

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université A. Mira-Bejaia
Faculté de la technologie
Département de génie électrique



Mémoire de fin de cycle

En vue d'obtention du diplôme de Master en
Electrotechnique

Option : Réseaux Electriques

Thème

*Etude de la distribution électrique et
circuits auxiliaires
d'une usine de transformation de fruits
à Ait Mansour - Bouira -*

Réalisé par :

Mr OUAMARA Daoud

Encadré par :

Promoteur: Mr MEDJOUDJ Rabah
Co-promoteur: Mr MEDJOUDJ Rafik

Présenté devant le jury:

Mr ZIANE KHODJA A.

Mr MEZIANI S.

2011/2012

REMERCIEMENTS

En premier lieu je remercie Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce travail.

*Je tiens à exprimer ma très grande gratitude et profonds respects à M^r **MEDJOU DJ Rabah**, mon encadreur pour l'aide précieuse qu'il m'a apporté tout au long de ce travail, je le remercie pour m'avoir inculqué le sens de travail.*

Mes sincères remerciements aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils me font en participant au jugement de ce travail.

*Toute ma gratitude pour le personnel de la société **SO.P.E.R.I.E**, en particulier M^r **DJOUADI Rabah**.*

*Je tiens à remercier M^r **MEDJOU DJ Rafik** pour son aide, disponibilité et conseils.*

Aucun travail n'est possible dans l'isolement. Les rencontres, les conseils et les encouragements constituent des aides précieuses souvent décisives. Je tiens à remercier ici, tous ceux qui ont contribué à ce travail, parfois sans le savoir ou du moins sans mesurer la portée de leurs influences.

Merci



DEDICACES

Je dédie ce travail :

A ceux qui ont été ma source de volonté, de courage, d'amour et de combat pour avoir le gout de réussite dans la vie : « Mes chers parents ».

*A mes très chers frères et sœurs : Yacine, Hassiba, Fatima, Leila,
Oualid.*

A ma grande sœur Karima, son mari H'mimi et sa petite progéniture :

Lamia, Sofiane et Sara, ainsi que la famille AREZKI.

A toute la famille OUAMARA.

A toute la famille TAKHEDMIT d'Akbou, en particulier Meziane.

A tous mes amis : Fahim, Moh, Sparow, Amar, Poulou, Bahtouche,

Guru, Ahcene, Rafik, Redouane, z'denou, Salah, Chawki, Almire,

Amrane, Adel, Mohand, Nabil, Ba3danour, Moumouh...

Au petit BILAL et sa maman MALTOUTA.

A toute la promotion électrotechnique 2012, en particulier le groupe

réseaux électriques et son unique fille B.Naima.

*A tous ceux qui contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation
de ce travail.*

SOMMAIRE

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

CHAPITRE I : Expression des besoins en énergie électrique

Partie A : Etude théorique

Introduction	3
I.1. Définition des récepteurs	3
I.1.1. L'éclairage	4
I.1.2. Circuits de puissances	7
I.2. Calcul de puissance	7
I.2.1. Facteur d'utilisation (K_u)	7
I.2.2. Facteur de simultanéité (K_s)	8
I.2.3. Facteur d'extension (K_e)	8
I.2.4. Puissance utile	8
I.2.4.1. Puissance utile d'une charge (P_{ui})	8
I.2.4.2. Puissance utile dans une branche (P_{uj})	8
I.3. Compensation de l'énergie réactive	9
I.3.1. Le facteur de puissance	10
I.3.2. Influence du facteur de puissance	11
I.3.3. Moyens de compensation	11
I.3.3.1. Batteries fixes	12
I.3.3.2. Compensation automatique	12
I.3.3.3. Choix entre la compensation automatique et batterie fixe	12
I.3.4. Choix de localisation des batteries de condensateurs	12
I.3.4.1. Compensation globale	12
I.3.4.2. Compensation partielle	13
I.3.4.3. Compensation individuelle	13
I.3.5. Problèmes liés aux harmoniques	14
I.3.6. Détermination du type de batterie	14

Partie B : Application au cas pratique « Usine STPA »

I.1. Eclairage	16
I.1.1. Eclairage classique	16

I.1.2. Eclairage des chambres froides	18
I.1.3. Eclairage extérieur	19
I.2. Forces motrices	19
I.3. Puissance des prises de confort	20
I.4. Estimation de la puissance souscrite au poste de transformation MT/BT	21
I.5.1. Alimentation de remplacement	25
I.4.2. Principe de la distribution dans le cas où toute l'installation est secourue	26
I.4.3. Calcul de la puissance réactive compensée	27
Conclusion	27

CHAPITRE II : Régime du neutre et protection

Introduction	28
II.1. Chocs électriques	28
II.1.1. Contact direct	29
II.1.2. Contact indirect	30
II.2. La protection électrique	30
II.2.1. Protection contre les surintensités	31
II.2.2. Protection contre les défauts d'isolement	31
II.2.3. Le sectionnement	31
II.2.4. Commande des circuits	31
II.3. Protection des moteurs	31
II.3.1. Protection contre le démarrage incomplet ou trop long	31
II.3.2. Protection contre les surcharges	31
II.3.3. Protection contre les courts-circuits	32
II.3.4. Protection contre la marche monophasée	32
II.4. Les régimes du neutre	32
II.4.1. Le régime TT	33
II.4.2. Le régime IT	33
II.4.3. Le régime TN	34
II.4.3.1. Trois types de schémas TN	35
II.4.4. Choix d'un schéma de liaison à la terre	36
II.5. Appareillages associés à la protection	37
II.5.1. Le fusible	37
II.5.2. Le disjoncteur	37
II.5.3. Les différents types de disjoncteur	37

II.5.3.1. Disjoncteur magnétothermique	37
II.5.3.2. Disjoncteur différentiel	38
II.5.4. Sélectivité des protections	38
II.5.4.1. Sélectivité ampèremétrique	39
II.5.4.2. Sélectivité chronométrique	40
II.6. Mise à la terre	40
II.6.1. Méthode de mesure de la résistance	41
II.6.2. Valeur de la résistance de terre	41
II.7. Système de protection associé au cas pratique (Usine STPA).....	42
Conclusion.....	44

CHAPITRE III : Plans de distribution d'électricité

Partie A : Etude théorique

III.1. Réseaux internes	45
III.1.1. Choix d'une architecture	45
III.1.2. Schéma unifilaire	45
III.2. Détermination de la section des liaisons électriques	46
III.2.1. Section imposée par l'échauffement normal du câble (S_j)	47
III.2.3. Section imposée par la chute de tension (S_z)	47
III.2.4. Section imposée par les surcharges en court-circuit (S_{cc})	48
III.3. Postes de transformations MT/BT	51
III.3.1. Raccordement au réseau MT	51
III.3.2. Description du poste de transformation MT/BT	52
III.3.3. Type des transformateurs	53
III.3.3.1 Transformateurs de type sec	53
III.3.3.2 Transformateurs de type immergé	53
III.3.4. La puissance optimale d'un transformateur	53
III.3.5. Mise en parallèle de transformateurs	54
III.3.6. Puissance totale	54
III.4. Protection des transformateurs	54
III.5. Autres sources d'alimentation	55
III.5.1. La source de secours (Groupe électrogène)	55
III.5.1.1. Dimensionnement	55
III.5.2. Alimentation statiques sans interruption (onduleurs)	56

Partie B : Application à l'usine « STPA » et résultats

III.1. Calcul des sections des liaisons électriques	57
III.1.1. Calcul de la section selon l'échauffement normal S_j	57
III.1.2. Calcul de section selon la chute de tension	57
III.2. Poste de transformation MT/BT	61
Conclusion	63

CHAPITRE IV : Système de communication et traitement de données

Introduction	64
IV.1. L'installation téléphonique et informatique	64
IV.1.1. Composition du réseau	64
IV.1.2. Caractéristiques des câbles à paires torsadées	65
IV.1.3. Règles de mise en œuvre du câblage	66
IV.1.4. Cohabitation courant fort/courant faible	67
IV.2. Protection incendie	68
IV.2.1. Système de détection incendie	68
IV.2.2. Principe de fonctionnement.....	68
IV.2.3. Principes généraux	69
IV.2.4. Différents types de technologie	69
IV.3. Vidéo de surveillance	71
Conclusion	72

CHAPITRE V : Cahier de charges

Introduction	73
V. Bordereau des prix unitaires	73
V.1. Représentation du lot électricité générale	76
V.2. Représentation du lot « réseau informatique »	79
V.3. Représentation du lot « réseau téléphonique »	81
V.4. Représentation du lot « détection incendie »	82
V.5. Représentation du lot système de surveillance	83
V.6. Devis estimatif global	84
Conclusion générale	85

Références bibliographiques

Annexes

API: Automate Programmable Industriel.

ASI: Alimentation Statique sans Interruption.

BT: Basse Tension.

Cos ϕ : Facteur de puissance.

CPI: Contrôleur Permanent d'Isolément.

DDR: Disjoncteur Différentiel Résiduel.

G_h: Puissance apparente des récepteurs produisant des harmoniques.

I_a: Intensité absorbée.

K_e: Facteur d'extension.

K_s: Facteur de simultanéité.

K_u: Facteur d'utilisation.

LED: Light Emitting Diodes (Diodes électroluminescentes).

MT: Moyenne Tension.

P_{cc} : Puissance de court-circuit

PDC : Pouvoir De Coupure.

PE : Conducteur de protection.

P_n: Puissance nominale.

P_u: Puissance utilisée.

Q_c : Puissance de l'équipement de compensation.

RDC : Rez-de-chaussée.

S_n : Puissance apparente nominale.

TGBT: Tableau Général Basse Tension.

TI: Transformateur d'intensité.

TP: Transformateur de potentiel.

U_c: Tension de contact.

U_L : Tension limite.

U₂₀ : Tension ramenée au secondaire.

Tab.I.1. <i>Tableau récapitulatif de l'éclairage classique.</i>	18
Tab.I.2. <i>Tableau récapitulatif du bilan de la force motrice.</i>	20
Tab.I.3. <i>Tableau récapitulatif des puissances des circuits de prises.</i>	21
Tab.II.1. <i>Tableau récapitulatif des calibres des disjoncteurs au niveau du TGBT.</i>	42
Tab.II.2. <i>Tableau récapitulatif des calibres des disjoncteurs au niveau des armoires.</i>	43
Tab.III.1. <i>Légende des symboles.</i>	46
Tab.III.2. <i>Chute de tension admissible en fonction du type d'installation.</i>	48
Tab.III.3. <i>Méthode de calcul de Z_t</i>	50
Tab.III.4. <i>Facteur K' en fonction de l'isolation et de la nature de l'âme.</i>	50
Tab.III.5. <i>Tableau récapitulatif des sections des câbles au niveau des armoires.</i>	59
Tab.III.6. <i>Tableau récapitulatif des sections des câbles au niveau du TGBT.</i>	60
Tab.III.1. <i>Légende des symboles.</i>	46
Tab.III.2. <i>Chute de tension admissible en fonction du type d'installation.</i>	48
Tab.III.3. <i>Méthode de calcul de Z_t</i>	50
Tab.III.4. <i>Facteur K' en fonction de l'isolation et de la nature de l'âme.</i>	50
Tab.III.5. <i>Tableau récapitulatif des sections des câbles au niveau des armoires.</i>	59
Tab.III.6. <i>Tableau récapitulatif des sections des câbles au niveau du TGBT.</i>	60

API: Automate Programmable Industriel.

ASI: Alimentation Statique sans Interruption.

BT: Basse Tension.

Cos ϕ : Facteur de puissance.

CPI: Contrôleur Permanent d'Isolément.

DDR: Disjoncteur Différentiel Résiduel.

G_h: Puissance apparente des récepteurs produisant des harmoniques.

I_a: Intensité absorbée.

K_e: Facteur d'extension.

K_s: Facteur de simultanéité.

K_u: Facteur d'utilisation.

LED: Light Emitting Diodes (Diodes électroluminescentes).

MT: Moyenne Tension.

P_{cc} : Puissance de court-circuit

PDC : Pouvoir De Coupure.

PE : Conducteur de protection.

P_n: Puissance nominale.

P_u: Puissance utilisée.

Q_c : Puissance de l'équipement de compensation.

RDC : Rez-de-chaussée.

S_n : Puissance apparente nominale.

TGBT: Tableau Général Basse Tension.

TI: Transformateur d'intensité.

TP: Transformateur de potentiel.

U_c: Tension de contact.

U_L : Tension limite.

U₂₀ : Tension ramenée au secondaire.

Introduction générale

Introduction générale

L'industrie agroalimentaire est l'un des domaines dont la concurrence est féroce, c'est pourquoi, en plus de la performance du processus de fabrication, une fiabilité de sa distribution électrique est fortement recommandée.

Le choix adéquat des sections des câbles et des protections est requis afin d'assurer le bon déroulement du processus sans qu'il soit perturbé par son alimentation électrique ; en effet, une perturbation de la production est souvent générée par une interruption de l'alimentation électrique, due le plus souvent à des défauts aussi bien internes qu'externes.

Pour bien cerner les conséquences économiques, entraînées par cette interruption (avaries de la machine, pertes de produits, mévente...etc.) qui sont le souci majeur des industriels, il est indispensable d'appliquer, lors de la conception du réseau interne, des procédures rigoureuses d'ingénierie adaptées.

