



# Mémoire de Fin d'ETUDE

Présenté par :

**MEZIANE Niscia**

**MOUALEK Fatima**

Pour l'obtention du diplôme de :

**MASTER EN ELECTROTECHNIQUE**

Option :

**Electrotechnique industrielle**

**Thème**

**Etude et dimensionnement des batteries de condensateurs de l'installation de  
l'unité des sucres spéciaux**

Encadré par :

**Pr. Bachir MAUCHE, Mr S.AMIR et A.AHOUARI**

---

**Année Universitaire 2021-2022**

## **Remerciement**

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant, qui nous a permis d'accomplir ce travail en nous donnant force, santé et patience.

Sous leurs direction durant ce projet ; nous tenons à remercier Mr : B. Maouche et Mlle : R. Meziant pour leurs aides. Ainsi que tout le personnel du service technique de Cevital et en particulier Mrs : S, Amir, M<sup>d</sup>. Maouche, A. Ahouari et Y. Brahimi pour leurs rigueurs au travail, leurs disponibilité et leurs multiples conseils et orientations qui ont aidé à l'amélioration de ce mémoire.

Nos remerciements à tous les enseignants et enseignantes qui nous ont marqué et inspiré durant notre parcours scolaire en nous donnant le meilleur d'eux même. Merci d'avoir touché nos vies de tant de manières.

Et en dernier lieu, nous remercions les membres du Jury qui nous font l'honneur d'évaluer ce travail.

# Dédicaces

À mon défunt père, qui durant toute ma scolarité m'a poussé vers le haut, ne m'a jamais laissé tomber, dans les moments les plus difficiles m'a relevé avec sa gentillesse, sa bienveillance et son courage que je prends en exemple dans tout ce que j'entreprends, je lui dédie ce travail car sans lui n'aurait pas eu lieu, j'ai persévéré et continué en pensant à lui à chaque moment.

Que dieu t'accueille dans son vaste paradis, tu nous manques.

Ainsi qu'à toutes les personnes qui me sont chères dont :

Ma mère, source de vie et de soutien

Ma sœur, mes frères, mes belles sœurs et mes neveux qui comblent mes journées de joie

Mon fiancé et tous mes amis.

Mon amie, binôme. Travailler avec une personne comme toi a été très agréable, merci pour tous les moments inoubliables que tu m'as offert.

Fatima.

Mes dédicaces à tous ceux qui ont contribué à la réussite de mes études, qui se soucient de mon avenir, et m'accompagnent en relevant mes bas et savourant mes hauts :

Mon petit cocon familial précieux, chaleureux et rassurant dans lequel je me suis déployée et envolée librement et sereinement de mes propres ailes: Maman, Papa, Petit frère "Branis".

Mes cousines.

Toute ma grande famille.

Et mes amis.

Ainsi qu'à ma camarade, amie et binôme et à nos longues et belles années d'études, Fièvre de nos accomplissements.

Merci à vous.

Niscia.

## Liste des figures

Figure I.1- Schéma explicatif de l'unité sucre liquide .....	4
Figure I.2- Schéma unifilaire de l'installation de l'unité sucre liquide.....	5
Figure I.3- Schéma explicatif de l'unité sucre roux.....	10
Figure I.4- Schéma unifilaire de l'installation de l'unité sucre roux .....	11
Figure II.1- Schéma unifilaire de l'unité sucres spéciaux.....	20
Figure II.2- Méthode de calcul de la section de câble.....	34
Figure III.1- Composition vectorielle des courants.....	40
Figure III.2- Composition vectorielle des puissances. ....	41
Figure III.3- Influence du $\cos\phi$ sur la valeur du courant apparent.....	43
Figure III.4- Influence du $\cos\phi$ sur la valeur du courant apparent.....	44
Figure III.5- Schéma explicatif d'un compensateur synchrone. ....	46
Figure III.6- Schéma explicatif d'un compensateur statique. ....	47
Figure III.7- Schéma explicatif d'une batterie de condensateur .....	47
Figure III.8- Schéma explicatif d'une batterie à régulation automatique. ....	48
Figure III.9- Schéma explicatif d'une compensation globale .....	50
Figure III.10- Schéma explicatif d'une compensation partielle.....	50
Figure III.11- Schéma explicatif d'une compensation individuelle.....	51
Figure III.12- Montage double étoile d'une batterie de compensation .....	51
Figure III.13- Schéma explicatif d'un montage triangle d'une batterie de compensation.....	52
Figure III.14- Schéma explicatif d'une protection externe d'une batterie de compensation .	54
Figure III.15- Batterie de condensateur proposée pour le TGBT sucre liquide.....	56
Figure III.16- Batterie de condensateurs proposée pour le TGBT sucre roux.....	59

## Liste des tableaux

Tableau I.1- Données de l'armoire ECDI du TGBT .....	6
Tableau I.2- Données de l'armoire molaire colonne 1 du TGBT .....	6
Tableau I.3- Données de l'armoire molaire colonne 2 du TGBT .....	7
Tableau I.4- Données de l'armoire molaire colonne 3 du TGBT .....	8
Tableau I.5- Données de l'armoire du fondoir .....	8
Tableau I.6- Données de l'armoire MCC1 du TGBT .....	12
Tableau I.7- Données de l'armoire MCC2 du TGBT .....	13
Tableau I.8- Données de l'armoire MCC3 du TGBT .....	13
Tableau I.9- Données de l'armoire MCC4 du TGBT .....	14
Tableau I.10- Données de l'armoire d'éclairage .....	14
Tableau I.11- Données de différents éléments raccordés directement au jeu de barre .....	14
Tableau II.1- Les grandeurs des coefficients Ku, Ks et Ke.....	19
Tableau II.2- Bilan de puissance de l'armoire ECDI du TGBT .....	21
Tableau II.3- Bilan de puissance l'armoire colonne 1 du TGBT .....	22
Tableau II.4- Bilan de puissance l'armoire colonne 2 du TGBT .....	23
Tableau II.5- Bilan de puissance de l'armoire colonne 3 du TGBT .....	24
Tableau II.6- Bilan de puissance de l'armoire du fondoir .....	25
Tableau II.7- Bilan de puissance de l'unité du sucre liquide .....	25
Tableau II.8- Bilan de puissance de l'armoire MCC1 du TGBT .....	26
Tableau II.9- Bilan de puissance de l'armoire MCC2 du TGBT .....	28
Tableau II.10- Bilan de puissance de l'armoire MCC3 du TGBT .....	29
Tableau II.11- Bilan de puissance de l'armoire MCC4 du TGBT .....	30
Tableau II.12- Bilan de puissance de l'armoire d'éclairage.....	30
Tableau II.13- Bilan de puissance des éléments raccordés au jeu de barre .....	31
Tableau II.14- Charge totale au niveau du jeu de barre de l'unité sucre roux .....	32
Tableau II.15- Bilan de puissance de l'unité sucres spéciaux.....	32
Tableau II.16- Caractéristiques du transformateur de distribution. ....	33
Tableau II.17- Formule de calcul de la chute de tension .....	36
Tableau II.18- Limite de chute de tension .....	36
Tableau III. 1- Les Principales caractéristiques des condensateurs .....	52
Tableau III.2- Charges totales du TGBT du sucre liquide .....	55
Tableau III.3- Caractéristiques de la batterie sucre liquide.....	56

Tableau III.4- Données du TGBT sucre roux. ....	57
Tableau III.5- Caractéristiques de la batterie sucre roux. ....	58
Tableau III.6- Bilan de puissance comparative avant et après la compensation.....	60

## Liste des abréviations

$P_n$  : La puissance nominale.

$U_n$  : La tension nominale.

$I_n$  : Le courant nominal.

$\cos\varphi$  : Facteur de puissance.

$P_{ut}$  : Puissance utile.

$P_{inst}$  : La puissance installée.

$P_a$  : La puissance absorbée.

$P_{ui}$  : La puissance d'utilisation.

$K_u$  : Facteur d'utilisation.

$P_{uj}$  : La puissance utilisée dans une branche.

$K_s$  : Facteur de simultanéité.

$K_e$  : Facteur d'extension.

$P_{ut}$  : La puissance totale de l'installation.

$Q_a$  : La puissance réactive.

$S_a$  : La puissance apparente :

$Q_{ui}$  : La puissance réactive utilisée.

$S_{ui}$  : La puissance apparente utilisée.

$S_n$  : La puissance apparente nominale

$U_1$  : La tension au primaire du transformateur.

$U_2$  : La tension au secondaire du transformateur.

$m$  : Rapport de transformation.

**$I_1$**  : Le courant au primaire du transformateur.

**$I_2$**  : Le courant au secondaire du transformateur.

**$U_{cc}$**  : La tension de court-circuit du transformateur.

**$I_e$**  : Le courant d'emploi.

**$I_{ad}$**  : Le courant admissible.

**$K$**  : Facteur de la correction globale.

**$I_{ad}'$**  : Le courant admissible corrigé.

**$\Delta U$**  : La chute de tension.

**$R$**  : La résistance du câble.

**$X$**  : La réactance du câble.

**$\rho$**  : Résistivité du courant.

**$L$**  : La longueur du câble ;

**$S$**  : La section du câble.

**$\lambda$**  : La réactance linéique des conducteurs.



## Table des matières

Introduction générale .....	1
I. Identification des équipements électriques de l'installation .....	3
I.1- Introduction .....	3
I.2- Présentation de l'unité Sucres Spéciaux .....	3
I.3- Description de l'unité Sucre Liquide .....	3
I.3.1- Schéma unifilaire de l'unité sucre liquide .....	5
I.3.2- Identification des éléments électriques de l'unité sucre liquide .....	6
I.4- Description de l'unité Sucre roux .....	8
I.4.1- Schéma unifilaire de l'unité sucre roux .....	11
I.4.2- Identification des éléments électriques de l'unité sucre roux .....	12
I.5- Conclusion .....	15
II. Bilan de puissance et détermination de la charge totale .....	17
II.1- Introduction.....	17
II.2- Méthodologie de calcul du bilan de puissance .....	17
II.2.1- Puissance installée $P_{inst}$ (W).....	17
II.2.2- Puissance apparente $P_a$ (VA).....	17
II.2.2.1- Puissance d'utilisation $P_u$ .....	17
II.2.2.2- Facteur d'utilisation $K_u$ .....	18
II.2.2.3- Facteur de simultanéité $K_s$ (diversité).....	18
II.2.2.4- Facteur d'emploi $K_e$ (d'extension).....	18
II.2.3- Ordre de grandeur des coefficients $K_u$ , $K_s$ et $K_e$ .....	18
II.3- Bilan de puissance : .....	20
II.3.1- Bilan de puissance de l'unité sucre liquide.....	21
II.3.2- Bilan de puissance de l'unité sucre roux.....	26
II.3.3- Bilan de puissance de l'unité de sucres spéciaux.....	32
II.3.4- Choix et dimensionnement du transformateur .....	33
II.4- Dimensionnement des sections de câbles .....	33
II.4.1- Principe de la méthode de calcul .....	34
II.4.2- Courants influençant sur la section des câbles.....	34
II.4.3- Sections des conducteurs .....	36
II.4.4- Chute de tension.....	36
II.5- Application de la section des câbles .....	36
II.6- Conclusion .....	38
III. Compensation de l'énergie réactive de l'installation.....	40

III.1-	Introduction.....	40
III.2-	Composante active et réactive .....	40
III.2.1-	Composantes active et réactive du courant.....	40
III.2.2-	Composantes active et réactive de puissance.....	41
III.2.3-	Energie Réactive .....	41
III.2.3.1-	Les types d'énergie réactive.....	41
III.2.3.2-	Les principaux consommateurs.....	42
III.2.3.3-	La circulation de l'énergie réactive.....	42
III.3-	Facteur de puissance .....	42
III.3.1-	Avantages d'un bon facteur de puissance.....	43
III.3.2-	Inconvénients d'un mauvais facteur de puissance .....	43
III.3.3-	L'amélioration du facteur de puissance .....	44
III.3.3.1-	Par action directe sur l'installation .....	45
III.3.3.2-	Par action indirecte .....	45
III.3.4-	La valeur $\text{tg}\varphi$ .....	45
III.4-	Compensation de l'énergie réactive.....	45
III.4.1-	Moyens de compensation de l'énergie réactive .....	46
III.4.1.1-	Compensation synchrone .....	46
III.4.1.2-	Compensateur statique .....	46
III.4.1.3-	Compensation par des batteries de condensateurs .....	47
III.5-	Les batteries de condensateurs.....	47
III.5.1-	Avantages et Inconvénients des batteries de condensateurs .....	49
III.5.2-	Les caractéristiques des batteries de condensateur .....	49
III.5.3-	La localisation des batteries de compensation .....	49
III.5.3.1-	Compensation globale.....	49
III.5.3.2-	Compensation partielle .....	50
III.5.3.3-	Compensation individuelle .....	50
III.5.4-	Choix de branchement des batteries .....	51
III.5.4.1-	Couplage Etoile pour la batterie de condensateur.....	51
III.5.4.2-	Couplage Triangle pour la batterie de condensateur.....	52
III.5.5-	Mise en œuvre des batteries de condensateur .....	52
III.5.5.1-	La technologie.....	52
III.5.5.2-	Les caractéristiques d'un condensateur .....	52
III.5.6-	Protection des batteries de condensateur .....	53
III.5.6.1-	Protection externe .....	53
III.5.6.2-	La protection interne .....	54

III.6- Dimensionnement des batteries .....	55
III.6.1- Batterie aux bornes du TGBT de l'unité sucre liquide .....	55
III.6.2- Batterie aux bornes du TGBT de l'unité sucre roux : .....	57
III.7- Comparaison avant et après compensation .....	59
III.8- Conclusion .....	61
Conclusion Générale .....	62
Références bibliographiques .....	63

## Introduction générale

De nos jours, de plus en plus d'entreprises envisagent différents outils pour améliorer et développer leurs productions. Les modifications apportées permettent de réduire les coûts de la non qualité d'énergie. Si ces corrections ne sont ni envisagées ni traitées à temps, elles peuvent nuire à l'efficacité et ainsi influencer sur l'installation.

Dans le cadre de ce projet, l'étude consiste à dimensionner un transformateur qui combine l'installation de deux unités qui sont aujourd'hui séparées électriquement, et de déterminer des batteries de condensateurs pour pouvoir compenser l'énergie réactive liée aux champs électromagnétiques inhérents au fonctionnement des récepteurs, majoritairement, inductifs.

Nous avons structuré le travail de manière à suivre et respecter les normes internationales des installations industrielles et ainsi d'implémenter une solution adéquate.

- ❖ Dans le premier chapitre, nous allons présenter l'unité de mesures spéciales puis d'identifier les équipements électriques qui contribuent au fonctionnement de l'installation.
- ❖ Dans le deuxième chapitre, nous exposons la méthodologie de calcul qui permet de réaliser un bilan de puissance de l'installation pour dimensionner le transformateur de distribution. Nous déterminons ensuite le courant absorbé avant la compensation et la section de câble au départ du transformateur.
- ❖ Dans le troisième chapitre, nous présentons des généralités sur la compensation de l'énergie réactive et passer ensuite à l'application pour choisir et dimensionner les batteries avec les caractéristiques compatibles. Pour finir, nous comparons les données avant et après compensation.

## **Chapitre I**

### **Identification des équipements électriques de l'installation**

## **I. Identification des équipements électriques de l'installation**

### **I.1- Introduction**

Dans le cadre de cette étude, la connaissance des équipements électriques de l'installation de l'unité sucres spéciaux est indispensable pour la mise en œuvre de ces données et réaliser le projet.

### **I.2- Présentation de l'unité Sucres Spéciaux**

La raffinerie des sucres spéciaux est une unité de production de sucre au sein de L'entreprise Cevital.

Celle-ci est un ensemble de deux unités de production l'une qui produit du sucre liquide et l'autre du sucre roux ; liées administrativement, dans cette étude nous allons remplacer les deux transformateurs de chacune des unités par un seul transformateur de distribution qui alimentera toute l'installation de l'unité sucres spéciaux.

