électrique**

En générale, tout équipement électrique possède une plaque signalétique désignant toutes les caractéristiques techniques de l'équipement compris le cos  $\varphi$  ou la tg  $\varphi$ . Le constructeur n'affiche pas sur la plaque signalétique la valeur propre de la puissance réactive.

On sait que tout équipement électrique à base selfique consomme beaucoup de l'énergie réactive tels que les moteurs ; les transformateurs les postes de soudure ; les fours à induction etc.....

Lorsque la puissance réactive consommée d'un équipement donne est nettement inférieure à 50% de l'énergie transformable en travail du même équipement, l'équipement possède un bon rendement, il ne souffre pas ; et n'a pas des pertes importantes.

En pratique, il est difficile d'utiliser cette méthode équipement par équipement, mais elle est facile d'utiliser par secteur.

- Deux méthodes peuvent être utilisées :
  - ✓ La première méthode consiste à mesurer l'intensité à l'aide d'une pince ampérométrique on relève l'énergie active et réactive et les compare.
  - ✓ La deuxième méthode a réalisé un bilan des puissances par secteur, tout en calculant la somme des puissances installées, et on déduit la puissance absorbée, compte tenu des divers facteurs simultanés et de demande ; à partir de puissance on détermine la puissance réactive et le  $\cos \varphi$  .

Si le résultat (rapport) entre les deux puissances reste inférieur à 50% l'installation reste sans compensation, si le rapport dépasse 50%, l'installation demande une compensation énergétique pour optimiser la consommation.

Le but de la compensation est l'amélioration du facteur de puissance; cela réduit la consommation en énergie réactive. [3]

### **II.8.2 Comment améliorer le facteur de puissance**

Améliorer le facteur de puissance d'une installation électrique, c'est la doter des moyens de produire elle-même une part plus ou moins importante de l'énergie réactive qu'elle consomme.

Il existe différents systèmes pour produire de l'énergie réactive en particulier les compensateurs synchrones et les condensateurs shunt (ou série pour les grands réseaux de Transport). [3]

### **II.8.3 Circulation de l'énergie réactive**

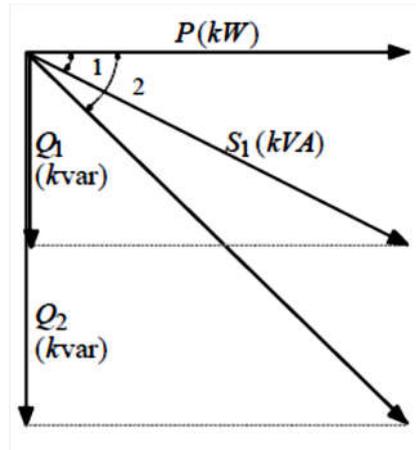
La circulation de l'énergie réactive a des influences importantes sur le choix des matériels et le fonctionnement des réseaux. Elle a, par conséquent, des incidences économiques.

En effet, pour une même puissance active  $P$  utilisée, la figure -05- montre qu'il faut fournir

D'autant plus de puissance apparente ( $S_2 > S_1$ ) que le  $\cos(\varphi)$  est faible. [4]

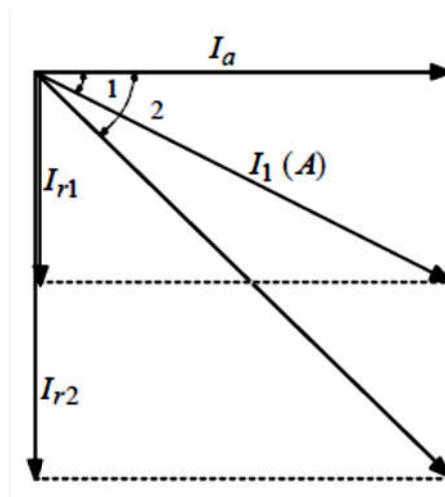
C'est-à-dire que :

L'angle  $\varphi$  est élevé :



**Figure (II.6)** Influence du  $\cos \varphi$  sur la valeur de la puissance apparente

De façon identique, pour un même courant actif utilisé  $I_a$  (pour une tension constante  $U$  du réseau), il faut fournir d'autant plus de courant apparent ( $I_2 > I_1$ ) que le  $\cos \varphi$  est faible (l'angle  $\varphi$  élevé). [4]



**Figure (II.7)** influence du  $\cos \varphi$  sur la valeur du courant apparente

- Ainsi, en raison de l'augmentation du courant apparent, la circulation d'énergie réactive provoque :
  - Des surcharges et des échauffements supplémentaires dans les transformateurs et les câbles qui ont pour conséquence des pertes d'énergie active.
  - Des chutes de tension : Les conséquences de la circulation d'énergie réactive conduisent donc à surdimensionnés les équipements électriques du réseau.
  - Pour éviter la circulation de cette énergie réactive dans le réseau, il faut la produire au plus près des consommateurs.
  - De façon pratique, on installe des condensateurs qui fournissent l'énergie réactive demandée par les matériels inductifs.

- Ainsi, cette énergie réactive ne circule qu'entre les condensateurs et les consommateurs d'énergie réactive. Il est alors évident que plus les condensateurs seront proches des consommateurs, moins les conséquences de la circulation d'énergie réactives seront importantes.
- Pour éviter les conséquences d'une circulation d'énergie importante sur leur réseau, les distributeurs facturent généralement l'énergie réactive au-delà d'un certain seuil, cela incite les utilisateurs à compenser l'énergie réactive qu'ils consomment. [4]

**II.8.4 Relation entre la puissance des condensateurs et l'amélioration du  $\cos\phi$**

Il s'agit de déterminer la puissance réactive à installer pour obtenir le  $\cos\phi$  désiré. Supposons qu'en un point du réseau de puissance active  $P$  et réactive  $Q$ , on désire améliorer  $\cos\phi$  pour obtenir  $\cos\phi'$ , ou passer de  $\tan\phi$  à  $\tan\phi'$ . [3]

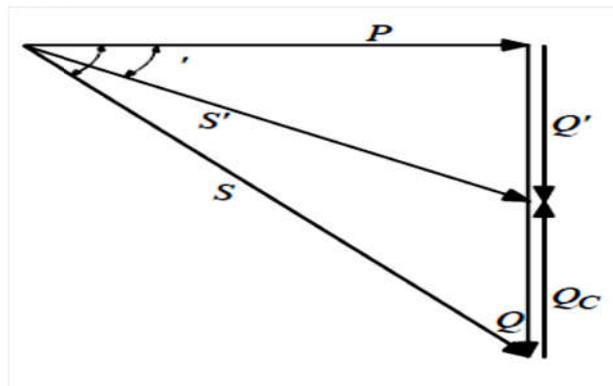
On installe des condensateurs de puissance réactive  $Q_C$ , on a alors :

On en déduit:

$$\tan\phi = \frac{Q}{P} \tag{1.12}$$

$$Q' = Q - Q_C \tag{1.13}$$

$$Q_C = P(\tan\phi - \tan\phi') \tag{1.13}$$



**Figure (II.8)** variation de  $\phi$  en fonction de la puissance réactive des condensateurs  $Q$

---

## **II.9 LA COMPENSATION**

### **❖ Principe de la compensation**

Compenser une installation consiste à installer une source d'énergie réactive décompensation qui permet d'améliorer de facteur de puissance de l'installation. [5]

#### **II.9.1 INTERET DE LA COMPENSATION**

L'intérêt de la compensation de l'énergie réactive présente les avantages suivants :

- Suppressions des pénalités des majorations de la facture d'énergie électrique.
- Diminution des chutes de tension.
- Elimination des pertes.
- Diminution sensible de l'énergie active.
- Maintien de la durée de vie des équipements.
- Réduction du nombre d'intervention (pannes).
- Réduction de la pièce de rechange. [5]

#### **II.9.2 LES DIFFERENTS TYPES DE COMPENSATION**

La compensation d'énergie réactive peut se faire :

- Par condensateurs fixes (si la puissance des condensateurs est inférieure à 15% de la puissance du transformateur).
- Par batteries de condensateurs à régulation automatique (si la puissance des condensateurs est supérieure à 15% de la puissance du transformateur), qui permettent l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge.

Installées en tête de l'ensemble de la distribution BT ou d'un secteur important, les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du  $\cos \varphi$  est détectée par un relais var- métrique qui commande automatiquement l'enclenchement et le déclenchement des gradins en fonction de la charge et du  $\cos \varphi$  désiré.

Le transformateur de courant doit être placé en amont des récepteurs et des batteries de condensateurs.

La compensation automatique permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge et évite, ainsi, le renvoi d'énergie réactive sur le réseau SONALGAZ et les surtensions dangereuses pour les circuits d'éclairage lors des marches à faible charge de l'installation. [8]

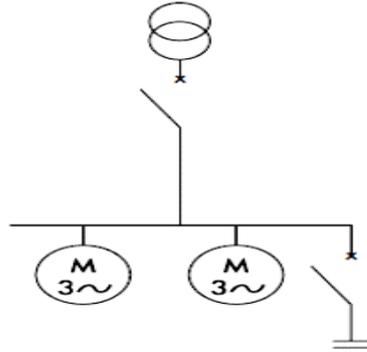


Figure (II.9) batteries de condensateurs de type fixe

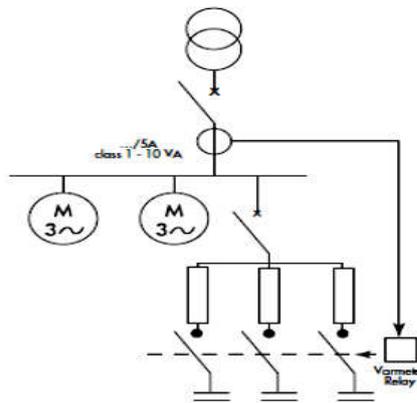


Figure (II.10) batteries de condensateurs de type automatique

**NB :** dans notre cas « usine djbal onk » les batteries de condensateurs installées sont automatiques

### II.9.3 CALCUL DE LA PUISSANCE DES CONDENSATEURS DE COMPENSATION

Sur une installation de puissance réactive  $Q$ , et de puissance apparente  $S$ , on installe une batterie de condensateurs de puissance  $Q_c$ .

- La puissance réactive passe de  $Q$  à  $Q'$  :  $Q' = Q - Q_c$ .
- La puissance apparente passe de  $S$  à  $S'$ .
- La puissance apparente après compensation  $S'$  est donc diminuée. [2]

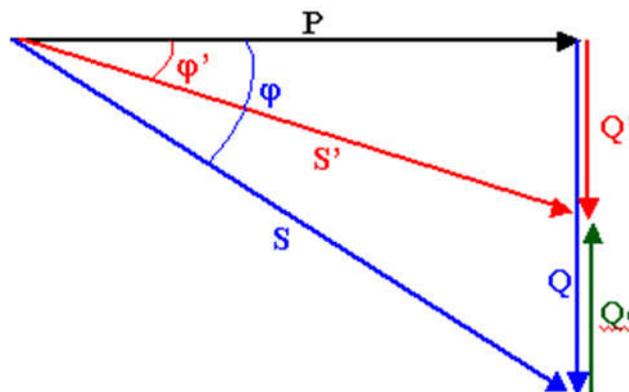


Figure (II.11) la puissance des condensateurs de compensation

- La puissance réactive de compensation à installer pour expression :

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

### **II.9.4 LES MODES DE COMPENSATION**

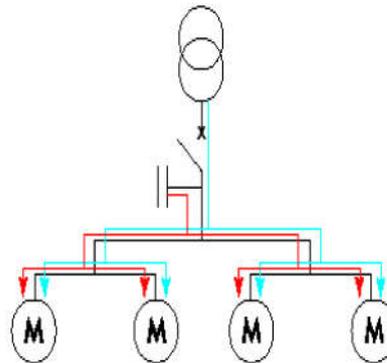
Le but recherché est de soulager les installations avec une bonne tension de service, de supprimer les pénalités de facturation d'énergie et déterminer la localisation des batteries de condensateurs sur les installations électriques. [7]

#### **II.9.4.1 COMPENSATION GLOBALE**

La compensation globale est économique car la puissance réactive à fournir est concentrée en un point du réseau .elle représente deux inconvénients :

- Les installations « aval » éloignées ne sont plus soulagées
- Lorsque le réseau fonctionne à vide des surtensions engendrées par les batteries deviennent dangereuses pour les équipements et les personnes « intervenants ». [7]

Elle est schématisée dans la figure suivante :



**Figure (II.12) compensation globale**

- **Intérêt de compensation globale**

Le foisonnement naturel des charges permet un dimensionnement faible de la batterie.

Elle est en service en permanence, elle est donc amortie encore plus rapidement.

Ce type de compensation peut, suivant le cas :

- ✓ supprimer les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive.
- ✓ diminuer la puissance apparente en l'ajustant au besoin en puissance active de l'installation.
- ✓ augmenter la puissance active disponible du transformateur de livraison. [7]

L'inconvénient du mode de compensation est le risque de surtensions dues aux variations de charges importantes (position du commutateur en manuelle). Cet inconvénient peut être résolu en utilisant une compensation automatique. [7]

### II.9.4.2 Compensation par secteur

La compensation par « secteur » prend une partie d'installation groupée par secteur et se situe généralement proximité des secteurs consommateurs d'énergie réactive. Elle reste meilleure que la compensation globale, mais elle est chère.

L'inconvénient du mode de compensation est le risque de surtensions dues aux variations de charges importantes (position du commutateur en manuelle). Cet inconvénient peut être résolu en utilisant une compensation automatique. [7]

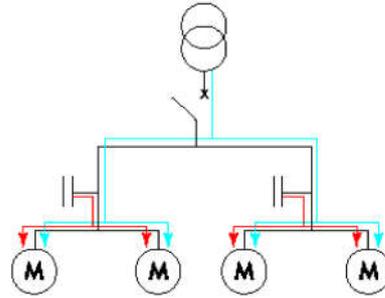


Figure (II.13) Compensation par secteur

- **Intérêt de Compensation par secteur**
- Ce type de compensation :
  - ✓ supprime les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive.
  - ✓ optimise une partie du réseau, le courant réactif n'étant pas véhiculé.
  - ✓ augmente la puissance active disponible du transformateur et la puissance active qui peut être véhiculée dans les canalisations situées en amont du secteur compensé. [7]

### II.9.4.3 Compensation individuelle

La batterie de condensateurs est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur du type inductif, notamment les moteurs.

Elle est idéale car l'énergie produite là (installation des batteries) ou elle est consommée, elle est très coûteuse. [7]

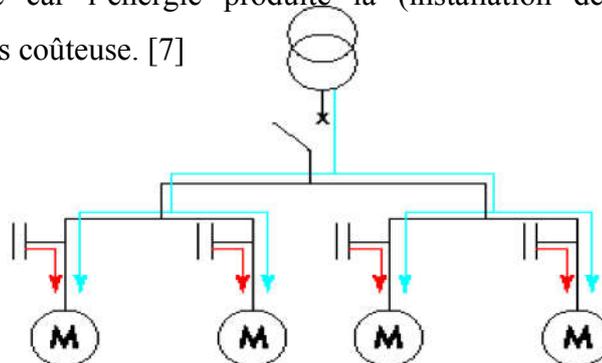


Figure (II.14) Compensation individuelle

- **Intérêt de compensation individuelle**

Ce type de compensation :

- ✓ supprime les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive.
- ✓ augmente la puissance active disponible du transformateur et la puissance active qui peut être véhiculée dans les canalisations situées en amont du récepteur.
- ✓ réduit les pertes par effet Joule (kWh) et les chutes de tension dans les canalisations. [7]

## **II.10 CONCLUSION**

Dans ce chapitre on a défini : les différentes énergies et puissances active et réactive et quelques notions sur la compensation par les batteries de condensations pour un bon facteur de puissance ; ainsi que l'impact de la compensation sur l'aspect économique de l'entreprise industrielle. Sous le sens, on peut dire clairement que le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) doit être suffisamment élevé pour éviter la majoration de facturation.

Compenser l'énergie réactive, c'est fournir cette énergie a bas prix aux heures de pointe du fait que son stockage a été réalisé lors des heures creuses. Les batteries de condensateurs, source d'énergie réactive réinjecte de puissance réactive au processus de production lors des heures ou l'énergie est au prix le plus haut alors qu'elle a été stockée lors des heures creuses ; quand l'énergie est au prix le plus bas.

***Chapitre III***  
***Calcul des charges***  
***électriques***

### III.1 Introduction

Les installations électrique y compris les consommateurs et accessoires doivent de temps à autre être réglés, maintenus et parfois changés, comme il est le cas dans cette modeste étude, qui consiste à effectuer un calcul des charges électriques pour déterminer la puissance globale absorbée par les anciens consommateurs et la comparer à la nouvelle puissance nécessaire pour faire fonctionner les nouveaux consommateurs (calculée par nos soins). Donc ce chapitre doit aboutir à résoudre la question suivante : la puissance du transformateur installée antérieurement est-elle suffisante ?

Il est à noter d'une estimation par défaut des charges est plus grave qu'une estimation par excès car dans le premier cas l'échauffement des moteurs est éminent ainsi que l'incapacité à surmonter les surcharge et à vaincre les différents couples, notamment lors des régimes transitoire. Par contre une estimation excessive des charges électriques conduit à des dépenses superflues.

### III.2 Description de post 90

Le complexe est alimenté par une ligne aérienne de haute tension (90 KV), cette ligne venant d'ANNABA est fournie par SONELGAZ. Elle est transformée en BT pour qu'elle soit exploitée.

#### III.2.1 Caractéristique de post 90 KV

Il comporte un sectionneur et un disjoncteur de ligne, deux sectionneurs aiguilleurs, deux transformateur et deux disjoncteurs.

-Tension nominale :	$U_n = 100KV$
-Fréquence :	$F = 50Hz$
-Courant nominal :	$I_n = 500A$
-Courant maxima :	$I_{max} = 25000A$
-Nombre de pole :	$N = 3$

- **Disjoncteur extérieur coté 90 KV (principale)**

-Tension nominal :	$U_n = 100 KV$
-Courant nominal :	$I_n = 1250 A$
-Courant de court-circuit :	$I_{cc} = 16KV$

- **Disjoncteur pour les départs arrivés :**

-type:	HG = 3-6
-Courant nominal:	$I_n = 2500A$
-Tension nominale :	$U_n = 7.2KV$
-Pouvoir de coupure :	250 MA
- Organe de manœuvre électrique :	BNR4M
-Contenance huile par pole :	$7 \div 4.5$

- **Disjoncteur pour les différents départs :**

-Tension nominale :	$U_n = 7.2KV$
-Tension en source	$U_s = 5.5KV$
-Courant nominal :	$I_n = 800A$
-Enclenchement :	électrique et manuel
-Déclenchement :	électrique
-Fréquence :	$F = 50Hz$
-Type :	ND3

- **Transformateur auxiliaire**

-Puissance nominale :	$P_n = 100K VA$
-Transformation de :	5500/400V
-Courant :	alternatif
-Tolérance :	$\pm 10\%$
-Ampérage :	10/144A

- **Les gradins de condensation**

-Puissance :	720K VA I gradin
--------------	------------------

Un gradin = ensemble de condensateur

- **Relais de protection sélectivité**

- Type :	IR3
- Action surcharge :	

- courant de réglage  $I_r = 3.2 \div 10A$
- Tolérance  $\pm 4\%$

Action sur court-circuit :

- Intensité de réglage  $(2 \div 10) I_r$

- **Transformateur 20 MVA –arrivé 1 –poste90**

- Marque : Savoisiénne
- Puissance nominale : 20000 KVA
- Transformation de : 5500/400V
- Refroidissement : IN
- Groupe : YND11
- Type THGE100/21000
- Fréquence :  $F = 50Hz$
- Tension de court-circuit en % : 11.27%

- **Transformateur 15 MVA –arrivé 2 –poste90**

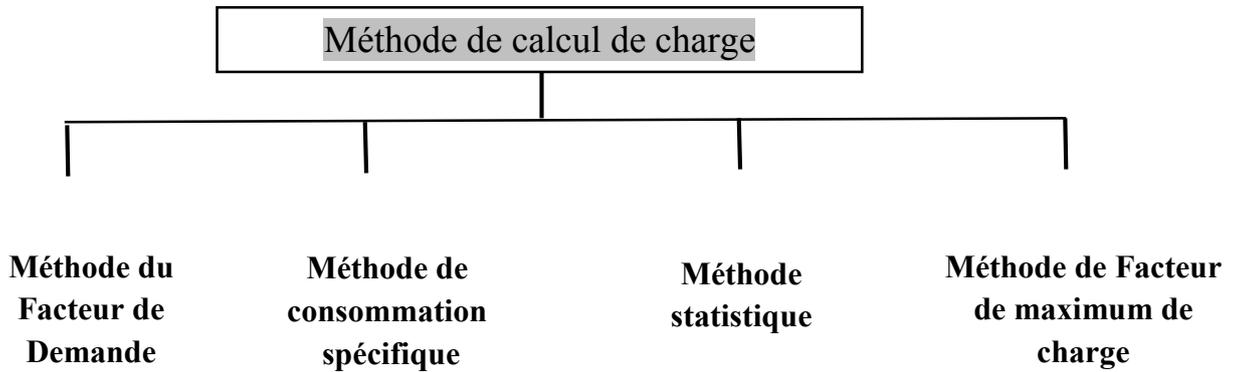
- Marque : Savoisiénne
- Puissance nominale : 15000 KVA
- Transformation de : 5500/400V
- Refroidissement : IN
- Groupe : YND11
- Type THGE100/1600
- Fréquence :  $F = 50Hz$
- Tension de court-circuit en % : 11.27%

### 3.3 Les méthodes de calcul des charges électriques

Les méthodes de calcul se basent sur deux principes :

Méthode basée sur les données de l'examen des masses du régime de travail des installations électriques et de l'expérience de plusieurs années de l'exploitation. [13]

Méthodes basée sur des données de probabilité et de statistique.