L'alimentation en énergie électrique des entreprises industrielles modernes est devenue à notre époque d'une grande importance dans le domaine de l'électrotechnique, car elle doit garantir une sûreté de fonctionnement pour assurer une continuité de service au processus technologique, répondre au besoin des exploitants de l'entreprise et ainsi préserver un bon rendement.

Pour cela, il existe plusieurs techniques et solutions présentant des degrés de fiabilité différents pour le réseau interne d'alimentation tout en respectant bien sûr les normes et règlements en vigueur.

Pour mieux assimiler la conception d'un réseau interne d'alimentation en énergie électrique d'une entreprise industrielle, nous avons choisi le thème « **Etude de la distribution électrique et circuits auxiliaires d'une usine de transformation de fruits à Ait Mansour – BOUIRA-**»

Le premier chapitre qui traite le besoin en énergie électrique de l'usine est subdivisé en deux parties, la première est consacrée à l'étude théorique englobant les différents récepteurs et la méthode de calcul du bilan de puissance ; dans la deuxième partie, l'application au cas pratique est réalisée.

L'étude du régime du neutre et de la protection sera faite au niveau du deuxième chapitre avec les différents éléments associés dans la protection de l'usine.

Le réseau électrique interne de l'usine avec la détermination des sections des câbles, ainsi que le dimensionnement du poste de transformation sera étudiée dans le troisième chapitre avec ses deux parties, théorique et mise en application.

Quant au chapitre quatre, le système de communication et traitement de données et brièvement présenté.

Dans le cinquième chapitre, l'estimation quantitative et financière est illustrée avec le coût global du projet électrique de cette usine.

Une conclusion générale avec les perspectives seront données à la fin de ce mémoire pour éventuelle continuation et amélioration de ce présent travail.

CHAPITRE I

**Expression des
besoins en
énergie électrique**

Partie A : Etude théorique

Introduction :

La connaissance des caractéristiques des différents éléments constituant l'unité industrielle, est primordiale car c'est à partir de leurs puissances demandées que nous allons dimensionner l'installation électrique.

L'analyse de ces données nous permettra de faire le choix adéquat pour la mise en œuvre des composants nécessaires pour réussir la performance de l'installation.

I.1. Définition des récepteurs [1]:

- *Moteurs asynchrones :*

La puissance nominale (P_n) d'un moteur correspond à la puissance mécanique disponible sur son arbre.

L'intensité absorbée (I_a) est donnée par les équations ci-après :

$$\text{- En triphasé : } I_a = \frac{P_n \times 10^3}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos\varphi} \quad (\text{I.1})$$

$$\text{- En monophasé : } I_a = \frac{P_n \times 10^3}{U \times \eta \times \cos\varphi} \quad (\text{I.2})$$

Avec :

I_a : intensité absorbée (en A)

P_n : puissance nominale (en kW)

U : tension entre phases pour les moteurs triphasés ou entre les bornes de connexion pour les moteurs monophasés (en volts). Un moteur monophasé peut être connecté entre phases à travers un transformateur abaisseur ou entre phase et neutre.

η : rendement.

$\cos\varphi$: facteur de puissance.

- **Appareils de chauffage et lampes à incandescence normales ou à halogène :**

Le courant consommé par un appareil de chauffage ou une lampe à incandescence est facilement déductible de la puissance nominale P_n indiquée par le constructeur (car $\cos\varphi = 1$)

L'intensité du courant est donnée par :

- dans le cas d'un réseau triphasé : $I_a = \frac{P_n \times 10^3}{\sqrt{3} \times U}$ **(I.3)**

- dans le cas d'un réseau monophasé : $I_a = \frac{P_n \times 10^3}{U}$ **(I.4)**

où : U est la tension aux bornes de l'appareil.

Pour une lampe, la présence de gaz halogène permet d'avoir une source lumineuse plus concentrée. Le rendement est plus élevé, la durée de vie doublée.

- **Automates :** L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.
- **Chambres froides :** Une chambre froide est une construction différente des autres constructions industrielles car elle est destinée pour la conservation (stockage) des produits pour une longue durée en maintenant une basse température.

Selon la température on trouve deux types de chambres froides :

- *Les chambres froides positives :* elles sont conçues pour la conservation des produits dans des températures allant de 0°C à 5°C.
- *Les chambres froides négatives :* elles sont destinées pour le stockage dans des températures allant de -20°C à -30°C.

I.1.1. L'éclairage [2] :

L'éclairage est l'ensemble des moyens qui permettent à l'homme de doter son environnement des conditions de luminosité qu'il estime nécessaires à son activité ou son agrément.

L'appareil d'éclairage s'appelle un luminaire, il permet de répartir, réfléchir ou transformer la lumière émise par une source de lumière.

a) *Eclairage interne :*

Trop souvent, l'industriel considère que l'éclairage de ses sites de production relève de l'installation électrique globale et qu'il n'est pas nécessaire d'apporter une attention particulière à cet équipement inévitable.

L'éclairage peut compenser les déficiences naturelles et optimiser la capacité visuelle :

- ✓ Des niveaux d'éclairement adaptés (exprimés en lux) augmentent les facultés visuelles.
- ✓ La netteté des contrastes et des formes et l'absence d'éblouissement améliorent la visibilité, donc la performance.
- ✓ Un éclairage de qualité diminue la fatigue et le stress.

Avant de choisir le matériel d'éclairage, il est indispensable de connaître deux notions d'éclairagisme fondamentales pour définir le type de lampes : la température de couleur et l'indice de rendu des couleurs. En effet, la couleur influence considérablement notre perception de l'environnement et nos performances visuelles.

Les exigences de propreté et d'asepsie que l'on rencontre dans les industries agroalimentaires, nous ont conduits à proposer des luminaires spécifiques aux salles blanches. Ce type de luminaires doit répondre à des exigences très strictes.

Ces luminaires sont généralement encastrés, d'accès difficile et supposent donc une maintenance réduite. Pour ce faire, il est indispensable de les choisir étanches, à haut rendement et de les équiper de lampes de très longue durée de vie. Les tubes fluorescents avec ballast électronique sont parfaitement adaptés ainsi que les lampes à induction.

b) *Eclairage de secours et de sécurité :*

Dans les unités industrielles, un éclairage de secours est indispensable ; car il doit remplacer le courant du réseau en cas d'interruption de ce dernier, afin de permettre aux différents travailleurs d'accomplir leurs tâches en cette période de coupure.

L'éclairage de sécurité est nécessaire pour l'évacuation des personnes en cas de sinistre ou de catastrophes naturelles ; on le trouve dans des locaux et dégagements (couloirs, escaliers).

c) *Eclairage extérieur* :

L'éclairage extérieur est très important dans le cas d'un complexe industriel car il permet de faciliter la circulation durant la nuit et d'aider les équipes de sécurité à assurer leur travail convenablement.

Vue la configuration du terrain et la nature des activités réalisées sur les espaces à éclairer, on peut choisir un éclairage à l'aide de projecteurs étanches fixés sur les murs ou autres orientés vers la chaussée, afin de bien voir la route et d'éclairer toutes les zones du complexe car un bon éclairage offre une meilleure sensation de sécurité.

d) *Eclairage des chambres froides [3]* :

• *Eclairage à basse température (0°C à -40°C)* :

L'éclairage en chambre froide nécessite l'utilisation de luminaires spécifiquement conçus pour fonctionner à très basse température, or :

- A -20°C un tube fluorescent nu perd plus de 80% de son flux lumineux.
- A -30°C le flux émis par un luminaire dans une ambiance ventilée peut-être jusqu'à 50% inférieur à celui émis en air calme.

Les luminaires utilisés pour cet environnement, sont des tubes fluorescents conçus pour limiter au maximum les déperditions thermiques afin de maintenir la lampe à sa température optimale de fonctionnement. Ce principe, utilisant la conservation de la chaleur intrinsèque de la lampe et de son appareillage, est d'autant plus performant que la source est puissante. Pour l'éclairage d'appoint nécessitant des luminaires compacts et de faibles puissances, la technologie LED est conseillée.

• *Eclairage en froid extrême (Jusqu'à -60°C)* :

Entre -40°C et -60°C, les performances des solutions traditionnelles d'éclairage sont insatisfaisantes :

- Les tubes fluorescents sont peu efficaces et mettent plusieurs minutes à s'allumer.
- Les lampes à incandescence sont énergivores et possèdent des durées de vie très faibles (<1000h) ainsi qu'une très faible résistance aux vibrations.
- Les alimentations électroniques standards ne fonctionnent plus.

La gamme CELSIUS 70 et le COULOMB 100 BT LSC développé par la société **SAMMODE** sont une solution efficace pour ce genre de température, en effet ces modules sont suffisamment robustes pour résister à l'environnement industriel (résistance aux vibrations) et spécifiquement dédiés à un fonctionnement optimal entre -40°C et -60°C.

I.1.2. Circuits de puissances :

Il s'agit des points qui représentent une source d'énergie électrique (prise) ; dans les unités industrielles on distingue deux types de prises, à savoir :

- *Prise de confort (2p+T)* : sont des prises sous une tension de 230 V et de courant nominal 16A. On les retrouve dans les bureaux d'administration, des laboratoires et dans certains sites de production.
- *Prise force (3p+T)* : sont des prises sous une tension 400 V et de courant nominal 40 A ; on les utilise pour l'alimentation des moteurs triphasés et certains équipements, elles sont alimentées directement à partir des coffrets secondaires.

I.2. Calcul de puissance [4] :

Les données recueillies, dont la palette est large et variée, vont permettre de bâtir progressivement tous les modules futurs du projet industriel.

Il faut bien noter que la puissance d'une installation n'est pas la somme arithmétique des puissances des récepteurs, pour la simple raison que les récepteurs ne fonctionnent pas tous en même temps ni en plein charge, d'où la nécessité d'application des coefficients de simultanéité K_s et d'utilisation K_u , ainsi que le facteur d'évolution.

I.2.1. Facteur d'utilisation (K_u) :

Il est déterminé d'après les catalogues, dans une installation industrielle, ce facteur peut être estimé en moyenne à « 0.75 » pour les ateliers (moteurs etc...). Pour l'éclairage, la climatisation, les micro-ordinateurs et d'autres dispositifs il sera égal à 1.

La puissance utilisée par un récepteur quelconque se calcule comme suit :

$$P_u = K_u * P_{inst} \quad (I.5)$$

P_u : puissance utilisée par chaque récepteur.

P_{inst} : Puissance installée.

K_u : Facteur d'utilisation qui représente le taux de fonctionnement du récepteur sur une période.

I.2.2. Facteur de simultanéité (K_s) :

Dans l'ensemble électrique, les récepteurs d'un même circuit ne fonctionnent pas tous simultanément, par conséquent on affecte aux différents ensembles de récepteurs des facteurs de simultanéité.

La nature des récepteurs et les conditions d'exploitation sont essentielles pour déterminer ce facteur. On ne peut pas donner de valeurs précises applicables à tous les cas.

Les normes NFC14-100, UTE63-410 et 15-100 donnent quelques précisions sur ce facteur. (**Annexe I.5**)

I.2.3. Facteur d'extension (K_e) :

Dans l'hypothèse où un développement des activités de l'usine est prévu à moyen terme, il est indispensable de tenir compte, du besoin futur de cette puissance.

Donc, il faut majorer les puissances absorbées recueillies, de l'ordre de 15 à 20 %.

I.2.4. Puissance utile [5] :

I.2.4.1. Puissance utile d'une charge (P_{ui}) :

L'estimation de la puissance réellement absorbée par un récepteur électrique, tient compte du taux de charge de ce dernier par rapport à sa puissance nominale. Une bonne connaissance du facteur d'utilisation (K_u) est nécessaire.

Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{ui} = K_u \times P_n \quad (\text{I.6})$$

Avec :

P_{ui} : Puissance utile de la demande.

P_n : Puissance nominale.

K_u : Facteur d'utilisation.

I.2.4.2. Puissance utile dans une branche (P_{uj}):

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

$$P_{uj} = K_s \sum_{i=1}^n P_{ui} \quad (\text{I.7})$$

Avec :

P_{uj} : puissance utile dans une branche.

P_{ui} : puissance utile dans une charge.

K_s : facteur de simultanéité.

n : nombre de récepteurs.

Cette puissance nous servira, ensuite, au calcul de la puissance à prévoir au poste de transformation et ce, en prenant en compte de l'évolution de charge.

$$P_{ut} = K_s \times K_e \sum_{j=1}^n P_{uj} \quad (\text{I.8})$$

Avec :

P_{ut} : puissance utile totale dans l'installation.

K_e : facteur d'extension.

I.3. Compensation de l'énergie réactive [6] :

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

Tout système électrique (câble, ligne, transformateur, moteur, éclairage...) utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie : l'énergie active et l'énergie réactive.

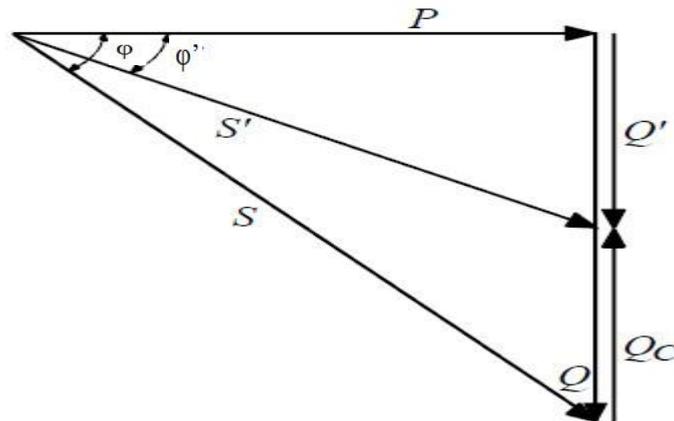


Fig.I.1. Variation de φ en fonction de la puissance réactive des condensateurs Q_c .

$$Q' = Q - Q_c \quad (\text{I.9})$$

$$Q_c = Q - Q' \quad (\text{I.10})$$

$$Q_c = P \cdot \text{tg } \varphi - P \cdot \text{tg } \varphi' \quad (\text{I.11})$$

$$Q_c = P (\text{tg } \varphi - \text{tg } \varphi') \quad (\text{I.12})$$

Avec : φ déphasage sans condensateur ; φ' déphasage avec condensateur.