### **I.3- Description de l'unité Sucre Liquide :**

Il s'agit d'une unité de production dont la mission est de produire du sucre liquide composé essentiellement de saccharose à partir du sirop décoloré issu de la raffinerie de sucre après être passé par plusieurs étapes de production. Le produit finale est destiné aux agroalimentaires : les boissons, les produit laitiers, les confiseries etc.....

Le bâtiment de la raffinerie du sucre liquide se compose de plusieurs étages appelés unités, et dans chaque unité il y a une étape de production, dont 6 à mentionner :

#### **➤ Unité 100 : Déminéralisation**

Le sirop arrive de l'unité de 3000t/j et 2000t/j au bac de sirop super décolore puis l'envoie vers des colonnes de déminéralisation pour faire déminéraliser ce sirop et l'envoyer vers l'unité 200.

#### **➤ Unité 200 : Hydrolyse**

Le sirop arrive de l'unité 100 vers un bac de sucre liquide déminéralisé et est pompé vers une colonne d'hydrolyse pour l'hydrolysation afin d'obtenir le glucose et le fructose.

➤ **Unité 300 : filtration charbon**

Le sirop arrive de l'unité 200 vers un bac de sirop déminéralisé ou inversé et est pompé vers un système de filtration à base de charbon pour obtenir un sirop inodore et incolore.

➤ **Unité 400 : pasteurisation filtration stérile**

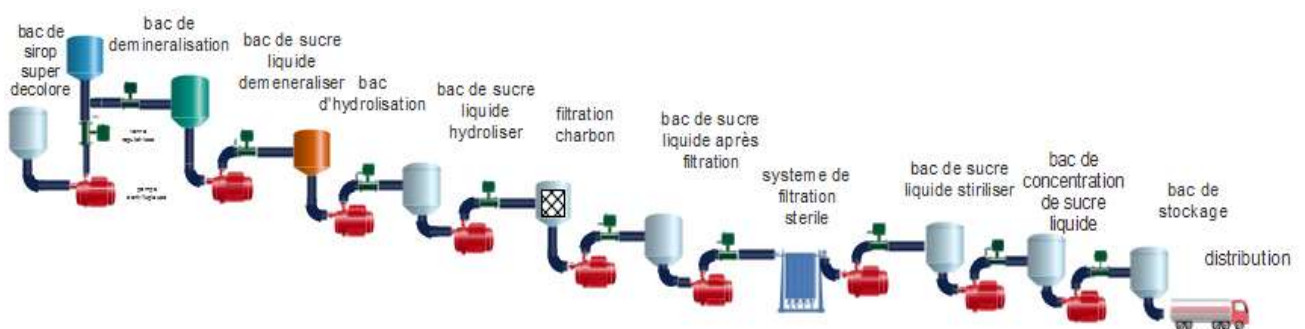
Le sirop arrive de l'unité 300 vers un bac de sucre liquide après filtration et passe par un système de pasteurisation et de filtration stérilisé afin d'obtenir un sirop stérile exempt de germes et de bactérie.

➤ **Unité 500 : concentration**

Le sirop arrive de l'unité 400, et nous le ferons passer par un système de concentration pour concentrer le produit final avant qu'il soit stocké

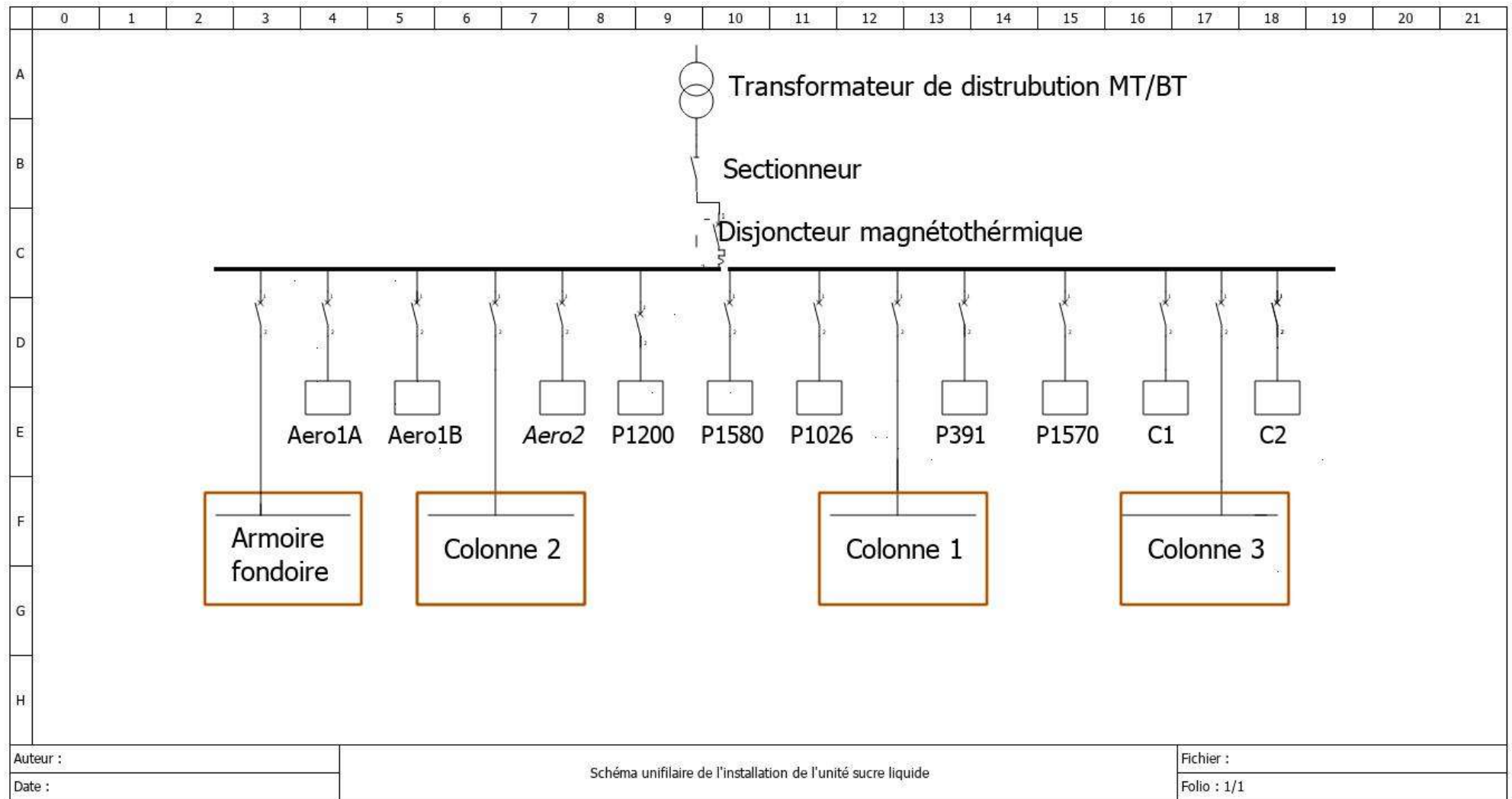
➤ **Unité 600 : stockage et chargement**

Le produit final sera stocké dans 5 cuves en inox stériles avec une capacité de 300 m<sup>3</sup> pour chacune.



**Figure I.1-** Schéma explicatif de l'unité sucre liquide

**I.3.1- Schéma unifilaire de l'unité sucre liquide**



**Figure I.2-** Schéma unifilaire de l'installation de l'unité sucre liquide



### I.3.2- Identification des éléments électriques de l'unité sucre liquide

Le dimensionnement de l'installation industrielle de la raffinerie de sucre liquide nécessite la connaissance des différents éléments présents au sein de la raffinerie.

**Tableau I.1-** Données de l'armoire ECDI du TGBT

Repère	Equipements	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\cos\varphi$
A1-1	Aeroréfrigérant 1A	87000	400	149	0.92
A1-2	Aeroréfrigérant 1B	87000	400	149	0.92
A2-1	Aeroréfrigérant 1C	87000	400	149	0.92
P1200	Pompe volumétrique	22000	400	40,5	0.86
P1580	Pompe volumétrique	15000	400	26.5	0.9
P1026	Pompe volumétrique	4000	400	7.65	0.88
P391	Pompe centrifuge	3000	400	10.2	0.87
1570	Pompe volumétrique	75000	400	136	0.85
C1	compresseur1	1320	400	214	0.85
C2	compresseur2	1110	400	178	0.87

**Tableau I.2-** Données de l'armoire molaire colonne 1 du TGBT

Repère	Equipements	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\cos\varphi$
<b>P165</b>	Pompe centrifuge	5500	400	10.9	0.88
<b>P305</b>	Pompe volumétrique	7500	400	14.7	0.89
<b>S170</b>	Suppresseur	22000	400	38.7	0.89
<b>V312</b>	Trémie	750	400	3	0.87
<b>ES312</b>	Mélangeur	3500	400	5.2	0.8
<b>ES313</b>	Mélangeur terre/charbon	4000	400	6.7	0.85
<b>M314</b>	Malaxeur	550	400	1.5	0.7
<b>AG310A</b>	Agitateur	750	400	2.15	0.8
<b>AG310A</b>	Agitateur	750	400	2.16	0.8
<b>AG310B</b>	Agitateur	750	400	2.17	0.8
<b>P360</b>	Pompe centrifuge	2200	400	4.8	0.82
<b>F420A</b>	Filtre stérile	11000	400	2.55	0.81
<b>F420B</b>	Filtre stérile	11000	400	2.56	0.81

<b>AG500</b>	Agitateur	750	400	3.3	0.8
/	10 pc Salle de contrôle	4000	230	2.5	1

**Tableau I.3-** Données de l'armoire molaire colonne 2 du TGBT

<b>Repère</b>	<b>Equipement</b>	<b>P<sub>ut</sub> (W)</b>	<b>U<sub>n</sub> (V)</b>	<b>I<sub>n</sub> (A)</b>	<b>Cosφ</b>
<b>P535</b>	Pompe centrifuge	2200	400	5.15	0.87
<b>P520</b>	Pompe volumétrique	5500	400	12	0.86
<b>P545</b>	Pompe centrifuge	2200	400	5.15	0.87
<b>P555</b>	Pompe volumétrique	5500	400	5.15	0.85
<b>PV571</b>	Pompe.571	3000	400	6.8	0.94
<b>P615</b>	Pompe volumétrique	5500	400	11.25	0.81
<b>P616</b>	Pompe volumétrique	5500	400	11.26	0.81
<b>P617</b>	Pompe volumétrique	5500	400	11.27	0.81
<b>P1015</b>	Pompe volumétrique	2200	400	4.5	0.86
<b>P1028</b>	Pompe volumétrique	9000	400	16.4	0.89
<b>P205</b>	Pompe volumétrique	18500	400	32.5	0.91
<b>M316</b>	Malaxeur	370	400	1.33	0.55
<b>P320A</b>	Pompe volumétrique	18500	400	32	0.91
<b>P320B</b>	Pompe volumétrique	18500	400	32	0.91
<b>P320C</b>	Pompe volumétrique	18500	400	32	0.91
<b>P505</b>	Pompe volumétrique	11000	400	21	0.8
<b>P365</b>	Pompe volumétrique	11000	400	20.5	0.89
<b>P1025</b>	Pompe volumétrique	3000	400	5.9	0.87

**Tableau I.4-** Données de l'armoire molaire colonne 3 du TGBT

Repère	Equipement	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\text{Cos}\varphi$
<b>P105</b>	Pompe volumétrique	15000	400	27	0.9
<b>P1100</b>	Pompe volumétrique	15000	400	27	0.9
<b>P405</b>	Pompe volumétrique	30000	400	53	0.88
<b>P525</b>	Pompe centrifuge	22000	400	39.5	0.92
<b>UV1</b>	Malaxeur uv1	17000	400	22	1
<b>UV2</b>	Malaxeur uv2	17000	400	22	1
<b>UV3</b>	Malaxeur uv3	17000	400	22	1
<b>P1300</b>	Pompe volumétrique	18500	400	31.5	0.92
<b>MS610</b>	malaxeur	12500	400	28	0.9
<b>MS620</b>	malaxeur	12500	400	28	0.9
	RC lié à l'armoire d'éclairage	65808	230/400	85	1

**Tableau I.5-** Données de l'armoire du fondoir

Repère	Equipements	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\text{Cos}\varphi$
<b>P1</b>	Pompe centrifuge	22000	400	40	0.73
<b>P2</b>	Pompe centrifuge	5500	400	10.75	0.74
<b>P3</b>	Pompe centrifuge	5500	400	10.75	0.74
<b>Ag</b>	Agitateur	5500	400	10.75	0.74

#### I.4- Description de l'unité Sucre roux

Le raffinage du sucre roux est un processus qui permet de transformer une certaine liqueur d'alimentation en sucre roux cristallisé prêt à être consommé en étant utilisé dans plusieurs domaines tel que : les confiseries, les pâtisseries, confitures...

Pour obtenir ce produit final on passe par quatre sections dont chacune permet d'effectuer une partie du processus. Le rôle de chaque section est comme suit :

**Section 01 :**

A l'aide d'une pompe, La liqueur d'alimentation (concentré de sucre) appelée égouts de sucre, qui arrive d'une manière indirecte dans les bacs d'alimentation, sera pompé vers les cuites qui se situent dans la section 02.

**Section 02 :**

Le jus est ramené à une température d'ébullition afin d'éliminer une certaine quantité d'eau, entraînant ainsi la concentration du sirop qui doit être amené à brix de 70%.

A la fin de l'évaporation, Ce sirop va entrer dans le processus de cristallisation. Pour cela il est transvasé dans des cuites et sous vide à une pression et une température bien précises pour éviter la caramélisation du sirop et permettre l'évaporation de l'eau et ainsi atteindre la saturation qui va faciliter la cristallisation. A ce moment on introduit une semence qui permet d'amorcer la cristallisation par introduction progressive du sirop. Cette étape est effectuée comme ceci : Les cristaux fins de la semence qui absorbent le saccharose vont ensemencher le sirop, la cristallisation se généralise et l'on obtient la «masse cuite »,

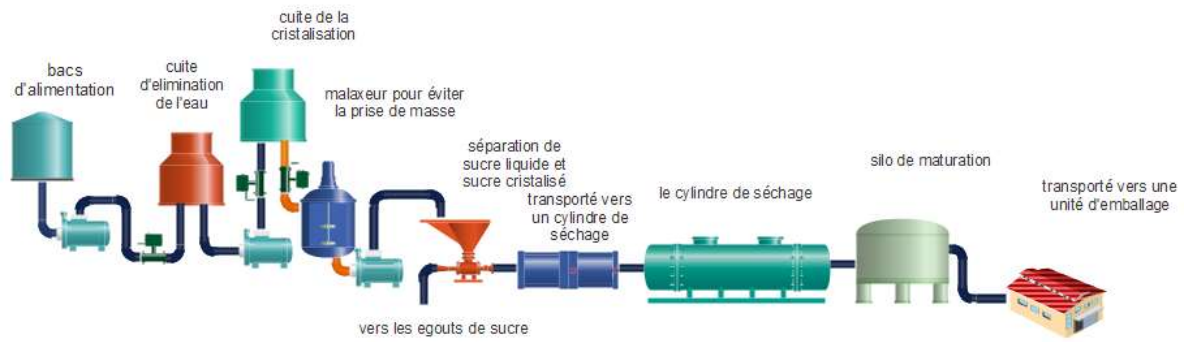
Ce mélange obtenu est coulé dans un malaxeur où il est malaxé afin d'éviter la prise en masse puis ensuite envoyé dans desessoreuses, rapides et dotées d'un panier en tôle perforée. Sous l'action de la force centrifuge, le sirop est évacué tandis que le sucre cristallisé se dépose sur les parois du panier.

**Section 03 :**

Encore chaud et humide, Le sucre roux cristallisé est envoyé dans un cylindre à air chaud qui aide au séchage, puis il est refroidi et stocké en silo de maturation pour finaliser la déshumidification où il achève de se stabiliser.