**A- Méthode de facteur de demande**

C'est la méthode la plus utilisée car elle donne des résultats proches aux résultats réels. Le calcul selon cette méthode est basé sur l'utilisation de la puissance installée et le facteur de demande. [13]

Pour déterminer les charges électriques de l'entreprise il est nécessaire de partager les consommateurs en deux groupes essentiels (haute tension HT, moyenne et basse tension MT et BT) et dans chacun de ses groupes les consommateurs sont séparés on détermine en premier lieu la puissance active et réactive :

- La puissance active :

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad \text{KW} \tag{3.1}$$

Où  $K_d$  : facteur de demande.

$\sum_{i=1}^n P_{ni}$  : La somme des puissances nominales des consommateurs.

- La puissance réactive :

$$Q_c = P_c \times \tan \varphi_m \quad \text{KVAR} \tag{3.2}$$

Où  $\cos \varphi_m$ : facteur de puissance moyen pondérée.

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi_m} \tag{3.3}$$

La valeur moyenne pondérée du facteur de puissance.

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{ni}} \quad (3.1)$$

Où  $\cos \varphi_i$  : facteur de puissance d'un consommateur sépare. [13]

On prend le facteur de demande :

Si le nombre des consommateurs  $n \leq 20$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{pn_{max}}{\sum_{i=1}^n p_{ni}} \quad (3.5)$$

Si le nombre des consommateurs  $n \geq 20$

$$K_d = 0.29 + 0.71 \times \frac{pn_{max}}{\sum_{i=1}^n p_{ni}} \quad (3.6)$$

Où  $pn_{max}$  : La puissance nominale maximale du groupe. [13]

- La puissance active totale :

$$P_{ct} = P_{cht} + P_{cbt} + P_{cmt} ; \text{KW} \quad (3.7)$$

Où  $P_{cbt}$  : La puissance active des consommateurs BT.

$P_{cht}$  : La puissance active des consommateurs HT.

$P_{cmt}$  : La puissance active des consommateurs MT.

$P_{ct}$  : La puissance active totale.

- La puissance réactive totale :

$$Q_{ct} = Q_{cbt} + Q_{cmt} + Q_{cht} ; \text{KVAR} \quad (3.8)$$

Où  $Q_{cbt}$  : La puissance réactive des consommateurs BT.

$Q_{cht}$  : La puissance réactive des consommateurs HT.

$Q_{cmt}$  : La puissance réactive des consommateurs MT.

$Q_{ct}$  : La puissance réactive totale.

- La puissance apparente totale :

$$S_{ct} = K_{div m} \times \sqrt{P_{ct}^2 + Q_{ct}^2} ; \text{KVA} \quad (3.9)$$

Où  $S_{ct}$  : La puissance apparente totale.

$K_{div m}$  = Facteur de diversité de maximum des charges électrique des groupes caractéristiques des consommateurs.  $K_{div m} = 0.85$  Jusqu'à 1.00 selon le nombre de groupes. [13]

**B- Méthode de consommation spécifique**

Cette méthode est peu précise, la puissance active est calculée d'après la formule :

$$P_C = \frac{W \times N_p}{T_p} \quad ; \text{KW} \quad (3.10)$$

Où,  $W$  : La consommation spécifique par unité de production en KWh/t.

$N_p$  : La production par poste en t/p.

$T_p$  : La durée d'un poste en h.

Le calcul concerne chaque consommateur a part, on a la puissance nominale d'un consommateur, on calcul la puissance moyenne d'après la formule suivante:

$$P_m = \sqrt{S} \times P_n \quad ; \text{KW} \quad (3.11)$$

Où  $P_n$  : La puissance nominale.

$\sqrt{S}$  : Facteur de marche qui égale à :  $\sqrt{S} = 1.0$  pour le régime continu.

$\sqrt{S} = 0.7$  Pour le régime inter mi-temps.

$\sqrt{S} = 0.54$  Pour le régime court durée.

On calcule par la suite la puissance réactive moyenne d'après la formule suivante :

$$Q_m = \sqrt{S} \times Q_n \quad ; \text{KVAR} \quad (3.12)$$

Où  $Q_n$  est la puissance réactive nominale calculée d'après la formule suivante :

$$Q_n = P_{ci} \times \tan \varphi_i \quad ; \text{KVAR} \quad (3.13)$$

Où  $P_{ci}$  est la puissance connectée calculée d'après la formule suivante :

$$P_{ci} = P_m \frac{1}{\eta} \quad (3.14)$$

Où  $\eta$  est le rendement du consommateur.

La puissance apparente de chaque consommateur est calculée comme suite :

$$S_p = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} \quad ; \text{KVA} \quad (3.15)$$

On calcule après la consommation d'un consommateur pendant un poste d'après :

$$W_{post} = S_{pi} \times T_{pi} \quad (3.16)$$

On calcule la consommation pendant 24h

$$W_{24} = W_{post} \times N_p \quad (3.17)$$

On calcule la consommation d'une année de tous consommateurs

$$W_{année} = N_j \times \sum W_{24} \quad (3.18)$$

Où  $N_j$  nombre des jours ouvrables d'après la formule :

$$N_j = 365 - (N_{j\ fr} + N_{j\ week} + N_{j\ fn})$$

$N_{j\ fr}$  : Nombre de jours fermiers pour fêtes religieuses.

$N_{j\ week}$  : Nombre de jours fermiers pour fin semaine.

$N_{j\ fn}$  : Nombre de jours fermiers pour fêtes nationales. [13]

### C- Méthode de facteur de maximum de charge

Cette méthode est basée sur l'équation principale suivante :

$$P_c = K_m + P_m \quad (3.13)$$

Où  $P_c$  : La puissance calculée.

$K_m$  : La puissance calculée moyenne.

$P_m$  : Facteur de maximum de charge active.

Il est à noter que les méthodes basées sur la théorie des probabilités donnent des résultats surs, seulement elles sont limitées par le nombre des consommateurs et ne s'appliquent que pour un nombre de consommateur supérieur à 5. En pratique l'utilisation des méthodes du nombre rencontre des difficultés sensibles dues à la différence des puissances et des régimes des consommateurs d'un groupe. Ces difficultés peuvent être évitées en changeant le nombre des consommateurs par celui effectif des consommateurs qui sont similaires d'après leurs régime de fonctionnement et leurs puissance. [13]

$$\eta_{eff} = \frac{\sum P_m^2}{\sum P_m} \quad (3.14)$$

On prend les coefficients d'utilisations selon les données des études expérimentales des charges électriques des consommateurs et des groupes typiques. [13]

$$P_m = \sum K_u \times P_n \quad (3.15)$$

Où  $K_u$  : coefficient d'utilisation.

**D-Méthode statistique**

Selon cette méthode, on détermine la puissance calculée comme suit :

$$S_c = S_m \times (1 + \beta \times \sqrt{K_f^2 - 1}) \quad .\text{KVA} \quad (3.16)$$

$$P_c = P_m \times (1 + \beta \times \sqrt{K_f^2 - 1}) \quad .\text{KW} \quad (3.17)$$

$$\beta = f\left(\frac{\Delta T}{T}\right) \quad (3.18)$$

$\beta$  : Coefficient qui tient compte de la durée du Max de charge.

$K_f$  : Coefficient qui tient compte de la forme de la courbe de charge

$$K_f = 1.05 \text{ jusqu'à } 1.10.$$

$T$  : La durée calculée de la courbe de charge.

$\Delta T$  : La durée calculée de maximum de la charge.

$$S_m = \frac{P_m}{\cos \varphi_m} \quad (3.19)$$

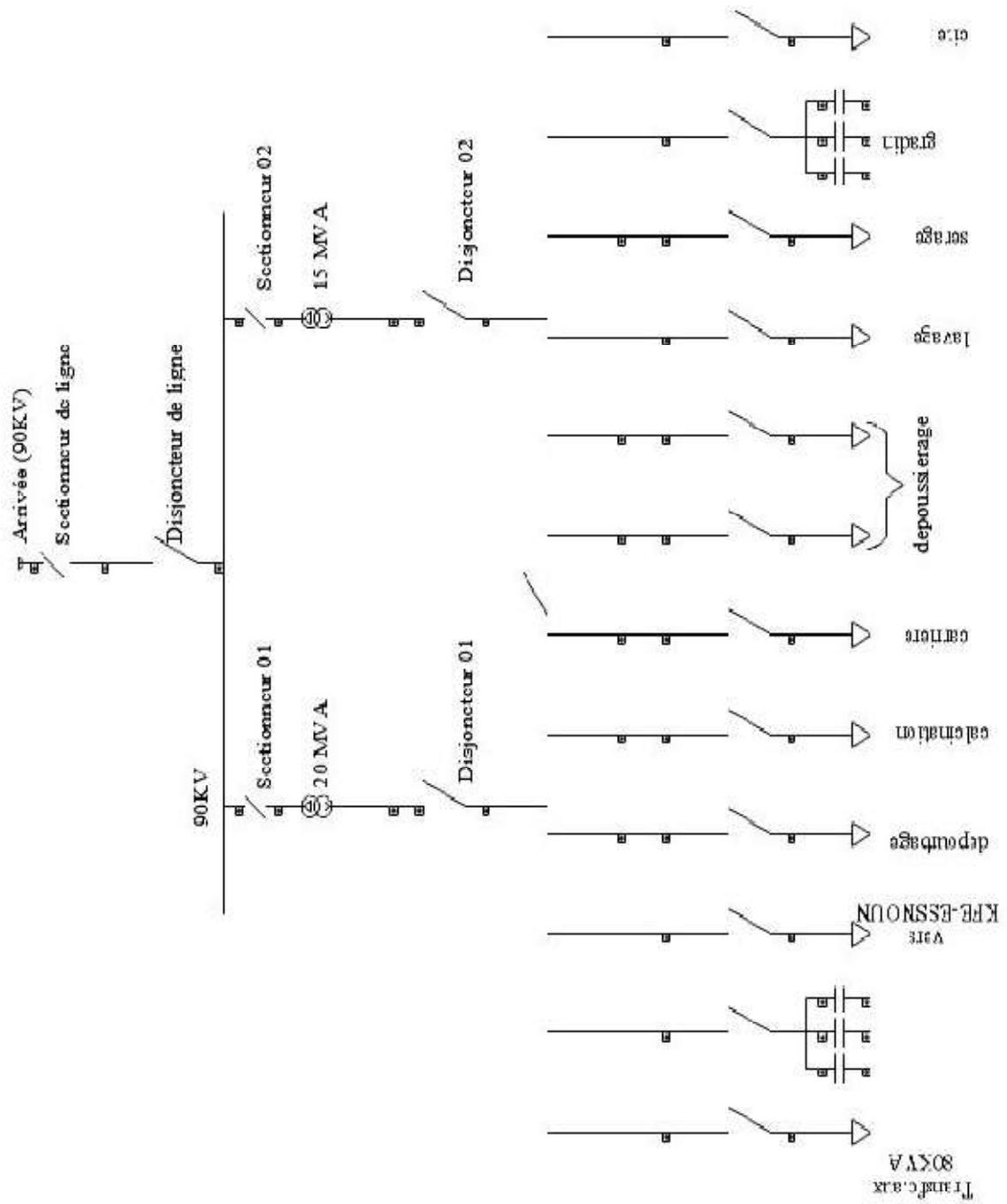


Figure (III.1) Schéma unifilaire de poste 90 /5.5 KV

- Transformateur Tr 4
- 1- Broyeur Br 535
- 2- Ventilateur 724
- 3- Ventilateur 725
- 4- Ventilateur 728
- 5- Transformateur Tr 1
- 6- Transformateur Tr 2
- 7- Ventilateur 524
- 8- Ventilateur 525
- 9- Ventilateur 535 A
- 10- Broyeur Br 535 B

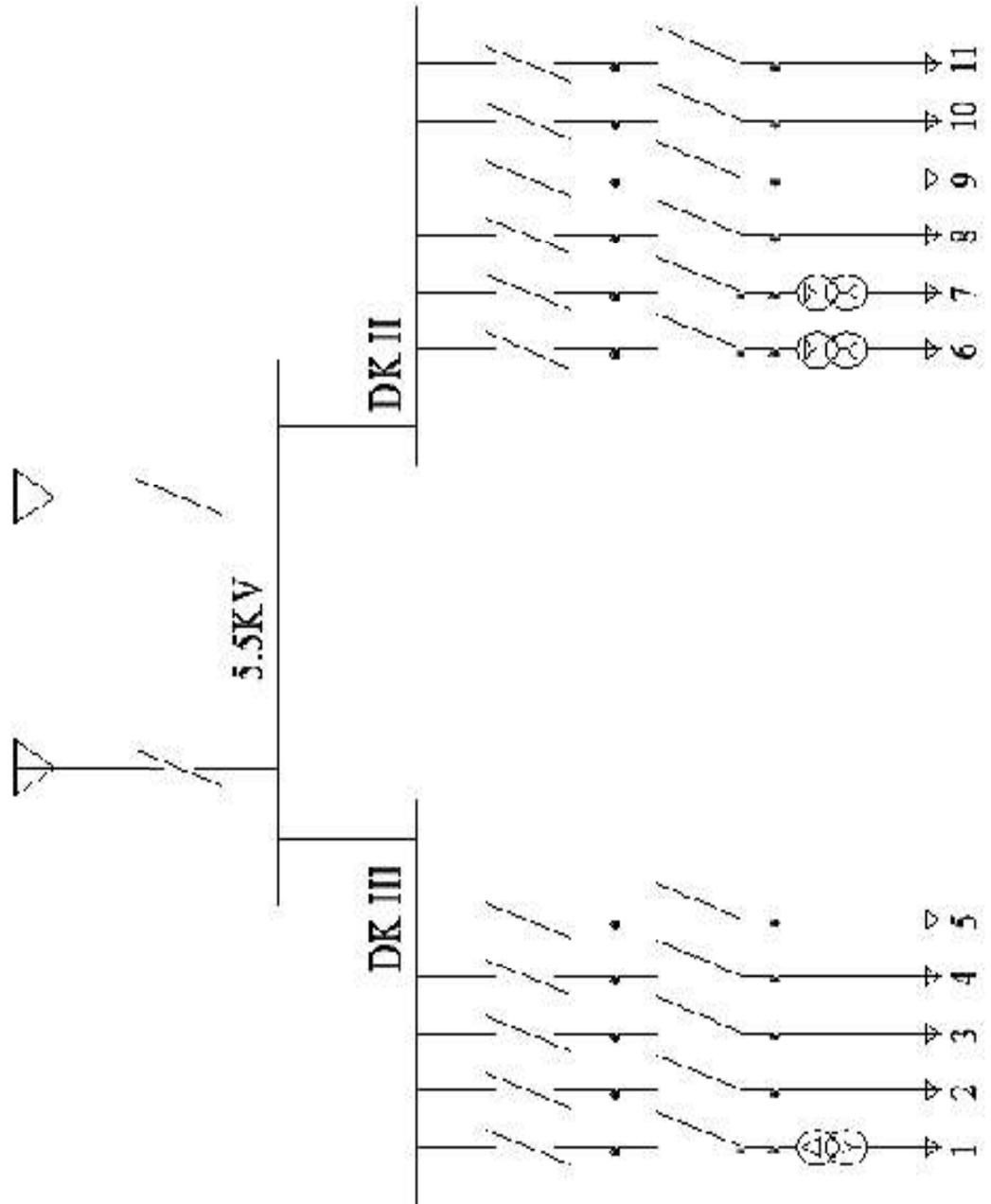


Figure (III.2) Schéma unifilaire de distribution et alimentation a MT des dépoussiérages

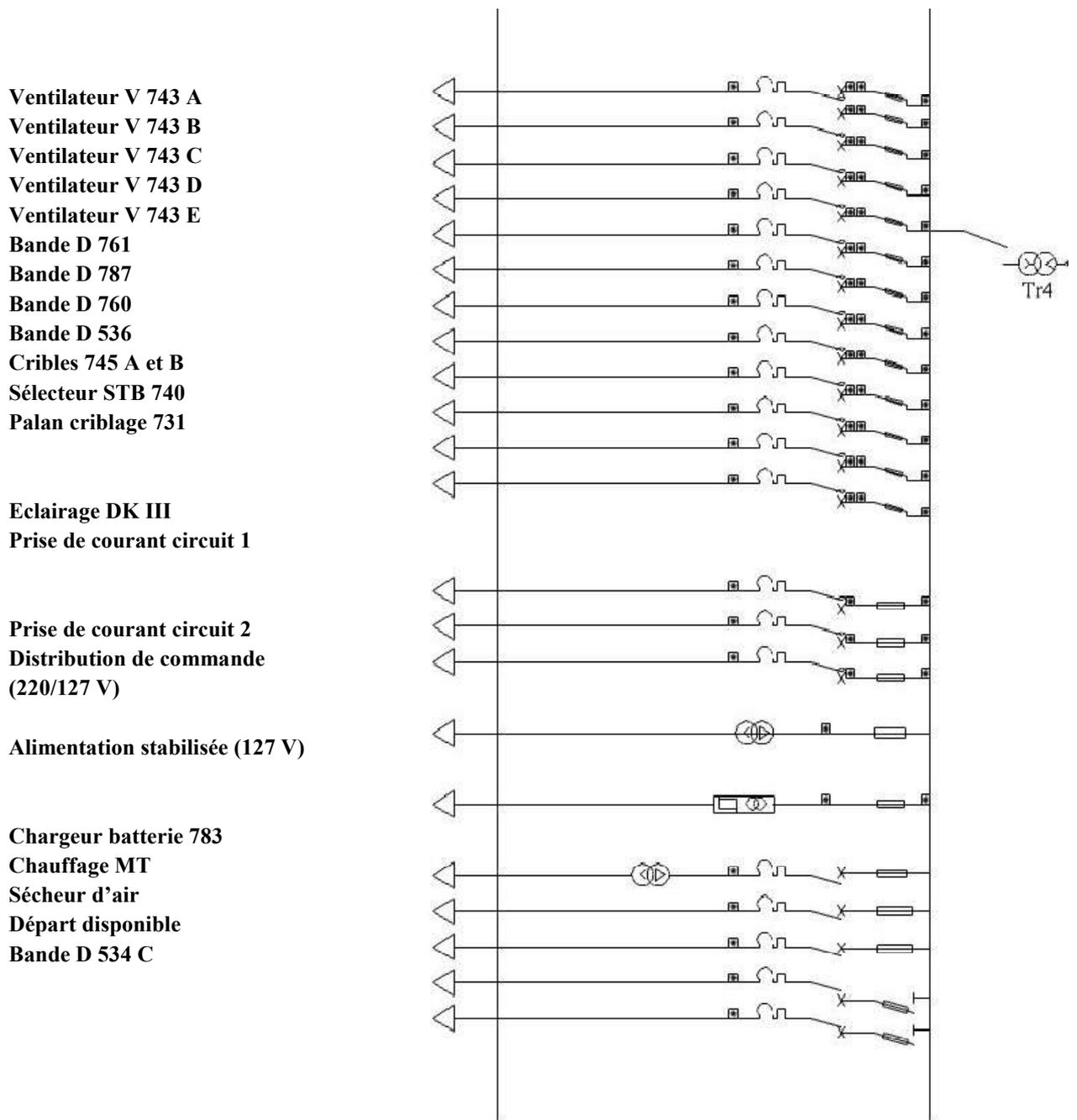


Figure (III.3) Schéma d'alimentation ancienne des consommateurs DK III

Eclairage DK II  
 Conditionnement d'air de contrôle  
 Chargeur batterie  
 Distribution de commande (220/127 V)