- **L'énergie active consommée (kWh) :**

Elle résulte de l'utilisation de puissance active P (kW) essentiellement par les récepteurs.

Elle se transforme intégralement en énergie mécanique, thermique ou lumineuse.

- **L'énergie réactive consommée (kVArh) :**

Elle sert à la magnétisation des circuits magnétiques des machines (transformateurs et moteurs).

Elle correspond à la puissance réactive Q (kVAr) des récepteurs.

- **la puissance apparente (kVA) :**

L'énergie apparente (kVA) est la somme vectorielle des deux énergies précédentes. Elle correspond à la puissance apparente S (kVA) des récepteurs, somme vectorielle de P (kW) et Q (kVAr).

I.3.1. Le facteur de puissance :

Le facteur de puissance est défini par le rapport suivant :

$$\cos\varphi = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}} = \frac{\text{Puissance active}}{\text{Puissance apparente}} \quad (\text{I.13})$$

Le facteur de puissance joue un rôle majeur dans une installation électrique, et engendre beaucoup d'avantages par sa croissance.

- L'économie d'énergie.
- Augmentation de la puissance active disponible au secondaire du transformateur MT/BT.
- Economie de facturation.
- Diminution des pertes joules.
- Diminution des chutes de tension.

I.3.2. Influence du facteur de puissance :

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

En effet, pour un même courant actif I_a utilisé (pour une tension U constante du réseau), il faut fournir d'autant plus de courant apparent ($I_2 > I_1$) que le $\cos\varphi$ est faible, c'est-à-dire que l'angle φ est élevé.

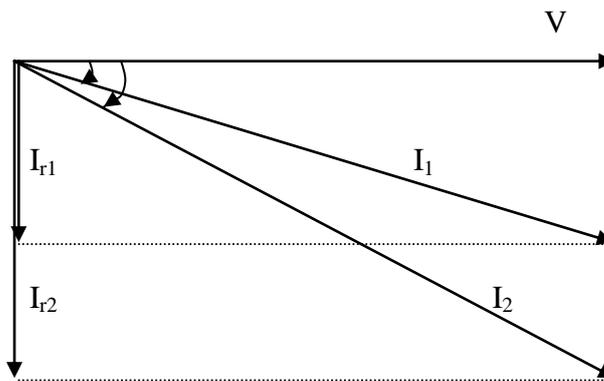


Fig.I.2 Influence du $\cos\varphi$ sur la valeur du courant apparent.

Ainsi, en raison de l'augmentation du courant apparent, la circulation d'énergie réactive provoque :

- des surcharges et des échauffements supplémentaires dans les transformateurs et les câbles qui ont pour conséquence des pertes d'énergie active.
- des chutes de tension.

Les conséquences de la circulation d'énergie réactive conduisent donc à surdimensionner les équipements électriques du réseau.

I.3.3. Moyens de compensation :

La compensation de l'énergie réactive peut se faire :

- Par batteries de condensateurs fixes.
- Par batteries de compensation à régulation automatique, qui permettent l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge.

I.3.3.1. Batteries fixes :

Ces condensateurs sont d'une puissance unitaire constante et leur mise en œuvre peut être :

- *manuelle* : commande par disjoncteur ou interrupteur.
- *semi-automatique* : commande par contacteur.
- *directe* : asservie aux bornes d'un récepteur.

I.3.3.2. Compensation automatique :

- Les batteries de condensateurs, divisées en gradins, sont installées en tête de l'ensemble de la distribution BT ou d'un secteur important, la valeur du $\cos\phi$ est détectée par un relais var-métrique qui commande automatiquement l'enclenchement ou le déclenchement des gradins en fonction de la charge et du $\cos\phi$ désiré. Le transformateur de courant doit être placé en amont des récepteurs et des batteries de condensateurs.

I.3.3.3. Choix entre la compensation automatique et batterie fixe :

Règle générale :

- Si le dimensionnement en kvar des condensateurs est $\leq 15\%$ du dimensionnement du transformateur, une compensation à une valeur fixe est appropriée. Au-delà de 15% il est conseillé d'installer une batterie de condensateurs à régulation automatique.

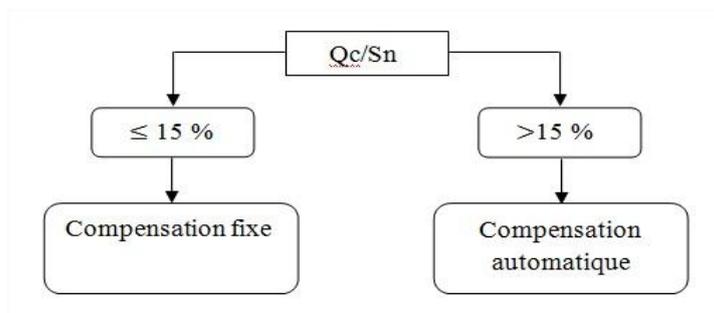


Fig.I.3. Type d'équipement de compensation

I.3.4. Choix de localisation des batteries de condensateurs :

I.3.4.1. Compensation globale :

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

- **Principe** : La batterie est raccordée en tête d'installation BT et assure une compensation pour l'ensemble de l'installation. La batterie reste en service en permanence pendant le fonctionnement normal de l'installation.
- **Intérêt** : Le foisonnement naturel de l'installation entraîne un dimensionnement faible de la batterie et un nombre élevé d'heures de fonctionnement. Elles sont donc amorties encore plus rapidement.

I.3.4.2. Compensation partielle :

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

- **Principe** : La batterie de condensateurs est connectée sur l'arrivée du tableau de distribution intermédiaire pour lequel la compensation doit être réalisée. Une économie significative sur l'installation est réalisée grâce à cette disposition, notamment au niveau du dimensionnement des câbles d'arrivée ou des tableaux intermédiaires pour lesquels la compensation est réalisée.
- **Intérêt** : La compensation partielle de l'installation réduit la puissance apparente d'utilisation (en kVA), calculée habituellement à partir des charges installées et soulage le transformateur d'alimentation, ce qui permet d'alimenter des charges supplémentaires si nécessaire.

I.3.4.3. Compensation individuelle :

Une compensation individuelle est à envisager dès que la puissance du récepteur (en particulier d'un moteur) est significative par rapport à la puissance de l'installation.

- **Principe** : La batterie est connectée directement aux bornes de la charge inductive (généralement un moteur). Le dimensionnement en kvar de la batterie de condensateurs est de l'ordre de 25 % de la puissance nominale (kW) du moteur. Une compensation complémentaire en tête de l'installation (transformateur) peut être aussi économiquement intéressante.
- **Intérêt** : La compensation individuelle réduit :
 - ✓ les pénalités tarifaires dues à une consommation excessive d'énergie réactive.
 - ✓ la puissance apparente consommée (en kVA).
 - ✓ la section des câbles et les pertes en ligne.

I.3.5. Problèmes liés aux harmoniques :

Lorsque les harmoniques représentent une part significative de la puissance consommée dans une installation, leur analyse s'impose pour éliminer les possibles nuisances et rendre l'installation conforme aux règles et recommandations des distributeurs et de la norme NF C 15-100.

Les dispositifs générateurs d'harmoniques sont présents dans tous les secteurs industriels, tertiaires et domestiques. Les harmoniques sont le fait de « charges non linéaires », charges à impédance non linéaire.

Les charges non linéaires existent depuis longtemps sur les réseaux électriques particulièrement dans l'industrie : courant magnétisant des transformateurs, four à arc, etc... Mais depuis l'avènement de l'électronique de puissance celles-ci se sont généralisées : variateurs de vitesses, éclairage (lampes à ballast), TV, etc...

Les condensateurs sont plus particulièrement sensibles aux composantes harmoniques du courant du réseau d'alimentation, du fait que la réactance des capacités décroît de manière inversement proportionnelle à la fréquence. En pratique cela signifie qu'un pourcentage relativement faible de tension harmonique peut créer un courant significatif dans le condensateur.

I.3.6. Détermination du type de batterie [7] :

Les équipements de compensation peuvent être de trois types, adaptés au niveau pollution harmonique du réseau : classique, de confort et harmonieuse. Le rapport G_h/S_n permet de déterminer le type d'équipement approprié.

- **Classic** : si la puissance des générateurs d'harmoniques est inférieure à 15% de la puissance du transformateur.
- **Confort** (isolation renforcée à 480 V) : si la puissance des générateurs d'harmoniques est comprise entre 15% et 25% de la puissance du transformateur.
- **Harmony** (avec selfs anti harmoniques) : si la puissance des générateurs d'harmoniques est comprise entre 25% et 60% de la puissance du transformateur.

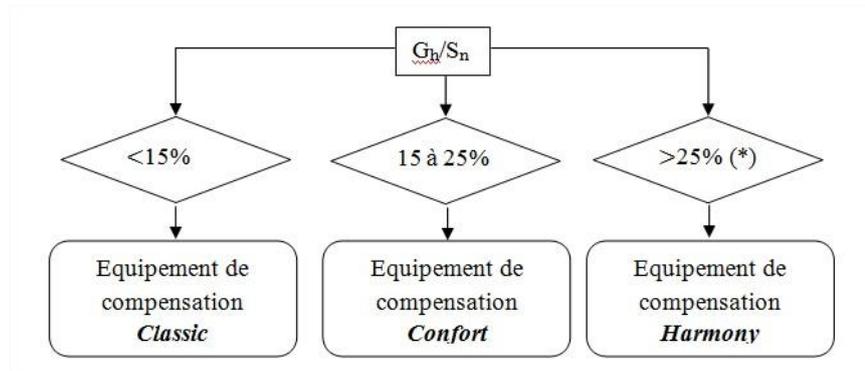


Fig.I.4. Diagramme de synthèse de compensation

S_n : puissance apparente du transformateur.

G_h : puissance apparente des récepteurs produisant des harmoniques (moteurs à vitesse variable, convertisseurs statiques...).

Q_c : puissance de l'équipement de compensation.

(*) : Pour un rapport supérieur à 60%, une étude de filtrage d'harmoniques est recommandée (souvent on utilise des filtres actifs).

Partie B : Application au cas pratique « Usine STPA »

Les différents récepteurs de l'usine sont : l'éclairage, les forces motrices (moteurs de chaînes et des chambres froides), ainsi que les circuits auxiliaires.

I.1. Eclairage :

On distingue l'éclairage des espaces de circulation, de l'administration, l'éclairage des ateliers et celui des chambres froides.

I.1.1. Eclairage classique :

Les lampes recommandées sont les fluorescentes étanches avec indice de protection IP55 (allusion faite à la poussière et l'humidité).

Quant au calcul, cette notion est souvent traitée dans les mémoires [9] et donnée aussi sur les références.

Les résultats obtenus après calcul sont représentées dans les tableaux suivants :

<i>Puissance des luminaires dans l'atelier</i>						
<i>N°</i>	<i>Local</i>	<i>Surface (m²)</i>	<i>Eclairage (Lux)</i>	<i>Nbre. de luminaires</i>	<i>Type</i>	<i>Puissance utilisée (W)</i>
01	Accès	09,00	500	1	4×18 W	72
02	Hall + C. Escalier	12,67	500	4	1×36 W	72
03	L.M.P	8,80	500	2	1×36 W	72
04	Réception	29,10	500	2	2×58 W	232
05	Manipulation	84,70	500	7	2×58 W	812
06	Transformation	41,35	500	3	2×58 W	348
07	Plonge + Stock	23,85	500	2	2×58 W	232
08	S.A.S	17,10	500	1	2×58 W	116
10	Corridor	37,05	500	3	2×58 W	348
11	Expédition	24,95	500	2	2×58 W	232
14	Fluide	10	500	1	1×58 W	116
15	Chaudière	10	500	1	1×58 W	116
16	Bassin électrique	10	500	1	1×58 W	116

<i>Puissance totale de l'éclairage dans l'atelier</i>						2,884 kW
<i>Puissance des luminaires dans le magasin</i>						
<i>N°</i>	<i>Local</i>	<i>Surface (m²)</i>	<i>Eclairage (Lux)</i>	<i>Nbre. de luminaires</i>	<i>Type</i>	<i>Puissance utilisée (W)</i>
30	Hall + C.Escalier	26,61	500	6	1×36 W	216
31	Magasin	69,45	500	4	2×58 W	464
32	Corridor	35,45	500	4	2×58 W	464
<i>Puissance totale de l'éclairage dans le magasin</i>						1,144 kW
<i>Puissance des luminaires dans le rez-de-chaussée</i>						
<i>N°</i>	<i>Local</i>	<i>Surface (m²)</i>	<i>Eclairage (Lux)</i>	<i>Nbre. de luminaires</i>	<i>Type</i>	<i>Puissance utilisée (W)</i>
01	Accès	6,65	500	1	4×18 W	72
02	Hall + C. Escalier	26,61	500	6	1×36 W	216
17	Hall	22	500	2	4× 18 W	144
18	W.C 1	5,25	500	3	2×18 W	108
19	W.C 2	5,25	500	3	2×18 W	108
20	Laboratoire	29,75	500	2	2×58 W	232
21	Cuisine	56,50	500	5	2×58 W	580
22	Magasin sec	132,05	500	8	2×58 W	928
<i>Puissance totale de l'éclairage dans le RDC</i>						2,388 kW
<i>Puissance des luminaires dans le 1^{er} étage</i>						
<i>N°</i>	<i>Local</i>	<i>Surface (m²)</i>	<i>Eclairage (Lux)</i>	<i>Nbre. de luminaires</i>	<i>Type</i>	<i>Puissance utilisée (W)</i>
01	Accès	13,80	500	2	4×18 W	144
02	Hall + C. Escalier	26,61	500	6	1×36 W	216
23	Nettoyage	9,80	500	3	1×36 W	108
24	Couloir	18	500	4	1×36 W	144
25	Vestiaire 1	28,40	500	3	4×18 W	324
26	Vestiaire 2	29,35	500	3	4×18 W	324

27	Office	25,35	500	4	4×18 W	288
28	Salle technique	6,90	500	1	4×18 W	72
29	Bureaux	124,95	500	20	4×18 W	1440
Puissance de l'éclairage dans le 1^{er} étage					3,06 kW	

Tab.I.1. Tableau récapitulatif de l'éclairage classique.