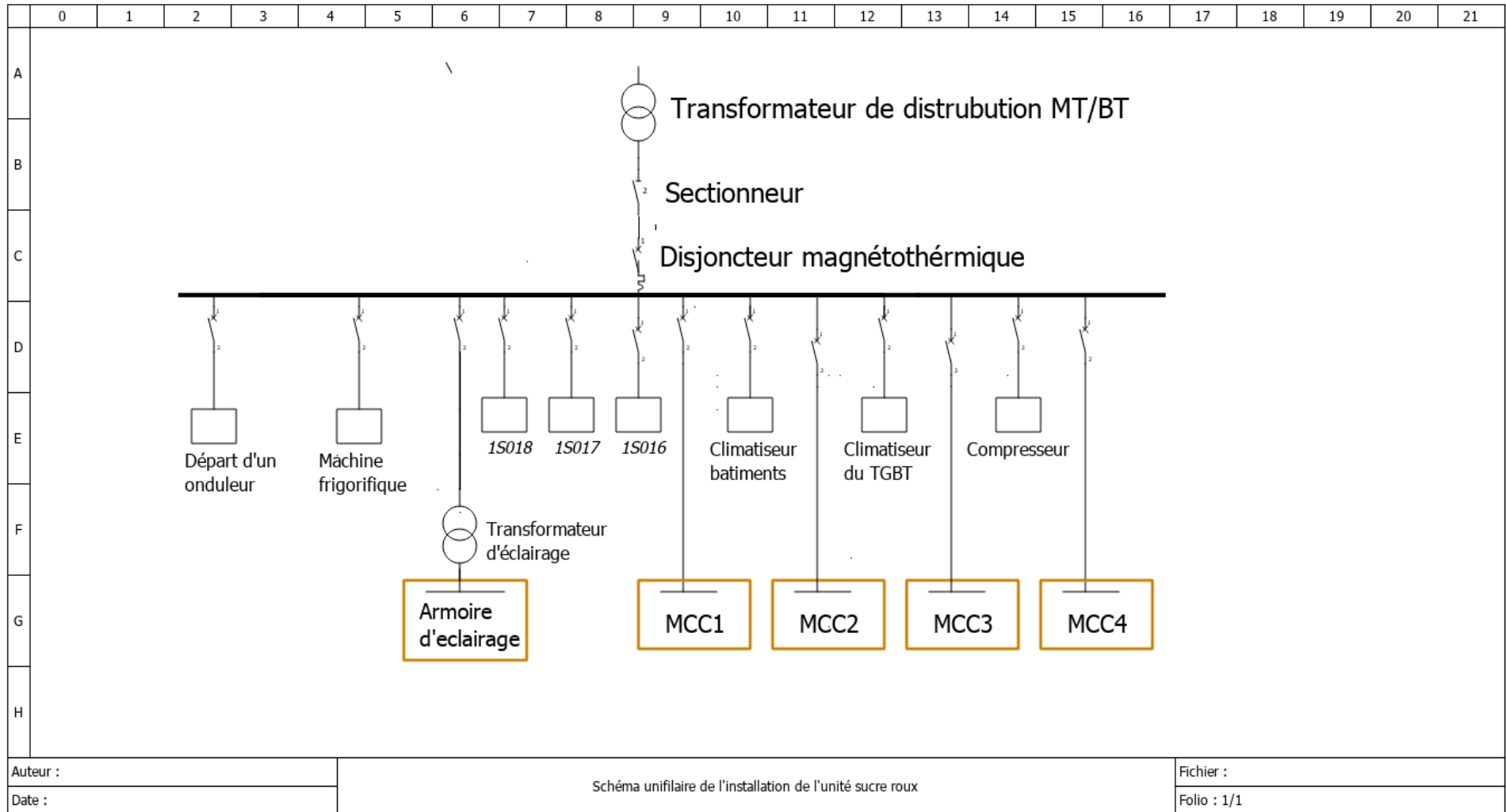
**Section 04 :**

Cette dernière section permet, à l'aide d'aérocondenseurs, la condensation des vapeurs chaudes extraites dans les cuites pour qu'elles deviennent liquides et qui seront utilisées pour le nettoyage, processus, etc....



**Figure I.3-** Schéma explicatif de l'unité sucre roux

**I.4.1- Schéma unifilaire de l'unité sucre roux**



**Figure I.4-** Schéma unifilaire de l'installation de l'unité sucre roux

**I.4.2- Identification des éléments électriques de l'unité sucre roux****Tableau I.6-** Données de l'armoire MCC1 du TGBT

Repère	Equipement	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\cos \varphi$
<b>1P027</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P026</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P035</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P034</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P038</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P037</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P010</b>	Pompe centrifuge	5500	10,3	400	0,8
<b>1P011</b>	Pompe centrifuge	5500	10,3	400	0,8
<b>1P041</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P040</b>	Pompe volumétrique	11000	20,7	400	0,85
<b>1P044</b>	Pompe volumétrique	15000	28	400	0,85
<b>1P046</b>	Pompe centrifuge	3000	6,2	400	0,82
<b>1P029</b>	Pompe centrifuge	11000	20,5	400	0,87
<b>1P028</b>	Pompe centrifuge	11000	20,5	400	0,87
<b>1P032</b>	Pompe centrifuge	11000	20,5	400	0,87
<b>1P031</b>	Pompe centrifuge	11000	20,5	400	0,87
<b>1P051</b>	Pompe centrifuge	11000	20,5	400	0,87
<b>12A10-1</b>	Agitateur cuite 1A002	95000	172	400	0,81
<b>12A10-2</b>	Agitateur cuite 1A003	95000	172	400	0,81
<b>12A10-3</b>	Agitateur cuite 1A004	95000	172	400	0,81
<b>1M009</b>	Malaxeur de coulée (transfert)	10000	18,1	400	0,8
<b>1M012</b>	Malaxeur de coulée	11000	20,7	400	0,84
<b>1M013</b>	Malaxeur de coulée	11000	20,7	400	0,84
<b>1M014</b>	Pompe à piston rotatif F500G	32000	59	400	0,82
<b>1M015</b>	Malaxeur distributeur	4000	8	400	0,83
<b>1A024</b>	Ventilateur	5500	10	400	0,8

<b>1A019</b>	Vis d'Archimède	58000	109	400	0,83
<b>1A020</b>	Vis d'Archimède	20000	36	400	0,85
<b>1A025</b>	Agitateur de 1T025	18000	29	400	0,85
<b>1A036</b>	Agitateur de 1T036	18000	29	400	0,85
<b>1A039</b>	Agitateur de 1T039	18000	29	400	0,85
<b>1A043-1</b>	Agitateur1 de 1T043	3000	10,8	400	0,83
<b>1A043-2</b>	Agitateur2 de 1T041	3000	10,8	400	0,83

**Tableau I.7-** Données de l'armoire MCC2 du TGBT

<b>Repère</b>	<b>Equipements</b>	<b>P<sub>ut</sub> (W)</b>	<b>I<sub>n</sub>(A)</b>	<b>U<sub>n</sub> (v)</b>	<b>Cosφ</b>
<b>2A001</b>	Convoyeur à vis	8000	14,7	400	0,83
<b>2A003</b>	Convoyeur à vis	11000	22	400	0,83
<b>2A004</b>	Ecluse alvéolaire rotative	3000	7	400	0,8
<b>2A009</b>	Ventilateur axial	11000	21	400	0,8
<b>2A017</b>	Ventilateur axial	120000	208	400	0,86
<b>2A002</b>	Agitateur sécheur à tambour	45000	90	400	0,8
<b>2P013</b>	Pompe centrifuge	11000	21	400	0,85
<b>2P015</b>	Pompe centrifuge	11000	21	400	0,85
<b>2P016</b>	Pompe centrifuge	8000	14,7	400	0,83

**Tableau I.8-** Données de l'armoire MCC3 du TGBT

<b>Repère</b>	<b>Equipement</b>	<b>P<sub>ut</sub> (W)</b>	<b>I<sub>n</sub> (A)</b>	<b>U<sub>n</sub> (V)</b>	<b>Cos φ</b>
<b>3A001</b>	Elévateur à godets	11000	22	400	0,83
<b>3A004</b>	Elévateur à godets	5500	11,3	400	0,85
<b>3A005</b>	Convoyeur à vis	5500	11,3	400	0,85
<b>3A006</b>	Convoyeur à vis	5500	11,3	400	0,85
<b>3A011</b>	Convoyeur à vis	11000	22	400	0,83
<b>3A012</b>	Elévateur à godets	5500	11,3	400	0,85
<b>3A014</b>	Convoyeur à bande	5500	11,3	400	0,85
<b>3A015</b>	Convoyeur à bande	5500	11,3	400	0,85
<b>Pont roulant</b>	Pont roulant	19000	29,5	400	0,85



<b>Vib01002</b>	Moto vibreur (*2)	10000	16	400	0,94
<b>3A017</b>	Ventilateur	75000	110	400	0,8
<b>3T020</b>	Agitateur	1500	3	400	0,8
<b>3P018</b>	Pompe centrifuge	2500	5	400	0,8
<b>3P019</b>	Pompe centrifuge	1500	3	400	0,8

**Tableau I.9-** Données de l'armoire MCC4 du TGBT

Repère	Equipement	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\text{Cos}\varphi$
<b>E695.37048</b>	Aérocondenseur (*12)	660000	95*12	400	0,88
<b>P940.01</b>	Pompe P940.01	37000	68	400	0,85

**Tableau I.10-** Données de l'armoire d'éclairage

Repère	Equipement	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\text{Cos}\varphi$
/	Eclairage : 2*Réglettes (*60)	4320	10,84	230	1
/	Eclairage : Projecteurs (*25)	14000	35,14	230	1
/	Micro-ordinateurs (*10)	4000	10,04	230	1

**Tableau I.11-** Données de différents éléments raccordées directement au jeu de barre

Repère	Equipements	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\text{Cos}\varphi$
<b>1S016</b>	Centrifugeuse B1750L	250000	425	400	0,85
<b>1S017</b>	Centrifugeuse B1750L	250000	425	400	0,85
<b>1S018</b>	Centrifugeuse B1750L	250000	425	400	0,85
/	Climatiseurs TGBT (*2)	31000(*2)	29(*2)	400	0,84
/	Climatiseurs Bât (*5)	1500(*5)	9(*5)	230	0,84
<b>2A014</b>	Appareils frigorifique	192000	280	400	0,9
/	Départ onduleur	40000	75	400	1
/	Compresseur	38000	86	400	0,86
/	Transformateur d'éclairage	156160	230	400	0,98

## **I.5- Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons décrit l'unité des sucres spéciaux avec la présentation des schémas explicatifs et unifilaires et le recueil de données des équipements qui composent l'installation qui va nous aider à l'élaboration d'un bilan de puissance et de déterminer le courant total dans le chapitre suivant.

## **Chapitre II**

### **Bilan de puissance et détermination de la charge totale**

## II. Bilan de puissance et détermination de la charge totale

### II.1- Introduction

Afin de nous assurer du bon fonctionnement de l'installation le bilan de puissance est nécessaire, il nous permettra de dimensionner l'installation en déterminant la configuration d'alimentation et les paramètres des éléments du réseau. A savoir dans ce cas déterminer le choix du transformateur et la section des câbles en fonction des caractéristiques généraux.

### II.2- Méthodologie de calcul du bilan de puissance

Le bilan de puissance est une étape essentielle pour dimensionner une installation industrielle qui permet de déterminer la charge totale et le transformateur de distribution ainsi que les sections des câbles de l'installation.

#### II.2.1- Puissance installée $P_{inst}$ (W)

La puissance installée « $P_{inst}$ » est la somme arithmétique des puissances nominale « $P_n$ » repérées sur les plaques signalétiques des récepteurs. [1]

$$P_{inst} = \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (\text{II } 1)$$

#### II.2.2- Puissance apparente $S$ (VA)

La puissance apparente absorbée est la somme trigonométrique de la puissance active absorbée et réactive absorbée.

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

##### II.2.2.1- Puissance d'utilisation $P_u$

Les récepteur de l'installation électrique ne fonctionne pas en même temps ni en pleine charge alors on utilise le facteur d'utilisation et le facteur de simultanéité pour calculer la puissance utilisée [1].

### II.2.2.2- Facteur d'utilisation $K_u$

Le facteur d'utilisation indique le taux d'emploi d'un récepteur par rapport à la durée d'usage. Pendant la période d'utilisation le récepteur peut fonctionner à moins de sa puissance nominale.

$$P_{ui} = K_u * P_a \quad (\text{II } 3)$$

### II.2.2.3- Facteur de simultanéité $K_s$ (diversité)

Les récepteurs ne fonctionnent pas en même temps, nous utilisons donc le facteur de simultanéité pour résoudre le problème de diversité. Et ce dernier s'applique à tous les groupes de charge et varie d'une installation à l'autre.

$$P_{uj} = K_s * \sum_{i=1}^n P_{ui} \quad (\text{II } 4)$$

### II.2.2.4- Facteur d'emploi $K_e$ (d'extension)

Il permet de prendre en compte les évolutions prévisibles de l'installation, il varie de 1,1 à 1,3. En pratique 1,2 est utilisé pour les installations industrielles. [2]

$$P_{ut} = K_s * K_e * \sum_{i=1}^n P_{uj} \quad (\text{II } 5)$$

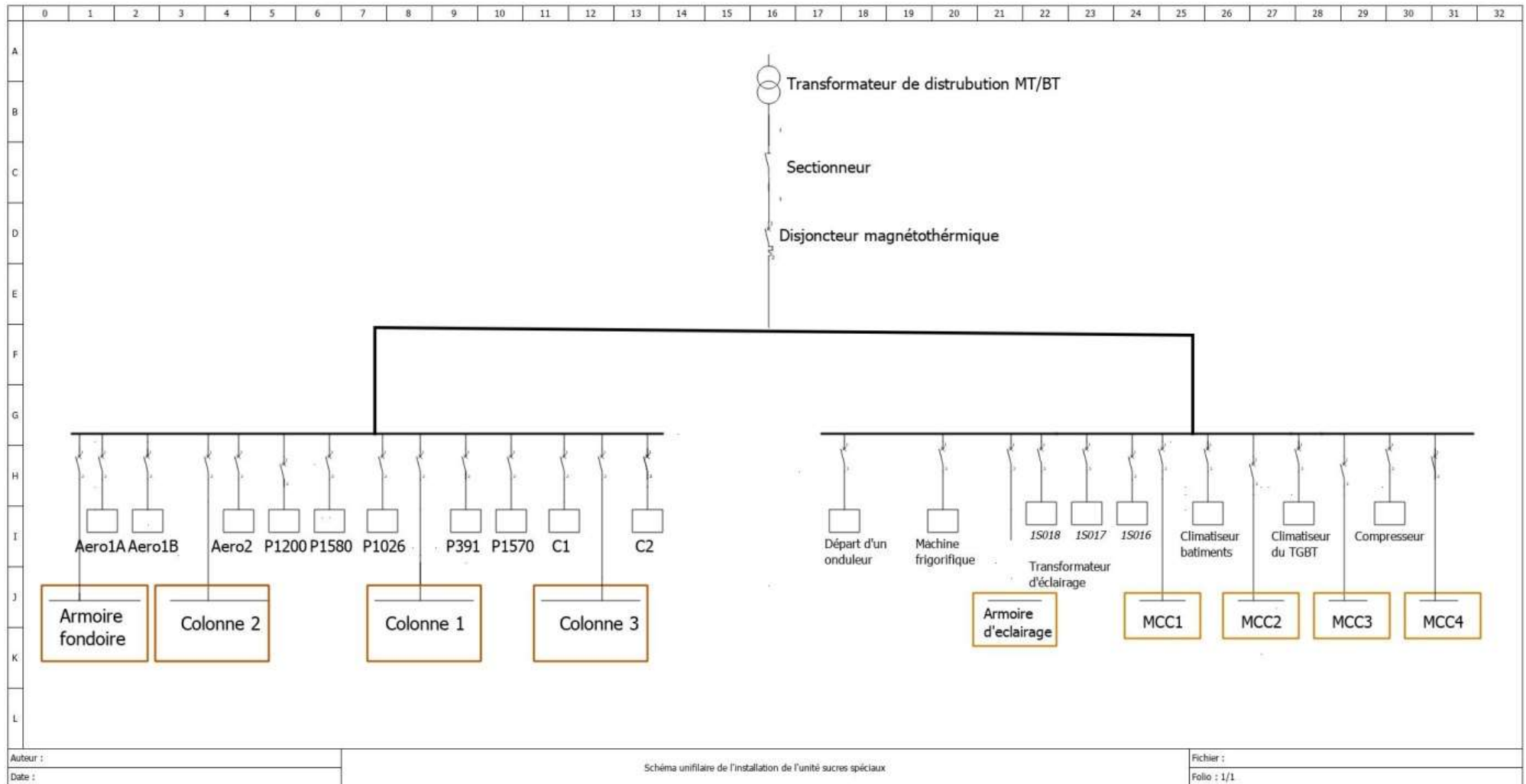
### II.2.3- Ordre de grandeur des coefficients $K_u$ , $K_s$ et $K_e$