Bande D 560  
 Bande D 561  
 Redler 586

Garlette582  
 Redler 586  
 Bande D 560  
 Ventilateur V 543 F  
 Bande D 534 A  
 Bande D 534 B  
 Bande D 556  
 Bande D 563  
 Bande D 566  
 Bande D 567  
 Bande D 555 Bis  
 Bande D 557  
 Agitateur D 589

Bande D 562  
 Bande D 551  
 Bande D 564  
 Bande D 559  
 Bande D 558  
 Equipement bascule 704  
 Coupelle bruleur  
 Ventilateur V543 E  
 Bande D 565  
 Crible D732 A et B  
 Bande D 703  
 Ventilateur V 743 F  
 Bande D 755  
 Pompe à fuel 523 B  
 Pompe à fuel 723 B  
 Vis d'extraction 781 A  
 Vis d'extraction 781 B  
 Vis d'extraction 782  
 Crible 545 A et B  
 Crible 532 A et B  
 Ventilateur V 524  
 Ventilateur V 794 A et B

Alimentation stabilisé (127 V)

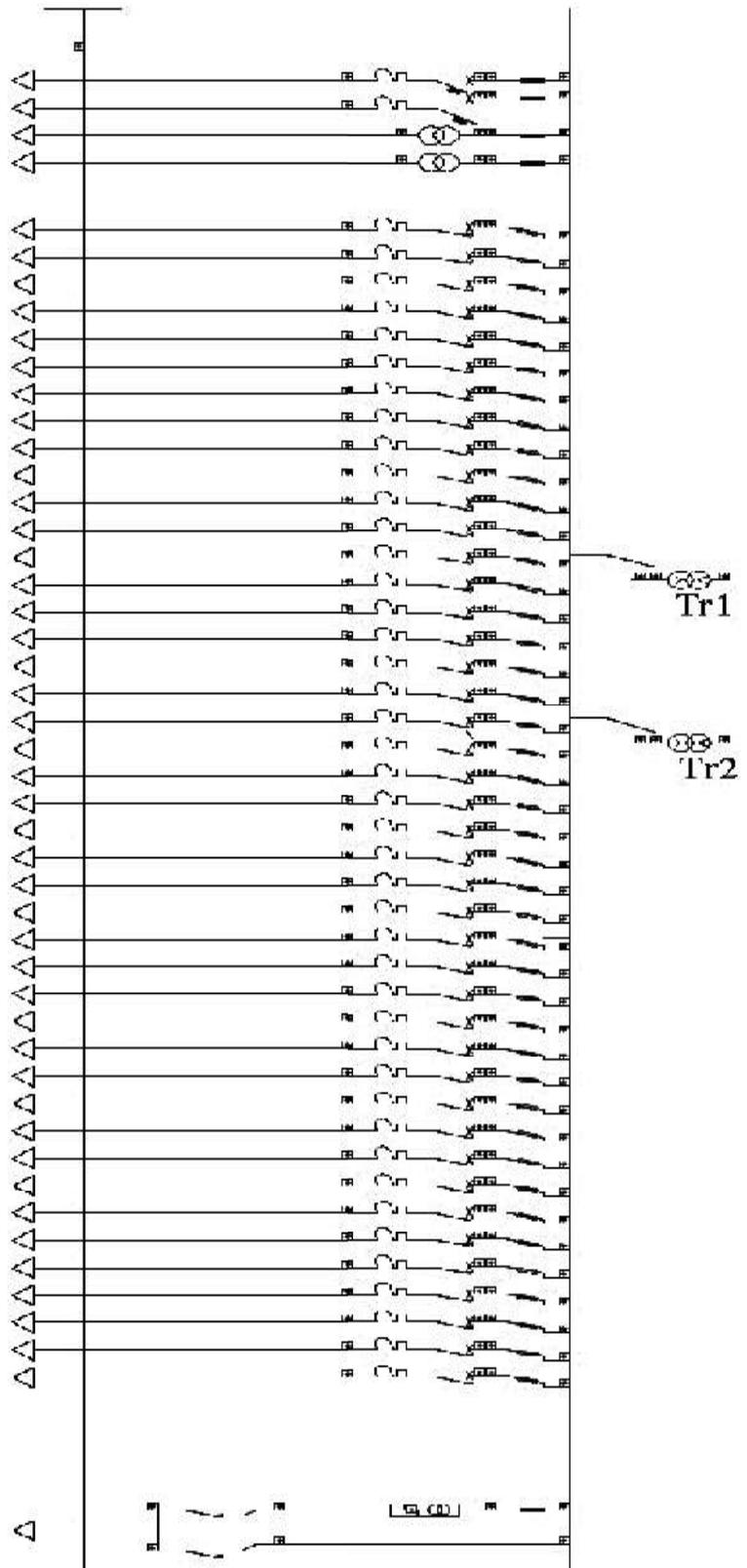


Figure (III.4) Schéma d'alimentation ancienne des consommateurs DK II

- 1- Transformateur Tr 4
- 2- Broyeur Br 535
- 3- Ventilateur 724
- 4- Ventilateur 725
- 5- Ventilateur 728
- 6- Transformateur Tr 1
- 7- Transformateur Tr 2
- 8- Ventilateur 524
- 9- Ventilateur 525
- 10- Ventilateur 535 A
- 11- Broyeur Br 535 B

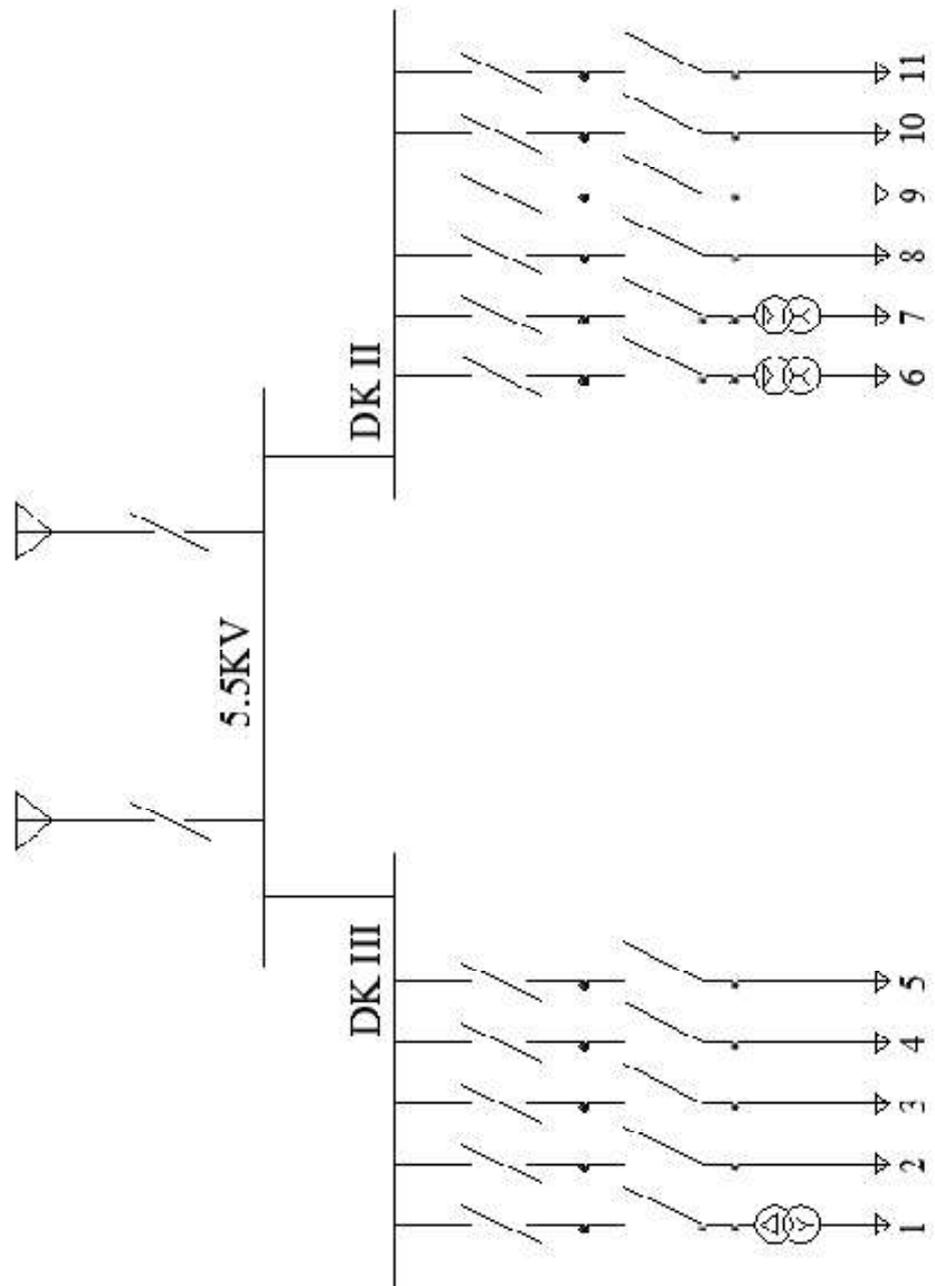


Figure (III.5) Schéma unifilaire de distribution et alimentation actuelle MT des dépoussiérages.

- Ventilateur V 743 A
- Ventilateur V 743 B
- Ventilateur V 743 C
- Ventilateur V 743 D
- Ventilateur V 743 E
- Bande D 761
- Bande D 787
- Bande D 760
- Bande D 536
- Cribles 745 A et B
- Sélecteur STB 740
- Palan criblage 731
- SAS TSV 790 A et B.C.D
- Crible D 532 A et B
- Crible D 545 A et B
- Bande D 723 A et B
- Ventilateur filtre 560 C
- Ventilateur filtre 760 A
- Eclairage DK III
- Prise de courant circuit 1
- Prise de courant circuit 2

- Distribution de commande (220/127 V)
- Alimentation stabilisée (127 V)

- Chargeur batterie 783
- Chauffage MT
- Sécheur d'air
- Depart disponible
- Bande D 534 C

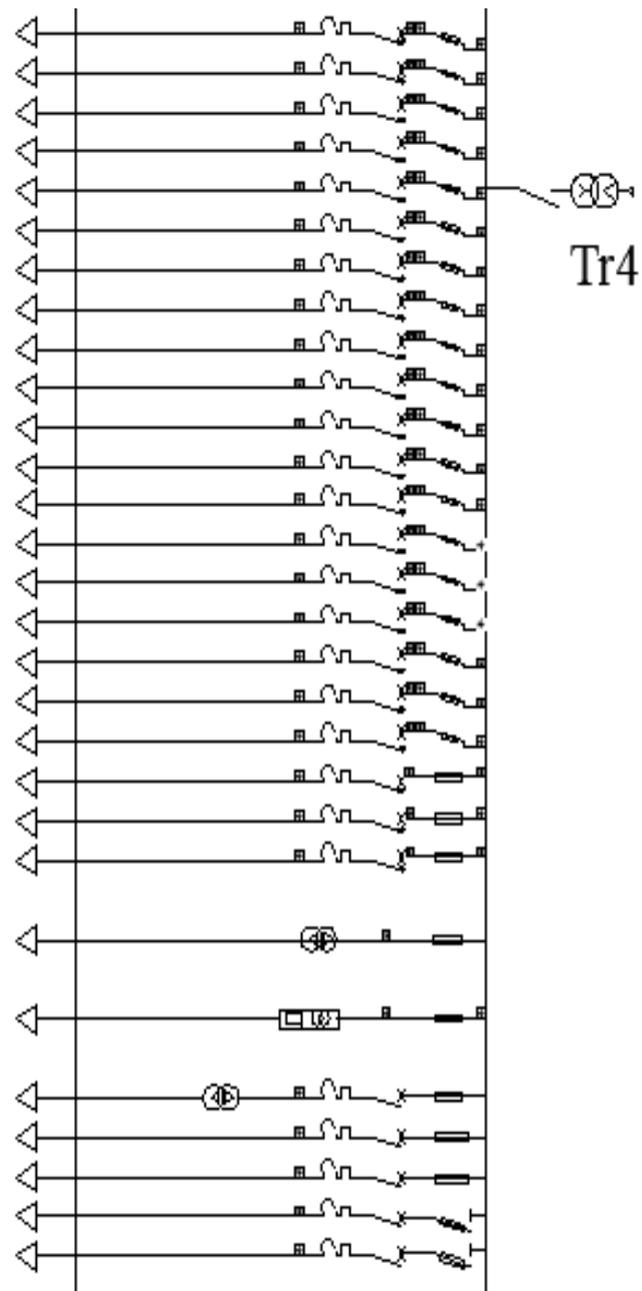


Figure (III.6) Schéma d'alimentation actuelle des consommateurs DK III

- Eclairage DK II
- Conditionnement d'air de contrôle
- Chargeur batterie
- Distribution de commande (220/127 V)
- Bande D 560
- Bande D 561
- Redler 586
- Garlette582
- Redler 586
- Bande D 560
- Ventilateur V 543 F
- Bande D 534 A
- Bande D 534 B
- Bande D 556
- Bande D 563
- Bande D 566
- Bande D 567
- Bande D 555 Bis
- Bande D 557
- Coupelle bruleur
- Equipement bascule 704
- Agitateur 589
- Bande D 562
- Bande D 551
- Bande D 564
- Bande D 559
- Bande D 558
- Ventilateur V543 E
- Bande D 565
- Crible D732 A et B
- Bande D 703
- Ventilateur V 743 F
- Bande D 755
- Pompe à fuel 523 B
- Pompe à fuel 723 B
- Vis d'extraction 781 A
- Vis d'extraction 781 B
- Vis d'extraction 782
- Crible 545 A et B
- Crible 532 A et B
- Ventilateur V 524
- Ventilateur V 794 A et B
- Ventilateur 812 A et B
- Ventilateur Aéro 802
- Ventilateur 803
- Bande D 568
- Bande D 569
- Bande D 582
- Crible 745 A et B
- Agitateur 589 Bis
- M.V Aéro ss tremie F800
- SAS TSV 590 A et B.C.D
- Alimentation stabilisé (127 V)

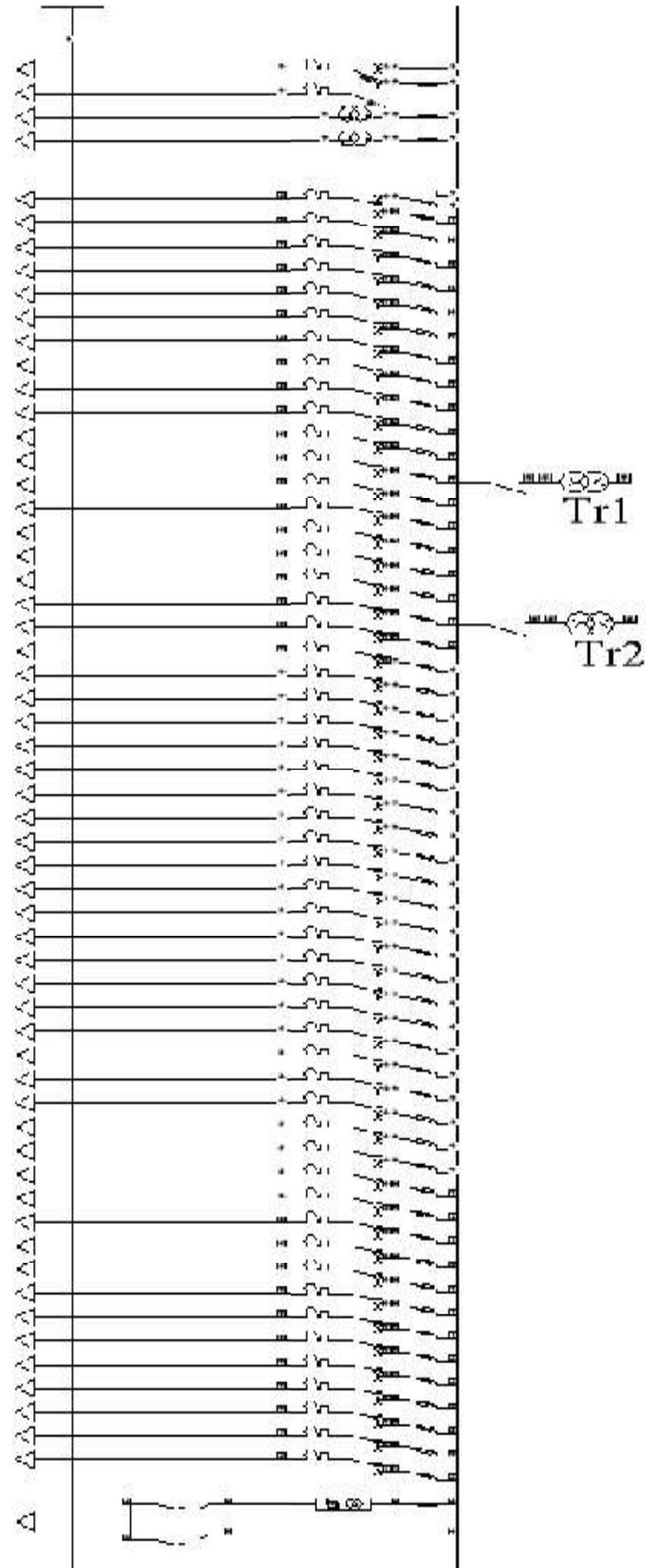


Figure (III.7) Schéma d'alimentation actuelle des consommateurs DK II

### III.4 Recueil des caractéristiques des consommateurs de l'ancienne installation :

#### III.4.1 La section DKII

**Tableau III.1 : Consommateurs DKII ancienne installation de moyenne tension en régime permanent**

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Broyeur Br 535 A	230	1	0.86	5500
2	Broyeur Br 535 B	235	1	0.86	5500
3	Ventilateur V 525	180	1	0.86	5500
4	Ventilateur V 528	230	1	0.86	5500

**Tableau III.2 : Consommateurs DKII ancienne installation basse tension en régime permanent**

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Bande d 560	41	1	0.84	380
2	Bande d 561	15	1	0.87	380
3	Redler 586	11	1	0.83	380
4	Garlette582	0.25	1	0.82	380
5	Redler 586	37	1	0.82	380
6	Bande d 560	15	1	0.88	380
7	Ventilateur V 543 F	37	1	0.89	380
8	Bande d 534 A	7.5	4	0.89	380
9	Bande d 563	09	1	0.83	380
10	Bande d 566	5.5	2	0.85	380
11	Bande d 555 Bis	11	1	0.81	380
12	Bande d 557	30	1	0.86	380
13	Agitateur 589	11	1	0.86	380
14	Bande d 551	90	1	0.88	380
15	Bande d 564	45	3	0.87	380
16	Bande d 559	37	1	0.83	380
17	Ventilateur V543 E	45	1	0.87	380
18	Crible D732 A et B	6.56	3	0.94	380
19	Bande D 703	4.5	1	0.82	380
20	Ventilateur V 743 F	38	1	0.83	380
21	Bande D 755	16	1	0.86	380
22	Pompe à fuel 523 B	3	2	0.86	380
23	Vis d'extraction 781 A	1.5	2	0.88	380
24	Vis d'extraction 782	2.8	1	0.86	380
25	Ventilateur V 524	250	1	0.94	380

**Tableau III.3 consommateurs DKII ancienne installation de basse tension en régime inter mi-temps**

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Bascule intergratrice	0.18	1	0.84	380
2	Bande D 501	10	1	0.86	380
3	Bande D701	15	1	0.86	380
4	Goupelle bruleur 729	11	1	0.86	380
5	Eclairage DK2	100	1	1.00	380

**Tableau III.4 consommateurs DKII ancienne installation de basse tension en régime courte durée**

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Chargeur batterie	02	1	1.0	220
2	Pompe à fuel 723 A	03	1	0.89	380
3	Vibreux trémie 400 T	03	1	0.87	380
4	Conditionnement d'air contrôle	30	1	0.83	380
5	Pompe à fuel 523 A	03	1	0.89	380
6	Equipement bascule 704	02	1	0.88	380
7	Distribution de Commande	12	1	1.0	220
8	Tension Régulée 127 V	3.50	1	1.0	220

### III.4.2 La section DK III

**Tableau III.5 consommateurs DKIII ancienne installation de moyenne tension en régime permanent**

N°	Consummator	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Ventilateur V 724	230	1	0.86	5500
2	Ventilateur V 725	180	1	0.86	5500
3	Ventilateur V 728	230	1	0.86	5500
4	Broyeur Br 535 C	230	1	0.86	5500

**Tableau III.6 consommateurs DKIII ancienne installation basse tension en régime permanent**

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Crible D745 A et B	6.56	1	0.94	380
2	Sélecteur STB 740	0.80	1	0.85	380
3	Ventilateur V 743	62	4	0.89	380
4	Ventilateur V 743 E	25	1	0.89	380
5	Bande D 761	10	1	0.88	380
6	Bande D 787	7.50	1	0.88	380