I.1.2. Eclairage des chambres froides :

On distingue deux types de chambres froides à savoir *les chambres froides positives* et *les chambres froides négatives*.

Pour les chambres froides positives les luminaires utilisés sont du type fluorescent étanche 2×58W avec indice de protection IP65, en ce qui concerne les chambres froides négatives, on a opté pour les projecteurs 400W halogène spécial -22°C.

Les données sont récapitulées dans le tableau suivant :

Puissance des luminaires dans les chambres froides						
<i>Type</i>	<i>N°</i>	<i>Surface (m²)</i>	<i>Eclairage (Lux)</i>	<i>Nbre. de luminaires</i>	<i>Type</i>	<i>Puissance utilisée (W)</i>
<i>Chambre froide positive</i>	13	10	500	1	2×58 W	116
	33	153,80	500	8	2×58 W	928
<i>Chambre froide négative</i>	09	588,30	500	14	Halogène 400 W spécial -22°C	5600

Puissance totale de l'éclairage dans les chambres froides
6,644 kW

I.1.3. Eclairage extérieur :

En ce qui concerne l'éclairage des parties extérieures, des lampes à décharges de sodium haute pression, d'une puissance de 250 W sont utilisés ;

<i>Puissance des luminaires</i>		
<i>Nbre. de luminaires</i>	<i>Type</i>	<i>Puissance utilisée (W)</i>
13	Feu à décharge 250 W	3250

Puissance totale de l'éclairage extérieur
3,25 kW

I.2. Forces motrices :

Les forces motrices de l'usine sont les moteurs des chaînes de fabrication et les compresseurs des chambres froides positives et négatives, la répartition des puissances est illustrée ci-dessous :

<i>Bilan de la force motrice au niveau de l'atelier</i>							
N°	Nbre.	P par moteur (kW)	Cosφ	Ku	Ks	P _{utilisée} (kW)	Q (kVAr)
1	4	23	0,8	0,9	0,8	66,24	49,68
2	4	9,5	0,75	0,9	0,8	27,36	24,13
3	2	2,6	0,75	0,9	0,8	3,744	3,30
4	2	2	0,75	0,9	0,8	2,88	2,53
<i>Puissance totale de la force motrice dans l'atelier</i>					$S=(100,224+j79,64) = 128,01 \text{ kVA}$ $\cos\phi = 0,783$		
<i>Bilan de la force motrice au niveau de la chambre froide négative</i>							
N°	Nbre.	P par moteur (kW)	Cosφ	Ku	Ks	P _{utilisée} (kW)	Q (kVAr)
1	6	15	0,8	0,9	0,8	64,8	48,6
2	3	60	0,85	0,9	0,8	129,6	80,32
3	3	20	0,85	0,9	0,8	43,2	26,77
<i>Puissance totale de la force motrice dans la chambre froide négative</i>					$S=(237,6+j155,69) = 284,065 \text{ kVA}$ $\cos\phi = 0,836$		

Bilan de la force motrice au niveau de la chambre froide positive							
N°	Nbre.	P par moteur (kW)	Cosφ	Ku	Ks	P _{utilisée} (kW)	Q (kVAr)
1	2	110	0,8	0,9	0,8	158,4	118,8
2	1	50	0,8	0,9	0,8	36	27
3	1	2,2	0,85	0,9	0,8	1,584	0,98
Puissance totale de la force motrice dans la chambre froide positive					S=(195,984+j146,78)=244,855 kVA cosφ = 0,8		

Tab.I.2. Tableau récapitulatif du bilan de la force motrice.

I.4. Puissance des prises de confort :

La note de calcul a été établie comme suit :

Le coefficient de simultanéité de chaque groupe des prises est calculé comme suit :

$$K_{S_PRISE} = 0,1 + \frac{0,9}{N} ; \quad N : \text{nombre des prises.}$$

Considérant que la puissance disponible au niveau de chaque prise est de 2,2 kVA alors les puissances théoriques déduites pour chaque groupe de prises sont celles consignées dans le tableau (I.2) dans l'annexe et déterminées en appliquant la relation :

$$P_{\text{prise}} = K_{S\text{-prise}} \cdot \sum (K_u \cdot P_i) \quad (\text{I.14})$$

Les résultats de calcul sont mentionnés dans les tableaux suivants :

Puissance des circuits de prises de l'atelier					
N°	Local	Nbre. de prises	Type	Puissance d'une prise (kVA)	Puissance (kVA)
04	Réception	2	Triphasée	5	10
05	Manipulation	2	Triphasée	5	10
06	Transformation	1	Triphasée	5	5
11	Expédition	2	Triphasée	5	10
13	C. Froide	1	Triphasée	5	5
14	Fluide	1	Triphasée	5	5
15	Chaudière	1	Triphasée	5	5

<i>Puissance totale des circuits de prises dans l'atelier</i>				50 kVA ; $\cos\phi = 0,86$	
<i>Puissance des circuits de prises du RDC</i>					
<i>N°</i>	<i>Local</i>	<i>Nombre</i>	<i>Type</i>	<i>P. d'une prise (kVA)</i>	<i>Puissance (kVA)</i>
18	W.C. 1	1	Monophasée	2,2	2,2
19	W.C. 2	1	Monophasée	2,2	2,2
20	Laboratoire	2	Monophasée	2,42	2,42
21	Cuisine	2	Triphasée	5	10
<i>Puissance totale des circuits de prises</i>				16,82 kVA ; $\cos\phi = 0,86$	
<i>Puissance des circuits de prises du 1^{er} étage</i>					
<i>N°</i>	<i>Local</i>	<i>Nombre</i>	<i>Type</i>	<i>P. d'une prise (kVA)</i>	<i>Puissance (kVA)</i>
01	Accès	1	Monophasée	2,2	2,2
23	Nettoyage	1	Monophasée	2,2	2,2
24	Couloir	2	Monophasée	2,42	2,42
25	Vestiaire 1	2	Monophasée	2,42	2,42
26	Vestiaire 2	2	Monophasée	2,42	2,42
27	Office	8	Monophasée	3,74	3,74
29	Bureaux	1	Monophasée	2,2	2,2
<i>Puissance totale des circuits de prises</i>				17,6 kVA ; $\cos\phi = 0,86$	

Tab.I.3. Tableau récapitulatif des puissances des circuits de prises.

I.5. Estimation de la puissance souscrite au poste de transformation MT/BT :

L'installation étudiée a été dimensionnée en s'appuyant sur les recommandations de la norme NFC 15-100. Pour une meilleure exploitation de l'énergie et une facilité de maintenance des circuits, le mode de distribution radiale à deux (02) niveaux de protections a été adopté. De plus, la continuité de service étant recommandée, une source de secours de même puissance que le réseau est nécessaire, avec un onduleur qui assure la continuité de la distribution d'électricité au circuit ondulé avant le démarrage du groupe de secours (temps limité maximum 15 minute).

Quatre armoires secondaires (Atelier, Chambre froide négative, Chambre froide positive et RDC+1^{er} étage), sont dérivées à partir du TGBT (Tableau Générale Basse Tension), le calcul des puissances au niveau de chaque armoire se fait comme suit :

$$P(kW) = [P_{lum} \cdot K_{S_{lum}} + P_{prise} \cdot K_{S_{prise}} + P_{equip} \cdot K_{S_{equip}}] \cdot K_{S3} \quad (I.15)$$

Tel que :

$$P_{equip} (kW) = S_{equip} \cdot \cos\varphi_{equip} \quad (I.16)$$

$$P_{prise} (kW) = S_{prise} (kVA) \cdot \cos\varphi_{prise} \quad (I.17)$$

$$K_{S_{lum}} = 1$$

$$Q(kVAr) = [P_{prise} \cdot K_{S_{prise}} \cdot \tan\varphi_{prise} + P_{equip} \cdot K_{S_{equip}} \cdot \tan\varphi_{equip}] \cdot K_{S3} \quad (I.18)$$

NB : S' : c'est la puissance apparente sous la forme complexe ; S' = (P + jQ) (kVAr) d'où le module :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (kVAr)} \quad (I.19)$$

Les détails sur les calculs sont mentionnés dans les tableaux qui suivent en indiquant la puissance apparente S (kVAr) et le cosφ pour chaque niveau d'armoire secondaire :

Armoire de distribution « Atelier »			
Puissance de l'éclairage			
2,884 kW			
Puissance des circuits prises			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
43	25,5	0,86	50
Puissance de la force motrice			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
100,224	79,64	0,783	128,01

Ks2=0,8
S = (116,886 + j84,112) kVA
S = 144 kVA
Cosφ = 0,817

Armoire de distribution « Chambre froide positive »			
Puissance de l'éclairage			
N°	Local	P (kW)	
30	Cage d'escalier	0,216	
31	Magasin	0,464	
32	Couloir	0,348	
33	Chambre froide	0,928	
Total		1,956	
Puissance de la force motrice			
P (kW)	Q (kVAr)	Cosφ	S (kVA)
195,984	146,78	0,8	244,855

$$K_{s2}=0,8$$

$$S = (158,352 + j117,424) \text{ kVA}$$

$$S = 197,139 \text{ kVA}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,8$$

Armoire de distribution « Chambre froide négative »			
Puissance de l'éclairage			
5,6 kW			
Puissance de la force motrice			
P (kW)	Q (kVAr)	Cosφ	S (kVA)
237,6	155,69	0,836	284,065

$$K_{s2}=0,8$$

$$S = (194,56 + j124,552) \text{ kVA}$$

$$S = 231,012 \text{ kVA}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,842$$

Armoire de distribution « RDC + 1^{er} étage + Eclairage extérieur »			
Puissance de l'éclairage			
8,698 kW			
Puissance des circuits prises			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
29,6012	17,56	0,86	34,42

$$K_{s2}=0,8$$

$$S = (30,64 + j14,05) \text{ kVA}$$

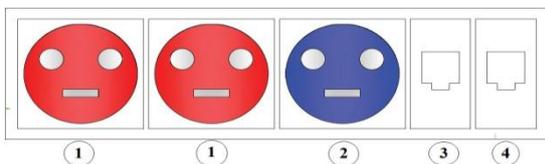
$$S = 33,71 \text{ kVA}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,9$$

Système ondulé:

Il concerne les alimentations des kits pour le branchement des appareils sensibles tels que les micro-ordinateurs. La puissance d'un kit est de 0,5 kW

Armoire de distribution « Réseau ondulé »		
Bloc	Nbre. de kits	P (kW)
Atelier	4	2
Magasin	0	0
RDC	5	2,5
1^{er} étage	8	4
Total	17	8,5



- 1- Prise confort normale.
- 2- Prise confort ondulée.
- 3- Prise informatique.
- 4- Prise téléphonique.

Pour un total de 17 kits avec une puissance de 8,5 kW, on a inséré un onduleur de 9,88 kVA pour alimenter l'installation protégée à son départ par un disjoncteur triphasé de calibre 16A.

$$S_{\text{ond}} = (8,5 + j5,04) \text{ kVA}$$

$$S_{\text{ond}} = 9,88 \text{ kVA}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,86$$

Tableau Générale Basse Tension « TGBT »			
<i>Armoire « Atelier »</i>			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
116,886	84,112	0,817	144
<i>Armoire « Chambre froide positive »</i>			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
158,352	117,424	0,8	197,139
<i>Armoire « Chambre froide négative »</i>			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
194,56	124,552	0,842	231,012
<i>Armoire « RDC + 1^{er} étage + Eclairage extérieur»</i>			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
30,64	14,05	0,9	33,71
<i>Armoire « système ondulé »</i>			
<i>P (kW)</i>	<i>Q (kVAr)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>S (kVA)</i>
8,5	5,04	0,86	9,88

$K_{s3}=0,8$
$S = (407,15 + j276,14) \text{ kVA}$
$S = 491,96 \text{ kVA}$
$\text{Cos}\phi = 0,827$

La puissance résultante à partir du bilan des puissances est de **491,96 kVA**, en la multipliant par le facteur d'extension $K_e = 1,2$ (20%), on aura une valeur finale de **590,352 kVA**, d'où un transformateur de **630 kVA** pour l'installation de l'usine.