Ces valeurs sont extraites de quelques normes applicables, elles sont données à titre indicatif : [2] dans cette étude on utilise la norme Norme NFC 63-410

**Tableau II.1-** Les grandeurs des coefficients  $K_u$ ,  $K_s$  et  $K_e$ 

Facteur d'utilisation		Facteur de simultanéité				Facteur d'extension	
Guide pratique UTE C 15-105		Norme NFC 63-410		Norme NFC 14-10001			
Utilisations	$K_u$	Nombre de circuits	$K_s$	Nombre de circuits	$K_s$	$K_e$	
Force motrice	0,75 à 1	2 et 3	0,9	4 ≤	1		
Eclairage	1	4 et 5	0,8	5 à 9	0,75		
Chauffage	1	6 et 9	0,7	10 à 14	0,56		
PC	0,1 à 0,2	Plus de 10	0,6	15 à 19	0,48		
Ventilation	1	0	0	20 à 24	0,43		
Climatisation	1	0	0	25 à 29	0,40		
Froid	1	0	0	30 à 34	0,38		
Ascenseur Et monts Charge	Moteur puissant	1	0	0	35 à 39		0,37
	Moteur suivant	0,75	0	0	40 à 49		0,36
	Autres moteur	0,6	0	0	>50	0,34	

**II.3- Bilan de puissance :**



**Figure II.1-** Schéma unifilaire de l'unité sucres spéciaux

## II.3.1- Bilan de puissance de l'unité sucre liquide

Tableau II.2- Bilan de puissance de l'armoire ECDI du TGBT

Repère	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\cos\varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)
<b>A1-1</b>	87000	400	149	0,92	94971,8099	40457,8216	103230,228	0,75	71228,8574	30343,3662	77422,6711
<b>A1-2</b>	87000	400	149	0,92	94971,8099	40457,8216	103230,228	0,75	71228,8574	30343,3662	77422,6711
<b>A2-1</b>	87000	400	149	0,92	94971,8099	40457,8216	103230,228	0,75	71228,8574	30343,3662	77422,6711
<b>P1200</b>	22000	400	40,5	0,86	24130,9319	14318,4541	28059,2231	0,75	18098,1989	10738,8406	21044,4173
<b>P1580</b>	15000	400	26,5	0,9	16523,7647	8002,8245	18359,7386	0,75	12392,8235	6002,11838	13769,8039
<b>P1026</b>	4000	400	7,65	0,88	4664,06641	2517,39637	5300,07547	0,75	3498,04981	1888,04728	3975,0566
<b>P391</b>	3000	400	10,2	0,87	6148,08755	3484,28178	7066,76729	0,75	4611,06566	2250	5300,07547
<b>P1570</b>	75000	400	136	0,85	80090,0293	49635,3422	94223,5639	0,75	60067,522	37226,5067	70667,6729
<b>C1</b>	1320	400	214	0,85	126024,017	78102,6709	148263,549	0,75	94518,0126	58577,0032	111197,662
<b>C2</b>	1110	400	178	0,87	107290,155	60804,133	123322,017	0,75	80467,6164	45603,0998	92491,5131
<b>Total</b>									487339,861	253315,714	549244,018



**Tableau II.3-** Bilan de puissance l'armoire colonne 1 du TGBT

Repère	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\cos\varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	
<b>P165</b>	5500	400	10,9	0,88	6645,53254	2732358,17	2732366,25	0,75	4984,1494	2049268,62	2049274,69	
<b>P305</b>	7500	400	14,7	0,89	9064,16829	4643,71115	10184,4587	0,75	6798,12621	3482,78337	7638,34406	
<b>S170</b>	22000	400	38,7	0,89	23862,8104	12225,2804	26812,1465	0,75	17897,1078	9168,96029	20109,1099	
<b>V312</b>	750	400	3	0,87	1808,26104	1024,78876	2078,46097	0,75	1356,19578	768,59156	1558,84573	
<b>ES312</b>	3500	400	5,2	0,8	2882,13254	2161,59941	3602,66568	0,75	2161,59941	1621,19956	2701,99926	
<b>ES313</b>	4000	400	6,7	0,85	3945,61174	2445,27054	4641,89616	0,75	2959,2088	1833,9529	3481,42212	
<b>M314</b>	550	400	1,5	0,7	727,46133	742,15901	1039,23048	0,75	545,59600	556,61925	779,42286	
<b>AG310A</b>	750	400	2,15	0,8	1191,65096	893,73821	1489,56369	0,75	893,73821	670,30366	1117,17277	
<b>AG310A</b>	750	400	2,15	0,8	1191,65096	893,73821	1489,56369	0,75	893,73821	670,30366	1117,17277	
<b>AG310B</b>	750	400	2,15	0,8	1191,65096	893,73821	1489,56369	0,75	893,73821	670,30366	1117,17277	
<b>P360</b>	22000	400	4,8	0,82	2726,94079	1903,41638	3325,53755	0,75	2045,20559	1427,56229	2494,15316	
<b>F420A</b>	11000	400	2,55	0,81	1431,02038	1036,04087	1766,69182	0,75	1073,26528	777,03065	1325,01887	
<b>F420B</b>	11000	400	2,55	0,81	1431,02038	1036,04087	1766,69182	0,75	1073,26528	777,03065	1325,01887	
<b>AG500</b>	750	400	3,3	0,8	1829,04565	1371,78424	2286,30707	0,75	1371,78424	1028,83818	1714,7303	
<b>PC</b>	4000	230	2,5	1	575	0	575	1	575	0	575	
								<b>Total</b>	11350,9968	5351,06909	12549,0665	
								<b>Ks</b>	0,6	6810,5981	3210,64146	7529,43989

**Tableau II.4-** Bilan de puissance l'armoire colonne 2 du TGBT

Repère	P <sub>ut</sub> (W)	U <sub>n</sub> (V)	I <sub>n</sub> (A)	Cosφ	P <sub>a</sub> (W)	Q <sub>a</sub> (VAR)	S <sub>a</sub> (VA)	K <sub>u</sub>	P <sub>ui</sub> (W)	Q <sub>ui</sub> (VAR)	S <sub>ui</sub> (VA)	
<b>P535</b>	2200	400	5,15	0,87	3104,18146	1759,2207	3568,02466	0,75	2328,13609	1319,41553	2676,0185	
<b>P520</b>	5500	400	12	0,86	7149,90573	4242,50492	8313,84388	0,75	5362,4293	3181,87869	6235,38291	
<b>P545</b>	2200	400	5,15	0,87	3104,18146	1759,2207	3568,02466	0,75	2328,13609	1319,41553	2676,0185	
<b>P555</b>	5500	400	5,15	0,85	3032,82096	1879,57362	3568,02466	0,75	2274,61572	1409,68022	2676,0185	
<b>PV571</b>	3000	400	6,8	0,94	4428,5075	1607,33359	4711,1782	0,75	3321,38063	1205,50019	3533,38365	
<b>P615</b>	5500	400	11,25	0,81	6313,32519	4570,76853	7794,22863	0,75	4734,9939	3428,0764	5845,67148	
<b>P616</b>	5500	400	11,25	0,81	6313,32519	4570,76853	7794,22863	0,75	4734,9939	3428,0764	5845,67148	
<b>P617</b>	5500	400	11,25	0,81	6313,32519	4570,76853	7794,22863	0,75	4734,9939	3428,0764	5845,67148	
<b>P1015</b>	2200	400	4,5	0,86	2681,21465	1590,93935	3117,69145	0,75	2010,91099	1193,20451	2338,26859	
<b>P1028</b>	9000	400	16,4	0,89	10112,4054	5180,73897	11362,2533	0,75	7584,30408	3885,55423	8521,68997	
<b>P205</b>	18500	400	32,5	0,91	20490,1611	9335,59318	22516,6605	0,75	15367,6208	7001,69488	16887,4954	
<b>M316</b>	370	400	1,33	0,55	506,79806	769,56333	921,45103	0,75	380,09855	577,17249	691,08827	
<b>P320A</b>	18500	400	32	0,91	20174,9278	9191,96867	22170,2503	0,75	15131,1959	6893,9765	16627,6878	
<b>P320B</b>	18500	400	32	0,91	20174,9278	9191,96867	22170,2503	0,75	15131,1959	6893,9765	16627,6878	
<b>P320C</b>	18500	400	32	0,91	20174,9278	9191,96867	22170,2503	0,75	15131,1959	6893,9765	16627,6878	
<b>P505</b>	11000	400	21	0,8	11639,3814	8729,53607	14549,2268	0,75	8729,53607	6547,15205	10911,9201	
<b>P365</b>	11000	400	20,5	0,89	12640,5068	6475,92372	14202,8166	0,75	9480,3801	4856,94279	10652,1125	
<b>P1025</b>	3000	400	5,9	0,87	3556,24672	2015,41789	4087,63991	0,75	2667,18504	1511,56342	3065,72993	
								<b>Total</b>	121433,303	64975,3332	137723,785	
								<b>K<sub>s</sub></b>	0,6	72859,9816	38985,1999	82634,271

**Tableau II.5-** Bilan de puissance de l'armoire colonne 3 du TGBT

Repère	$P_{ut}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\text{Cos}\varphi$	$P_a$ (w)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	
<b>P105</b>	15000	400	27	0,9	16835,5338	8153,82119	18706,1487	0,75	12626,6504	6115,36589	14029,6115	
<b>P1100</b>	15000	400	27	0,9	16835,5338	8153,82119	18706,1487	0,75	12626,6504	6115,36589	14029,6115	
<b>P405</b>	30000	400	53	0,88	32313,1399	17440,7853	36719,4771	0,75	24234,8549	13080,589	27539,6078	
<b>P525</b>	22000	400	39,5	0,92	25177,0905	10725,3957	27366,4028	0,75	18882,8179	8044,04674	20524,8021	
<b>UV1</b>	17000	400	22	0,89	13565,4219	6949,77142	15242,0469	1	13565,4219	6949,77142	15242,0469	
<b>UV2</b>	17000	400	22	0,89	13565,4219	6949,77142	15242,0469	1	13565,4219	6949,77142	15242,0469	
<b>UV3</b>	17000	400	22	0,89	13565,4219	6949,77142	15242,0469	1	13565,4219	6949,77142	15242,0469	
<b>P1300</b>	18500	400	31,5	0,92	20077,933	8553,16363	21823,8402	0,75	15058,4497	6414,87272	16367,8801	
<b>MS610</b>	12500	400	28	0,9	17459,0721	8455,81457	19398,969	0,75	13094,3041	6341,86093	14549,2268	
<b>MS620</b>	12500	400	28	0,9	17459,0721	8455,81457	19398,969	0,75	13094,3041	6341,86093	14549,2268	
<b>Rc</b>	65808	200/400	85	1	65808	0	65808	1	65808	0	65808	
								<b>Total</b>	216122,297	73303,2763	228215,288	
								<b>Ks</b>	0,6	129673,378	43981,9658	136929,173

**Tableau II.6-** Bilan de puissance de l'armoire du fondoir

Repère	$P_{ui}$ (W)	$U_n$ (V)	$I_n$ (A)	$\cos\varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)		
<b>P1</b>	22000	400	40	0,87	24110,1472	13663,8501	27712,8129	0,75	18082,6104	10247,8876	20784,6097		
<b>P2</b>	5500	400	10,75	0,74	5511,38567	5009,45386	7447,81847	0,75	4133,53925	3757,0904	5585,86385		
<b>P3</b>	5500	400	10,75	0,74	5511,38567	5009,45386	7447,81847	0,75	4133,53925	3757,0904	5585,86385		
<b>Ag</b>	5500	400	10,75	0,74	5511,38567	5009,45386	7447,81847	0,75	4133,53925	3757,0904	5585,86385		
									<b>Total</b>	30483,2282	21519,1588	37313,5551	
									<b>K<sub>s</sub></b>	0,8	24386,5826	17215,327	29850,8441

**Tableau II.7-** Bilan de puissance de l'unité du sucre liquide

Equipement	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)
<b>Armoire ECDI</b>	487339,861	253315,714	549244,018
<b>Armoire colonne 1</b>	6810,5981	3210,64146	7529,43989
<b>Armoire colonne 2</b>	72859,9816	38985,1999	82634,271
<b>Armoire colonne 3</b>	129673,378	43981,9658	136929,173
<b>Armoire fondoir</b>	24386,5826	17215,327	29850,8441
<b>Total</b>	721070,4	356708,8487	804477,3005
<b>K<sub>s</sub></b>	0,6	432642,24	214025,3092

## II.3.2- Bilan de puissance de l'unité sucre roux

Tableau II.8- Bilan de puissance de l'armoire MCC1 du TGBT

Repère	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\cos \varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)
1P027	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P026	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P035	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P034	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P038	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P037	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P010	5500	10,3	400	0,8	5708,83946	4281,6296	6970,10416	0,75	4281,6296	3211,2222	5227,57812
1P011	5500	10,3	400	0,8	5708,83946	4281,6296	6970,10416	0,75	4281,6296	3211,2222	5227,57812
1P041	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P040	11000	20,7	400	0,85	12190,1736	7554,79106	13344,4696	0,75	9142,63019	5666,0933	10008,3522
1P044	15000	28	400	0,85	16489,1237	10219,0411	18150,1736	0,75	12366,8428	7664,28079	13612,6302
1P046	3000	6,2	400	0,82	3522,29852	2458,57949	3878,7386	0,75	2641,72389	1843,93462	2909,05395
1P029	11000	20,5	400	0,87	12356,4505	7002,72318	13039,867	0,75	9267,33785	5252,04239	9779,90027
1P028	11000	20,5	400	0,87	12356,4505	7002,72318	13039,867	0,75	9267,33785	5252,04239	9779,90027
1P032	11000	20,5	400	0,87	12356,4505	7002,72318	13039,867	0,75	9267,33785	5252,04239	9779,90027
1P031	11000	20,5	400	0,87	12356,4505	7002,72318	13039,867	0,75	9267,33785	5252,04239	9779,90027