7	Bande D 760	4.50	1	0.88	380
8	Bande D 536	2.80	1	0.88	380

Tableau III.7 consommateurs DKIII ancienne installation de basse tension en régime inter mi-temps

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos φ	U(V)
1	Eclairage DK3	25	1	1.0	380

Tableau III.8 Les consommateurs DKIII ancienne installation de basse tension en régime courte durée

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos φ	U(V)
1	Tension régulée 127 V	2	1	1.0	220
2	Distribution de commande	12	1	1.0	220
3	Palan criblage 731	2	1	0.87	380
4	Prise de courant C 1	32	1	1.0	380
5	Prise de courant C 2	32	1	1.0	380

### III.5 Calcul des charges électrique d'ancienne installation

#### III.5.1 La section DKII

##### III.5.1.1 Les consommateurs MT

- Facteur de demande :

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^5 P_{ni} = 875 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{235}{875} = 0.58$$

- LA puissance active :

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_c = 0.58 \times 875 = 710.200 \text{ KV}$$

- Facteur de puissance moyen :

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 752.50 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{750.50}{875} = 0.86$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.59$$

- La puissance réactive :

$$Q_c = P_c \times \operatorname{tg} \varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 609.1 \times 0.59 = 361.419 \text{ KVAR}$$

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi_m} \text{ KVA}$$

$$S_c = \frac{700.200}{0.86} = 593.256 \text{ KVA}$$

### III.5.1.2 Les consommateurs BT :

#### A- Régime permanent :

- Facteur de demande :

$$K_d = 0.29 + 0.71 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^{46} P_{ni} = 905.23 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.29 + 0.71 \times \frac{250}{905.23} = 0.49$$

- La puissance active :

$$P_c = 0.49 \times 905.23 = 440.017 \text{ KW}$$

- Facteur de puissance moyen :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 798.93 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{798.93}{905.23} = 0.88$$

- La puissance réactive :

$$Q_c = 440.017 \times 0.54 = 234.808 \text{ KVAR}$$

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{440.017}{0.88} = 498.748 \text{ KVA}$$

#### B- Régime courte durée :

- Facteur de demande :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 58.5 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{30}{58.5} = 0.72$$

- La puissance moyen :

$$P_m = \sqrt{S} \times \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad \text{KW}$$

$$P_m = 0.54 \times 58.5 = 31.59 \quad \text{KW}$$

- La puissance active :

$$P_c = K_d \times P_m \quad \text{KW}$$

$$P_c = 0.72 \times 31.59 = 22.818 \text{ KW}$$

- Facteur de puissance moyen :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 52.11 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{52.11}{58.5} = 0.89$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.51$$

- La puissance réactive :

$$Q_c = 0.51 \times 22.818 = 26.427 \text{ KVAR}$$

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{22.818}{0.89} = 25.616 \text{ KVA}$$

### C- Régime inter mi-temps

- Facteur de demande :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 136.18 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{100}{136.18} = 0.85$$

- La puissance moyen :

$$P_m = 0.7 \times 136.18 = 95.33 \quad \text{KW}$$

- La puissance active :

$$P_c = 0.85 \times 95.33 = 80.890 \quad \text{KW}$$

- Facteur de puissance moyen :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 131.11 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{131.11}{136.18} = 0.96$$

$$\operatorname{tg}\varphi_m = 0.29$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \operatorname{tg}\varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 80.930 \times 0.29 = 22.709 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{80.890}{0.96} = 84.017 \text{ KVA}$$

### III.5.2 La section DK3 :

#### III.5.2.1 Les consommateurs MT :

- **Facteur de demande :**

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 870 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{230}{870} = 0.58$$

- **LA puissance active :**

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_c = 0.58 \times 870 = 505.200 \quad \text{KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 748.20 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{748.20}{870} = 0.86$$

$$\operatorname{tg}\varphi_m = 0.59$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \operatorname{tg}\varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 505.200 \times 0.59 = 299.768 \quad \text{KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{505.200}{0.86} = 587.442 \text{ KVA}$$

**NB :** Il n'existe pas des consommateurs de moyenne tension en régime court durée et inter mi-temps.

## III .5.2.2 Les consommateurs BT :

## A- Régime permanent

- Facteur de demande :

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 305.16 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{62}{305.16} = 0.55$$

- La puissance active :

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_c = 0.55 \times 305.16 = 166.559 \text{ KW}$$

- Facteur de puissance moyen :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 271.7 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{271.7}{305.16} = 0.89$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.51$$

- La puissance réactive :

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 166.559 \times 0.51 = 85.258 \text{ KVAR}$$

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{166.559}{0.89} = 187.112 \text{ KVA}$$

## B- Régime court durée :

- Facteur de demande :

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 80 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{32}{80} = 0.66$$

- La puissance moyen :

$$P_m = \sqrt{S} \times \sum_{i=1}^n P_{ni} \text{ KW}$$

$$P_m = 0.54 \times 80 = 43.2 \text{ KW}$$

- **La puissance active :**

$$P_c = K_d \times P_m \quad \text{KW}$$

$$P_c = 0.66 \times 43.2 = 28.426 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 79.74 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{79.74}{80} = 0.99$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.08$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 28.426 \times 0.08 = 2.297 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{28.51}{0.99} = 20.80 \text{ KVA}$$

### C- Régime inter mi-temps :

- **Facteur de demande :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 25 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{25}{25} = 1.00$$

- **La puissance moyen :**

$$P_m = 0.7 \times 25 = 17.5 \quad \text{KW}$$

- **LA puissance active :**

$$P_c = K_d \times P_m \quad \text{KW}$$

$$P_c = 1.00 \times 17.500 = 17.500 \quad \text{KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 25 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{25}{25} = 1.00$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.00$$

- La puissance réactive :

$$Q_c = P_c \times \operatorname{tg} \varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 17.500 \times 0.00 = 0.00 \quad \text{KVAR}$$

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{17.500}{1.00} = 17.500 \text{ KVA}$$

### III.6 Recueil des caractéristiques des consommateurs de la nouvelle installation

#### III.6.1 La section DKII

Tableau III.9 consommateurs DKII nouvelle installation de moyenne tension en régime permanent

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos φ	U(V)
1	Broyeur Br 535 A	230	1	0.86	5500
2	Broyeur Br 535 B	235	1	0.86	5500
3	Ventilateur V 525	180	1	0.86	5500
4	Ventilateur V 528	230	1	0.86	5500

Tableau III.10 consommateurs DKII nouvelle installation basse tension en régime permanent

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos φ	U(V)
1	Bande d 560	41	1	0.84	380
2	Bande d 561	15	1	0.87	380
3	Redler 586	11	1	0.83	380
4	Garlette582	0.25	1	0.82	380
5	Redler 586	37	1	0.82	380
6	Bande d 560	15	1	0.88	380
7	Ventilateur V 543 F	37	1	0.89	380
8	Bande d 534 A	7.5	6	0.89	380
11	Bande d 563	09	1	0.83	380
12	Bande d 566	5.5	2	0.85	380
14	Bande d 555 Bis	11	1	0.81	380
15	Bande d 557	30	1	0.86	380
16	Agitateur 589	11	1	0.86	380
18	Bande d 551	90	1	0.88	380
19	Bande d 564	45	3	0.87	380
20	Bande d 559	37	1	0.83	380
22	Ventilateur V543 E	45	1	0.87	380
24	Crible D732 A et B	6.56	1	0.94	380
25	Bande D 703	4.5	1	0.82	380

26	Ventilateur V 743 F	38	1	0.83	380
27	Bande D 755	16	1	0.86	380
28	Pompe à fuel 523 B	3	2	0.86	380
30	Vis d'extraction 781 A	1.5	2	0.88	380
32	Vis d'extraction 782	2.8	1	0.86	380
33	Crible 545 A et B	6.56	2	0.94	380
35	Ventilateur V 524	250	1	0.94	380
36	Ventilateur V 794 A et B	15	1	0.87	380
37	Ventilateur 812 A et B	4.4	1	0.86	300
38	Ventilateur Aéro 802	5.5	1	0.88	380
39	Ventilateur 803	7.5	1	0.87	380
42	Bande D 582	4.5	1	0.86	380
43	Crible 745 A et B	1.92	1	0.87	380
44	Agitateur 589 Bis	45	1	0.89	380
45	M.V Aéro ss tremie F800	5.5	1	0.87	380
46	SAS TSV 590 A et B.C.D	4.4	1	0.88	380

Tableau III.11 consommateurs DKII nouvelle installation de basse tension en régime inter mi-temps

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos φ	U(V)
1	Bascule intergratrice	0.18	1	0.84	380
2	Bande D 501	10	1	0.86	380
3	Bande D701	15	1	0.86	380
4	Goupelle bruleur 729	11	1	0.86	380
5	Eclairage DK2	100	1	1.00	380
6	V. moteur répartiteur	0.15	1	0.84	380
7	Elévateur à godet	30	1	0.89	380
8	V sous filtre 804	2.2	1	0.87	380

Tableau III.12 Les consommateurs DKII nouvelle installation de basse tension en régime courte durée

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos φ	U(V)
1	Chargeur batterie	02	1	1.0	220
2	Pompe à fuel 723 A	03	1	0.89	380
3	Vibreux trémie 400 T	03	1	0.87	380
4	Conditionnement d'air contrôle	30	1	0.83	380
5	Pompe à fuel 523 A	03	1	0.89	380
6	Equipement bascule 704	02	1	0.88	380
7	Distribution de Commande	12	1	1.0	220
8	Tension Régulée 127 V	3.50	1	1.0	220
9	Vis sans fin 804	2.2	1	0.88	230
10	Tête vibrante 745 A et B	2.4	3	0.89	380

11	Vibreux E 400	3	1	0.86	380
----	---------------	---	---	------	-----

III.6.2 La section DK III

Tableau III.13 Consommateurs DKIII nouvelle installation de moyenne tension en régime permanent

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Ventilateur V 724	230	1	0.86	5500
2	Ventilateur V 725	180	1	0.86	5500
3	Ventilateur V 728	230	1	0.86	5500
4	Broyeur Br 535 C	230	1	0.86	5500

Tableau III.14 consommateurs DKIII nouvelle installation basse tension en régime permanent

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Crible D745 A et B	6.56	1	0.94	380
2	Sélecteur STB 740	0.80	1	0.85	380
3	Ventilateur V 743 A et B.C.D.E	273	1	0.89	380
4	Bande D 761	10	1	0.88	380
5	Bande D 787	7.50	1	0.88	380
6	Bande D 760	4.50	1	0.88	380
7	Bande D 536	2.80	1	0.88	380
8	Ventilateur filtre 560 C	1.1	1	0.84	380
9	Ventilateur filtre 760 A	7.5	1	0.86	380
10	Crible D 532 A et B	2.4	2	0.85	380
11	Bande D 565	45	1	0.89	380
12	Bande D 701	15	1	0.88	380
13	Bande D 723 A et B	3	1	0.86	380
14	Bande D 534 C	4.5	1	0.87	380
15	SAS TSV 790 A et B.C.D	4.4	1	0.88	380

Tableau III.15 consommateurs DKIII nouvelle installation de basse tension en régime inter mi-temps

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Eclairage DK3	25	1	1.0	380

Tableau III.16 consommateurs DKIII nouvelle installation de basse tension en régime courte durée

N°	Consommateur	Pn (KW)	nombre	Cos $\phi$	U(V)
1	Tension régulée 127 V	2	1	1.0	220
2	Distribution de commande	12	1	1.0	220

3	Palan criblage 731	2	1	0.87	380
4	Prise de courant C 1	32	1	1.0	380
5	Prise de courant C 2	32	1	1.0	380
6	Tete vibrante 545 A et B	0.32	1	0.84	380

### III.7 Calcul des charges électrique de la nouvelle installation

#### III.7.1 La section DKII

##### III.7.1.1 Les consommateurs MT

- **Facteur de demande :**

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_n \max}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^4 P_{ni} = 875 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{235}{875} = 0.58$$

- **La puissance active :**

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_c = 0.58 \times 875 = 710.200 \text{ KV}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 752.50 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{750.50}{875} = 0.86$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.59$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 609.1 \times 0.59 = 361.419 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi_m} \text{ KVA}$$

$$S_c = \frac{700.200}{0.86} = 593.256 \text{ KVA}$$

## III.7.1.2 Les consommateurs BT

## A- Régime permanent

- Facteur de demande :

$$K_d = 0.29 + 0.71 \times \frac{P_{nmax}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^{46} P_{ni} = 1154.45 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.29 + 0.71 \times \frac{250}{1154.45} = 0.44$$

- La puissance active :

$$P_c = 0.44 \times 1154.45 = 507.958 \text{ KV}$$

- Facteur de puissance moyen :

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 1015.91 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{1015.91}{1154.45} = 0.88$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.54$$

- La puissance réactive :

$$Q_c = 507.91 \times 0.54 = 274.271 \text{ KVAR}$$

- La puissance apparente :

$$S_c = \frac{507.91}{0.88} = 577.170 \text{ KVA}$$

## B- Régime courte durée :

- Facteur de demande :

$$\sum_{i=1}^{13} P_{ni} = 70.9 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{30}{70.9} = 0.67$$

- La puissance moyen :

$$P_m = \sqrt{S} \times \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad \text{KW}$$

$$P_m = 0.54 \times 70.9 = 38.28 \quad \text{KW}$$

- La puissance active :

$$P_c = K_d \times P_m \quad \text{KW}$$

$$P_c = 0.67 \times 38.28 = 25.647 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 63.101 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{63.101}{70.9} = 0.89$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.51$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = 0.51 \times 25.647 = 13.079 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{25.647}{0.89} = 28.816 \text{ KVA}$$

### C- Régime inter mi-temps

- **Facteur de demande :**

$$\sum_{i=1}^8 P_{ni} = 168.53 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{100}{168.53} = 0.76$$

- **La puissance moyen :**

$$P_m = 0.7 \times 168.53 = 117.97 \text{ KW}$$

- **La puissance active :**

$$P_c = 0.76 \times 117.97 = 89.65 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 161.78 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{161.78}{165.53} = 0.96$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.29$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 89.65 \times 0.29 = 25.999 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{89.65}{0.96} = 93.385 \text{ KVA}$$

### III.7.2 La section DK3

#### III.7.2.1 Les consommateurs MT

- **Facteur de demande :**

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 870 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{230}{870} = 0.58$$

- **La puissance active :**

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_c = 0.58 \times 870 = 505.200 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 748.20 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{748.20}{870} = 0.86$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.59$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 505.200 \times 0.59 = 299.768 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{505.200}{0.86} = 587.442 \text{ KVA}$$

**NB :** il n'existe pas des consommateurs de moyenne tension en régime court durée et inter mi-temps.

#### III.7.2.2 Les consommateurs BT

##### A- Régime permanent

- **Facteur de demande :**

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^{16} P_{ni} = 390.56 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{273}{390.56} = 0.82$$

- **La puissance active :**

$$P_c = K_d \times \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_c = 0.82 \times 390.56 = 323.55 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^{16} P_{ni} \times \cos \theta_i = 287.96 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{287.96}{390.56} = 0.89$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.51$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 323.55 \times 0.51 = 165.010 \text{ KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{323.55}{0.89} = 363.539 \text{ KVA}$$

#### B- Régime court durée :

- **Facteur de demande :**

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{P_{n \max}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

$$\sum_{i=1}^6 P_{ni} = 80.34 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{32}{80.34} = 0.65$$

- **La puissance moyen :**

$$P_m = \sqrt{S} \times \sum_{i=1}^n P_{ni} \text{ KW}$$

$$P_m = 0.54 \times 80.34 = 43.383 \text{ KW}$$

- **La puissance active :**

$$P_c = K_d \times P_m \text{ KW}$$

$$P_c = 0.65 \times 43.383 = 28.119 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 73.91 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{73.91}{80.34} = 0.91$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.37$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 28.119 \times 0.37 = 10.404 \quad \text{KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{28.119}{0.91} = 30.90 \text{ KVA}$$

### C- Régime inter mi-temps :

- **Facteur de demande :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} = 25 \text{ KW}$$

$$K_d = 0.43 + 0.57 \times \frac{25}{25} = 1.00$$

- **La puissance moyenne :**

$$P_m = 0.7 \times 25 = 17.5 \text{ KW}$$

- **La puissance active :**

$$P_c = K_d \times P_m \quad \text{KW}$$

$$P_c = 1.00 \times 17.500 = 17.500 \text{ KW}$$

- **Facteur de puissance moyen :**

$$\sum_{i=1}^n P_{ni} \times \cos \theta_i = 25 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{25}{25} = 1.00$$

$$\text{tg} \varphi_m = 0.00$$

- **La puissance réactive :**

$$Q_c = P_c \times \text{tg} \varphi_m \quad \text{KVAR}$$

$$Q_c = 17.500 \times 0.00 = 0.00 \quad \text{KVAR}$$

- **La puissance apparente :**

$$S_c = \frac{17.500}{1.00} = 17.500 \text{ KVA}$$

**Tableau III.17 conclusion des calculs de charges de l'Ancienne installation la section DKII**

Type de tension	régime	La puissance active	La puissance réactive	La puissance apparent
BT	P	440.017	234.808	498.748
	CD	22.818	11.641	25616
	IM	80.890	22.709	84.017
MT	P	710.200	302.735	593.256
	CD	/	/	/
	IM	/	/	/
HT	P	/	/	/
	CD	/	/	/
	IM	/	/	/
<b>TOTAL</b>		<b>1153.925 KW</b>	<b>571.893 KVAR</b>	<b>1201.637 KVA</b>

**Tableau III.18 conclusion des calculs de charges de l'Ancienne installation la section DKIII**

Type de tension	régime	La puissance active	La puissance réactive	La puissance apparente
BT	P	166.559	88.258	187.112
	CD	28.426	2.297	20.800
	IM	17.500	0.000	17.500
MT	P	505.200	299.768	587.442
	CD	/	/	/
	IM	/	/	/
HT	P	/	/	/
	CD	/	/	/
	IM	/	/	/
<b>TOTAL</b>		<b>717.685 KW</b>	<b>390.323 KVAR</b>	<b>812.854 KVA</b>

**Tableau III.19 conclusion des calculs de charges de nouvelle installation la section DKII**

Type de tension	régime	La puissance active	La puissance réactive	La puissance apparent
-----------------	--------	---------------------	-----------------------	-----------------------

<b>BT</b>	<b>P</b>	507.958	274.271	577.170
	<b>CD</b>	25.647	13.079	28.816
	<b>IM</b>	89.650	25.999	93.385
<b>MT</b>	<b>P</b>	710.200	361.419	593.256
	<b>CD</b>	/	/	/
	<b>IM</b>	/	/	/
<b>HT</b>	<b>P</b>	/	/	/
	<b>CD</b>	/	/	/
	<b>IM</b>	/	/	/
<b>TOTAL</b>		<b>1333.455 KW</b>	<b>674.768 KVAR</b>	<b>1292.627 KVA</b>

**Tableau III.20 Conclusion des calculs de charges de nouvelle installation la section DKIII**

Type de tension	régime	La puissance active	La puissance réactive	La puissance apparent
<b>BT</b>	<b>P</b>	323.550	165.010	363.539
	<b>CD</b>	28.119	10.404	30.900
	<b>IM</b>	17.500	0.000	17.500
<b>MT</b>	<b>P</b>	505.200	299.768	587.442
	<b>CD</b>	/	/	/
	<b>IM</b>	/	/	/
<b>HT</b>	<b>P</b>	/	/	/
	<b>CD</b>	/	/	/
	<b>IM</b>	/	/	/
<b>TOTAL</b>		<b>874.369 KW</b>	<b>475.182 KVAR</b>	<b>999.381 KVA</b>

### III.8 Conclusion

Le calcul des charges nous conduisent à choisir les bons transformateurs qui peuvent supporter les nouvelles charges.

D'après nos calculs et après notre comparaison entre l'actuelle et l'ancienne liste de consommateurs de la section dépoussiérage et tous calcul fait ; on a remarqué que les résultats nous permettent de conclure que les anciennes charges électriques sont inférieures aux charges actuelles.

Donc les transformateurs déjà installés ne pouvant pas supporter la charge actuelle, doivent être remplacés par des nouveaux selon un catalogue choisi.

***Chapitre IV***  
***Choix et vérification des***  
***sections des conducteurs***  
***électriques***

## IV.1 Introduction

Pour des raisons de productivité et de consommation excessive, Certains consommateurs ont été mis hors service et d'autre ont été installés nouvellement ce qui nous incite à refaire tous calculs et à dresser un nouveau schéma de distribution de l'énergie électrique basé sur un choix judicieux des sections de câbles et conducteurs ainsi que les accessoires de protection et de mesure.