Vu les projets d'extension dans le future proche du client, en doublant la production dans une année, un deuxième transformateur, en réserve, d'une puissance égale au premier est associé.

I.5.1. Alimentation de remplacement :

L'alimentation de secours est assurée par un groupe électrogène diesel d'une puissance apparente de 630 kVA, secourant toute l'installation. Il est protégé par disjoncteur magnétothermique 1250 A à manette de disjonction extérieure apparentée.

I.5.2. Principe de la distribution dans le cas où toute l'installation est secourue :

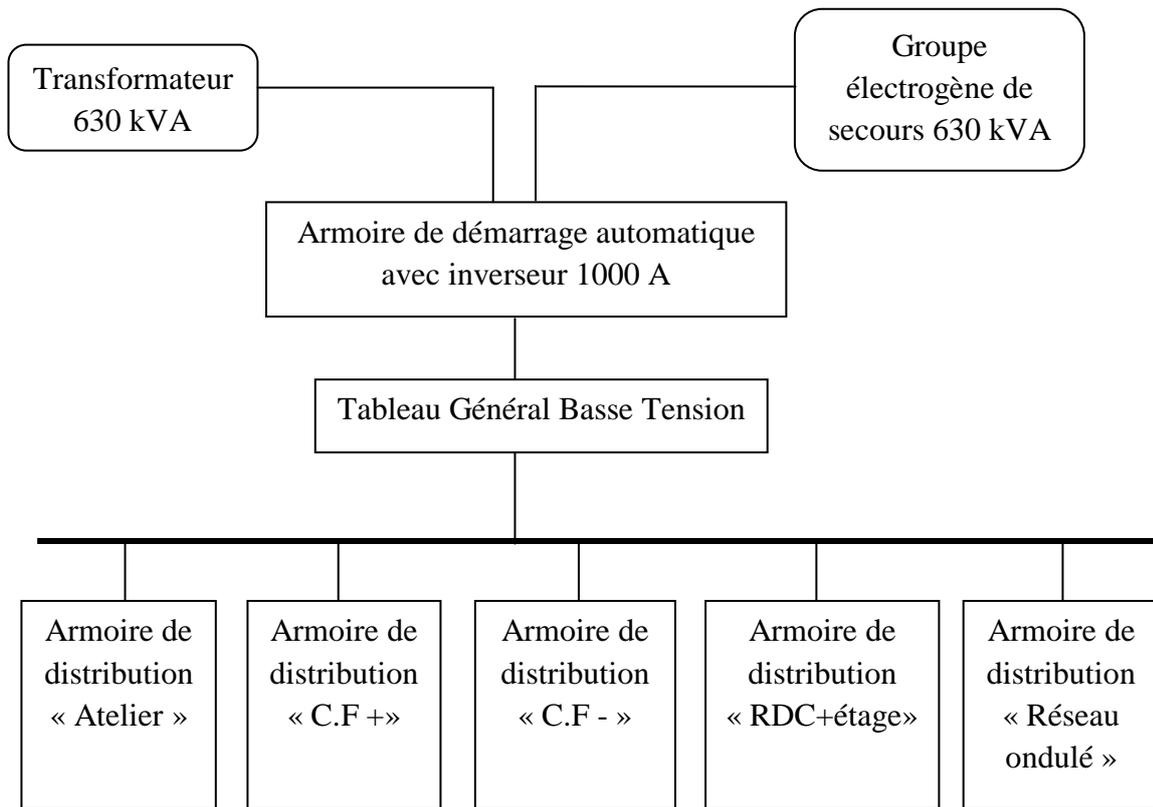


Fig.I.5. Schéma de principe de la distribution dans le où toute l'installation est secourue.

Vue l'exigence de l'usine en disponibilité de l'énergie et la continuité du service, nous optons pour le cas le plus défavorable en choisissant un transformateur dont les caractéristiques sont les suivantes :

<i>Puissance apparente S = 630 kVA</i>		
Tension secondaire (V)	V = 230	U = 400
Pertes à vide (kW)	1,3	1,3
Pertes cuivre à 75°C (kW)	6,95	6,5
Pertes actives totales (kW)	8,25	7,8
Energie à compenser en pleine charge (kVAr)	35,5	35,7
Tension de court-circuit à 75°C (%)	6	4
Chute de tension (%) ; cosφ=0,8	3,22	3,17
Rendement à ¾ de la charge (%)	98,64	98,71
Rendement à pleine charge (%)	98,39	98,48
Courant à vide (%)	1,8	1,8

I.5.3. Calcul de la puissance réactive compensée :

Les puissances appelées au niveau du transformateur sont estimées à :

$$P = 407,15 \text{ kW}$$

$$Q = 276,14 \text{ kVAr}$$

$$\text{Soit un facteur de puissance estimé à : } \cos(\arctg \frac{Q}{P}) = 0,827 \text{ ar}$$

$$\text{Donc : } \sin\varphi_1 = 0,562$$

Pour ne pas subir les pénalités de consommation de puissance réactive, le facteur de puissance exigé est estimé à $\cos\varphi_2 = 0,93$ soit $\sin\varphi_2 = 0,367$.

Ainsi, pour une consommation de toute la puissance disponible sur chaque transformateur la puissance réactive à compenser est de :

$$Q_c = S_n (\sin\varphi_1 - \sin\varphi_2) = 630 (0,562 - 0,367) = 122,85 \text{ kVAr}$$

Soit $Q_c \approx 126 \text{ kVAr}$ ou 9 gradins de batteries de condensateurs de **14 kVAr**, chacune pilotée par un régulateur varmétrique, protégés par un disjoncteur tripolaire débrochable et alimentés par câbles de section $(3 \times (2 \times 95) + 1 \times 50) \text{ mm}^2$.

$\frac{Q_c}{S_n} = \frac{126}{630} = 20\% > 15\%$, donc on choisit un équipement de type H (isolation renforcée) avec puissance des générateurs d'harmoniques estimée du transformateur :

$$\text{Soit } 15\% \leq \frac{G_h}{S_n} \leq 25\%.$$

Conclusion :

La connaissance des besoins en énergie électriques des différents récepteurs est primordial dans l'étude d'une installation électrique, c'est ce qui permet de choisir la puissance nominale du transformateur à installer, et ce à partir du bilan de puissances réalisé dans le premier chapitre.

La compensation de l'énergie réactive générée par les récepteurs est analysée dans ce chapitre, avec le calcul de la batterie de compensation nécessaire.

Dans ce qui suit, on s'intéresse à la protection des personnes et des biens.

CHAPITRE II

Protections et Régime du neutre

Introduction :

La qualité d'une installation électrique repose essentiellement sur sa capacité à préserver la sécurité des personnes et des biens.

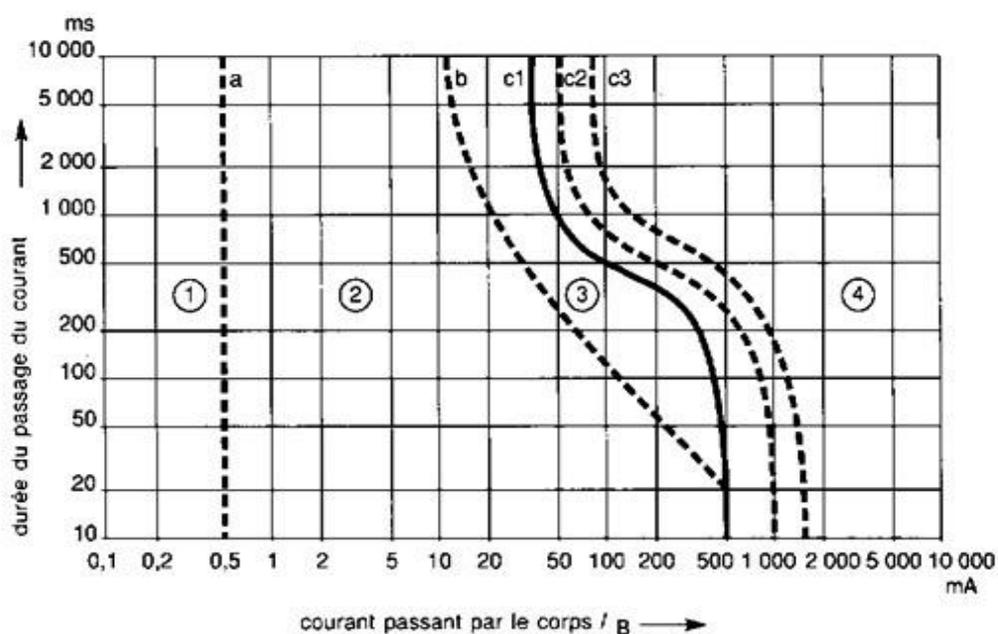
A cette fin, le système de protection doit détecter les fonctionnements électriques anormaux dus aux défauts d'isollements des conducteurs, surcharges prolongées, surtensions, déséquilibres...

Une attention particulière doit être apportée au choix des Schémas de Liaison à la Terre (SLT), appelé aussi régime du neutre, tout en respectant les normes CEI 364 et NF C 15-100.

II.1. Chocs électriques [8] :

Lorsqu'un courant de 50Hz supérieur à 30 mA traverse une partie du corps humain, la personne concernée est en danger si le courant n'est pas interrompu dans un temps assez court. Son passage affecte essentiellement les fonctions circulatoires et respiratoires et provoque parfois des brûlures. La gravité du danger qu'il présente est fonction de l'intensité du courant qui parcourt le corps, de son trajet et du temps de passage.

La norme CEI 60479-1 amendée en 2005 définit quatre zones "intensité du courant/ durée de passage du courant". Cette norme décrit pour chacune des zones, les effets pathologiques.



1 : non perception.
2 : perception.
3 : effet réversible, crispation musculaire.
4 : possibilité d'effets irréversibles.
Zone 4.1 : probabilité de 0 à 5% de fibrillation cardiaque.
Zone 4.2 : probabilité de 5 à 50% de fibrillation cardiaque.
Zone 4.3 : probabilité supérieure à 50% de fibrillation cardiaque

Courbe a : seuil de perception du courant.
Courbe b : seuil de contraction musculaire.
Courbe c1 : probabilité à 0% de fibrillation ventriculaire.
Courbe c2 : probabilité à 5% de fibrillation ventriculaire.
Courbe c3 : probabilité à 50% de fibrillation ventriculaire.

Fig.II.1. Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et l'intensité de ce courant.

II.1.1. Contact direct :

- **Définition :**

Le terme «*contact direct*» désigne le contact de personnes ou d'animaux avec des conducteurs actifs (phase ou neutre) ou des pièces conductrices habituellement sous tension.

- **Protection :**

- *Par isolation principale des parties actives* : Elle consiste en une isolation conforme aux prescriptions concernant les matériels.

- *Par des barrières ou enveloppes* : L'ouverture de l'enveloppe (porte, tiroirs, panneaux) ne doit pouvoir s'effectuer que :

- ✓ à l'aide d'une clé ou d'un outil, après mise hors tension des parties actives.

- ✓ avec interposition automatique d'un autre écran ne pouvant lui-même être escamoté qu'à l'aide d'une clef ou d'un outil.

- *Par la mise en œuvre d'une protection complémentaire* : réalisée par un dispositif différentiel à courant résiduel haute sensibilité ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$) et à temps de fonctionnement rapide.

II.1.2. Contact indirect :

- **Définition :**

Le terme «*contact indirect*» désigne le contact de personnes ou d'animaux avec des masses mises accidentellement sous tension.

Cette mise sous tension accidentelle résulte de la défaillance de l'isolation d'un appareil.

Le courant de défaut porte la masse accessible à une tension susceptible d'être dangereuse qui, à son tour, pourrait être à l'origine d'un courant dangereux au travers de la personne en contact avec cette masse.

- **Protection :**

Elles sont de deux sortes selon la norme NF C 15-100 :

a) *Sans coupure de l'alimentation* : emploi de la très basse tension, séparation électrique des circuits, emploi de matériel de classe II, isolation supplémentaire de l'installation, éloignement ou interposition d'obstacles, liaisons équipotentielles locales non reliées à la terre.

b) *Par coupure automatique de l'alimentation* : Cette mesure de protection repose sur deux principes fondamentaux :

- mise à la terre de toutes les masses des matériels électriques de l'installation et constitution de la liaison équipotentielle principale.
- mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit un défaut d'isolement, de manière à ne pas soumettre une personne à une tension de contact U_c pendant une durée telle qu'elle soit dangereuse. Afin de répondre à ces deux exigences, la norme CEI 60364-4-41 définit une valeur de tension limite de contact, des schémas des liaisons à la terre et des temps de coupure maximaux.

II.2. La protection électrique [9] :

Le rôle de l'appareillage électrique de distribution BT est d'assurer : la protection électrique, le sectionnement et la commande des circuits.

II.2.1. Protection contre les surintensités :

C'est la protection des biens (notamment canalisations et équipements) :

- Contre les surcharges, les surintensités se produisant dans un circuit électriquement sain ;
- Contre les courants de court-circuit consécutifs à un défaut dans un circuit entre plusieurs conducteurs.

Ces protections, en général assurées par des disjoncteurs, doivent être installées à l'origine de chaque circuit.

II.2.2. Protection contre les défauts d'isolement :

C'est la protection des personnes, réalisée selon le type du régime du neutre, par des disjoncteurs et dispositifs différentiels.