<b>1P051</b>	11000	20,5	400	0,87	12356,4505	7002,72318	13039,867	0,75	9267,33785	5252,04239	9779,90027		
<b>12A10-1</b>	95000	172	400	0,81	96523,727	69881,972	119165,1	0,75	72392,796	52411,479	89373,822		
<b>12A10-2</b>	95000	172	400	0,81	96523,727	69881,972	119165,1	0,75	72392,796	52411,479	89373,822		
<b>12A10-3</b>	95000	172	400	0,81	96523,727	69881,972	119165,1	0,75	72392,796	52411,479	89373,822		
<b>1M009</b>	10000	18,1	400	0,8	10032,0383	7524,02871	12514,432	0,75	7524,02871	5643,02153	9385,82399		
<b>1M012</b>	11000	20,7	400	0,84	12046,7598	7781,4381	13474,078	0,75	9035,06983	5836,07857	10105,5585		
<b>1M013</b>	11000	20,7	400	0,84	12046,7598	7781,4381	13474,078	0,75	9035,06983	5836,07857	10105,5585		
<b>1M014</b>	32000	59	400	0,82	33518,6472	23396,1597	23396,2341	0,75	25138,9854	17547,1198	17547,1756		
<b>1M015</b>	4000	8	400	0,83	4600,32694	3091,4385	5055,39237	0,75	3450,24521	2318,57888	3791,54428		
<b>1A024</b>	5500	10	400	0,8	5542,56258	4156,92194	6894,20046	0,75	4156,92194	3117,69145	5170,65035		
<b>1A019</b>	58000	109	400	0,83	62679,4546	42120,8496	71681,0014	0,75	47009,591	31590,6372	53760,7511		
<b>1A020</b>	20000	36	400	0,85	21200,3019	13138,7671	23929,6302	0,75	15900,2264	9854,0753	17947,2226		
<b>1A025</b>	18000	29	400	0,85	17078,021	10584,0068	20881,1207	0,75	12808,5157	7938,0051	15660,8405		
<b>1A036</b>	18000	29	400	0,85	17078,021	10584,0068	20881,1207	0,75	12808,5157	7938,0051	15660,8405		
<b>1A039</b>	18000	29	400	0,85	17078,021	10584,0068	20881,1207	0,75	12808,5157	7938,0051	15660,8405		
<b>1A043-1</b>	3000	10,8	400	0,83	6210,44138	4173,44198	5139,80719	0,75	4657,83103	3130,08148	3854,85539		
<b>1A043-2</b>	3000	10,8	400	0,83	6210,44138	2409,53785	3847,84	0,75	4657,83103	1807,15339	2885,88		
									<b>Total</b>	529219,29	355248,29	637396,75	
									<b>K<sub>s</sub></b>	0,6	317531,57	213149,15	382438,05

**Tableau II.9-** Bilan de puissance de l'armoire MCC2 du TGBT

Repère	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	U(v)	$\text{Cos}\varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (Var)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	
2A001	8000	14,7	400	0,83	8453,10076	5680,51824	9811,64041	0,75	6339,82557	4260,38868	7358,73031	
2A003	11000	22	400	0,83	12650,8991	8501,45588	13902,329	0,75	9488,17432	6376,09191	10426,7468	
2A004	3000	7	400	0,8	3879,79381	2909,84536	4849,74226	0,75	2909,84536	2182,38402	3637,3067	
2A009	11000	21	400	0,8	11639,3814	8729,53607	14042,9627	1	11639,3814	8729,53607	14042,9627	
2A017	120000	208	400	0,86	123931,699	73536,752	144106,627	1	123931,699	73536,752	144106,627	
2A002	45000	90	400	0,8	49883,0633	37412,2974	58520,7655	0,75	37412,2974	28059,2231	43890,5742	
2P013	11000	21	400	0,85	12366,8428	7664,28079	13406,7595	0,75	9275,13207	5748,21059	10055,0696	
2P015	11000	21	400	0,85	12366,8428	7664,28079	13406,7595	0,75	9275,13207	5748,21059	10055,0696	
2P016	8000	14,7	400	0,83	8453,10076	5680,51824	9811,64041	0,75	6339,82557	4260,38868	7358,73031	
								<b>Total</b>	216611,313	138901,186	257320,812	
								<b>Ks</b>	0,7	151627,919	97230,8299	180124,569

**Tableau II.10-** Bilan de puissance de l'armoire MCC3 du TGBT

Repère	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\text{Cos}\phi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	
<b>3A001</b>	11000	22	400	0,83	12650,8991	8501,45588	13902,329	0,75	9488,17432	6376,09191	10426,7468	
<b>3A004</b>	5500	11,3	400	0,85	6654,5392	4124,113	6874,46783	0,75	4990,9044	3093,08475	5155,85088	
<b>3A005</b>	5500	11,3	400	0,85	6654,5392	4124,113	6874,46783	0,75	4990,9044	3093,08475	5155,85088	
<b>3A006</b>	5500	11,3	400	0,85	6654,5392	4124,113	6874,46783	0,75	4990,9044	3093,08475	5155,85088	
<b>3A011</b>	11000	22	400	0,83	12650,8991	8501,45588	13902,329	0,75	9488,17432	6376,09191	10426,7468	
<b>3A012</b>	5500	11,3	400	0,85	6654,5392	4124,113	6874,46783	0,75	4990,9044	3093,08475	5155,85088	
<b>3A014</b>	5500	11,3	400	0,85	6654,5392	4124,113	6874,46783	0,75	4990,9044	3093,08475	5155,85088	
<b>3A015</b>	5500	11,3	400	0,85	6654,5392	4124,113	6874,46783	0,75	4990,9044	3093,08475	5155,85088	
<b>Pont roulant</b>	19000	34	400	0,85	20022,5073	12408,8356	23555,891	0,75	15016,8805	9306,62667	17666,9182	
<b>Vib01/02</b>	10000	16	400	0,94	10420,0177	3781,9614	10691,269	0,75	7815,01324	2836,47105	8018,45172	
<b>3A017</b>	75000	110	400	0,85	64778,7002	40146,2327	85068,9132	1	64778,7002	40146,2327	85068,9132	
<b>3T020</b>	1500	3	400	0,8	1662,76878	1247,07658	1950,69218	0,75	1247,07658	935,307436	1463,01914	
<b>3P018</b>	2500	5	400	0,8	2771,28129	2078,46097	3251,15364	0,75	2078,46097	1558,84573	2438,36523	
<b>3P019</b>	1500	3	400	0,8	1662,76878	1247,07658	1950,69218	0,75	1247,07658	935,307436	1463,01914	
								<b>Total</b>	141104,983	87029,4833	165785,244	
								<b>Ks</b>	0,6	84662,9899	52217,69	99471,1466



**Tableau II.11-** Bilan de puissance de l'armoire MCC4 du TGBT.

Repère	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\text{Cos}\varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)		
<b>E695,37048</b>	660000	95*12	400	0,88	695037,348	375141,42	660000	0,75	521278,011	281356,065	495000		
<b>P 940.01</b>	37000	68	400	0,85	40045,0147	24817,6711	47111,782	0,75	30033,761	18613,2533	35333,8365		
									<b>Total</b>	551311,772	299969,318	627635,453	
									<b><math>K_s</math></b>	0,9	496180,595	269972,386	564871,908

**Tableau II.12-** Bilan de puissance de l'armoire d'éclairage

Repère	$P_{ut}$ (W)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\text{Cos}\varphi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)		
<b>Réglettes</b>	4320	10,84	230	1	4320	0	4320	1	4320	0	4320		
<b>Projecteurs</b>	14000	35,14	230	1	14000	0	14000	1	14000	0	14000		
<b>PC</b>	4000	10,04	230	1	4000	0	4000	1	4000	0	4000		
									<b>Total</b>	22320	0	22320	
									<b><math>K_s</math></b>	0,9	20088	0	20088

**Tableau II.13-** Bilan de puissance des éléments raccordés au jeu de barre

Repère	$P_{ut}$ (kW)	$I_n$ (A)	$U_n$ (V)	$\cos\phi$	$P_a$ (W)	$Q_a$ (VAR)	$S_a$ (VA)	$K_u$	$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	
1S016	250000	425	400	0,85	250281,342	155110,445	294209,534	0,75	187711,006	116332,833	220657,151	
1S017	250000	425	400	0,85	250281,342	155110,445	294209,534	0,75	187711,006	116332,833	220657,151	
1S018	250000	425	400	0,85	250281,342	155110,445	294209,534	0,75	187711,006	116332,833	220657,151	
Clims/TGBT	31000(*2)	29(*2)	400	0,84	34156,0419	21168,0136	40183,5787	1	34156,0419	21168,0136	40183,5787	
Clims/Bât	1500(*5)	9(*5)	230	0,84	15237,717	9443,48883	17926,7259	1	15237,717	9443,48883	17926,7259	
2A014	192000	280	400	0,9	174590,721	84558,1457	209795,329	0,75	130943,041	63418,6093	157346,497	
onduleur	40000	75	400	1	51961,5242	0	40000	1	51961,5242	0	40000	
Compresseur	38000	86	400	0,86	51240,9911	30404,6186	48666,6296	0,75	38430,7433	22803,4639	36499,9722	
Transfo	156160	230	400	0,98	156161,701	31709,9858	159347,008	1	156161,701	31709,9858	159347,008	
								<b>Total</b>	990023,787	497542,062	1108014,08	
								<b><math>K_s</math></b>	0,7	693016,651	348279,443	775609,856

**Tableau II.14-** Charge totale au niveau du jeu de barre de l'unité sucre roux

	<b>Repère</b>	<b>P<sub>ui</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>ui</sub>(VAR)</b>	<b>S<sub>ui</sub> (VA)</b>
	<b>Armoire MCC1</b>	317531,574	213149,152	382438,05
	<b>ArmoireMCC2</b>	151627,919	97230,8299	180124,569
	<b>ArmoireMCC3</b>	84662,9899	52217,69	99471,1466
	<b>Armoire MCC4</b>	496180,595	269972,386	564871,908
	<b>Armoire d'éclairage</b>	20088	0	20088
	<b>Eléments raccordés</b>	990023,787	497542,062	1108014,08
	<b>TOTAL</b>	2060114,87	1130112,12	2349729,06
<b>Ks</b>	0,6	1236068,92	678067,272	1409837,44

**II.3.3- Bilan de puissance de l'unité de sucres spéciaux****Tableau II.15-** Bilan de puissance de l'unité sucres spéciaux

	<b>Repère</b>	<b>P<sub>ui</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>ui</sub> (VAR)</b>	<b>S<sub>ui</sub> (VA)</b>
	<b>Armoire du sucre roux</b>	1236068,9	678067,27	1409837,4
	<b>Armoire du sucre liquide</b>	432642,241	214025,3092	482686,3803
	<b>TOTAL</b>	1668711,14	892092,5792	1892201,375
<b>Ks</b>	0,9	1501840,03	802883,3213	1702981,237
<b>Ke</b>	1,2	1802208,03	963459,9855	2043577,485

### II.3.4- Choix et dimensionnement du transformateur

La tension moyenne du réseau provenant de Sonalgaz est de 30 KV, les récepteurs doivent être exploités en usine à une tension de 400 V, de sorte que les dimensions du transformateur abaisseur doivent être déterminées à partir de la charge totale calculée.

D'après la norme française des transformateurs de puissance NFC 52-100 et les résultats du bilan de puissance, le transformateur choisi est de 2500KV. [1]

**Tableau II.16-** Caractéristiques du transformateur de distribution.

Puissance apparente (VA)	Tension primaire (KV) $U_1$	Tension secondaire (V) $U_2$	Courant primaire (A) $I_1$	Courant secondaire (A) $I_2$	Rapport de transformation M	Tension de court-circuit en (V)
2500000	30	400	47.9	3608	0,0133	24

- **Rapport de transformation :**

$$m = \frac{U_2}{U_1} \quad (\text{II } 6)$$

- **Courant secondaire :**

$$I_2 = \frac{S_n * 10^3}{\sqrt{3} * U_2} \quad (\text{II } 7)$$

- **Courant primaire :**

$$I_1 = m * I_2 \quad (\text{II } 8)$$

Selon la norme NBN-HD 428 1 S1 les transformateur de distribution ont des valeurs normalisées, et à partir de là, on a déduit que la tension de court-circuit du transformateur est calculée comme suit : [3]

- **Tension de court-circuit :**

$$U_{cc} = 6\% * U \quad (\text{II } 9)$$

### II.4- Dimensionnement des sections de câbles

Il est important de calculer correctement la section de câble utilisée lors de l'installation électrique. En effet un câble trop faible entraînera un échauffement du à la résistance du câble (qui peut provoquer un incendie) et une perte de tension, une section trop importante peut entrainer des problèmes de poids et de coût.

Le choix de la section découle de la contrainte ci-dessus.

### II.4.1- Principe de la méthode de calcul

On peut utiliser plusieurs méthodes dès lors qu'elles respectent la norme NF C 15.100, il existe plusieurs guides pratiques qui respectent la norme, ou bien des logiciels tel que TR Ciel, Caneco ou le plus souvent utilisé : My Ecodial.

La méthode consiste à : [1]

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

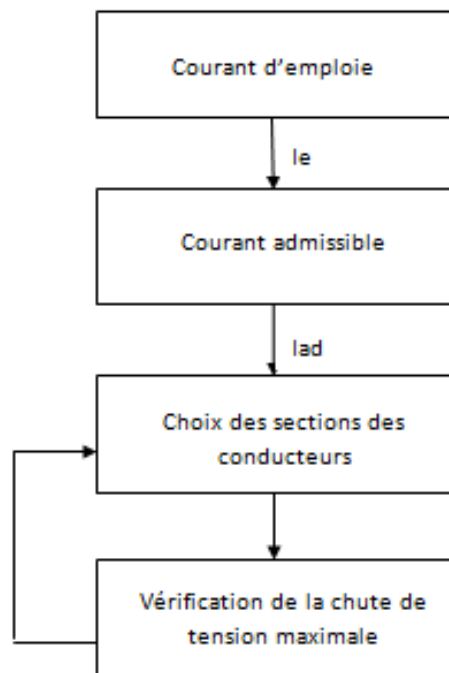


Figure II.2- Méthode de calcul de la section de câble

### II.4.2- Courants influençant sur la section des câbles

#### a. Courant d'emploi $I_e$

Le courant d'emploi est le courant correspondant à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal. Dans le cas d'une alimentation individuelle d'un appareil le courant  $I_e$

est égal au courant nominal. Par contre, il est égal à la somme des courants absorbés en cas de plusieurs appareils alimentés. [1]

➤ En courant continu :

$$I_e = \frac{P}{U} = \frac{\text{Puissance absorbée (en W)}}{\text{Tension de service (en V)}} \quad (\text{II } 10)$$

➤ En courant alternatif :

$$I_e = \frac{S}{U} \quad \text{en monophasé} \quad (\text{II } 11)$$

$$I_e = \frac{S}{U\sqrt{3}} \quad \text{en triphasé} \quad (\text{II } 12)$$

Avec : S : Puissance apparente absorbée (VA)

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

### b. Courant admissible $I_{ad}$ :

On appelle courant admissible  $I_{ad}$  le courant maximal que peut supporter un conducteur en tenant compte l'influence de plusieurs conditions,

On obtient la formule suivante :

$$I_{ad} \geq \frac{I_e}{K} \quad (\text{II } 13)$$

K : coefficient qui caractérise l'influence des différentes conditions de l'installation, les facteurs de ces dernières sont :

- $K_1$  : Facteur tenant compte du mode de pose.
- $K_2$  : Facteur tenant compte de l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte.
- $K_3$  : Facteur tenant compte de la température ambiante et de la nature de l'isolant.
- $K_n$  : Facteur de correction du neutre chargé selon la norme (NF C15-100).

$$K_n = 0.84$$

$$K_n = 1.45$$

- $K_s$  : Facteur de correction de symétrie selon la norme (NF C15-105).

$K_s = 1$  pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie

$K_s = 0.8$  pour 2,3 et 4 câbles par phase si non respect de la symétrie.

### II.4.3- Sections des conducteurs

On choisit la section correspondante ou la plus proche aux valeurs des sections standards après la collection des informations sur : Le courant  $I_{ad}$  et la lettre de sélection qui tient compte du conducteur utilisé et de son mode de pose.

### II.4.4- Chute de tension

Afin de s'assurer du bon fonctionnement des appareils et affirmer le choix de section des conducteurs il est essentiel de calculer la chute de tension acceptable dans les charges.