## IV.2 Le choix de la section des conducteurs de la ligne électrique

Le choix de la section se fait d'après les conditions suivantes :

- Echauffement admissible du courant.
- Pertes admissibles de tension.
- Densité économique du courant.

Dans notre installation les longueurs des câbles ne dépassent pas 300m et puisque le nombre des câbles utilisés pour l'alimentation des différents consommateurs est assez grand, on choisit donc les sections des câbles selon le critère d'échauffement admissible.

### IV.2.1 Choisi les sections des câbles d'après l'échauffement

D'après le catalogue du constructeur des câbles GROSE (France) nous avons choisi les câbles isolé de type PR triphasé ce qui conduit à l'utilisation des références indiquées dans les tableaux N° 01 (voir annexe).

Le climat de la zone de l'usine est modéré pour cela on choisit la température moyenne (30°), correspondante à une valeur de facteur de correction de température  $K_1=1.0$  d'après le tableau N°(02) (voir annexe).

Dans l'usine les câbles seront groupés de façon jointive, les courants admissibles sont jointifs prend la valeur  $K_2=0.70$ .

#### A. Facteur de correction

On fait le choix des sections des câbles d'après le facteur de correction K qui égale :

$$K=K_1 \times K_2$$

$$K=1.00 \times 0.7 \rightarrow K=0.7$$

#### B. le courant de choix ( $I_n$ ) selon l'échauffement admissible

C'est le courant à partir duquel nous choisissons section nécessaire des câbles d'après le tableau N°(3) (voir annexe). Il est calculé comme suite :

$$I_z = \frac{I_n}{K} ; (A)$$

Ou  $I_{nx}$ : le courant nominal de l'atelier x.

B-calcul du courant de chaque consommateur :

Le courant circulant dans chaque atelier et calcule d'après la formule suivante :

$$I_n = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Ou :

P : Puissance nominal des consommateurs en (KW).

U : Tension nominal en (V).

cos φ : Facteur de la puissance. [14]

### IV.3 calcul de courant de chaque consommateur

#### IV.3.1 Les consommateurs de DKII :

- **Le broyeur BR 535A:**

$$I_z = \frac{I_n}{k}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_n = 28.10 \text{ A} \\ K = 0.7 \end{array} \right\} \Rightarrow I_z = 40.15 \text{ A}$$

D'après le tableau N° 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de  $I_z=63\text{A}$ , ce qui correspond a une section de  $S_1 = 10\text{mm}^2$

- **Le broyeur BR 535A:**

$$I_z = \frac{I_n}{k}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_n = 21.24 \text{ A} \\ K = 0.7 \end{array} \right\} \Rightarrow I_z = 30.34 \text{ A}$$

D'après le tableau N° 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de  $I_z=48\text{A}$ , ce qui correspond a une section de  $S_1 = 06\text{mm}^2$

**Tableau IV.1 Calcul de courant de chaque consommateur DKII**

Les consommateurs	$I_n$	nbre	$I_z$	Le choix de la section S1 à partir de la valeur de $I_z$
<b>Broyeur Br 535 A</b>	28.10	1	40.15	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=63 \text{ A}$ , ce qui correspondons à une section de $S1=10\text{mm}^2$
<b>Broyeur Br 535 B</b>	21.24	1	30.34	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=48 \text{ A}$ , ce qui correspondons à une section de $S1=06\text{mm}^2$
<b>Ventilateur V 525</b>	16.27	1	23.24	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=36 \text{ A}$ , ce qui correspondons à une section de $S1=04\text{mm}^2$
<b>Ventilateur V 528</b>	28.10	1	40.15	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z= 63\text{A}$ , ce qui correspondons à une section de $S1=10\text{mm}^2$

<b>Bande d 560</b>	74.25	0.7	106.07	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=138A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=35mm^2$
<b>Bande d 561</b>	26.21	0.7	37.45	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=63 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=10mm^2$
<b>Redler 586</b>	20.16	0.7	28.80	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=48 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=06mm^2$
<b>Garlette582</b>	0.46	0.7	0.66	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=19.5 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=1.5mm^2$
<b>Redler 586</b>	68.64	0.7	98	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=138 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=35mm^2$
<b>Bande d 560</b>	25.93	0.7	37	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=63 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=10mm^2$
<b>Ventilateur V 543 F</b>	63.24	0.7	90.34	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=138 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=35mm^2$
<b>Bande d 534 A</b>	13.75	3	19.64	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=36 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=04mm^2$
<b>Bande d 563</b>	9.84	3	14.06	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=36 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=04mm^2$
<b>Bande d 555 Bis</b>	20.66	0.7	29.5	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=63 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=10mm^2$
<b>Bande d 557</b>	53.06	0.7	75.80	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=112 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=25mm^2$
<b>Agitateur 589</b>	19.45	0.7	27.80	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=48 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=06mm^2$
<b>Bande d 562</b>	13.11	0.7	18.73	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=27 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=02.5mm^2$
<b>Bande d 551</b>	155.57	0.7	222.25	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=258 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=95mm^2$
<b>Bande d 564</b>	78.70	0.7	112.43	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=168 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=50mm^2$
<b>Bande d 559</b>	67.81	0.7	96.87	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=138 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=35mm^2$
<b>Bande d 558</b>	78.70	2	112.43	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=168A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=50mm^2$
<b>Ventilateur V543 E</b>	78.70	0.7	112.43	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=168 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=50mm^2$
<b>Crible D732 A et B</b>	10.61	3	15.16	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=27 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=02.5mm^2$
<b>Bande D 703</b>	8.35	0.7	11.93	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=138 A$ , ce qui correspondons à une section de $S1=35mm^2$

Ventilateur V 743 F	69.64	0.7	99.5	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=63$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=10\text{mm}^2$
Bande D 755	28.30	0.7	40.43	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$
Pompe à fuel 523 B	5.30	0.7	7.58	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$
Pompe à fuel 723 B	5.19	0.7	7.41	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$
Vis d'extraction 781 A et B	2.60	2	3.70	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=19.5$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=01.5\text{mm}^2$
Ventilateur V 524	404.56	0.7	425	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=461$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=240$

IV.3.2 Les consommateurs de DKIII

Tableau IV.2 Calcul de courant de chaque consommateur DKIII

Les consommateurs	$I_n$	nbre	$I_Z$	Le choix de la section S1 à partir de la valeur de $I_Z$
Ventilateur V 724	28.10	1	63	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=63$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=10\text{mm}^2$
Ventilateur V 725	16.27	1	36	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=36$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=04\text{mm}^2$
Ventilateur V 728	28.1	1	63	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=63$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=10\text{mm}^2$
Broyeur Br 535 C	28.1	1	63	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=63$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=10\text{mm}^2$
Crible D745 A et B	10.61	0.7	27	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$
Sélecteur STB 740	1.43	0.7	19.5	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=19.5$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=01.5\text{mm}^2$
Ventilateur V 743 A	105.96	4	168	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=168$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=50\text{mm}^2$
Ventilateur V 743 E	42.73	0.7	85	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=36$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=04\text{mm}^2$
Bande D 761	17.28	0.7	36	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=36$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=04\text{mm}^2$
Bande D 787	12.96	0.7	36	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$
Bande D 760	7.79	0.7	27	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$
Bande D 536	4.84	0.7	27	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_Z=27$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=02.5\text{mm}^2$

Tension régulée 127 V	11.36	0.7	27	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=85$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=16\text{mm}^2$
Distribution de commande	45.45	0.7	85	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=112$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=25\text{mm}^2$
Palan criblage 731	60	0.7	112	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=19.5$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=01.5\text{mm}^2$
Prise de courant C 1	3.5	0.7	19.5	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=112$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=25\text{mm}^2$
Prise de courant C 2	60	0.7	112	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=112$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=25\text{mm}^2$
Eclairage DK3	45.63	0.7	85	D'après le tableau N 3 (voir annexe) nous prenons la valeur de $I_z=85$ A, ce qui correspondons à une section de $S1=16\text{mm}^2$

### IV.4 Vérification de la section choisie

La vérification des sections des câbles choisis se fait d'après les conditions suivant :

#### IV.4.1 chute de tension admissible

La chute de tension entre l'origine d'une installation de basse tension et les appareils d'utilisation ne doivent pas être supérieur à 5% pour les installations industrielle :

- **Calcul de la chute de tension**

La chute de tension est l'application de loi Ohm en courant alternatif :  $U=Z \cdot I$

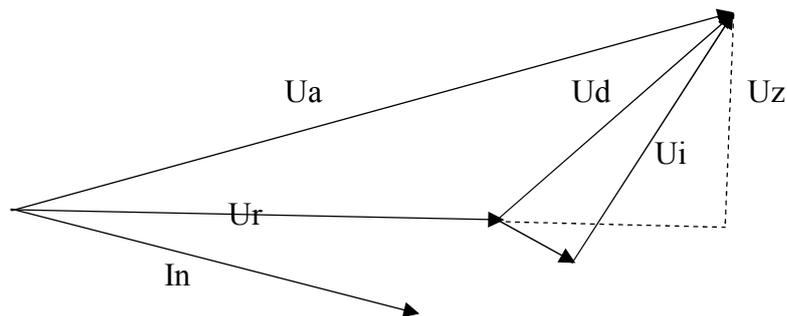


Figure (IV.1) chute de tension.[15]

$U_r$  : Chute de tension résistive

$U_i$  : Chute de tension inductive

$U_a$ : Tension arrivée

$U_i$  : Chute de tension

Formule générale ;  $U = b \left( \rho_1 \frac{1}{s} \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right) I_n \cdot L$  ;

Ou U : chute de tension en voltes

B : coefficient dont la valeur est : (2) en monophasé, (1) en triphasé (tension phase-neutre)

$\sqrt{3}$  : En triphasé (tension phase-phase)

$\rho_1$ : Résistivité pour le cuivre est égale  $0.0225 \frac{mm^2}{m}$

L : longueur de câble en(m)

$\lambda$  : Réactance linéique des conducteurs .Est égale  $0.08 \times 10^{-3} \Omega m$

$I_n$ : courant d'emploi en A

- Chute de tension relative :

La chute de tension relative s'exprime en pourcentage de la tension nominal  $\Delta U = 100 \frac{U}{U_0}$

**Remarque :**

Compte tenu de la chute de tension importante on intérêt a prendre une section plus importante.

**IV.4.2 La densité économique**

La densité économique est calculée pour tous les types des lignes, elle se trouve dans le catalogue comme une fonction de type ligne (aérienne, souterraine), de la matière du câble (acier, cuivre, aluminium) et de  $T_{max}$ (temps maximal de fonctionnement par an) et pour noter installation. [15]

$T_{max} = 4500$  h .D'ou

$$S_{éc} = \frac{I_n}{J_{éc}} ; (mm^2)$$

Ou  $S_{éc}$  : section économique en  $mm^2$

$J_{éc}$  : la densité économique en  $\frac{A}{mm^2}$  sa valeur est prise d'après le tableau n°3 (voir annexe)

**IV.5 vérification de la section des conducteurs**

**IV.5.1 Les consommateurs du DKII**

**Exemple de calcul des sections des conducteurs**

- **Broyeur BR535A**

**A. D'après la chute de tension**

$$U = 28.10 \times 0.11 \times 3.28$$

$$U = 10.13 \text{ V}$$

$$\Delta U = \frac{U \cdot 100}{U_n}$$

$$\Delta U = \frac{10.13 \times 100}{5500} = 0.18\% < 5\%$$

D'après cette condition on peut prendre  $S_1 = 10 \text{ mm}^2$

**B. D'après la densité économique**

$$J_{ec} = 2.5 \frac{A}{\text{mm}^2}$$

$$I_n = 28.10 \text{ A}$$

$$S_{ec} = \frac{28.10}{2.5} = 11.24 \text{ mm}^2$$

$S_{ec} > S_1$  ; donc on peut prendre  $S = 16 \text{ mm}^2$

**Tableau IV.3 Vérification de la section des conducteurs DKII**

N	Les consommateurs DKII	D'après la chute de tension			D'après la densité économique	
		U(V)	$\Delta U(\%)$	Selon condition de ( $\Delta U >$ ou $< 5\%$ ) on peut prendre $S_1 (\text{mm}^2)$	$S_{ec}(\text{mm}^2)$	Comparaison entre $S_{ec}$ et $S_1$ $S = \dots\dots (\text{mm}^2)$
1	<b>Broyeur Br 535 A</b>	10.13	0.18 < 5%	10	11.24	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=16$
2	<b>Broyeur Br 535 B</b>	12.73	0.23 < 5%	06	8.5	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=10$
3	<b>Ventilateur V 525</b>	8.5	0.15 < 5%	04	6.5	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=10$
4	<b>Ventilateur V 528</b>	63.17	1.15 < 5%	10	11.24	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=16$
5	<b>Bande d 560</b>	7.28	1.91 < 5%	35	29.75	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=35$
6	<b>Bande d 561</b>	9.45	2.48 < 5%	10	10.5	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=16$
7	<b>Redler D 586</b>	7.93	2.09 < 5%	06	8.07	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S=10$
8	<b>Garlette D582</b>	0.66	0.18 < 5%	1.5	0.18	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut

						prendre $S = S_1 = 1.5$
9	<b>Redlere D 586</b>	4.7	$1.24 < 5\%$	35	27.46	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$
10	<b>Bande d 560</b>	5.10	$1.34 < 5\%$	10	10.37	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 16$
11	<b>Ventilateur V 543 F</b>	10.53	$2.77 < 5\%$	35	25.3	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$
12	<b>Bande D 534 A</b>	13.26	$3.49 < 5\%$	04	5.5	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 06$
13	<b>Bande D 534 B</b>	14.37	$3.78 < 5\%$	04	5.5	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 06$
14	<b>Bande D 556</b>	13.26	$3.49 < 5\%$	04	5.5	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 10$
15	<b>Bande D 563</b>	9.07	$2.39 < 5\%$	04	6.44	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 06$
16	<b>Bande d 566</b>	27.70	$7.29 < 5\%$	2.5	3.92	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 10$
17	<b>Bande d 567</b>	17.40	$4.58 < 5\%$	04	3.92	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 04$
18	<b>Bande d 555 Bis</b>	6.76	$1.78 < 5\%$	06	8.26	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 04$
19	<b>Bande d 557</b>	7.76	$2.04 < 5\%$	25	21.22	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 10$
20	<b>Agitateur d 589</b>	7.42	$1.95 < 5\%$	06	7.78	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 25$
21	<b>Bande d 562</b>	11.75	$3.09 < 5\%$	2.5	5.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = 10$
22	<b>Bande d 551</b>	5.10	$1.34 < 5\%$	95	62.23	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 06$
23	<b>Bande d 564</b>	8.15	$2.15 < 5\%$	50	31.48	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 95$
24	<b>Bande d 559</b>	10.63	$2.8 < 5\%$	35	27.12	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
25	<b>Bande d 558</b>	9.32	$2.45 < 5\%$	50	31.48	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
26	<b>Ventilateur V543 E</b>	11.06	$2.91 < 5\%$	50	31.48	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
27	<b>Bande D 565</b>	11.06	$2.91 < 5\%$	50	31.48	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$

28	<b>Crible D732 A et B</b>	12.22	3.22 < 5%	2.5	4.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 06$
29	<b>Bande D 703</b>	9.48	2.5 < 5%	2.5	3.34	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 04$
30	<b>Ventilateur V 743 F</b>	11.23	2.4 < 5%	50	30.52	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
31	<b>Bande D 755</b>	9.28	2.44 < 5%	10	11.32	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 16$
32	<b>Pompe à fuel 523 B</b>	3.39	0.89 < 5%	2.5	2.12	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
33	<b>Pompe à fuel 723 B</b>	4.65	1.22 < 5%	2.5	2.08	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
34	<b>Vis d'extraction 781 A</b>	5.54	1.46 < 5%	1.5	1.04	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
35	<b>Vis d'extraction 781 B</b>	5.54	1.46 < 5%	1.5	1.04	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
36	<b>Vis d'extraction 782</b>	6.35	1.67 < 5%	2.5	1.98	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
37	<b>Crible 545 A et B</b>	8.15	2.14 < 5%	2.5	4.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 06$
38	<b>Crible 532 A et B</b>	13.60	3.57 < 5%	2.5	2.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 06$
39	<b>Ventilateur V 524E</b>	5.66	1.49 < 5%	240	161.82	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 240$
40	<b>Bascule intégrative</b>	0.56	0.15 < 5%	1.5	0.13	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
41	<b>Bande D 501</b>	8.53	2.24 < 5%	04	7.07	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = 10$
42	<b>Bande D701</b>	7.83	2.6 < 5%	10	10.60	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 10$
43	<b>Goupelle bruleur 729</b>	11.67	3.07 < 5%	06	7.78	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
44	<b>Eclairage DK2</b>	5.61	1.48 < 5%	95	60.84	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 95$
45	<b>Chargeur batterie</b>	5.56	2.53 < 5%	2.5	3.64	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 04$
46	<b>Pompe à fuel 723 A</b>	5	1.20 < 5%	2.5	2.05	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$

47	<b>Vibreux trémie 400 T</b>	4.02	1.06 < 5%	2.5	2.10	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
48	<b>Conditionnement d'air contrôle</b>	5.12	1.35 < 5%	25	22	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 25$
49	<b>Pompe à fuel 523 A</b>	3.28	0.86 < 5%	2.5	2.05	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
50	<b>Equipement basculé 704</b>	5.96	1.57 < 5%	1.5	1.40	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
52	<b>Distribution de Commande</b>	2.45	1.12 < 5%	25	27.27	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$
53	<b>Tension Régulée 127 V</b>	4.63	2.11 < 5%	4	7.27	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 10$
54	<b>Ventilateur 812 A et B</b>	5.66	1.49 < 5%	240	161.81	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 240$
55	<b>Ventilateur Aéro 802</b>	10.53	2.77 < 5%	35	25.3	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$
56	<b>Ventilateur 803</b>	13.26	3.49 < 5%	4	5.5	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$
57	<b>Bande D 568</b>	11.75	3.09 < 5%	2.5	5.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = 10$
58	<b>Bande D 569</b>	10.63	2.80 < 5%	35	27.12	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
59	<b>Bande D 582</b>	8.15	2.15 < 5%	50	31.48	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
60	<b>Crible 745 A et B</b>	12.22	3.22 < 5%	2.5	4.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 06$
61	<b>Agitateur 589 Bis</b>	7.42	1.95 < 5%	06	7.78	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 25$
62	<b>M.V Aéro ss trémie F800</b>	12.28	3.23 < 5%	35	27.86	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$

## IV.5.2 Les consommateurs du DKIII

Tableau IV.4 Vérification de la section des conducteurs DKIII

N	Les consommateurs DKIII	D'après la chute de tension			D'après la densité économique	
		U(V)	$\Delta U(\%)$	Selon condition de ( $\Delta U >$ ou $< 5\%$ ) on peut prendre $S_1$ (mm <sup>2</sup> )	$S_{ec}$ (mm <sup>2</sup> )	Comparaison entre $S_{ec}$ et $S_1$ $S = \dots\dots\dots$ (mm <sup>2</sup> )
1	<b>Ventilateur V 724</b>	8.3	0.15 < 5%	10	11.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 16$
2	<b>Ventilateur V 725</b>	11.77	0.21 < 5%	04	6.5	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 10$
3	<b>Ventilateur V 728</b>	10.14	0.18 < 5%	10	11.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 16$
4	<b>Broyeur Br 535 C</b>	10.14	0.18 < 5%	10	11.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 16$
5	<b>Crible D745 A et B</b>	16.30	4.29 < 5%	2.5	4.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 6$
6	<b>Sélecteur STB 740</b>	3.66	0.96 < 5%	1.5	0.57	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
7	<b>Ventilateur V 743 A et B.C.D.E</b>	8.63	2.27 < 5%	50	42.38	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
8	<b>Bande D 761</b>	25	6.58 < 5%	6	6.91	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 10$
9	<b>Bande D 787</b>	15.63	4.11 < 5%	4	5.18	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 6$
10	<b>Bande D 760</b>	11.96	3.15 < 5%	2.5	3.11	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 4$
11	<b>Bande D 536</b>	8.05	2.12 < 5%	2.5	1.94	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
12	<b>Ventilateur filtre 560 C</b>	11.55	3.04 < 5%	16	17.09	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
13	<b>Ventilateur filtre 760 A</b>	11.55	3.04 < 5%	16	17.09	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$
14	<b>Crible D 732 A et B</b>	12.22	3.22 < 5%	2.5	4.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 06$
15	<b>Crible D 745 A et B</b>	16.30	4.29 < 5%	2.5	4.24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 6$