II.2.3. Le sectionnement :

La fonction d'un sectionneur est de séparer et d'isoler un circuit ou un appareil du reste de l'installation électrique afin de garantir la sécurité des personnes ayant à intervenir sur l'installation électrique pour entretien ou réparation, son PDC est nul.

II.2.4. Commande des circuits :

Le terme « *commande* » regroupe toutes les fonctions qui permettent à l'exploitant d'intervenir volontairement à des niveaux différents de l'installation sur des circuits en charge.

II.3. Protection des moteurs [10] :

II.3.1. Protection contre le démarrage incomplet ou trop long :

Cette protection est assurée par des relais temporisateurs thermiques, mis en route au début du démarrage et éliminés à la fin. La grandeur contrôlée peut être la vitesse ou le courant.

II.3.2. Protection contre les surcharges :

- ✓ Les surcharges des moteurs sont d'origine mécanique, et touchent la machine entraînée ou le moteur lui-même. Elles peuvent être détectées par des relais à

maximum d'intensité à temps inverse, tel que leurs seuils de fonctionnement I_0 soient voisin du courant nominal du moteur ($I_0 \approx 10.I_n$), pour être éliminées.

- ✓ La protection contre les surcharges peut être assurée par un disjoncteur-moteur grâce à son déclencheur thermique.

II.3.3. Protection contre les courts-circuits :

- ✓ Cette fonction est assurée par les coupe-circuits à fusible types AM (accompagnement moteur) et ce quelque soit le courant de court-circuit présumé.
- ✓ La protection contre les courts-circuits peut également être assurée par un disjoncteur-moteur grâce à son déclencheur magnétique.

II.3.4. Protection contre la marche monophasée :

- ✓ En cas de coupure de phase et pour l'alimentation des moteurs triphasés, les relais thermiques ouvrent le circuit de commande, s'ils sont de type différentiel et monophasé.

II.4. Les régimes du neutre [11] :

Le schéma de la mise à la terre ou « *régime du neutre* » en BT caractérise le mode de raccordement à la terre du secondaire du transformateur MT/BT et les manières de mettre à la terre les masses de l'installation.

L'identification des types de schémas est ainsi définie au moyen de 2 lettres :

- la première pour le raccordement du neutre du transformateur (2 cas possibles) :
 - **T** pour « raccordé » à la terre.
 - **I** pour « isolé » de la terre.
- la deuxième pour le type de raccordement des masses d'utilisation (2 cas possibles) :
 - **T** pour « raccordé directement » à la terre.
 - **N** pour « raccordé au neutre » à l'origine de l'installation, lequel est raccordé à la terre.

La combinaison de ces deux lettres donne trois configurations possibles :

- 1) **TT** : neutre à la terre.
- 2) **IT** : neutre isolé.

3) **TN** : mise au neutre, avec trois sous-schémas :

- ✓ **TN-C** : les conducteurs du neutre N et du PE sont confondus (PEN).
- ✓ **TN-S** : les conducteurs du neutre N et du PE sont distincts.
- ✓ **TN-C-S** : utilisation d'un TN-S en aval d'un TN-C, (l'inverse est interdit).

II.4.1. Le régime TT :

Ce régime de neutre est généralement utilisé pour la distribution publique. En cas de défaut d'isolement, il y a coupure automatique de tout ou partie de l'alimentation de l'ensemble des récepteurs. La coupure est obligatoire au premier défaut. L'ensemble des utilisations doit être équipé d'une protection différentielle instantanée. La protection différentielle peut être générale ou bien subdivisée, en fonction des types et de l'importance de l'installation.

Ce régime se rencontre dans les cas suivants : domestique, petit tertiaire, petits ateliers, établissements scolaires avec salle de travaux pratiques, etc.

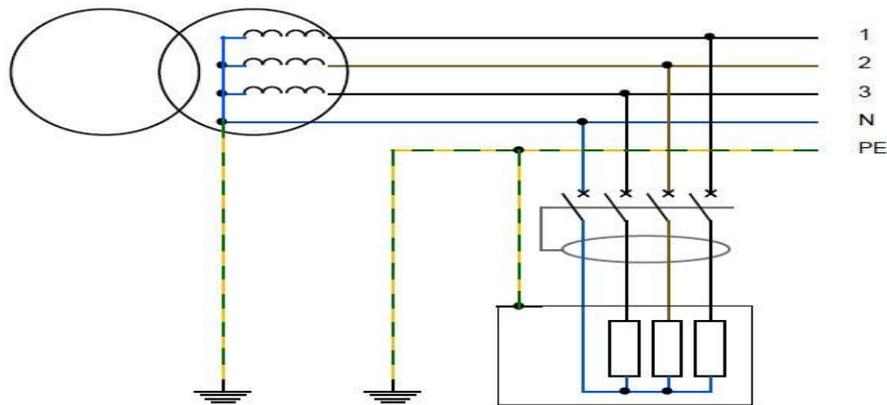


Fig.II.2. Schéma de principe du régime TT.

L'emploi d'un **DDR** est obligatoire en tête de l'installation, pour assurer la protection des personnes dès que la tension de défaut est supérieure à U_L .

II.4.2. Le régime IT :

Ce régime de neutre est utilisé lorsque la coupure au premier défaut d'isolement est préjudiciable au bon fonctionnement d'une exploitation ou à la sécurité des personnes, à l'instar des établissements hospitaliers.

Son exploitation impose la présence de personnel compétent sur le site pour intervenir rapidement lors de l'apparition du premier défaut d'isolement, pour garantir la continuité d'exploitation avant que ne se développe un éventuel deuxième défaut qui, lui, provoquerait une coupure.

Un limiteur de surtension est obligatoire pour permettre l'écoulement des surtensions à la terre provenant de l'installation Haute Tension (claquage transformateur HT/BT, manœuvres, foudre...).

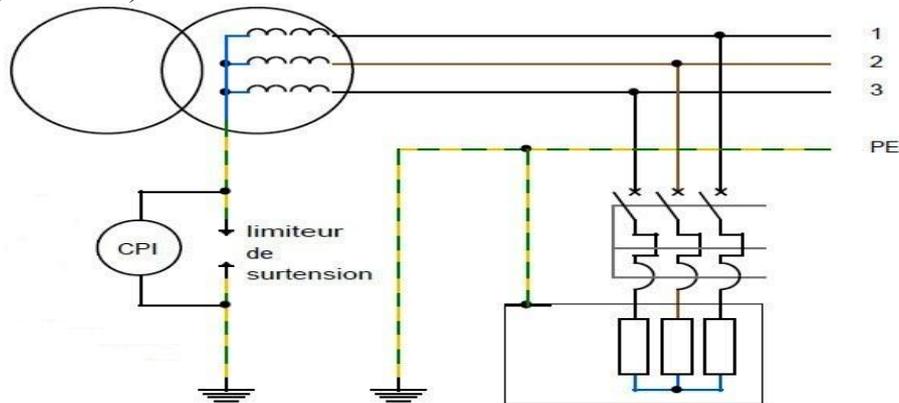


Fig.II.3. Schéma de principe du régime IT.

La protection des personnes est assurée par :

- l'interconnexion et la mise à la terre des masses,
- la surveillance du premier défaut par CPI (Contrôleur Permanent d'Isolation),
- la coupure au deuxième défaut par les organes de protection contre les surintensités ou par les dispositifs différentiels.

Ce régime se rencontre par exemple dans les hôpitaux (salles d'opération), ou lorsque le faible courant de défaut réduit considérablement les risques d'incendie ou d'explosion.

II.4.3. Le régime TN :

Ce principe de distribution est adapté aux installations admettant une coupure au premier défaut d'isolement.

La mise en œuvre et l'exploitation de ce type de réseau sont économiques, mais nécessitent une installation rigoureuse des circuits de protections.

Les conducteurs du neutre (N) et de protection (PE) peuvent être confondus (TNC) ou séparés (TNS).

Le principe de ce schéma dit de « mise au neutre » est de transformer tout défaut d'isolement en court-circuit monophasé phase-neutre.

II.4.3.1. Trois types de schémas TN :

- **TN-S** dans lequel un conducteur de protection (PE) distinct du neutre (N) est utilisé.

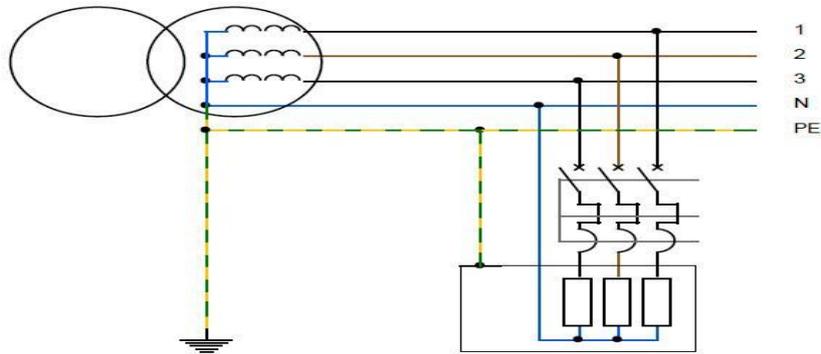


Fig.II.4. Schéma TN-S.

- **TN-C** dans lequel les fonctions de neutre et de protection sont combinées en un seul conducteur, appelé PEN.

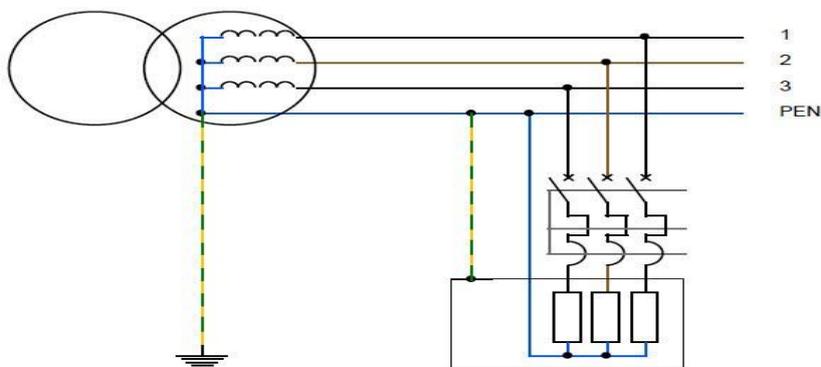


Fig.II.5. Schéma TN-C

- **TN-C-S** lorsque le schéma TN-S est réalisé en aval d'un schéma TN-C.

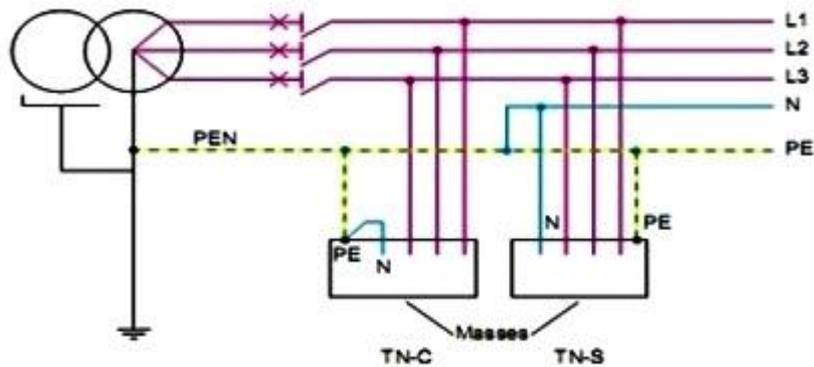


Fig.II.6. Schéma TN-C-S

NB :

- ✓ *le schéma TN-S est obligatoire pour les réseaux ayant des conducteurs de section inférieure à 10 mm² en cuivre et 16 mm² en aluminium.*
- ✓ *La réalisation du schéma TN-S en amont d'un schéma TN-C est interdite.*

II.4.4. Choix d'un schéma de liaison à la terre :

Plusieurs critères permettent de choisir un régime de neutre, voici les principaux :

- Tout d'abord regarder la norme du pays car il est parfois imposé ;
- Continuité de service obligatoire alors utilisation du régime IT avec une équipe de maintenance obligatoire 7/7 24/24 ;
- Valeur de la résistance de terre trop élevée, choisir TN ou IT ;
- Petit budget préfère, le TNC qui permet d'économiser une équipe de maintenance, des dispositifs différentiels, un conducteur, des disjoncteurs tri et pas tétra,...
- Facilité d'installation préfère le TT.

Notre choix est porté sur le régime TN et ce pour divers raisons à savoir:

- ✓ Il est réalisable pour un coût faible (il ne nécessite pas un personnel qualifié en permanence pour la recherche et l'élimination du premier défaut, cas du régime IT)
- ✓ Il est recommandé par la norme machine EN 60.204.1, il permet d'éviter les démarrages intempestifs ou les impossibilités d'arrêts des machines lors de défaillance dans les circuits de commande.
- ✓ Contrairement au régime IT, le schéma de liaison à la terre TN pose peu de problèmes au niveau des risques de surtension. Le fait d'avoir une terre commune pour le neutre et les masses BT, réduit les différences de potentiels qui peuvent apparaître et les risques de claquage qui en résultent.

En général, il conviendra de dire que le régime du neutre TN est de loin le schéma le plus avantageux entre les 3 types de schémas de liaison à la terre.

II.5. Appareillages associés à la protection [7] :

II.5.1. Le fusible :

Le fusible est un appareil de protection dont la fonction est d'ouvrir par fusion, un ou plusieurs parties d'un circuit lorsque le courant dépasse une valeur donnée pendant un temps déterminé.