**Tableau II.17-** Formule de calcul de la chute de tension [1]

Circuit	Chute de tension $\Delta U$	
	En volt	
Monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2 * I_b * (R * \cos \varphi + X * \sin \varphi)$ ( II 14)	$\frac{100 * \Delta U}{V_n}$ (II 15)
Biphasé : deux phases	$\Delta U = 2 * I_b * (R * \cos \varphi + X * \sin \varphi)$ (II 16)	$\frac{100 * \Delta U}{U_n}$ (II 17)
Triphasé : 3 phases avec ou sans neutre	$\Delta U = \sqrt{3} * I_b * (R * \cos \varphi + X * \sin \varphi)$ (II 18)	$\frac{100 * \Delta U}{U_n}$ (II 19)

**Tableau II.18-** Limite de chute de tension [1]

Types d'alimentation	Eclairage	Autre usage (force motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé HT/BT	6%	8%

## II.5- Application de la section des câbles

On prend exemple sur le câble au départ du transformateur.

### ➤ Courant d'emploi

On a  $I_e = 2899,027$  A, étant un courant important nous allons le diviser pour avoir plusieurs départ et ainsi déterminer une section plus petite et acceptable.

$$\text{Donc : } I_e = \frac{2899,027}{8} = 368,71 \text{ A}$$

Le transformateur alimente l'installation basse tension par trois phases et un neutre avec un câblage unipolaire et mono-conducteur à base de cuivre avec une isolation de type polyéthylène réticulé (PR) et un chemin de câble perforé, la température ambiante est de 45°C.

### ➤ Courant admissible

De là on peut déduire la lettre de sélection et les facteurs de correction :

La lettre de sélection est **F** avec :  $K_1=1$ ,  $K_2=0,73$ ,  $K_3=0,87$ ,  $K_n=0,84$ ,  $K_s=1$ .

$$\text{On a : } K = K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s \quad K = 1 * 0,73 * 0,87 * 0,84 * 1 = 0,53$$

$$\text{Donc : } I_{ad}' = \frac{368,71}{0,53} = 695,68 \text{ A}$$

On prend  $I_{ad} = 741 \text{ A}$ .

### ➤ Choix de la section du conducteur

Suite à ces calculs la section choisie est de  $S_j = 300 * 8 \text{ mm}^2$ .

A propos du dimensionnement du conducteur de neutre, le régime du neutre exploité au sein de l'unité est le régime IT. D'après l'influence du schéma des liaisons à la terre un schéma triphasé sans neutre est recommandé.

### ➤ Vérification de la section selon la chute de tension

On calcule la chute de tension par la loi suivante :

$$\Delta U = \sqrt{3} I_b (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad \Delta U = \sqrt{3} I_b \left( \frac{\rho L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) \quad (\text{II } 20)$$

**On a :**  $U=400\text{V}$ ,  $I_e=368,71\text{A}$ ,  $S_j=300 \text{ mm}^2$ ,  $L=45 \text{ m}$ ,  $\cos \varphi = 0,88$ ,  $\sin \varphi = 0,47$ ,

$$\rho = 0,0225 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}, \lambda = 0,09 * 10^{-3} \Omega/\text{m}.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 368,71 * \left( \frac{0,0225 * 45}{300} * 0,88 + 0,09 * 10^{-3} * 45 * 0,47 \right)$$

$$\Delta U = 3,11 \text{ V}$$

En pourcentage on aura :  $\frac{\Delta U}{U_n} * 100$



$$\mathbf{AN} \rightarrow \frac{3,11}{400} * 100 = 0,78\%.$$

La chute de tension calculée est inférieure à la chute de tension admissible (8%), donc la section choisie est convenable :  $S_z=300*8 \text{ mm}^2$ .

## **II.6- Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons établi un bilan de puissance pour déterminer la charge totale et les caractéristiques générales du transformateur dont le courant qui nous a servi à dimensionner la section des câbles au départ du transformateur de distribution qui, constaté, est assez important.

C'est pour cela que nous allons procéder à l'amélioration du facteur de puissance par la compensation de l'énergie réactive.

## **Chapitre III**

### **Compensation de l'énergie réactive de l'installation**

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

#### III.1- Introduction

Cette énergie, nommée énergie réactive appelle un courant supplémentaire qui se ressent au niveau de l'installation, du branchement et du transformateur.

L'étude sur ce chapitre se basera sur la compensation de cette énergie, pour cela nous allons d'abord présenter quelques généralités sur le sujet, puis passer à l'application en posant un  $\cos\varphi$  désiré et ensuite proposer des batteries compatibles pour finalement faire une comparaison de l'installation avant et après correction.

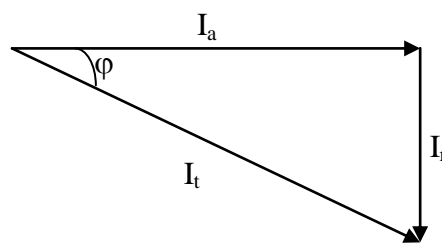
#### III.2- Composante active et réactive

##### III.2.1- Composantes active et réactive du courant

Le courant total  $I$  absorbé par un récepteur, déphasé d'un angle  $\varphi$  par rapport à la tension peut être décomposé en deux composantes : [4]

- Le courant actif ( $I_a$ ) en phase avec la tension du réseau.
- Le courant total ( $I_t$ ) déphasé de  $90^\circ$  par rapport au courant actif, en arrière (récepteur inductif) ou en avant (récepteur capacitif)

Si les courants sont parfaitement sinusoïdaux, on peut utiliser la représentation de Fresnel. Ces courants se composent alors vectoriellement comme représenté ci-dessous :



**Figure III.1-** Composition vectorielle des courants

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \quad (\text{III } 1)$$

$$I_a = I * \cos \varphi \quad (\text{III } 2)$$

$$I_r = I * \sin \varphi \quad (\text{III } 3)$$

### III.2.2- Composantes active et réactive de puissance

Le diagramme précédent établi pour les courants est aussi valable pour les puissances, en multipliant chacun des courants par la tension commune  $U$ . On définit ainsi : [4]

$$\text{La puissance apparente : } S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{III } 4)$$

$$\text{La puissance active : } P = U * I * \cos \varphi \quad (\text{III } 5)$$

$$\text{La puissance réactive : } Q = U * I * \sin \varphi \quad (\text{III } 6)$$

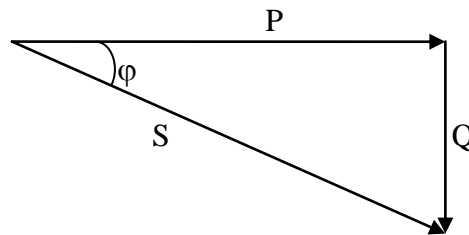


Figure III.2- Composition vectorielles des puissances.

### III.2.3- Energie Réactive

Lorsque l'énergie active (Wh) transite par le réseau électrique sous forme de courant alternatif, sa circulation donne lieu à des flux complémentaires. Ces flux sont qualifiés d'énergie réactive (VARh).

L'énergie réactive est liée aux champs électromagnétiques inhérents au fonctionnement des appareils.

#### III.2.3.1- Les types d'énergie réactive

##### ➤ L'énergie réactive inductive

L'énergie réactive inductive est plutôt générée par les moteurs, ou encore les transformateurs. Pour les charges inductives, une puissance est nécessaire pour magnétiser les bobines.

### ➤ L'énergie réactive capacitive

L'énergie réactive capacitive, elle, est provoquée par des équipements électroniques comme les condensateurs et des longs câbles. Pour charger cette capacité, cela nécessite de l'énergie.

#### III.2.3.2- Les principaux consommateurs

Les principaux consommateurs de l'énergie réactive sont les gros consommateurs, notamment dans l'industrie qui utilisent des machines à souder, des fours à induction et à arc, des moteurs asynchrones, des transformateurs ou encore des lampes à fluorescence. Ce sont les équipements qui génèrent un champ magnétique pour fonctionner.

Également, avec l'usure et le temps, certaines machines industrielles se détériorent et peuvent provoquer une forte puissance réactive.

#### III.2.3.3- La circulation de l'énergie réactive

La circulation de l'énergie réactive à deux conséquences :

- L'augmentation de courant : ce qui conduit à un échauffement de liaisons et des transformateurs et des pertes plus importantes, ce qui peut aller jusqu'à surdimensionner les installations du réseau de transport comme celles du site client engendrant des coûts supplémentaires
- Les variations de tension : Lorsque la consommation d'électricité est élevée, la consommation d'énergie réactive accentue les chutes de tension. A l'extrême, celle-ci peuvent accélérer la survenue d'un effondrement de tension sur le réseau.

### III.3- Facteur de puissance

Le facteur de puissance est un indicateur de la qualité de la conception et de la gestion d'une installation électrique, il est le rapport de la puissance active P (W) sur la puissance apparente S (VA) : [1]

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (\text{III } 7)$$

La valeur du facteur de puissance sera comprise entre 0 et 1.

### III.3.1- Avantages d'un bon facteur de puissance

Un bon facteur de puissance permet d'optimiser une installation électrique et apporte les avantages suivants :

- La suppression de la facturation d'énergie réactive
- La diminution de la puissance souscrite.
- La limitation des pertes d'énergie active dans les câbles compte-tenu de la diminution de l'intensité véhiculée dans l'installation
- L'amélioration du niveau de tension en bout de ligne
- L'apport de puissance disponible supplémentaire au niveau des transformateurs de puissance si la compensation est effectuée au secondaire.

### III.3.2- Inconvénients d'un mauvais facteur de puissance

- nécessite d'avoir des alternateurs et des transformateurs plus importants,
- posséder une tension plus élevée au départ de la ligne,
- besoin d'avoir des lignes de plus forte section,
- pertes Joules plus élevées,
- appareils de contrôle, de protection et de coupure plus importants. [5]

Pour une même puissance active  $P$  utilisée, la figure III-3 montre qu'il faut fournir d'autant plus de puissance apparente ( $S_2 > S_1$ ) que le  $\cos\varphi$  est faible, c'est-à-dire, que l'angle est élevé. [4]

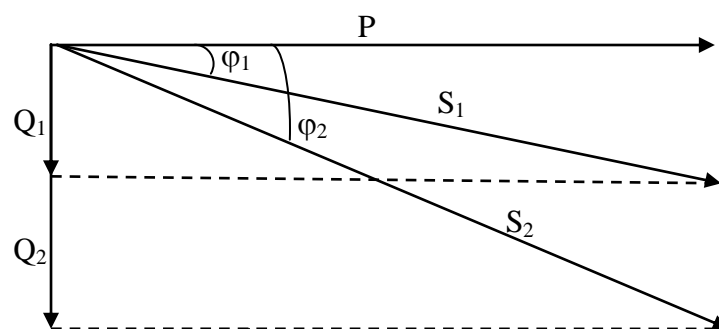


Figure III.3- Influence du  $\cos\varphi$  sur la valeur du courant apparent.

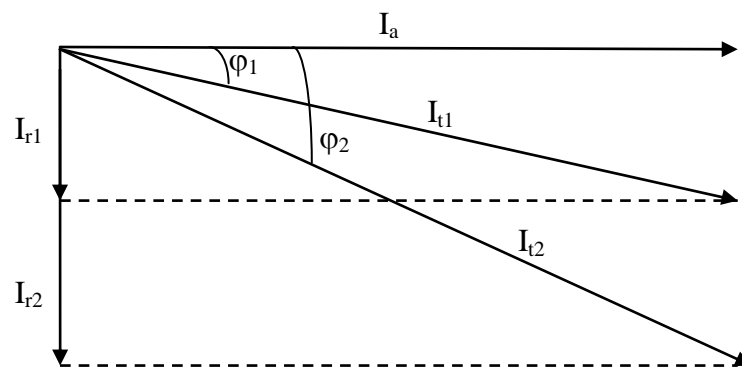
Avec :

$Q_1, Q_2$  : Puissance réactive avec  $Q_1 < Q_2$

$\varphi_1, \varphi_2$  : Déphasages avec  $\varphi_1 < \varphi_2$

$S_1, S_2$  : Puissances apparentes

De façon identique (voir figure III-4) pour un même courant actif utilisé  $I_a$  (pour une tension  $U$  constante) il faut fournir d'autant plus de courant ( $I_2 > I_1$ ) que le  $\cos\varphi$  est faible (l'angle élevé)



**Figure III.4-** Influence du  $\cos\varphi$  sur la valeur du courant apparent

Avec :

$I_{r1}, I_{r2}$  : Courant réactif avec  $I_{r1} < I_{r2}$

$I_{t1}, I_{t2}$  : Courant apparent.

### ➤ Les causes d'un mauvais facteur de puissance

Même une installation bien dimensionnée consomme une certaine énergie réactive et par conséquent la diminution de la puissance apparente absorbée par les éléments de cette installation.

Et dans ce cas un mauvais facteur de puissance est obtenu.

### III.3.3- L'amélioration du facteur de puissance

Le facteur de puissance inférieur à 1 exige que la source d'alimentation fournisse plus de courant et de puissance nécessaire de base, et ainsi les composants du système devraient être augmenté tel que les sections des câbles.

Donc son amélioration est nécessaire pour augmenter l'efficacité des équipements.

### III.3.3.1- Par action directe sur l'installation

Le but de cette amélioration est de faire un changement au niveau de l'installation en modifiant les équipements qui provoquent un  $\cos\phi$  faible,

Comme : [6]

- limiter les machines à vide ou à faibles charges des transformateurs et des moteurs
- Une utilisation en faibles charge pour les moteurs pendant de longues durées d'un couplage étoile au lieu d'un couplage triangle.
- Adopter un transformateur supplémentaire pour alimenter les circuits des protections et d'éclairage.

### III.3.3.2- Par action indirecte

Contrairement à l'amélioration directe, cette action consiste à produire de l'énergie réactive pour compenser celle consommée par l'installation,

À l'aide : [6]

- Des batteries de condensateurs
- Des compensateurs statiques
- Des compensations synchrones

### III.3.4- La valeur $\tan \phi$

La tangente Phi ( $\tan \phi$ ) est un indicateur de consommation d'énergie réactive, Elle est égale au rapport de la puissance réactive à la puissance active consommée. [1]

$$\tan \phi = \frac{Q}{p} = \frac{\text{Puissance réactive}}{\text{Puissance active}} \quad (\text{III } 8)$$

## III.4- Compensation de l'énergie réactive

La circulation de la puissance réactive dans une installation industrielle provoque un appel de courant très important, il faut donc compenser cette puissance pour réduire ce courant par une autre source d'énergie réactive.



### III.4.1- Moyens de compensation de l'énergie réactive

La compensation de la puissance réactive peut être réalisée de plusieurs manières, on peut définir :

#### III.4.1.1- Compensation synchrone

Les compensateurs synchrones sont des moteurs Synchrones sans charge, l'excitation est réglée Pour fournir ou absorber la puissance réactive. [7]

Le grand avantage de ces compensateurs synchrones est que la puissance réactive produite peut être variée en faisant varier l'excitation du moteur. La régulation peut être effectuée sur la consigne de tension ou le facteur de puissance de l'installation.

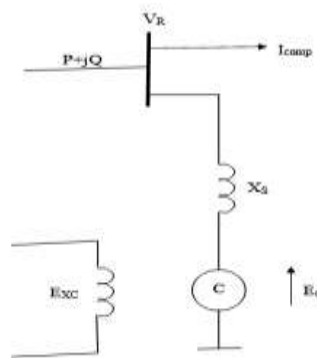


Figure III.5- Schéma explicatif d'un compensateur synchrone.

#### III.4.1.2- Compensateur statique

Un compensateur statique de puissance réactive (en anglais SVC, Static VAR Compensator), est un dispositif électronique de puissance qui permet de réduire la puissance réactive dans les installations électriques. Il appartient au groupe FACTS.

Il est composé d'un banc de condensateur qui fournit du réactif d'un gradateur triphasé à thyristors faisant varier de façon continue le courant dans des inductances, qui consomme l'excès de réactif.