16	<b>Bande D 565</b>	16.95	4.46 < 5%	6	6.91	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 10$
17	<b>Bande D 701</b>	7.83	2.06 < 5%	10	10.6	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 16$
18	<b>Bande D 723 A et B</b>	9.32	2.45 < 5%	50	31.48	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 50$
19	<b>Bande D 534 C</b>	9.28	2.44 < 5%	10	11.32	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 16$
20	<b>SAS TSV 790 A et B.C.D</b>	8.95	4.06 < 5%	04	4.54	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 06$
21	<b>Eclairage DK3</b>	6.17	1.62 < 5%	16	18.25	$S_{ec} > S_1$ ; donc on peut prendre $S = 25$
21	<b>Tension régulée 127 V</b>	14.31	6.51 < 5%	2.5	4.54	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 6$
22	<b>Distribution de commande</b>	6.38	3.90 < 5%	25	27.27	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 35$
23	<b>Palan criblage 731</b>	8.2	2.16 < 5%	1.5	1.4	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 1.5$
24	<b>Prise de courant C 1</b>	6.38	1.68 < 5%	25	24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 25$
25	<b>Prise de courant C 2</b>	6.38	1.68 < 5%	25	24	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 25$
26	<b>Tête vibrante 545 A et B</b>	4.02	1.06 < 5%	2.5	2.10	$S_{ec} < S_1$ ; donc on peut prendre $S = S_1 = 2.5$

Tableau IV.5 sections vérifiées consommateurs DKII

N	consommateur	L(m)	$\Delta U_1(\%)$	$S_1(\text{mm}^2)$	$\Delta U_2(\%)$	$S_{ec}(\text{mm}^2)$	S(mm <sup>2</sup> )
1	<b>Broyeur Br 535 A</b>	110	0.18	/	/	11.24	16
2	<b>Broyeur Br 535 B</b>	110	0.11	/	/	11.47	16
3	<b>Ventilateur V 525</b>	65	0.08	/	/	8.78	10
4	<b>Ventilateur V 528</b>	80	1.11	/	/	11.24	16
5	<b>Bande D 560</b>	100	1.91	/	/	2.75	35
6	<b>Bande D 561</b>	110	2.48	/	/	10.50	16
7	<b>Redler D 586</b>	120	2.09	/	/	8.07	10
8	<b>Garlette D582</b>	68	0.18	/	/	0.18	1.5
9	<b>Redlere D 586</b>	70	1.24	/	/	27.46	35
10	<b>Bande D 560</b>	60	1.34	/	/	10.37	16

11	<b>Ventilateur V 543 F</b>	170	2.77	/	/	25.30	35
12	<b>Bande D 534 A</b>	120	3.49	/	/	5.5	6
13	<b>Bande D534 B</b>	130	3.78	/	/	5.5	6
14	<b>Bande D 556</b>	120	3.49	/	/	5.5	6
15	<b>Bande D 563</b>	70	2.39	/	/	6.44	10
16	<b>Bande d 566</b>	220	7.60	4	4.70	3.9	04
17	<b>Bande d 567</b>	220	7.60	4	4.70	3.9	04
18	<b>Bande d 555 Bis</b>	60	1.78	/	/	8.26	10
19	<b>Bande d 557</b>	110	2.04	/	/	21.22	25
20	<b>Agitateur d 589</b>	70	1.95	/	/	7.78	10
21	<b>Bande d 562</b>	70	3.09	/	/	5.24	06
22	<b>Bande d 551</b>	80	1.34	/	/	62.23	95
23	<b>Bande d 564</b>	140	2.15	/	/	31.48	50
24	<b>Bande d 559</b>	160	2.80	/	/	27.12	35
26	<b>Bande d 558</b>	160	2.45	/	/	31.48	50
27	<b>Ventilateur V543 E</b>	190	2.11	/	/	31.48	50
28	<b>Bande D 565</b>	190	2.91	/	/	31.48	50
29	<b>Crible D732 A et B</b>	90	3.22	/	/	4.24	6
30	<b>Bande D 703</b>	90	2.5	/	/	3.34	4
31	<b>Ventilateur V 743 F</b>	180	3.23	/	/	27.86	35
32	<b>Bande D 755</b>	100	2.44	/	/	11.32	16
33	<b>Pompe à fuel 523 B</b>	50	0.89	/	/	2.12	2.5
34	<b>Pompe à fuel 723 B</b>	70	1.22	/	/	2.08	2.5
35	<b>Vis d'extraction 781 A</b>	100	1.46	/	/	1.04	1.5
36	<b>Vis d'extraction 781 B</b>	100	1.46	/	/	1.04	1.5
37	<b>Vis d'extraction 782</b>	100	1.67	/	/	1.98	2.5
38	<b>Crible 545 A et B</b>	100	3.57	/	/	4.24	6
39	<b>Crible 532 A et B</b>	60	2.14	/	/	4.24	6
40	<b>Ventilateur V 524E</b>	190	2.11	/	/	31.48	50
41	<b>Bascule intégrative</b>	80	0.15	/	/	0.15	1.5
42	<b>Bande D 501</b>	60	2.24	/	/	7.07	10
43	<b>Bande D701</b>	90	2.06	/	/	10.06	16
44	<b>Coupelle bruleur 729</b>	110	3.07	/	/	7.78	10
45	<b>Eclairage DK2</b>	200	1.48	/	/	60.84	95
46	<b>Chargeur batterie</b>	30	2.53	/	/	3.64	04
47	<b>Pompe à fuel 723 A</b>	70	1.20	/	/	2.05	2.5

48	<b>Vibreux trémie 400 T</b>	60	1.06	/	/	2.10	2.5
49	<b>Conditionnement d'air contrôle</b>	70	1.35	/	/	22	25
50	<b>Pompe à fuel 523 A</b>	50	0.86	/	/	2.05	2.5
51	<b>Equipement bascule 704</b>	80	1.57	/	/	1.40	1.5
52	<b>Distribution de Commande</b>	20	1.12	/	/	27.27	35
53	<b>Tension Régulée 127 V</b>	20	2.11	/	/	7.27	10
54	<b>Ventilateur 812 A et B</b>	60	1.49	/	/	161.81	240
55	<b>Ventilateur Aéro 802</b>	70	2.77	/	/	25.3	35
56	<b>Ventilateur 803</b>	60	3.49	/	/	5.5	35
57	<b>Bande D 568</b>	70	3.09	/	/	5.24	10
58	<b>Bande D 569</b>	140	2.80	/	/	27.12	50
59	<b>Bande D 582</b>	100	2.15	/	/	31.48	6
60	<b>Crible 745 A et B</b>	90	3.22	/	/	4.24	6
61	<b>Agitateur 589 Bis</b>	70	1.95	/	/	7.78	25
62	<b>M.V Aéro Ss tremie F800</b>	80	3.23	/	/	27.89	35

Tableau IV.6 sections vérifiées consommateurs DKIII

N	consommateur	L(m)	$\Delta U_1(\%)$	$S_1(\text{mm}^2)$	$\Delta U_2(\%)$	$S_{cc}(\text{mm}^2)$	S (mm <sup>2</sup> )
1	<b>Ventilateur V 724</b>	90	0.15	/	/	11.24	16
2	<b>Ventilateur V 725</b>	90	0.21	/	/	6.50	10
3	<b>Ventilateur V 728</b>	110	0.18	/	/	11.24	16
4	<b>Broyeur Br 535 C</b>	10	0.18	/	/	11.24	16
5	<b>Crible D745 A et B</b>	120	4.29	/	/	4.24	06
6	<b>Sélecteur STB 740</b>	120	0.69	/	/	0.57	1.5
7	<b>Ventilateur V 743 A et B.C.D.E</b>	120	2.48	/	/	42.38	50
8	<b>Bande D 761</b>	80	6.58	6	4.46	6.91	10
9	<b>Bande D 787</b>	150	4.11	/	/	5.18	6
10	<b>Bande D 760</b>	120	3.15	/	/	3.11	4
11	<b>Bande D 536</b>	130	2.12	/	/	1.94	2.5
12	<b>Ventilateur filtre 560 C</b>	110	3.04	/	/	17.09	2.5

13	<b>Ventilateur filtre 760 A</b>	70	3.04	/	/	17.09	2.5
14	<b>Crible D 732 A et B</b>	120	4.29	/	/	4.24	6
15	<b>Crible D 745 A et B</b>	120	4.29	/	/	4.24	6
16	<b>Bande D 565</b>	60	4.46	/	/	6.91	10
17	<b>Bande D 701</b>	90	2.06	/	/	10.6	16
18	<b>Bande D 723 A et B</b>	130	2.45	/	/	31.48	50
19	<b>Bande D 534 C</b>	60	2.44	/	/	11.32	16
20	<b>SAS TSV 790 A et B.C.D</b>	60	4.05	/	/	4.56	6
21	<b>Eclairage DKIII</b>	65	1.62	/	/	24	25
22	<b>Tension régulée 127 V</b>	70	6.51	04	4.06	4.54	06
23	<b>Distribution de commande</b>	70	3.90	/	/	27.7	35
24	<b>Palan criblage 731</b>	110	2.16	/	/	1.40	1.5
25	<b>Prise de courant C 1</b>	80	0.68	/	/	24	5
26	<b>Prise de courant C 2</b>	80	1.68	/	/	24	25

#### **IV.6 Conclusion**

On à fait le choix et la vérification des sections des conducteurs d’après l’échauffement admissible, la chute de tension et la solidité mécanique. Selon nos calculs on a déduit que les choix des conducteurs dans le complexe (djbal el-onk) sont peu exagérés.

*Chapitre V*  
*Sécurité électrique*

## V.1 Introduction

La sécurité électrique et l'électrification sont deux sœurs jumelle, l'une ne va jamais sans l'autre, car les dangers électriques sont omniprésents et sont dus surtout à l'invisibilité du courant qu'à l'aide des moyens de mesure et de détection.

Dans notre étude une investigation a été faite pour différencier le procédé de mise à la terre et le procédé du neutre isolé pour l'atelier où est installé le four.

## V.2 Risques électriques

Les risques électriques résultent d'une possibilité de contact direct ou indirect du personnel ou de l'armature d'un équipement sous tension, ou encore du seul fait de sa présence à proximité d'un équipement électrique, et donc sans contact.

L'électricité étant l'énergie la plus utilisée, ce risque doit être considéré comme omniprésent dans notre société et pour tous les corps de métier. [16]

On peut classer les expositions aux risques électriques en deux catégories principales :

### V.2.1 L'exposition délibérée

Elle concerne les professionnels intervenants sur ou à proximité des équipements et installations électriques. La formation de ces agents ainsi que la délivrance d'habilitations électriques adaptées aux missions sont obligatoires. [16]

### V.2.2 L'exposition ordinaire

Sont concernés l'ensemble des agents travaillant dans des locaux alimentés en électricité et donc simples utilisateurs.

Ils ne sont normalement pas exposés au risque, dans l'hypothèse d'installations conformes et d'équipements entretenus.

Leur formation se limite à la connaissance des notices d'utilisation des équipements électriques utilisés. [16]

On utilise généralement mais à tort le terme « électrocution », pour définir ce risque.

➤ Petit rappel de définitions :

- **L'électrisation** : C'est le passage d'un courant électrique dans un corps

- **Électrocution** : c'est une électrisation qui entraîne la mort.

Les brûlures par arcs et projection.

Les chutes, conséquences d'une électrisation

L'électricité peut aussi être à l'origine d'incendie ou d'explosion

La loi d'ohm est considérée comme l'équation du risque électrique [16]

$$I = \frac{U}{Z} \quad (5.1)$$

Plus l'intensité  $i$  qui travers le corps est importante, plus le choc électrique est dangereux .il faut donc rechercher à diminuer la valeur de  $i$  pour éviter le choc ou mieux le supprimer. [16]

### IV.3 Habilitation électrique

L'habilitation est la reconnaissance par un employeur de la capacité d'une personne à accomplir en sécurité les tâches fixées. Pour être habilité, le personnel doit avoir acquis une formation :

- A la prévention des risques électriques,
- A la sécurité des personnes.

Il doit en plus avoir les aptitudes physiques nécessaires. L'habilitation n'est pas directement liée à la classification.

Professionnelle ou hiérarchique. Elle est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par celui-ci et par l'habilité. [21]

### IV.4 Les types de courant

#### V.4.1 Le courant continu

Caractérisé techniquement par un flux d'électrons qui circule continuellement dans une seule direction, il n'est côtoyé au travail que dans des puissances importantes et dans des métiers très spécifiques (les rotatives d'imprimerie, certaines grues et ponts de levage, les locomotives ou encore les remontées mécaniques, etc.).

Au quotidien, on retrouve ce courant en très faible puissance et donc sans risques (dans les lampes de poche, les batteries, les circuits de commande, etc.).

Toutefois, l'avènement des voitures électriques fait évoluer l'utilisation de ce type de courant, et de ce fait sa nécessaire prise en compte dans l'étude des risques au travail. [16]

#### V.4.2 Le courant alternatif

C'est un courant électrique où les électrons circulent alternativement dans une direction puis dans l'autre à intervalles réguliers appelés cycles. Le courant habituellement utilisé en Europe et dans la plupart des autres régions du monde a une fréquence de 50 Hz (hertz).

Il s'est très vite développé au dépend du courant continu, en raison de sa capacité à être transporté sur de longues distances.

La perte en énergie de l'électricité transportée est maîtrisée par l'augmentation du voltage et donc des risques.

L'énergie électrique est classée selon les normes NFC 15-100 et 13-200 :

#### **V.4.2.1 BT (Basse tension)**

Utilisée pour la connexion vers un immeuble d'habitation ou de petits clients commerciaux et de l'utilitaire. Elle se décompose en:

- **BTA** : (moins de 500 volts), que l'on trouve distribuée en 230, 380 et 400 volts.
- **BTB** : comprise entre 500 et 1000 volts.

#### **V.4.2.2 HTA (couramment dénommée Moyenne tension)**

Entre 1 kV (kilo Volt) et 50 kV, utilisés pour la distribution dans les zones urbaines et rurales. Elle est distribuée en 5.5, 6.6, 10, 15, 20 et 36 kV.

- **HTB** utilisée pour le transport en longues distances de très grandes quantités d'énergie électrique. Elle se décompose en:
  - **HT (Haute tension)**: entre 63 et 150 kV.
  - **THT (Très haute tension)**: entre 225 et 400 kV.

Les réseaux aériens compris entre la haute et la très haute tension sont reconnaissables au nombre d'isolateurs :

4 à 9 isolateurs pour les lignes HT 63 à 90 KV.

8 à 16 isolateurs pour les lignes THT 225 KV.

12 à 19 isolateurs pour les lignes THT 400 KV.

L'électricité qui alimente les bâtiments est distribuée dans des tensions liées à la puissance souscrite, soit le plus souvent en 220 V monophasé ou 380 V triphasé.

#### **V.4.2.3 La très basse tension, ou "TBT"**

Pour être complet, il convient également d'évoquer la Très Basse Tension, qui existe tant en courant continu qu'en courant alternatif.

Couramment employée dans les zones dites à risque (pièces d'eau et locaux humides de manière générale), sa tension est limitée à 50 volts en courant alternatif et 120 volts en courant continu.

On la côtoie en 48, 24 et plus couramment 12 volts dans l'éclairage par spots, la G.T.B (dans le tertiaire) ou la domotique (dans les habitations), soit à des tensions sans risque d'électrisation pour le corps humain. [16]

## V.5 Les effets de l'électrisation

L'électrisation, encore appelée électrotraumatisme, est un accident lié au passage d'un courant électrique à travers l'organisme.

En cheminant dans le corps, l'électricité peut endommager tous les organes qu'elle rencontre, causant différentes blessures et lésions entrant dans deux catégories : Excito-moteurs (stimulation des neurones, muscles, etc.)

Thermiques, soit des brûlures électriques, qui peuvent être superficielles et visibles, ou internes et plus importantes sur le trajet du courant électrique, alors même que les lésions sont en apparence minimales.

Des lésions profondes peuvent être suspectées lors de la survenue des symptômes suivants :

- Engourdissement avec douleurs musculaires
- Spasmes musculaires
- Maux de tête
- Troubles de vigilance et de la conscience, parfois jusqu'à la perte de connaissance
- Mouvements anormaux ressemblant à des convulsions
- Difficultés à respirer
- Battements de cœur irréguliers, voire arrêt cardiaque.

Il vous est ici proposé un classement des effets sous trois aspects :

- **Les effets immédiats**, soit ceux constatés à la prise en charge de l'accident.
- **Les effets secondaires**, conséquences de l'électrisation, prenant la forme de troubles, déficits ou séquelles, qui ne pourront être diagnostiqués que plus tardivement.
- **Les lésions associées**, sans lien avec le phénomène électrique, mais directement liées à l'accident.

## V.6 Les facteurs de gravité et leurs effets

Cat facteurs influencent les dommages corporels liés à une électrisation :

- Les caractéristiques du courant.
- La durée du passage de l'électricité dans le corps.
- La zone de contact et la trajectoire du courant.
- La nature du milieu.

### V.6.1 Les caractéristiques du courant

Un courant électrique est caractérisé par deux critères : sa tension, exprimée en Volts (V) et son intensité exprimée en Ampères (A).

#### V.6.1.1 La tension du courant

La tension détermine la quantité de chaleur libérée par le courant. En pratique, plus la tension est élevée, plus le risque de brûlure est grand. Ce sont « *les volts qui brûlent* ». Schématiquement, on distingue :

Les accidents à bas voltage (tension inférieure à 1 000 V) qui provoquent des brûlures tissulaires modérées mais comportent un risque cardiovasculaire immédiat important.

Les accidents à haut voltage (tension supérieure à 1000 V) qui sont responsables de brûlures tissulaires profondes et sévères. A ce niveau de tension, peuvent apparaître des souffrances neuromusculaires (Rhabdomyolyse), entraînant souvent une insuffisance rénale aiguë.

#### V.6.1.2 L'intensité du courant

L'intensité d'un courant traversant un corps est responsable de la contraction musculaire et

Des ruptures de fibres nerveuses, appelée « *sidération* ».

Lorsque l'intensité augmente, on définit des seuils successifs à partir desquels apparaissent les différentes réactions au courant électrique, allant jusqu'à la mort par arrêt cardiaque.

Par opposition aux « *volts qui brûlent* », c'est « *l'intensité qui tue* ».

### V.6.2 La durée du passage de l'électricité dans le corps

La résistance du sujet diminue avec la durée du contact, même pour les faibles intensités, la résistance des couches cornées de la peau s'amenuisant et le risque de brûlure s'élevant.

La durée de passage du courant dans l'organisme est donc déterminante sur la gravité d'une électrisation.

Le tableau ci-dessous décrit les réactions et dommages corporels lorsque les seuils critiques d'intensité et de durée d'exposition sont atteints:

Tableau (V.1) les effets du passage du courant alternatif



Effets du passage du courant alternatif		
Intensité	Perception des effets	Temps
0.5 à 1 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réactions brutales	
10mA	Contraction des muscles des membres	4mn 30S
20mA	Début de téτανisation de la cage thoracique	1mn
30mA	Paralysie ventilatoire	30s
40mA	Fibrillation ventriculaire	3s
75mA	Fibrillation cardiaque	1s
300mA	Arrêt cardiaque	110ms (0.11s)
500mA	Arrêt cardiaque	100ms (0.1s)
1A	Arrêt cardiaque	25ms (0.025s)
2A	Centre nerveux atteints	instantané

## V.7 Sécurité électrique

Cette partie a pour but de sensibiliser les utilisateurs quotidiens de l'électricité aux risques qu'ils encourent, en particulier lors de la manipulation de matériel de laboratoire, qui expose tout particulièrement à des tensions électriques dangereuses. La simple utilisation du réseau électrique 230V /400V abrite des pièges qui peuvent être fatals pour tout un chacun.

Il est tout d'abord nécessaire de comprendre et de définir la réalité du "choc électrique" afin de prendre conscience des manières de l'éviter. [18]

## V.8 Choc électrique

Un choc électrique est la participation d'un corps humain à une conduction électrique dangereuse. Pour que cela soit possible, il faut qu'il ait été en contact avec une tension suffisante à faire circuler un courant nocif. Une électrocution est un choc qui a abouti à la mort. [18]

### V.8.1 Contact direct

La personne entre en contact avec un élément sous tension suite à une négligence ou au non-respect des consignes de sécurité. Dans ces cas, le choc électrique est la conséquence d'une maladresse ou d'une négligence. [18]



Figure (V.1) contact direct

### V.8.2 Contact indirect

La personne est en contact avec un élément accidentellement mis sous tension par le fait d'un défaut interne provoquant une fuite de courant. Le choc électrique est la conséquence d'un défaut imprévisible et non d'une maladresse de la personne. [18]



Figure (V.2) contact indirect

## V.9 Protection contre les contacts directs

Les mesures de protection contre les contacts directs sont destinées à rendre impossible un contact avec des parties actives de l'installation électrique.