Les normes définissent en fonction de l'usage, deux types de fusibles :

- ✓ “ gf “ à usage domestique ;
- ✓ “ gI, gII et aM “ à usage industriel.

II.5.2. Le disjoncteur :

Un disjoncteur est un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit. Il peut aussi supporter, pendant une durée spécifiée, et les interrompre, des courants dans des conditions de court-circuit.

II.5.3. Les différents types de disjoncteur :

On peut citer quatre types de disjoncteur :

- Disjoncteur magnétothermique ;
- Disjoncteur différentiel ;
- Disjoncteur électrothermique ;
- Disjoncteur électromagnétique.

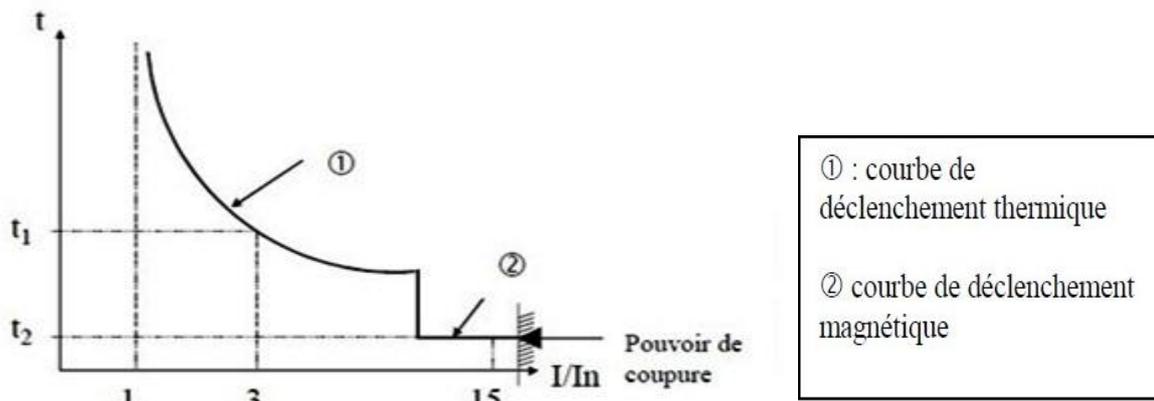
Dans notre cas on se base sur l'étude des disjoncteurs magnétothermiques et différentiel.

II.5.3.1. Disjoncteur magnétothermique :

Il peut assurer la protection :

- ✓ contre les surcharges (action du déclencheur thermique)
- ✓ contre les courts-circuits (action du déclencheur magnétique)

Tel que indiqué sur la figure II.7.



I = intensité réelle traversant le disjoncteur
 I_n = calibre du disjoncteur

Un courant supérieur à I_n ($I/I_n > 1$) entraîne le déclenchement du disjoncteur.

Figure II.7. Courbe de déclenchement d'un disjoncteur.

II.5.3.2. Disjoncteur différentiel :

Un disjoncteur différentiel est un interrupteur différentiel réalisant également une protection en courant de court-circuit (surcharge).

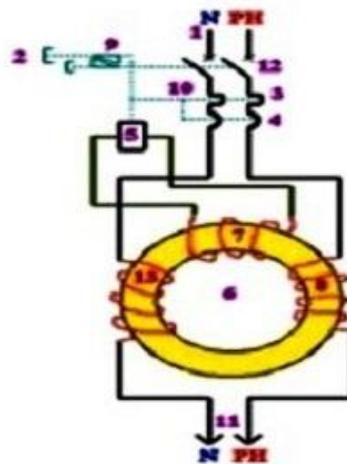


Figure II.8. Disjoncteur différentiel.

II.5.4. Sélectivité des protections :

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

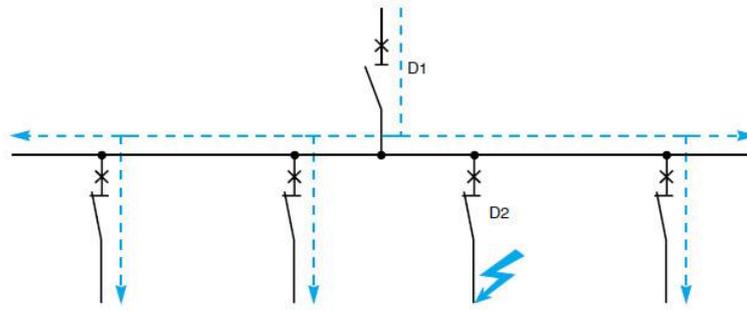


Fig.II.9. Schéma du circuit avec sélectivité des protections.

✓ **Sélectivité totale :**

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

✓ **Sélectivité partielle**

La sélectivité est partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité.

Dans l'éventualité d'un défaut les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent.

II.5.4.1. Sélectivité ampèremétrique :

Obtenue en réglant sur des valeurs différentes les courants de déclenchement instantané de la chaîne de disjoncteurs (réglages supérieurs pour les disjoncteurs en amont).

Elle est principalement mise en œuvre dans les installations de distribution terminale où les disjoncteurs sont équipés d'une protection à déclenchement instantané ; le résultat est souvent une sélectivité partielle.

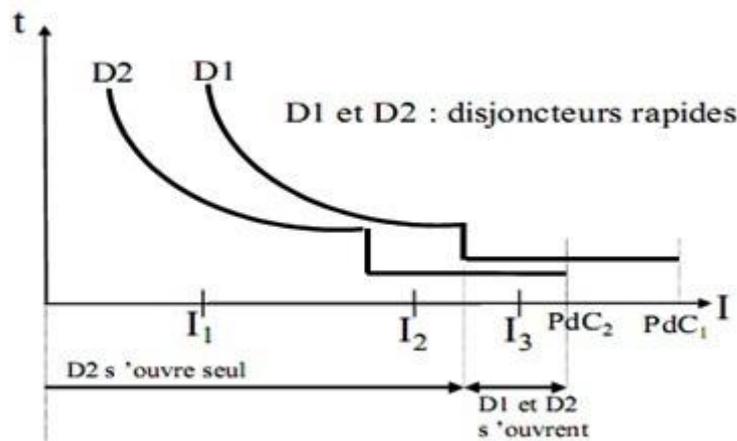


Fig.II.10. Sélectivité ampèremétrique.

II.5.4.2. Sélectivité chronométrique :

Elle s'obtient par un échelonnement des temps de déclenchement des disjoncteurs équipés de déclencheurs court retard. Le temps de déclenchement du disjoncteur amont est retardé par rapport à celui du disjoncteur aval.

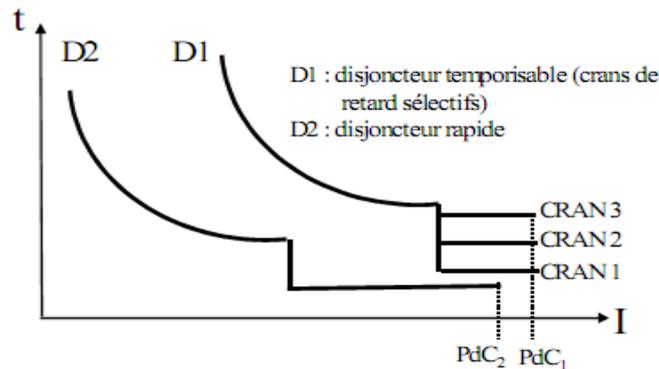


Fig.II.11. Sélectivité chronométrique.

II.6. Mise à la terre [12] :

La sécurité des personnes contre un défaut d'isolement survenant dans un matériel doit être assurée. En effet, un défaut d'isolement provoque une électrisation pouvant entraîner une électrocution. A cet aléa, trois solutions sont envisageable à savoir :

- 1) **Une boucle à fond de fouille** : La meilleure solution consiste à réaliser une boucle à fond de fouille établie pendant la construction des bâtiments avec généralement un câble en cuivre nu de 25 mm² de section (ou 95 mm² en acier galvanisé). (Fig.II.12.a)
- 2) **Conducteurs verticaux** : Une autre solution très couramment employée consiste à réaliser la prise de terre avec un ou plusieurs piquets enfoncés verticalement au dessous du niveau permanent d'humidité, à une profondeur minimale de 2 m. Des piquets de 1,50 m sont donc insuffisants. (Fig.II.12.b)
- 3) **Conducteurs en tranchée** : conducteurs enfouis à une profondeur d'environ 1 mètre dans des tranchées, plaques minces enterrées verticalement de sorte que le centre de la plaque soit à une profondeur d'environ 1 mètre, poteaux métalliques enterrés... (Fig.II.12.c)

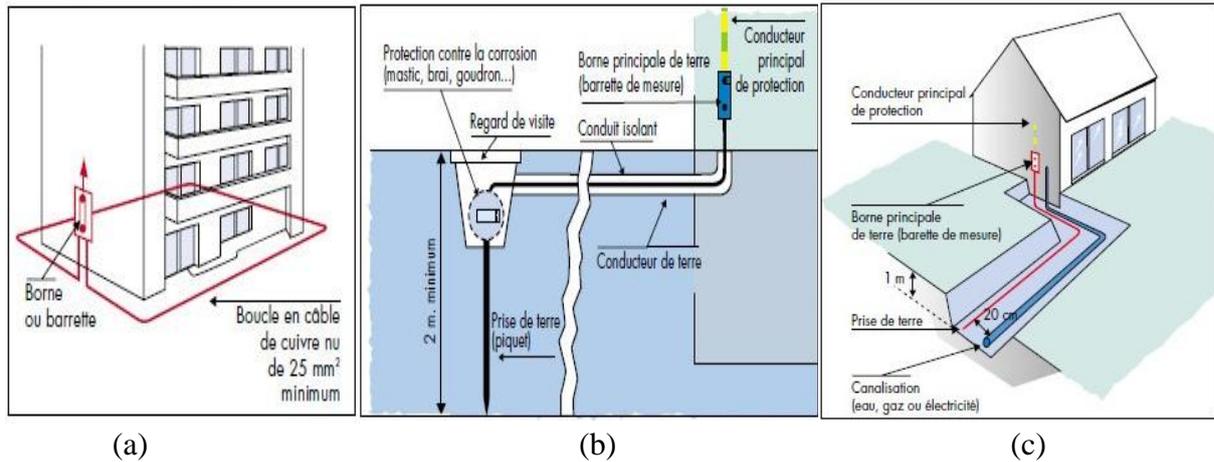


Fig. II.12. Types des mises à la terre.

II.6.1. Méthode de mesure de la résistance :

La mesure de la résistance de terre s'effectue au moyen d'un telluromètre, composé d'un générateur G , délivrant un courant i et appliquant un potentiel U entre la prise de terre X à mesurer et le sonde auxiliaire d'injection de courant C et d'un dispositif permettant de mesurer le quotient U / i , donc d'afficher directement la valeur de la résistance de la prise de terre X .

II.6.2. Valeur de la résistance de terre :

Dans une installation aux normes et pour garantir la sécurité des individus, il faut que les dispositifs de protection se déclenchent dès qu'une « tension de défaut » circulant dans l'installation dépasse la tension limite acceptée par le corps humain. Dans le but de minimiser les risques, nous considérerons : $U_{\text{Limite}} = 25\text{V (AC)}$ pour milieu humide et 50 V (AC) pour milieu sec.

De plus, de façon générale, dans les installations domestiques, le dispositif de coupure différentiel (DDR) associé à la prise de terre accepte une élévation de courant de 500 mA.

Pour un milieu humide, on obtient : $R = 25\text{ V} / 0,5\text{ A} = 50\ \Omega$ (Loi d'Ohm $R = U/I$), pour garantir la sécurité des individus et des biens, il faut que la résistance de la prise de terre soit inférieure à $50\ \Omega$.

Pour un milieu sec, on obtient : $R = 50\text{ V} / 0,5\text{ A} = 100\ \Omega$. Pour garantir la sécurité des individus et des biens, il faut que la résistance de la prise de terre soit inférieure à $100\ \Omega$.

La réalisation d'une bonne prise de terre doit respecter trois éléments essentiels :

- ✓ la nature de la prise de terre.
- ✓ la nature et la résistivité du terrain.
- ✓ le conducteur de terre.

II.7. Système de protection associé au cas pratique (Usine STPA):

Dans le but d'assurer une continuité de service et une protection électrique sélective en se basant sur les calculs déjà faits, les caractéristiques et le type des appareils de protection choisis sont dans les tableaux suivants qui représentent les armoires électriques :

Tableau Général Basse Tension (TGBT)				
Armoire	Type de protection	Calibre (A)	Sensibilité (mA)	PDC (kA)
En tête	Disjoncteur magnétothermique	1250	1000	70
Atelier	Disjoncteur magnétothermique différentiel	250	1000	36
C. Froide négative	Disjoncteur magnétothermique différentiel	400	1000	50
C. Froide positive	Disjoncteur magnétothermique différentiel	400	1000	50
RDC + 1^{er} étage	Disjoncteur magnétothermique différentiel	63	300	10
Système ondulé	Disjoncteur magnétothermique différentiel	20	300	6

Tab.II.1. Tableau récapitulatif des calibres des disjoncteurs au niveau du TGBT.