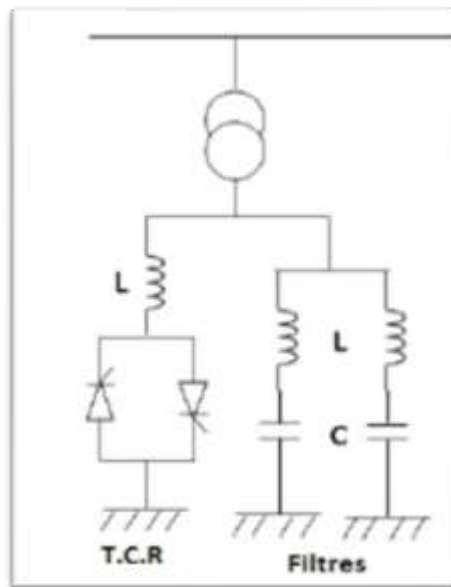


Figure III.6- Schéma explicatif d'un compensateur statique.

### III.4.1.3- Compensation par des batteries de condensateurs

C'est un dispositif permettant de compenser la puissance réactive et constitué principalement d'un groupe de condensateurs montés en étoile ou en triangle, un groupe de condensateurs appelé gradin et un groupe de gradins appelé batterie.

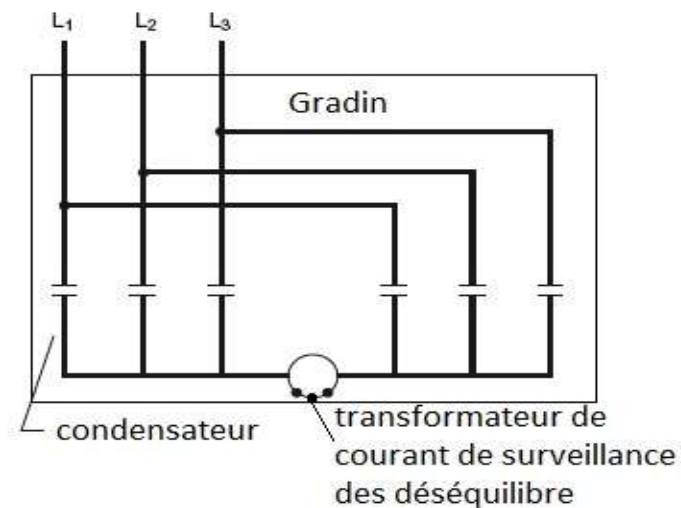


Figure III.7- Schéma explicatif d'une batterie de condensateur

## III.5- Les batteries de condensateurs

La compensation par des batteries de condensateurs en basse tension peut se réaliser par :

- **Des condensateurs fixes** : Ces condensateurs ont une puissance unitaire constante et peuvent être mis en œuvre :

**Manuelle** : commande par disjoncteur ou interrupteur,

**Semi-automatique** : commande par contacteur électrique,

**Directe** : asservie aux bornes d'un récepteur. [1]

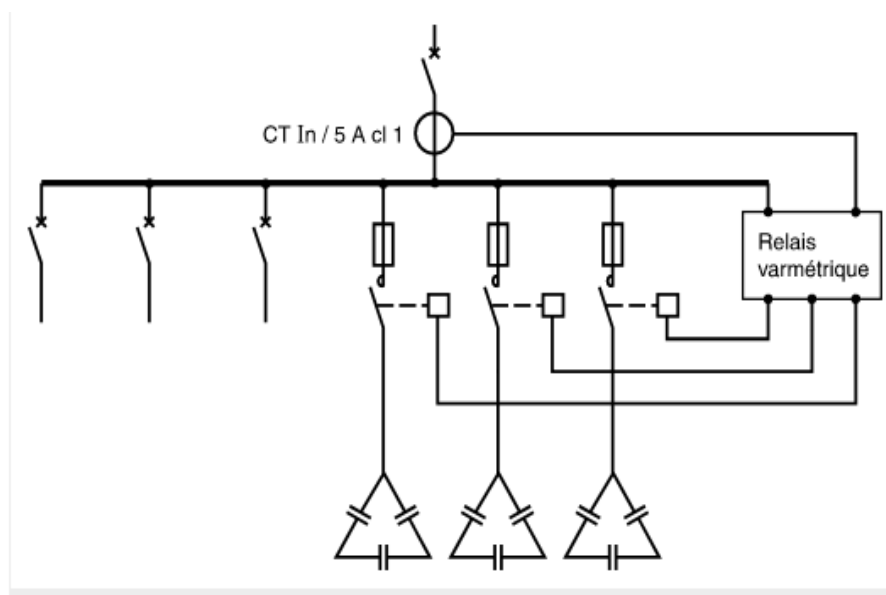
Ils peuvent être utilisés au borne d'un récepteur de type inductif, au bornes d'un jeu de barres ou ce trouve des récepteurs de faible puissance et en dit que la compensation est fixe

$$\text{Si } \frac{Q_c}{S_n} \leq 15\%.$$

➤ **Batterie de condensateurs à régulation automatique**

Ce type d'équipement permet d'ajuster la puissance réactive fournie aux variations de consommation, et ainsi de maintenir le  $\cos\varphi$  à la valeur désirée. Les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du  $\cos\varphi$  est détectée par un relais varométrique qui commande  $\cos\varphi$  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. [8]

Il est utilisé dans les cas où la puissance réactive ou la puissance active consommée varie dans des proportions importantes, c'est-à-dire principalement : aux bornes des tableaux généraux BT, ou pour les gros départs et en dit que la compensation est automatique si  $\frac{Q_c}{S_n} > 15\%$ .



**Figure III.8-** Schéma explicatif d'une batterie à régulation automatique.

### III.5.1- Avantages et Inconvénients des batteries de condensateurs

Les batteries ont les avantages de tous les équipements statiques [9]

- Absence d'usures mécaniques ;
- Entretien réduit ;
- Pertes faibles ;
- Elles occupent un faible volume ;
- Installation facile ;
- La durée de vie est en générale de 10 à 12 ans ;

Les batteries ont également certaines limites :

- Difficulté à ajuster La puissance réactive fournie ;
- La puissance réactive fournie varie avec la tension d'alimentation ;

### III.5.2- Les caractéristiques des batteries de condensateur

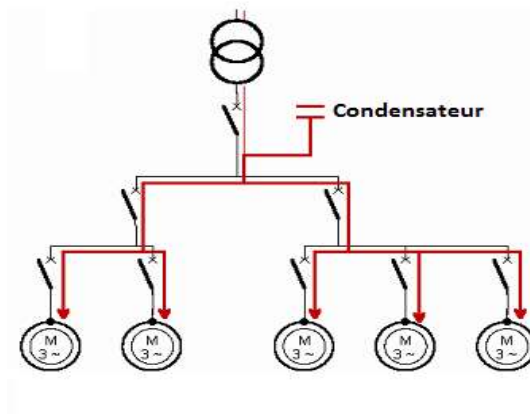
On trouve sur les plaques signalétiques des batteries de condensateur les caractéristiques suivantes : [9]

- La tension nominale  $U_n$ (KV) ;
- Le courant nominal  $I_n$  (A)
- La puissance nominale  $Q_n$  (KVAR) ;
- La fréquence  $f$ (Hz) ;
- La catégorie de température ;
- Tension auxiliaire de commande  $U_{aux}$ (V) ;
- Degré de protection ;

### III.5.3- La localisation des batteries de compensation

#### III.5.3.1- Compensation globale

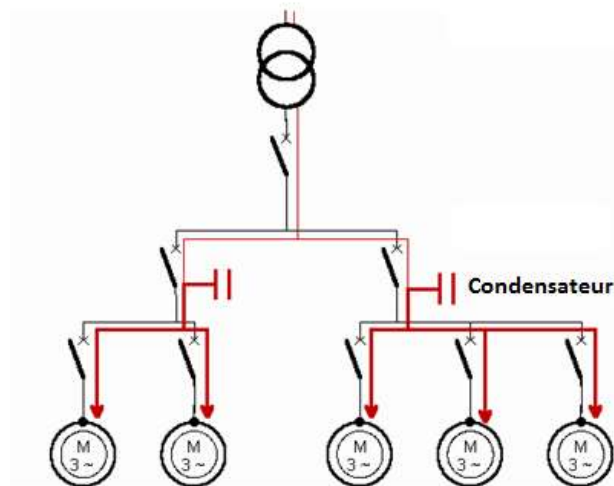
On utilise la compensation globale pour une charge stable et continue; La batterie est fixée sur la tête du module de montage basse tension et assure la compensation de toute l'installation. La batterie reste en service en permanence pendant le fonctionnement normal de l'installation.



**Figure III.9-** Schéma explicatif d'une compensation globale [10]

### III.5.3.2- Compensation partielle

Une compensation partielle est recommandée lorsque l'installation est importante et comprend des ateliers avec différentes charges ; la batterie est fixée aux jeux de barre du tableau de distribution.



**Figure III.10-** Schéma explicatif d'une compensation partielle. [10]

### III.5.3.3- Compensation individuelle

La batterie est directement connectée à la borne de charge et cette compensation est recommandée pour les charges de forte puissance.

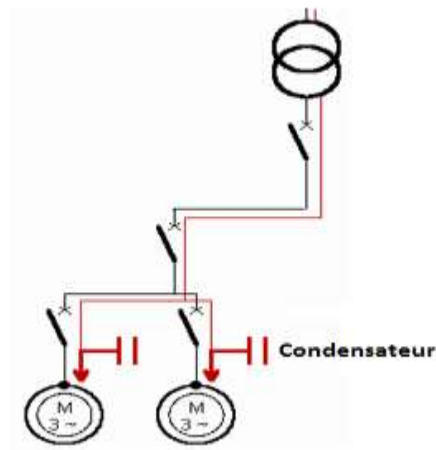


Figure III.11- Schéma explicatif d'une compensation individuelle [10]

### III.5.4- Choix de branchement des batteries

#### III.5.4.1- Couplage Etoile pour la batterie de condensateur

Les condensateurs sont couplés en étoile donc ils sont soumis à une tension simple (phase et neutre), La puissance fournie par les condensateurs : [10]

$$Q_c = U^2 * C * \omega = P * (\tan\varphi - \tan\varphi') \quad (\text{III } 9)$$

$$C = P * \frac{\tan\varphi - \tan\varphi'}{U^2 * \omega} \quad (\text{III } 10)$$

Batterie montée en double étoile, permettant de détecter un déséquilibre entre les deux neutres par un relais approprié. [9]

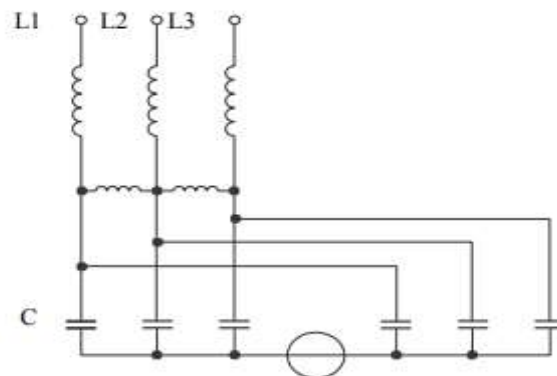


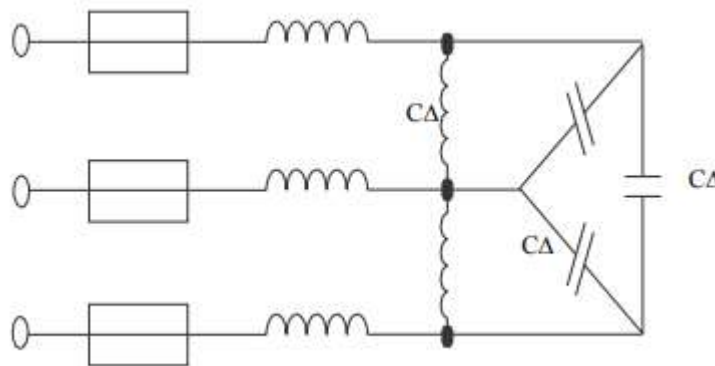
Figure III.12- Montage double étoile d'une batterie de compensation

### III.5.4.2- Couplage Triangle pour la batterie de condensateur

Les condensateurs sont couplés en triangle donc ils sont soumis à une tension composée (entre phase), La puissance fournie par les condensateurs : [10]

$$Q_c = 3U^2 * C * \omega = P * (\tan \varphi - \tan \varphi') \quad (\text{III } 11)$$

$$C = P(\tan \varphi - \tan \varphi') / (3U^2 \omega) \quad (\text{III } 12)$$



**Figure III.13-** Schéma explicatif d'un montage triangle d'une batterie de compensation

### III.5.5- Mise en œuvre des batteries de condensateur

#### III.5.5.1- La technologie

Les condensateurs sont constitués de deux fines plaques métalliques conductrices séparées par un diélectrique pour former un ensemble compact. [11] les condensateurs en moyenne tension comprennent un film auto-cicatrisant de polypropylène métallisé sous la forme d'un rouleau de deux films, ce processus permet de régénérer le condensateur en cas de défaut. [1]

#### III.5.5.2- Les caractéristiques d'un condensateur

Les Principales caractéristiques des condensateurs, suivant la norme CEI 60831-1/2 : [1]

**Tableau III. 1-** Les Principales caractéristiques des condensateurs

Tolérance de capacité	-5 % à +10 % pour éléments et batteries jusqu'à 100 KVAR -5 % à +5 % pour éléments et batteries au- delà de 100 KVAR
-----------------------	---

Gamme de température	Min : de -50 à +5° Max : de +40 à +55°
Intensité de surcharge admissible	1.3*In
Dispositif de décharge	Jusqu'à 75V en 3 min ou moins
Tension de surcharge admissible	1,1 x U <sub>N</sub> , 8 h toutes les 24 h 1,15 x U <sub>N</sub> , 30 min chaque 24 h 1,2 x U <sub>N</sub> , 5min 1,3 x U <sub>N</sub> , 1min 2,15 x U <sub>N</sub> pour 10 s (type test)

### III.5.6- Protection des batteries de condensateur

#### III.5.6.1- Protection externe

La protection externe des condensateurs peut se réaliser par : [12]

- Par un disjoncteur :
  - Relais thermique, réglage entre 1,3 et 1,5 In.
  - Relais magnétique réglage entre 5 et 10 In.
- Par fusibles HPC type GI calibre 1,4 à 2 In.

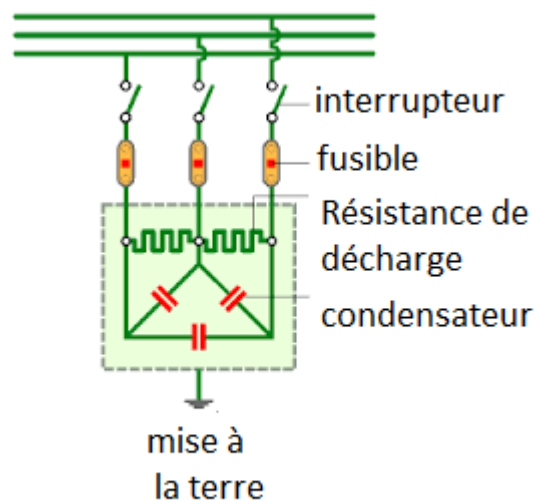
In : intensité nominale du condensateur.

$$I_n = \frac{Q_c}{\sqrt{3} * U_n} \quad (\text{III } 13)$$

- Organe de manœuvre

Il est nécessaire d'utiliser un système de compensation à commutation très rapide par contacteurs statiques, et pour limiter le courant d'appelle lors de l'enclenchement, on met en série des résistances pré-charge et des fusibles de protection.





**Figure III.14-** Schéma explicatif d'une protection externe d'une batterie de compensation

➤ Self de choc

L'installation de self de choc monophasée en série sur chaque phase de la batterie, permet la réduction des courants d'enclenchement à des valeurs acceptables pour l'organe de manœuvre correspondant.

➤ Dimensionnement des câbles

Les normes en vigueur des condensateurs sont établies pour que ceux-ci supportent une surcharge permanente de 30 % en intensité. Ces normes autorisent également une tolérance maximale de 10 % sur la capacité nominale.