### V.9.1 Protection par éloignement

Cas des lignes à haute tension, l'éloignement consiste à prévoir une distance entre les parties actives et les personnes de telle sorte qu'un contact fortuit soit impossible directement ou indirectement par l'intermédiaire d'un objet et conducteur (perches, tubes métalliques...) [18]

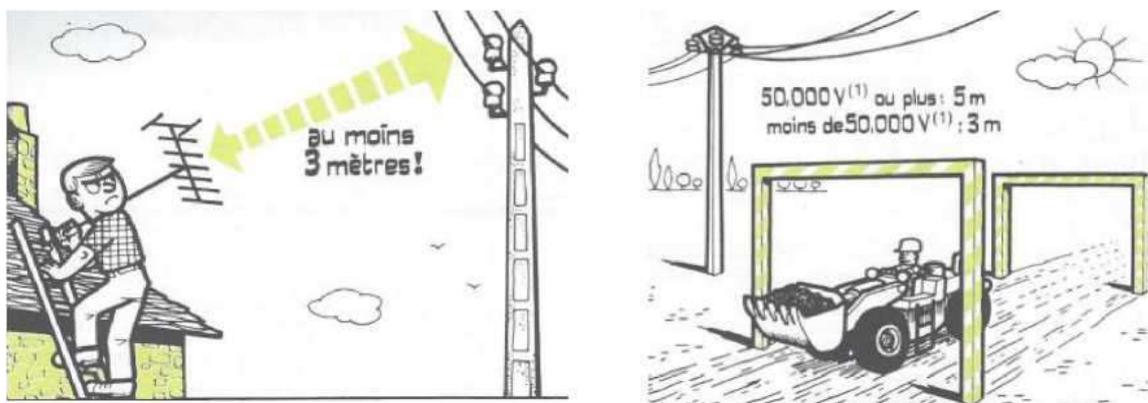
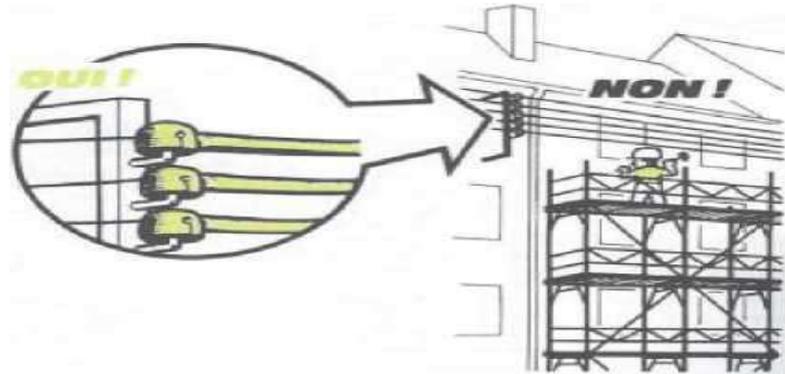


Figure (V.3) Protection par éloignement. [19]

### V.9.2 Protection par isolation

Câbles électriques ; câble souple, interrupteur domestique L'isolation consiste à recouvrir les parties actives par une isolation appropriée. L'isolation intervient lorsque

l'éloignement et les obstacles ne peuvent être utilisés. [18]



**Figure(V.4)** protection par Isolation. [19]

Cette mesure, qui intervient lorsque l'éloignement et les obstacles ne peuvent être utilisés, consiste à recouvrir les conducteurs et les parties actives par une isolation appropriée Cette isolation doit être adaptée à la tension et il doit être tenu compte dans son choix des dégradations éventuelles auxquelles elle peut être soumise. [18]

### V.9.3 Protection par obstacle

Armoires ou boîtes de raccordement. Enveloppe, écran devant Un bornier, porte d'armoire électrique, barrière ou rambarde devant un châssis d'appareillage.

L'interposition d'obstacles consiste à disposer des obstacles entre les personnes et les parties sous tension. L'obstacle est utilisé lorsque l'éloignement ne peut être assuré. [19]



**Figure (V.5)** protection par obstacle. [19]

L'interposition d'obstacle consiste également en l'utilisation d'enveloppes (boîtiers,

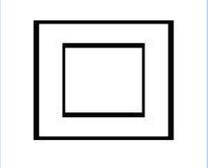
coffrets, armoires, etc.) permettant de protéger les personnes contre les contacts directs.  
[18]

**V.9.4 Matériel électrique**

Il existe 4 classes de protection électrique :

- **Classe 0** : l'appareil possède une isolation fonctionnelle sans prise de terre. Les prises de ces équipements n'ont pas de broche de terre. La carcasse pourrait être mise à un potentiel dangereux pour l'homme (par un défaut d'isolation par exemple) sans que le défaut ne soit détecté avant le contact ;
- **Classe 1** : l'appareil possède une isolation fonctionnelle avec une borne de terre et une liaison équipotentielle. Ces équipements possèdent une prise de terre sur laquelle sont connectées les parties métalliques ;
- **Classe 2** : l'appareil possède une isolation renforcée sans partie métallique accessible. Les prises des équipements de classe 2 ne possèdent pas de broche de terre ;
- **Classe 3** : l'appareil fonctionne en très basse tension de sécurité (TBTS) (50V maximum). L'abaissement de tension doit être réalisé à l'aide d'un transformateur de sécurité, réalisant une isolation galvanique sûre entre le primaire et le secondaire.  
[19]

**Tableau V.2** classes de matériel électrique.[19]

Classe	Symbole	Observation
Classe 0	aucun	Interdit dans l'industrie
Classe I		Matériel ayant une isolation et disposant d'une prise permettant de relier toutes ses parties métalliques reliées à la terre
Classes II		Double isolation ou isolation renforcée. Ce matériel ne doit pas être relié à la terre.

Classes III		Matériel alimenté en TBT (48,24 ou 12V) sans circuits internes mettant en jeu des tensions supérieures.
-------------	---	---

### V.9.5 Protection en utilisant le dispositif différentiel à haute sensibilité

Un DDR a la possibilité de détecter de faibles courants de fuite, susceptibles de traverser le corps d'une personne. Il permet donc d'assurer une protection complémentaire en cas de défaillance des moyens normaux de protection (par exemple : isolant vieilli ou blessé, imprudence, ...). Cette protection est aussi parfois appelée protection ultime car elle permet d'interrompre le courant alors que les autres dispositions sont défectueuses [16]

Il faut garder en mémoire qu'un DDR ne limite pas le courant instantané qui traverse le corps mais limite le temps pendant lequel le corps est traversé par le courant [16]



Figure (V.6) DDR. [20]

### V.9.6 Protection en utilisant d'une très basse tension

- Domaines de tension

Les Domaines de tension sont définis comme suit :

- TBT : très basse tension
- BT : base tension, désignée par BTA ou BTB
- HT : haute tension, désignée par HTA ou HTB.

**Tableau V.3** Domaines de Tension. [16]

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

– **Différents types de TBT**

Dans le cadre des travaux sur des installations ou équipements du domaine de tension TBT il y a lieu de distinguer ceux réalisés en :

- TBTS Très Basse Tension de Sécurité ou séparation :  
La très basse tension de sécurité est utilisée lorsque le risque est élevé (piscine, salle d'eau, jouet électrique..) cette mesure consiste à alimenter des circuits sous très basse tension (inférieur à 50V). [17]
- T.B.T.P. Très Basse Tension de Protection :  
La conception des installations fonctionnant en TBTP est identique à celle des installations fonctionnant en TBTS mais la liaison entre les parties actives et la terre côté utilisation existe. [17]

- T.B.T.F. Très Basse Tension Fonctionnelle :

Ce sont des installations du domaine de tension T.B.T. qui ne sont ni classées en T.B.T.S. ni en T.B.T.P. [17]

### **V.10 Protection contre les contacts indirects**

Ce sont les contacts avec une masse mise sous tension par suite d'un défaut d'isolement. [17]

#### **V.10.1 Protection sans coupure de l'alimentation**

Ce type d'alimentation est utilisé localement au niveau de certains récepteurs ou de certaines parties limitées de l'installation. On emploie :

- le matériel de classe II ;
- la séparation des circuits ;
- la très basse tension. [17]

#### **V.10.2 Protection par coupure automatique de l'alimentation**

Interconnexions et mise en terre des masses avec coupure automatique de l'alimentation,

La mise hors tension de l'installation se fait différemment selon les schémas des liaisons (régimes de neutre). [17]

### **V.11 Mise à la terre**

La mise à la terre, parfois simplement appelée « la terre », est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour relier une partie métallique conductrice à la terre. La mise à la terre est un élément important d'un réseau électrique, que ce soit en haute ou basse tension. Elle est caractérisée par sa résistance ou son impédance, elle doit être capable d'assurer l'écoulement du courant de défaut ou de courant de foudre, sans se détruire par échauffement. Pour ces raisons, les mises à la terre ont pour but d'éliminer des potentiels anormaux sur les masses. Pour une installation ou une structure de faible étendue, on emploie l'expression « prise de terre », en réservant le terme « réseau de terre » à l'installation importante telle que celles des postes. A fréquence industrielle, l'étude du comportement d'un réseau de terre nécessite l'analyse préalable de la répartition du potentiel dans le sol qui l'entoure.

Cette répartition est fonction des caractéristiques électriques du terrain, c'est-à-dire de sa résistivité, des caractéristiques géométriques du réseau de terre et de la

source. La conception d'un réseau de terre doit donc être précédée d'une étude géologique du sol. [1]

### V.11.1 Rôle de la mise à la terre

Le rôle d'une mise à la terre d'une installation électrique est de permettre l'écoulement rapide à l'intérieur du sol de courants de défaut de toutes origines, qu'il s'agisse, par exemple, cause dû aux surtensions encore de défauts à 50 Hz. [24]

### V.11.2 Différents types de prise de terre

Il y'a deux types de systèmes de prise de terre [25] les systèmes simples et les systèmes complexes.

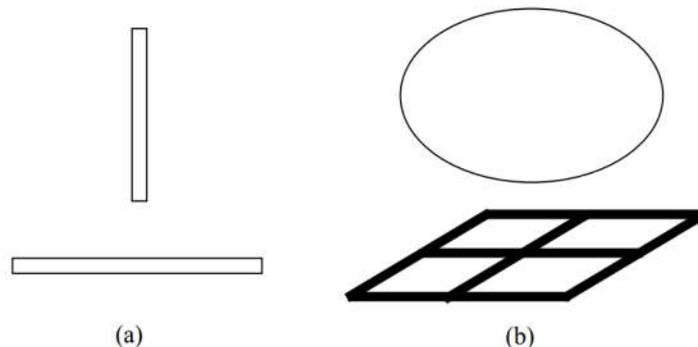
#### V.11.2.1 Systèmes simples

Sont constituées, comme montré dans la figure (a) de piquets ou tubes métalliques verticaux, rubans ou câbles enfoncés dans le sol à une profondeur supérieure à 1m, et couramment de 3 à 30 m ou plus.

Les terres individuelles représentent le type de Mise à la terre le plus utilisé. [25]

#### V.11.2.2 Systèmes complexes

Se composent de prises de terre multiples reliées entre elles, de systèmes maillés ou de réseau de grilles placée horizontalement à faible profondeur ,comme montré dans la figure (b). [25]



**Figure (V.7)** Systèmes simples (a) et systèmes complexes de terre(b).

### V.11.3 Résistivité de la terre et résistance de mise à la terre

Le sol est constitué de matériaux à faible conductivité. Celle-ci est due aux sels et aux impuretés entre les isolants (oxyde de silice et oxyde d'aluminium). A cause de la faible conductivité de la terre, tout courant qui passe à travers elle, crée une grande chute de tension, ce qui revient à affirmer que le potentiel de la terre n'est pas uniforme. La résistivité du sol est une quantité variable et la seule manière de la connaître avec précision est de la mesurer. Elle varie en fonction de plusieurs facteurs [26]

- La nature des sols.
- Composition chimique des sels.
- Concentration des sels dissous dans l'eau contenue.
- Le taux d'humidité, la température.

Le tableau ci-dessous donne une indication sur les résistivités des différents types de sol

**Tableau V.4** Résistivités moyennes des différents types de sol. [25]

<b>Nature du terrain</b>	<b>Résistivité (Ω.m)</b>	<b>Nature du terrain</b>	<b>Résistivité(Ω.m)</b>
<b>Terrain marécageux</b>	<b>De quelques unités à 30</b>	<b>Calcaires fissurés</b>	<b>500 à 1000</b>
<b>Limon</b>	20 à 100	<b>Schistes</b>	50 à 300
<b>Humus</b>	100 à 150	<b>Calcaire tendre</b>	100 à 500
<b>Tourbe humide</b>	5 à 100	<b>Calcaires compacts</b>	1000 à 5000
<b>Argile plastique</b>	50	<b>Sol pierreux nu</b>	1500 à 3000
<b>Marnes et argiles compactes</b>	100 à 200	<b>Sol pierreux recouvert de gazon</b>	300 à 500
<b>Sable argileux</b>	50 à 500	<b>Micaschistes</b>	800
<b>Sable siliceux</b>	200 à 3000	<b>Granits et Grès</b>	100 à 1000

La résistance d'une mise à la terre est directement proportionnelle à la résistivité du sol, si celle-ci peut être considérée comme homogène. Un autre facteur dont il faudra tenir compte est la caractéristique de l'électrode de mise à la terre : la matière, la forme, la profondeur dans le sol, le nombre, la structure, ...

**V.12 Le choix du régime de neuter et les protections**

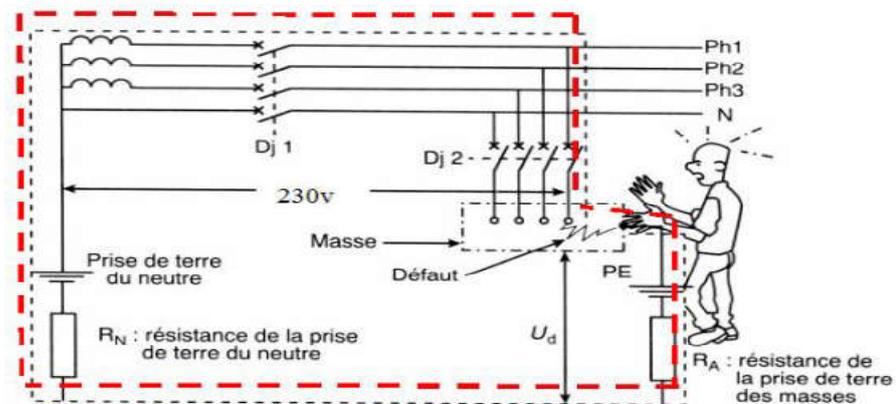
Les régimes de neutre Il existe trois façons de relier le Neutre et les masses des installations à la Terre. La norme C15-100 définit trois régimes de neutre qui sont caractérisés par deux lettres :

- **1ère lettre** : situation de l'alimentation (sortie du transformateur) par rapport à la terre.
  - T : liaison avec la terre
  - I : isolation ou liaison à la terre à travers une impédance
- **2ème lettre** : situation des masses des appareils par rapport à la terre.
  - T : les masses sont reliées directement à la terre
  - N : les masses sont reliées au neutre de l'installation

On distinguera de façon particulière les trois régimes suivants : TT, TN et IT [4]

### V.12.1 Régime TT

Le régime de distribution TT est le régime employé par EDF pour toute distribution d'énergie publique basse tension. Le principe de la liaison consiste à relier le neutre à la terre en tête de l'installation BT ainsi que toutes les masses directement à la terre locale. Ainsi, dès qu'un défaut d'isolement apparaît, il se caractérise par un court-circuit Phase-Terre qui doit être interrompu, on dit alors qu'il y a "coupure au premier défaut". [22]



**Figure (V.8)** réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime TT. [22]

Le neutre du transformateur est relié à la terre et les masses métalliques de l'installation sont reliées à la terre.

Un dispositif de coupure DDR (disjoncteur différentiel) doit couper l'alimentation dès que la tension de défaut est supérieure à UL. [17]

### V.12.2 Régime TN

Le régime de distribution TN est le régime employé quand la mise à la terre des masses des appareils pose un problème. Ces dernières sont alors connectées au conducteur de neutre, relié en tête d'installation à la terre.

Ainsi, dès qu'un défaut d'isolement apparaît, il se caractérise par un court-circuit Phase-Neutre qui doit être interrompu, on dit encore qu'il y a "coupure au premier défaut". [24]

On distingue deux variantes : le régime TN-C et TN-S.

### V.12.2.1 Le régime TN-C

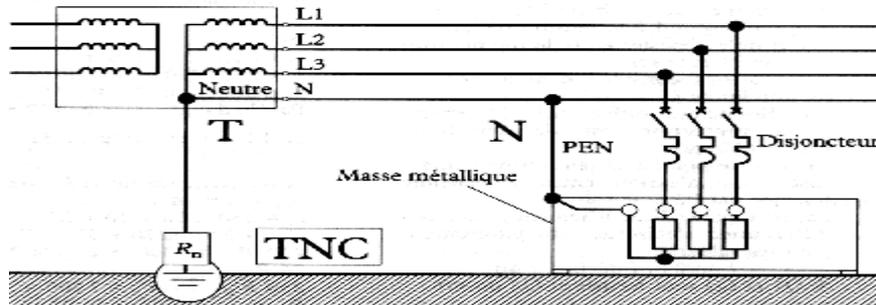


Figure (V.9) réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime TN.S. [17]

Le neutre du transformateur est relié à la terre.

La masse métallique de l'utilisation est reliée au neutre (câble PEN). [17]

### V.12.2.2 Le régime TN-S

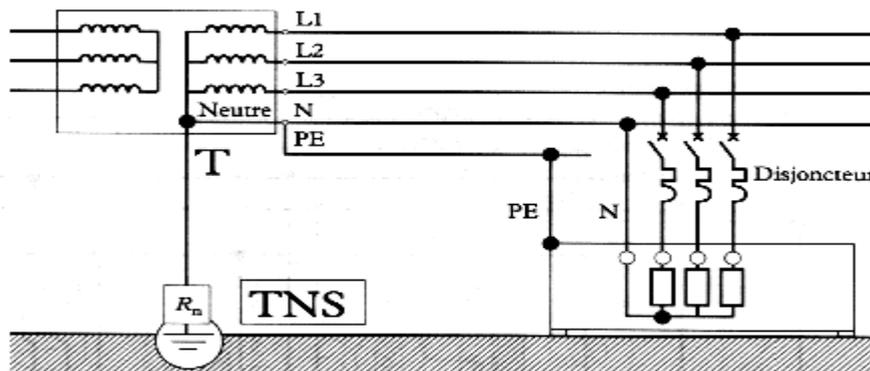


Figure (V.10) réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime TN.C. [17]

Le neutre du transformateur est relié à la terre. La masse métallique de l'utilisation est reliée au neutre au niveau du transformateur par un câble PE. [17]

### V.12.3 Régime IT

Le régime de distribution IT est le régime employé lorsque les défauts d'isolation doivent être détectés mais sans provoquer de coupure (dans les hôpitaux par exemple). Le neutre n'est pas relié à la terre ou est relié à travers une impédance de forte valeur (1500 à 2200 $\Omega$ ). Les masses d'appareils, elles sont reliées à la terre. Ainsi, dès qu'un défaut d'isolement apparaît, il ne présente pas de tension dangereuse ni de courant vers la terre important. La détection du courant dans l'impédance permet de détecter le défaut. En revanche, si un deuxième défaut apparaît, il représente un court-circuit entre phases ou entre phase et neutre qu'il faut éliminer, on dit alors qu'il y a "coupure au second défaut".[3]

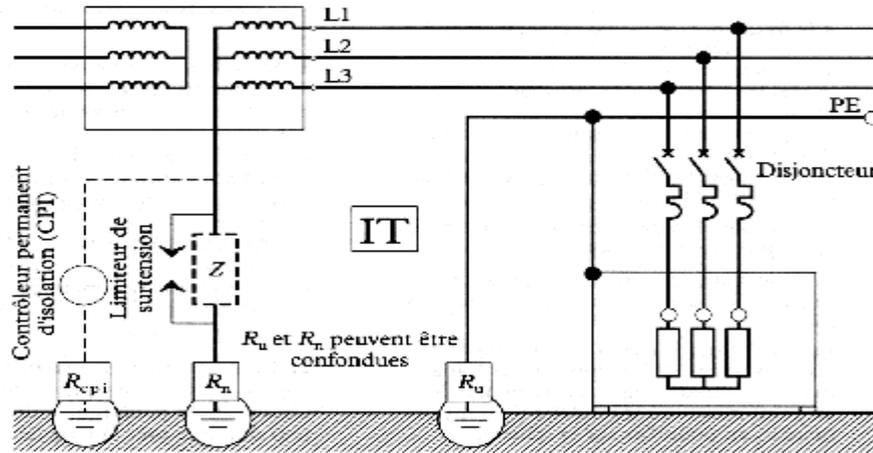


Figure (V.11) réseau triphasé +neutre, tension 220/380V régime IT. [17]

Le neutre du transformateur est isolé de la terre (ou reliée à la terre par une forte impédance  $Z$ ), L'installation est reliée à la terre (T).