Les câbles devront donc être dimensionnés au minimum pour :

$$I_{\text{cable}} = 1,1 * 1,3 * I_n \quad (\text{III } 14)$$

1,1 : pour tenir compte des tolérances de la tension du réseau.

1,3 : pour tenir compte des courants supplémentaires dus aux harmoniques.

### III.5.6.2- La protection interne

Pour protéger les batteries intérieurement on utilise : [12]

- Film métallisé auto-cicatrisant
- Fusibles internes

➤ Déconnecteurs à surpression

### III.6- Dimensionnement des batteries

On choisit le montage triangle des condensateurs parce qu'il est économique et ne prend pas beaucoup d'espace.

#### III.6.1- Dimensionnement de la batterie aux bornes du TGBT de l'unité sucre liquide

Tableau III.2- Charges totales du TGBT du sucre liquide

$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	$\cos\varphi$	$I$ (A)
432642,241	214025,3092	482686,3803	0,899	696,697

Pour dimensionner la batterie on doit calculer la puissance compensée  $Q_c$  par la méthode suivante :

Nous avons le facteur de puissance moyen  $\cos\varphi = 0.899$  d'où  $\text{tg}\varphi = 0.487$

On désire élever le facteur de puissance à  $\cos\varphi' = 0.96$  d'où  $\text{tg}\varphi' = 0.291$

La puissance réactive équivalente de la batterie : D'après l'équation (III 11)

$$Q_c = 432642,241 * (0.487 - 0.291)$$

$$Q_c = 84797,879 \text{ VAR}$$

La capacité de la batterie de condensateur

$$C = \frac{84797,879}{3 * 400^2 * 2\pi 50}$$

$$C = 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ F}$$

Type de compensation

Calcul du rapport  $\frac{Q_c}{S_{ui}}$  :

$$\frac{Q_c}{S_{ui}} = \frac{84797,879}{482686.3803} = 17,56\% > 15\%$$

Donc la compensation se fait par une batterie à régulation automatique.

➤ **Choix de la batterie de condensateurs**

D'après l'étude et les résultats obtenus, nous proposons d'installer aux bornes du TGBT sucre liquide une batterie de type Schneider avec les caractéristiques suivants :

**Tableau III.3-** Caractéristiques de la batterie sucre liquide.

Tension du réseau	400 V CA 50 Hz
Puissance réactive	100 KVAR
Mode opératoire	Automatique
Gamme	VarSet
Nom de l'appareil	VarSet automatique



**Figure III.15-** Batterie de condensateur proposée pour le TGBT sucre liquide

- **Détermination du calibre du disjoncteur :**

On calcule le courant nominal

$$\text{D'après la relation (III 13)} \quad I_n = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 144,33 \text{ A}$$

La protection thermique       $1,36 * I_n = 1,36 * 144,33 = 196,29 \text{ A}$

La protection magnétique       $10 * I_n = 144,33 * 10 = 1443,3 \text{ A}$

- **Détermination des câbles de puissance**

Le courant de dimensionnement

D'après la relation (III 14) :  $I_{\text{cable}} = 1,1 * 1,3 * 144,33 = 206,39 \text{ A}$

La section de câble

On a une batterie de 100KVar/400V donc d'après le tableau n° 9 dans l'annexe on prend  $S=70\text{mm}^2$

### III.6.2- Dimensionnement de la batterie aux bornes du TGBT de l'unité sucre roux :

Du bilan de puissance total de l'unité sucre roux on a :

**Tableau III.4-** Données du TGBT sucre roux.

$P_{ui}$ (W)	$Q_{ui}$ (VAR)	$S_{ui}$ (VA)	$\text{Cos}\varphi$	$I$ (A)
1236068,92	678067,272	1409837,44	0,87	2034.92

Nous avons le facteur de puissance moyen  $\text{cos}\varphi = 0.87$  d'où  $\text{tg}\varphi = 0.544$

On désire élever le facteur de puissance à  $\text{cos}\varphi = 0.96$  d'où  $\text{tg}\varphi' = 0.291$

La puissance réactive équivalente de la batterie

$$Q_c = 1236068,92(0.544 - 0.291)$$

$$Q_c = 312725,43 \text{ VAR}$$

La capacité de la batterie de condensateurs

$$C = \frac{312725,43}{3 * 400^2 * 2\pi 50}$$

$$C = 2.07 \cdot 10^{-3} \text{ F}$$

### Type de compensation

Calcul du rapport  $\frac{Q_c}{S_{ui}}$  :

$$\frac{Q_c}{S_{ui}} = \frac{312725,43}{1409837,44} = 22,16\% > 15\%$$

Donc la compensation se fait par une batterie à régulation automatique.

#### ➤ **Choix de la batterie de condensateurs :**

Nous proposons d'installer aux bornes du TGBT sucre roux une batterie de type Schneider avec les caractéristiques suivants :

**Tableau III.5-** Caractéristiques de la batterie de l'installation sucre roux.

Tension du réseau	400 V CA 50 Hz
Puissance réactive	350 KVAR
Mode opératoire	Automatique
Gamme	VarSet
Nom de l'appareil	VarSet automatique



**Figure III.16-** Batterie de condensateurs proposée pour le TGBT sucre roux.

- **La détermination de calibre de disjoncteur :**

On calcule le courant nominal

D'après la relation (III 13)  $I_n = \frac{350000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 505,181 \text{ A}$

La protection thermique  $1,36 * I_n = 1,36 * 505,181 = 687,046 \text{ A}$

La protection magnétique  $10 * I_n = 10 * 505,181 = 5051,81 \text{ A}$

- **La détermination des câbles de puissance**

Le courant de dimensionnement

D'après la relation (III 14) :  $I_{\text{cable}} = 1,1 * 1,3 * 505,181 = 722,41 \text{ A}$

La section de câble

On a une batterie de 350KVAR/400v donc d'après le tableau N°9 dans l'annexe on prend  $S=2*185 \text{ mm}^2$

### III.7- Comparaison avant et après compensation

#### 1) Comparaison de la charge totale de l'installation

**Tableau III.6-** Charge total de l'installation avant et après la compensation

		Avant la compensation	Après la compensation
Puissance active de l'installation	$P_{ut}$	1802208,05	1802208,05
Puissance réactive de l'installation	$Q_{ut}$	963459,9855	534134,814
Puissance apparente de l'installation	$S_{ut}$	2043577,485	1879695,15
Courant d'emploi de l'installation	$I_e$	2949,65	2713,11
Facteur de puissance de l'installation	$\cos\varphi$	0,88	0,96

Nous constatons une diminution visible de la puissance réactive qui a baissé de plus de 400KVA grâce à l'installation des batteries de condensateurs ce qui engendre l'augmentation du facteur de puissance et la réduction du courant.

## 2) Comparaison des sections de câbles

Avant compensation, la section du câble au départ du transformateur était de :

$$S=300*8_{mm^2}$$

Nous allons redimensionner la section du même câble étant donné qu'avec la compensation de l'énergie réactive, le courant de l'installation a diminué.

### ➤ Courant d'emploi

$$I_e = 2713,11A \rightarrow I_e = \frac{2713,11}{7} = 387,58 A$$

- Courant admissible

On a  $K=0,53$

$$\text{Donc } I'_{ad} = \frac{387,58}{0,53} = 731,29 A$$

On prend  $I_{ad} = 741A$

- Choix de la section

Suite à ces calcul la section choisie est  $S_j=300*7mm^2$

- Vérification de la section selon la chute de tension

D'après la loi (II 20) :

$$\Delta u = \sqrt{3} * 387,58 * \left( \frac{0,0225 * 45}{300} * 0,88 + 0,09 * 10^{-3} * 45 * 0,47 \right)$$

$$\Delta u = 3,27V$$

En pourcentage on aura :  $\frac{3,27}{400} = 0,81\%$

La chute de tension calculée est inférieure à la chute de tension admissible (8%), donc la section choisie est convenable :  $S_z = 300 * 7 \text{ mm}^2$ .

Nous constatons que la section de câble au départ du transformateur a diminué.

A l'aide de la compensation de l'énergie réactive par installation des batteries condensateurs, l'amélioration est constatable.

### III.8- Conclusion

L'énergie qui servait à fabriquer des champs électromagnétiques, a été compensée par des condensateurs qui se comportent comme des générateurs fournissant cette énergie réactive.

A l'aide de l'amélioration du facteur de puissance  $\cos\phi$ , plusieurs facteurs ont été améliorés tel que la puissance totale de l'installation ainsi que la section du câble vu la diminution du courant absorbé. Et ceci grâce aux deux batteries de condensateurs dimensionnées.



## Conclusion Générale

Les industriels sont contraint à chercher des solutions leurs permettant d'accroître la puissance disponible tout en continuant à alimenter les éléments avec une énergie sûre et de bonne qualité.

Objectif de cette étude est de répondre au problème posé par le complexe Cevital qui consiste à relier électriquement deux unités du sucre roux et du sucre liquide, déjà existantes séparément, en une seule unité appelée sucres spéciaux. Cette unification oblige la correction de la circulation de l'énergie réactive dans l'installation dont l'augmentation mène à la réduction du facteur de puissance qui engendre de nombreux inconvénients :

- L'augmentation des pertes,
- L'augmentation des chutes de tension,

Nous avons identifié les équipements électriques de l'installation en recueillant les données de chaque élément dont la puissance installée, le courant, le facteur de puissance et la tension.

Ensuite, nous avons établi un bilan de puissance et calculé la charge totale pour ainsi dimensionner un transformateur de distribution de l'installation, et la détermination du courant total d'emploi et la section de câble au départ d'un transformateur.

La dernière partie a été consacrée à la compensation de l'énergie réactive en posant un facteur de puissance désiré. Nous avons adopté des compensations partielles à cause de la différence des charges des unités du sucre liquide et du sucre roux. Nous avons obtenu et choisis les condensateurs respectifs suivants : VarSet automatique de 100KVAR et 350KVAR de la marque Schneider. Ces condensateurs sont implémentés respectivement au niveau du jeu de barre des TGBT des deux unités. A travers la superposition, nous avons calculé la puissance réactive et la capacité équivalente des deux batteries de condensateurs.

Enfin, nous avons achevé ce travail par une comparaison des données de l'installation avant et après compensation.

---

## Références bibliographiques

[1] : Schneider Electric, collection technique, « Guide de l'installation électrique », Norme internationales CEI et nationales françaises NF, Edition 2017.

[2] : Abderhmen Aloui, «Dimensionnement d'une installation électrique BT», Ingénieur d'étude électrique, IUT de Toulon, France, 2019/2020.

[3] : S. Chaou, M. Bounecer, «Etude et dimensionnement technique d'une installation électrique industrielle », mémoire de fin d'étude en électrotechnique industrielle, université A. Mira Bejaïa, 2019/2020.

[4]: Schneider Electric, collection technique, «Guide de la compensation d'énergie réactive et du filtrage des harmoniques». Guides experts basse tension N°6, France, 2001.

[5] : Positron-libre, « Cosinus phi et facteur de puissance » CopyrightDepot n°50298, <https://www.positron-libre.com>, consulté le 01/06/2022.

[6] : Aristide Quillet, « Encyclopédie des sciences industrielles (Electricité, électronique générale) », France, 1977

[7] : Présentation des moyens de compensation, [www.eduscol.education.fr](http://www.eduscol.education.fr), consulté le 25/05/2022.

[8] : A. Gherbi « Chapitre 8 : COMPENSATION DE L ' ENERGIE REACTIVE», université Ferhat Abbas Sétif 1, 2017/2018.

[9] : L. Touati, F. Sifouane, «Compensation de l'énergie réactive au niveau de l'hôpital d'Azazaga», Mémoire de fin d'étude en réseaux électrique, Université M. Mammeri de Tizi-ouzou, 2009/2010.

[10] : Electronic71, « Compensation de l'énergie réactive », 2016, en ligne [www.electronique71.com](http://www.electronique71.com), consulté le 24/05/2022.

[11] : RADIOMAN33, « Technologie des condensateurs », en ligne [www.radioman33.com](http://www.radioman33.com), date de mise à jour 02/07/2021, consulté le 23/05/2022.

[12] : H. Samaoui, «Compensation de l'énergie réactive d'une installation industrielle MT/BT (HTA/BTB) », mémoire fin d'étude en ingénierie des systèmes électromécanique, Université M. Boudiaf, M'sila, 2015/2016.

## Annexe

### Transformateurs immergés dans un diélectrique liquide

<b>S<sub>n</sub></b>	<b>kVA</b>	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>U<sub>cc</sub> (1)</b>	<b>%</b>	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
<b>I<sub>n</sub> (2)</b>	<b>A</b>	72	144	231	361	577	909	1155	1443	1804	2309	2887	3608
<b>R<sub>t</sub></b>	<b>mΩ</b>	43.7	21.9	13.7	8.7	5.5	3.5	4.1	3.3	2.6	2.1	1.6	1.3
<b>X<sub>t</sub></b>	<b>mΩ</b>	134.1	67	41.9	26.8	16.8	10.6	12.6	10	8.1	6.3	5	4
<b>I<sub>ca</sub> (2)</b>	<b>kA</b>	1.8	3.6	5.8	9.0	14.3	22.7	19.1	24.1	29.8	38.2	48.3	60.3
<b>Disjoncteur</b>		XT1B160 XT2N160	XT1B160 XT2N160	XT3N250 XT4N250	T5N400	T6N630 E1.2B630	T7S1000 E1.2B1000	T7S1250 E1.2B1250	E1.2B1600 E2.2B1600	E2.2B2000	E2.2N2500	E4.2N3200	E4.2N4000

**Tableau N° 1 : Caractéristique des transformateur MT/BT [9]**

## Lettre de sélection

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

**Tableau N° 2 : la lettre de sélection**

## Facteur de correction K1

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

Tableau N°3 : valeurs de facteur K1 de correction liée au mode de pose

## Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2												
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70			
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61			
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72			
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78			

Tableau N°4 : valeurs de facteur de correction K2 liée aux nombre de circuit ou câble

## Facteur de correction K3

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

Tableau N°5 : valeurs de facteur de correction K3 liée à la température ambiante

lettre de sélection	B	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC				butyle ou PR ou éthylène PR				
		PVC3	PVC2			PR3	PR3	PR2		
	C		PVC3			PVC2	PR3	PR2		
	E			PVC3			PVC2	PR3	PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3	PR2	
section cuivre (mm <sup>2</sup> )	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	28	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	38	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm <sup>2</sup> )	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
630					711	808	899		996	

Tableau N°6 : détermination de la section minimale

QC/Sn	Type de compensation
$\leq 15\%$	Fixe
$\geq 15\%$	A régulation automatique

**Tableau N°7 : choix de type de compensation**

Configuration	Rang harmonique					THDu max (%)	$I_{MP}/I_N$
	3	5	7	11	13		
Condensateurs standard						5	1,5
Condensateurs Heavy Duty						7	1,8
Condensateurs + inductance 5,7%	0,5	5	4	3,5	3	10	1,31
Condensateurs + inductance 7%	0,5	6	4	3,5	3	8	1,19
Condensateurs + inductance 14%	3	8	7	3,5	3	6	1,12

**Tableau N°8 : surcharge admissible en courant typique**



Puissance batterie (kvar)		Cuivre section [a]	Aluminium section [a]
230 V	400 V	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
5	10	2,5	16
10	20	4	16
15	30	6	16
20	40	10	16
25	50	16	25
30	60	25	35
40	80	35	50
50	100	50	70
60	120	70	95
70	140	95	120
90-100	180	120	185
	200	150	240
120	240	185	2 x 95
150	250	240	2 x 120
	300	2 x 95	2 x 150
180 - 210	360	2 x 120	2 x 185
245	420	2 x 150	2 x 240
280	480	2 x 185	2 x 300
315	540	2 x 240	3 x 185
350	600	2 x 300	3 x 240
385	660	3 x 150	3 x 240
420	720	3 x 185	3 x 300

**Tableau N°9 :** section des câbles de raccordement des batteries de condensateur de moyenne et forte puissance