$R_u$  : Résistance de terre, doit la plus faible possible. [17]

### V.13 Synthèse sur les 3 régimes de neutre

#### V.13.1 Le régime TT

Description : le neutre du secondaire du transformateur HT/BT est relié à la terre (T). Les masses de l'installation sont reliées à la terre (T) par une prise de terre différente de celle du transformateur.

Contrainte d'exploitation : la coupure au premier défaut d'isolement par un dispositif différentiel.

#### V.13.2 Le régime TN

Description : le neutre du secondaire du transformateur HT/BT est relié à la terre (T). Les masses de l'installation sont reliées au neutre par le conducteur de protection (N-C ou N-S) Contrainte d'exploitation : la coupure au premier défaut par la protection contre les surintensités.

#### V.13.3 Le régime IT

Description : le neutre du secondaire du transfo est isolé ou relié à la terre par une grande impédance (I). Les masses de l'installation sont reliées mises à la terre (T) par une prise de terre différente de celle du transformateur.

Contrainte d'exploitation : la surveillance du premier défaut est assurée par le contrôleur permanent d'isolement.

La recherche et l'élimination du premier défaut assure la continuité du service.

La coupure se fait au second défaut d'isolement par les dispositifs de protection contre le court-circuit. [17]

### V.14 Conséquences des contacts directs

Pour la démonstration qui vont suivre, nous adopterons des valeurs du complexe de **DJABEL EL-ONK** (atelier de dépoluissérage) d'impédances et de résistances qui seront représentées sur les différents schémas :

1. prise de terre intentionnelle du neutre :  $R_n=1\Omega$
2. prise de terre intentionnelle de la masse :  $R_m=4\Omega$
3. impédance insérée entre le neutre et la terre (schéma IT) :  $Z=2000\Omega$
4. résistance électrique du corps humain  $R_h$  - 1000  $\Omega$
5. résistance du contact du corps humain avec le conducteur parfait de terre :

$R_h=500\Omega$  A notre connaissance la résistance des matériaux (sol, vêtements, chaussures.....etc.) Formant contact entre la peau et conducteur parfait de terre à une grande importance dans la genèse Des cas d'électrisation unipolaire de prise de terre. Elle sera représentée ici en pointillés avec le symbole  $R_{ph}$ , sa valeur étant très variable selon les conditions rencontrées (quelque centaines d'ohms à quelques centaines de milliers d'ohms), nous adopterons pour nos démonstrations. Cette valeur symbolique de  $R_{ph}=500\Omega$ . (Cas très défavorable). [16]

#### V.14.1 réseaux à neutre à la terre (schéma TT) :

Dans cette situation, la personne est soumise à une intensité  $I_h$  qui est limitée par la formule suivante :

$$I_h = \frac{U}{R_h + R_n + R_{ph}}; A \quad (4.2)$$

$$I_h = \frac{380}{1000 + 1 + 500} = 0.253 A$$

La tension appliquée à l'homme :

$$U_h = R_h \cdot I_h; V \quad (5.3)$$

$$U_h = 1000 \cdot 0,253 = 253 V$$

**253 V** : c'est une tension pouvant entraîner le mort

#### V.14.2 réseaux à neutre impédance (schéma IT)

Dans cette situation, la personne est soumise à une intensité  $I_h$  qui est limitée par la formule suivante :

$$I_h = \frac{U}{R_h + R_n + R_{ph} + Z}; A \quad (5.3)$$

$$I_h = \frac{380}{1000+1+500+2000} = 0.108A$$

La tension appliquée à l'homme :

$$U_h = R_h \cdot I_h; V \quad (5.4)$$

$$U_h = 1000 \cdot 0,108 = 108V$$

**108 V** : c'est une tension pouvant entraîner le mort

#### V.14.3 réseaux a mise au neutre des masses (schéma TN)

Quel que soit TNC ou TNS, la situation est identique ici à celle du contact direct en réseau a neutre à la terre. Il y a danger de mort.

### V.15 Conséquences des contacts indirects

Une masse peut miser accidentellement sous tension par suite d'un défaut interne ou externe, il y a contact direct lorsqu'une personne touche simultanément la masse de l'appareil en défaut et un autre élément conducteur (autre masse, sol, parois ...etc.) qui se trouve a un potentiel différent. [21]

Pour démontrer les conséquences d'un contact indirect chez l'homme dans les différents régimes du neutre, on devrait prendre en compte un certain nombre de défauts francs ou non francs dont le caractère général ne serait pas évident, et effectuer des calculs relativement complexes. [21]

En fait, la tension de contact est celle qui apparait entre la masse en défaut et un élément conducteur simultanément accessibles. il faut distinguer cette tension de contact, de la tension de défaut  $U_d$  qui apparait lors d'un défaut entre la masse et une terre électriquement distincte. [21]

On note que la tension de tension de contact ainsi définie est la fraction de contact  $U_c$  on va dans le sens de la sécurité ( $U_c$  étant toujours inférieur à  $U_d$ ) [21]

#### V.15.1 Danger d'utilisation des réseaux à neutre mise directement à la terre (schéma TT)

Par suite d'un défaut sur l'appareil électrique représenté sur le schéma TT, un courant de défaut, se referme à travers une boucle dont l'impédance est principalement constituée le par deux prises de terre  $R_m$  et  $R_n$

$$R_m = 4\Omega$$

$$R_n = 1 \Omega$$

Nous avons :

$$I_d = \frac{U}{R_m + R_n} \quad (5.5)$$

$$I_d = \frac{380}{4 + 1}$$

La masse de l'appareil en défaut ainsi portée à une tension  $U_d$  telle que :

$$U_d = R_m \cdot I_d \quad \text{V} \quad (5.6)$$

$$U_d = 4 \times 76 = 304 \text{ V}$$

**304 V** : c'est une tension pouvant entraîner la mort .quel que soit le schéma TNA ou TNB, la situation est identique : tout défaut franc entre phase et masse, provoque la circulation d'un courant de court-circuit phase neutre :

La tension de courant est égale à la chute de tension dans le conducteur PEN entre la masse en défaut et le point de la source. [21]

$$m = \frac{\text{section des conducteur actif}}{\text{section des conducteur de protection}}$$

$m=1$  (puisque les conductions de type A.35)

$$U_c = U \cdot \frac{m}{1+m}; \text{V} \quad (5.7)$$

$$U_c = 380 \cdot \frac{1}{1+1} = 190 \text{V}$$

190V :c'est une tension pouvant entrainer la mort.

### V.15.2 Danger d'utilisation des réseaux à neutre impédance (schéma TT)

- **Cas à un seul défaut**

Au premier défaut, l'impédance  $Z$  entraine la circulation d'un courant faible, telle qu'il ne peut générer de tension de contact dangereuse.

Quel existe un premier défaut, dans une telle situation, le courant de défaut  $I_d$  se referme à travers une boucle dont l'impédance est principalement constituée par les deux prise de terre  $R_m$ ,  $R_n$  et l'impédance  $Z$

Avec les données du complexe DJEBEL EL-ONK  $R_m=4 \Omega$ ,  $R_n=1 \Omega$ ,  $Z=2000 \Omega$ ,  $U=380\text{V}$  nous avons :

$$I_h = \frac{U}{R_h + R_n + R_{ph} + Z}; \text{A} \quad (5.8)$$

$$I_h = \frac{380}{4+1+1+2000} = 0.189 \text{A}$$

La masse de l'appareil en défaut set ainsi portée à une tension de défaut  $U_d$

L'interconnexion (liaison) des terre entre elles (cas la plus courant) permet encore de réduire considérablement cette faible valeur de tension.

- **cas de deux défauts**

Pour examiner les conséquences d'un deuxième défaut dans le schéma TT, il nous faut tenir compte du type de prise de terre isolée aux masses deux appareilles en défaut :

- Prises de terre distinctes.
- Même prises de terre.

Cas ou les masses en défaut sont reliées à des prises de distinctes ; lors de l'application d'un deuxième défaut, l'ensemble des deux défauts donne lieu à circulation de troisième courant :

–  $I_1$  Et  $I_3$  non représentés ici, qui se referment par l'impédance  $Z$ . ces courants sont des courants de premier de premier défaut.

–  $I_3$  Le courant de deuxième défaut qui se referme par les résistances de prises de terre des masses. [21]

Dans démonstration approchée, on ne tiendra compte que de ce courant  $I_3$  avec :

$R_{m1} = 4 \Omega$  et  $R_{m2} = 4 \Omega$ . Nous avons :

$$I_3 = \frac{U}{R_{m1} + R_{m2}} ; A \tag{5.9}$$

$$I_3 = \frac{380}{4+4} = 47.5; A ;$$

Les des appareils en défauts sont portées à des tensions telle que :

$$Ud1 = R_{m1} \cdot I_3 ; V \tag{5.10}$$

$$Ud1 = 4 \cdot 47.5 = 190; V$$

$$Ud2 = R_{m2} \cdot I_3 ; V \tag{5.11}$$

$$Ud2 = 4 \cdot 47.5 = 190; V$$

190 V : c'est une tension pouvant entraine la mort.

Cas ou les masse en défaut sont reliées à une même prise de terre .**Schéma IT**

Comme dans les cas où les masses en défaut sont reliées à des prises de terre distinctes, ils circulent trois courants, le courant  $I_3$  , de second défaut est ici un véritable courant de court-circuit, car il n'est plus limité par la résistance des masses.

On démontre que dans le calcul approcher de la tension de contact  $U_c$  n'interne que le rapport  $m$  des sections des conducteurs.

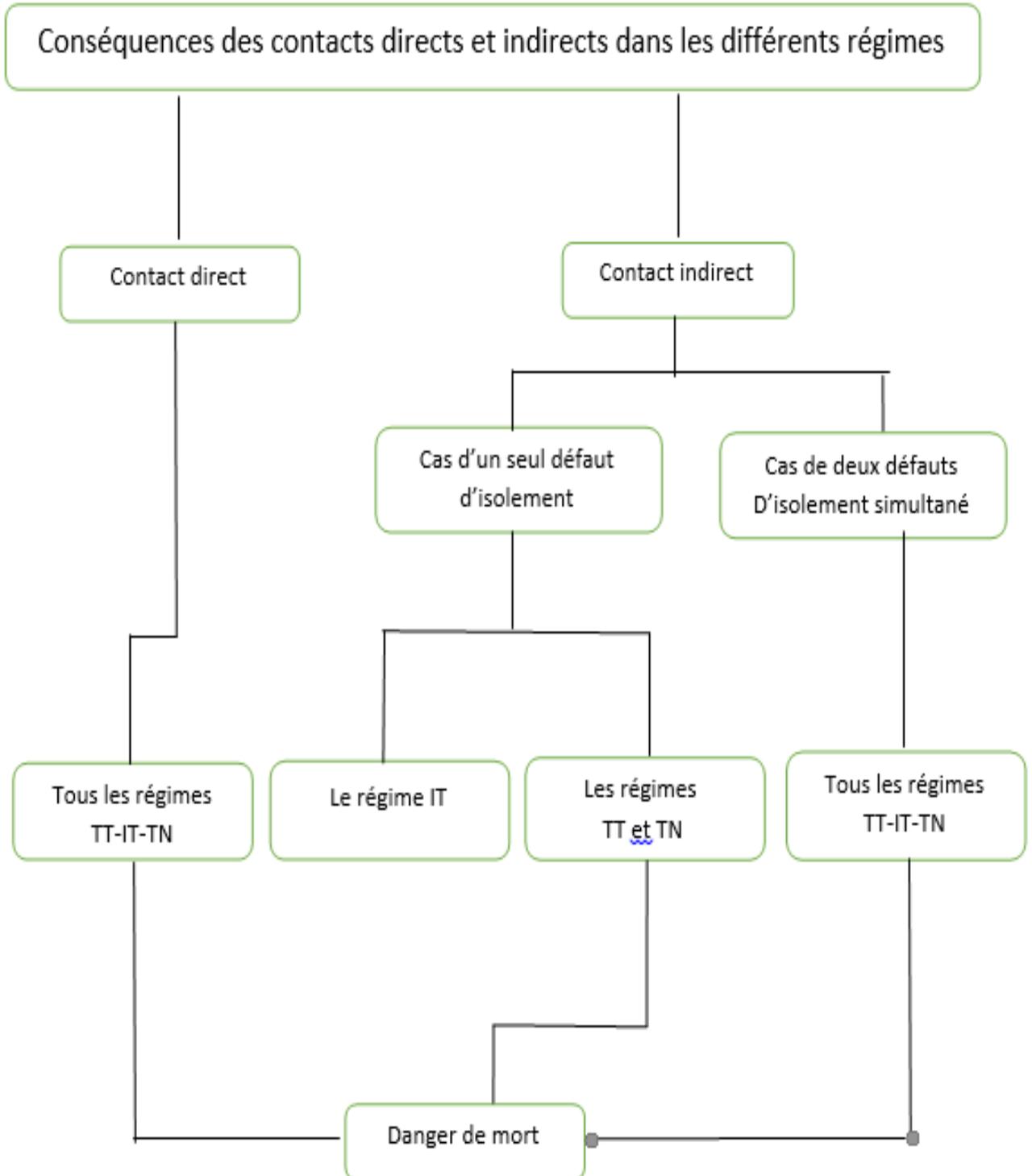
$$m = \frac{\text{section des conducteurs active}}{\text{section des conducteurs de protection}}$$

$$m = \frac{35}{35} = 1 \quad , \quad U_c = 0.8 \cdot U \cdot \frac{m}{m} = \quad v \quad , \quad U_c = 0.8 \cdot 380 \cdot \frac{1}{1+1} = 152v$$

152 V : c'est une tension pouvant entrainer la mort.

## Récapitulation

Sur l'organigramme ci-dessous sont représentées les conséquences des contacts directs et indirect dans les différents régimes valables qui pouvant être utilisée dans le complexe DJEBEL EL-ONK:



**V.16 Conclusion**

D'après les conditions du complexe de phosphate et les différents dangers d'utilisation des équipements électriques, nous avons proposé un système de sécurité pour le personnel susceptible à réduire les accidents dans l'atelier de dépolissage qui est le suivant :

La méthode la plus sécurisante qu'on peut choisir, d'après le calcul est le neutre mis à la terre à travers une faible impédance avec l'utilisation d'un disjoncteur différentiel. En utilisant le nombre maximum des prises de terre.

Tous les équipements et armatures métalliques dans l'unité doivent être mis à la terre, même les portes et les fenêtres métalliques.

## Conclusion générale

Chaque fois que l'on allume une lampe électrique ou que l'on démarre un moteur, il faut simultanément produire et transporter l'énergie. L'électrification est considérée à l'heure actuelle la base générale de mécanisation et d'automatisation complexe des travaux industriels.

Dans ce chapitre on a défini : les différentes énergies et puissances active et réactive et quelques notions sur la compensation par les batteries de condensations pour un bon facteur de puissance et techniquement, leur intérêt dans les domaines industriels.

Le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) doit être suffisamment élevé pour éviter la majoration de facturation.

Compenser l'énergie réactive, c'est fournir cette énergie à la place du réseau de distribution par l'installation d'une batterie de condensateurs, source d'énergie réactive de puissance QC

À la base de quoi, une comparaison entre les résultats de cette installation a été faite, pour déduire que les transformateurs installés ne peuvent pas supporter la nouvelle charge des consommateurs nouvellement installés. Ce qui exige l'ajout d'un autre transformateur ou le changement catégorique du poste de transformation y compris le transformateur.

On a fait le choix et la vérification des sections des conducteurs d'après réchauffement admissible, la chute de tension et la solidité mécanique, selon nos calculs on a déduit que les choix des conducteurs dans le complexe (djbal el-onk) sont peu exagérés.

Dans la partie sécurité, on a conclu que tout armateur métallique doit être obligatoirement mis à la terre. En ce qui concerne les ateliers tels que le four on a opté pour la mise à la terre de ceinture et on a organisé un calcul et l'installation sujétion.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Dib Djalal, « Cours : réseaux d'énergie électrique », département de génie électrique, université de Tébessa, p.51-56, 2010/2011.
- [2] THEODOR WILDI, « Electro technique », 3<sup>eme</sup> Edition, DE Bock & Larcier s. a, 2000.
- [3] MICHEL AGUET, MICHEL LANOR, « Energie électrique ».2005
- [4] MARIN NODE « Techniques d'électricité ».2015.
- [5] Intersection.schneider-electrique.fr/energie.
- [6] Cndp.fr.archivagevalid. «pdf coffret d'energie réactive» p.73
- [7] Lycée jules ferry-versailles-«compensation énergie réactive» p.7-9
- [8] Lycée G.Brassens.TGE «compensation énergie réactive» p.1-4
- [9] ENERGEM ,. « entreprises energie », cour de energie reactive
- [10] SONELGAZ ,. « | Conception et Réalisation »:.,2010 ELIT.Spa
- [11] CLIMAMAISON ,.« energie-electrique », htm .2016.
- [12] GLOSSAIRE ,.« Courant électrique, Termes apparentés
- [13] NEY H.,«électronique et normalisation-3installation électrique », edition nathan,france 1998.
- [15] TIRMARCHE V.,« prevention/hygiene-et-securite-au-travail-11 prevention/309-le-risque-electrique », cdg62, september 2014.
- [16] TIRMARCHE V.,« prevention/hygiene-et-securite-au-travail-11 prevention/309-le-risque-electrique », cdg62, september 2014.
- [17] DR ELKEBIR A,. « photocopié de cours securite electrique », universite mustapha stambouli de mascara, faculté des sciences et technologie, 2015.
- [18] DOMINIQUE S., «installations électriques bt - protection contre les contacts directs», les techniques de L'ingénieur, Génie électrique, Reference D5043, Date de publication: 10 août 2006.
- [19] Institut Schneider formation Algérie AS. «Habilitation électriques B0- B0V, B1-B1V, B2-B2V, BR, BC», Support de cours, 2008.

- [20] MARKIEWICZ H., «classeur inrs habilitation , sensibilité aux risques électrique»,1996.
- [21 ] ROMEUF F., «habilitation électrique », pdf, 2016 , tc1 perso.
- [22] LASNE L., « électronique - electrotechnique - automatique », departement e.e.a, universite de bordeaux, 15 / 10 / 2003.
- [23] SVERKO R., « ground-measuring techniques: electrode resistance to remote earth & soil resistivity»,erico, inc. facility electrical protection, february 1999.
- [24] DR KLAJN A., «mise à la terre - bases de calcul et de conception », guide power quality section 6,france, edition août 2007.
- [25] YAQING L., «transient response of grounding systems caused by lightning: modelling and experiments » thèse de doctorat , université de uppsala ,2004.

# ***ANNEXE***

**Tableau N° 4** nombre des prises de terre

Le rapport a/l	Nombre des prises de terre ( $n_p$ )	$K_u$
a/L	2	0.86
	3	0.76
	5	0.70
	10	0.59
	15	0.54
	20	0.48

**Tableau N° 5** conductivité d'un fil de la mise à la terre

Type de fil	La conductivité $r_0$ ( $\Omega(\text{mm}^2)/\text{m}$ )
Acier	0.03
Aluminium	0.024
Cuivre	0.0185

**Tableau N° 1** facteur de correction  $K_2$

Disposition des câbles dans un plan	Nombre de câble				
	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Horizontal	0.85	0.78	0.75	0.72	0.70
Vertical	0.80	0.73	0.70	0.68	0.66

**Tableau N° 2** facteur de correction  $K_1$

Températures ambiantes ( $C^\circ$ )	Isolation		
	Caoutchouc	Polychlorure de Vinyle (PV)	Polyéthylène réticulé (PR)
10	1.29	1.22	1.17
15	1.22	1.17	1.13
20	1.15	1.12	1.09
25	1.07	1.07	1.04
30	1.00	1.00	1.00
35	0.93	0.93	0.95
40	0.82	0.87	0.90
45	0.71	0.79	0.85

**Tableau N° 3** la section normalisée

Section	Courant de choix en monophasé (A)	Courant de choix en triphasé (A)
1.5	23	19.5
2.5	31	27
0.4	42	36
0.6	54	48
10	95	63
16	100	85

25	127	112
35	158	138
50	192	168
70	246	213
95	298	258
120	346	299
150	395	344
185	450	392
240	538	461
300	621	530