Armoire de distribution « Atelier »				
Indication	Type de protection	Calibre (A)	Sensibilité (mA)	PDC (kA)
En tête	Interrupcteur sectionneur			
Départ n° 1	Disjoncteur magnétothermique	50	500	10
Départ n° 2	Disjoncteur magnétothermique	50	500	10
Départ n° 3	Disjoncteur magnétothermique	50	500	10

<i>Départ n° 4</i>	Disjoncteur magnétothermique	50	500	10
<i>Départ n° 5</i>	Disjoncteur magnétothermique	25	500	6
<i>Départ n° 6</i>	Disjoncteur magnétothermique	25	500	6
<i>Départ n° 7</i>	Disjoncteur magnétothermique	25	500	6
<i>Départ n° 8</i>	Disjoncteur magnétothermique	25	500	6
<i>Départ n° 9</i>	Disjoncteur magnétothermique	16	500	6
<i>Départ n° 10</i>	Disjoncteur magnétothermique	16	500	6
<i>Départ n° 11</i>	Disjoncteur magnétothermique	16	500	6
<i>Départ n° 12</i>	Disjoncteur magnétothermique	16	500	6
<i>Départ éclairage</i>	Disjoncteur magnétothermique	16	500	6
<i>Départ prises</i>	Disjoncteur magnétothermique	100	500	36
Armoire de distribution « C. Froide négative »				
<i>Indication</i>	<i>Type de protection</i>	<i>Calibre (A)</i>	<i>Sensibilité (mA)</i>	<i>PDC (kA)</i>
<i>En tête</i>	Interrupteur sectionneur			
<i>Départ n° 1</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
<i>Départ n° 2</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
<i>Départ n° 3</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
<i>Départ n° 4</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
<i>Départ n° 5</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
<i>Départ n° 6</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
<i>Départ n° 7</i>	Disjoncteur magnétothermique	125	500	36
<i>Départ n° 8</i>	Disjoncteur magnétothermique	125	500	36
<i>Départ n° 9</i>	Disjoncteur magnétothermique	125	500	36
<i>Départ n° 10</i>	Disjoncteur magnétothermique	40	500	10
<i>Départ n° 11</i>	Disjoncteur magnétothermique	40	500	10
<i>Départ n° 12</i>	Disjoncteur magnétothermique	40	500	10
<i>Départ éclairage</i>	Disjoncteur magnétothermique	32	500	10
Armoire de distribution « C. Froide positive »				
<i>Indication</i>	<i>Type de protection</i>	<i>Calibre (A)</i>	<i>Sensibilité (mA)</i>	<i>PDC (kA)</i>
<i>En tête</i>	Interrupteur sectionneur			
<i>Départ n° 1</i>	Disjoncteur magnétothermique	250	500	36
<i>Départ n° 2</i>	Disjoncteur magnétothermique	250	500	36
<i>Départ n° 3</i>	Disjoncteur magnétothermique	100	500	36
<i>Départ n° 4</i>	Disjoncteur magnétothermique	6	500	4,5
<i>Départ éclairage</i>	Disjoncteur magnétothermique	10	500	4,5

Armoire de distribution (RDC + 1 ^{er} étage + éclairage extérieur)				
Indication	Type de protection	Calibre (A)	Sensibilité (mA)	PDC (kA)
En tête	Interrupteur sectionneur			
Départ n° 1	Disjoncteur magnétothermique	40	150	10
Départ n° 2	Disjoncteur magnétothermique	63	150	10
Départ n° 3	Disjoncteur magnétothermique	63	150	10

Tab.II.2. *Tableau récapitulatif des calibres des disjoncteurs au niveau des armoires.*

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé en général les différentes protections envisageables vis-à-vis les défauts et les différents régimes de neutre, afin d'assurer le bon fonctionnement des équipements électriques et la protection des personnes.

A partir des contraintes précitées, on peut dire que les SLT et les protections sont des éléments essentiels, qui peuvent être pris en compte dès la conception d'une installation électrique, ce qui garantit aux utilisateurs une meilleure sécurité et ceci pour une bonne continuité de service.

Les réseaux internes et le poste de transformation seront traités dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III

Plans de distribution de l'électricité

Partie A : Etude théorique

III.1. Réseaux internes [13] :

Les usines étant conçues pour fonctionner d'une manière continue, au stade de l'étude toute interruption de l'alimentation en énergie électrique doit donc être évaluée et ses conséquences examinées, afin de déterminer les mesures à prendre.

III.1.1. Choix d'une architecture :

Le choix d'architecture a un impact déterminant sur les performances de l'installation tout au long de son cycle de vie, le choix de la meilleure architecture se traduit souvent par la recherche d'un compromis entre les différents critères de performances qui intéressent le client, utilisateur de l'installation. Plus la démarche de recherche de solutions intervient tôt dans un projet, plus les possibilités d'optimisation sont importantes.

III.1.2. Schéma unifilaire :

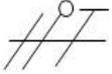
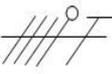
Toute exploitation d'une installation électrique a besoin d'avoir un plan de passage des conducteurs et de distribution.

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

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

A cela s'ajoute les plans des circuits auxiliaires tels que : le réseau informatique, le réseau téléphonique et celui du transfert de données.

Pour que les plans soient exploitables par n'importe quel intervenant ; ils doivent être réalisés selon les normes en vigueur et en utilisant des symboles des équipements d'une manière normalisée ou bien, une légende doit accompagner chaque plan.

	Conducteur monophasé avec conducteur du neutre.
	Conducteur monophasé avec conducteur du neutre + conducteur de terre.
	Conducteur triphasé avec conducteur du neutre.
	Conducteur triphasé avec conducteur du neutre + conducteur de terre.
	Disjoncteur différentiel.
	Disjoncteur magnétothermique.
	Interrupteur-sectionneur.

Tab.III.1. Légende des symboles.

III.2. Détermination de la section des liaisons électriques [14] :

La détermination de la section technique de l'âme d'un câble consiste à déterminer quelle est la plus petite section normalisée appartenant au type de câble choisis qui satisfait simultanément les trois conditions :

- Échauffement normal qui impose une section S_j ;
- Chute de tension qui impose une section S_z
- Surcharge et court-circuit qui imposent une section S_{cc} .

La plus grande des trois sections est la section technique nécessaire à la liaison.

III.2.1. Section imposée par l'échauffement normal du câble (S_j) :

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

- Déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose.
- déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction, K1, K2, K3 :

K1 : prend en compte le mode de pose. (**Tableau I.4 en annexe I**)

K2 : prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte. (**Tableau I.5 en annexe I**)

K3 : prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant. (**Tableau I.5 en annexe I**)

On calcule le facteur de correction K à appliquer à l'intensité à transporter.

On calcule l'intensité fictive qui est égale à :

$$I_f = I_e / K \quad (\text{III.1})$$

Avec : I_e : courant d'emploi, I_f : courant fictif.

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection (**Tableau I.6 en annexe I**), on choisit la valeur de I_f ou immédiatement supérieure et on trouve la section adéquate.

III.2.3. Section imposée par la chute de tension (S_z):

La chute de tension intervient rarement en moyenne tension pour le calcul des sections ; par contre elle est souvent un facteur important en basse tension.

Chute de tension admissible dans les canalisations :

La norme NFC15-100 fixe la valeur de la chute de tension égale à un pourcentage de la tension de réseau selon le tableau III.2. :

Installation alimentée à partir :	Eclairage	Autres usages
• D'un réseau basse tension	3%	5%
• D'un poste de transformation dont l'abonné est le propriétaire	6%	8%

Tab.III.2. Chute de tension admissible en fonction du type d'installation.

Au démarrage des moteurs, on admet généralement, pour les canalisations de force motrice, une chute de tension de 10%.

1) Détermination de (S_z) :

Il faut déterminer la section des conducteurs permettant pour un réseau dont le facteur de puissance est $\cos\varphi$ d'assurer le transport du courant nominal I par un câble de longueur L sans dépasser la valeur limite de la chute de tension ΔU permise.

Pour le faire :

- On détermine d'après la nature de l'installation la chute de tension admissible par la liaison de longueur L .
- On calcul l'intensité I en ampère en régime normal.
- On calcul l'impédance Z des câbles à utiliser par les formules suivantes :

$$Z_{MAX} = \frac{\Delta U_{admissible}}{1.732 \times I \times L} \quad \text{en triphasé } (\Omega/\text{Km})$$

$$d'où : \Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad \text{(III.2)}$$

$$Z_{MAX} = \frac{\Delta U_{admissible}}{2 \times I \times L} \quad \text{en monophasé } (\Omega/\text{Km})$$

$$d'où : \Delta U = 2 \cdot I \cdot L (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad \text{(III.3)}$$

III.2.4. Section imposée par les surcharges en court-circuit (S_{cc}) :

Pour la détermination de S_{cc} on doit connaître l'intensité de court-circuit I_{cc} .

1) Calcul du courant de court-circuit :

Pour le calcul des courants de court-circuit aux différents niveaux de l'installation, nous appliquons une méthode très simple qui exige seulement la connaissance de :

- La somme des réactances situées en amont des ces niveaux (X_t) :

$$X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

- La somme des résistances situées en amont des ces niveaux (R_t) :

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

2) Détermination des impédances de chaque partie de l'installation :

Le tableau (III.3) récapitule les formules de calcul et méthode de la détermination des impédances du court-circuit de chaque partie d'une installation.

a) Réseau amont :

L'impédance du réseau amont ramenée au secondaire du transformateur a pour valeur :

$$Z_a = \frac{U_0^2}{P_{CC}} \cdot 10^{-6} \text{ (}\Omega\text{)} \quad \text{(III.4)}$$

b) Transformateur :

La résistance du transformateur est négligeable devant la réactance de ce dernier, cette dernière est donnée par la formule suivante

$$X_{TR} = 1 + \frac{U_0^2}{S} + \frac{U_{CC}(\%)}{100} \cdot 10^{-3} \text{ (}\Omega\text{)} \quad \text{(III.5)}$$

S : puissance nominale du transformateur.

U_{CC} : tension de court-circuit du transformateur.

NB : Il est à noter que le calcul de Z_t , ne s'obtient pas en faisant la somme des impédances des différents tronçons séparément, car il s'agit d'une somme vectorielle.

Réseau amont		R1, X1 résistance et réactance amont Pcc = 350 MVA
Transformateur		Rtr, Xtr résistance et réactance du transformateur Ucc % entre 4 et 7
Câble		R2, X2 résistance et réactance du câble
Disjoncteur		R3 négligeable, X3 réactance du disjoncteur
Jeu de barres		R4 négligeable, X4 réactance du jeu de barres
Câbles		R5, X5 résistance et réactance du câble
		$\sum R = R1 + Rtr + R2 + R3 + \dots$ $\sum X = X1 + Xtr + X2 + X3 + \dots$

Tab.III.3. Méthode de calcul de Z_t

Méthode de calcul de S_{cc} :

Pour le calcul de cette section, on utilise la formule suivante :

$$S_{cc}(mm^2) = \frac{I_{cc}\sqrt{t_{cc}}}{K'} \tag{III.6}$$

I_{cc} : courant de court-circuit en ampères.

t_{cc} : la durée de la surcharge en seconde.

K' : facteur lié à la nature de l'isolation de l'âme donnée dans le tableau suivant :

Isolation	Ame Cu (K')	Ame AL (K')
PVC	115	75
PRC	135	87

Tab.III.4. Facteur K' en fonction de l'isolation et de la nature de l'âme.

La section technique retenue est la plus grande des trois sections calculées.

III.3. Postes de transformations MT/BT [8] :

III.3.1. Raccordement au réseau MT :

En fonction de la structure du réseau moyenne tension, les schémas d'alimentation peuvent être des types suivants :

- **Raccordement sur un réseau radial MT (simple dérivation) :** Le poste est alimenté par une dérivation du réseau radial, aussi appelé réseau en antenne, de distribution moyenne tension. Ce type de réseau permet une alimentation unique pour les récepteurs.

Le poste comporte, en règle générale, une cellule arrivée et une cellule protection générale par interrupteur-sectionneur et fusibles avec des sectionneurs de mise à la terre.

- **Raccordement sur une boucle MT (coupure d'artère) :** L'alimentation du poste est insérée en série sur la ligne du réseau de distribution moyenne tension en boucle, et permet le passage du courant de la ligne via un jeu de barres. Ce type de raccordement permet deux alimentations possibles pour les récepteurs.

- **Raccordement sur deux câbles MT en parallèle (double dérivation) :** Lorsqu'il est possible de disposer de deux câbles souterrains en parallèle pour alimenter un poste, on utilise un tableau MT similaire à celui du poste en coupure d'artère.

La principale différence avec le poste en coupure d'artère est que les deux interrupteurs-sectionneurs sont interverrouillés de façon à ce qu'un seul d'entre eux puisse être fermé à la fois, sa fermeture interdisant celle de l'autre interrupteur. En cas de perte de l'alimentation, l'interrupteur d'arrivée correspondant doit être ouvert et l'interverrouillage doit permettre de fermer l'interrupteur qui était ouvert.

Cette séquence peut être réalisée de façon manuelle ou automatique. Les domaines d'utilisation de ce schéma sont les réseaux de certaines villes à forte densité ou en extension alimentées par câbles souterrains.

III.3.2. Description du poste de transformation MT/BT :

Le poste à comptage MT comporte, en plus des cellules de raccordement au réseau, des cellules spécifiques pour le comptage et, éventuellement, l'inversion de sources en MT. Les cellules modulaires permettent de réaliser l'ensemble de ces fonctions.

Le comptage et la protection générale sont réalisés par l'association :

- d'une cellule contenant les TP,
- d'une cellule protection générale par disjoncteur contenant les TI de mesure et de protection.

La protection générale est habituellement à maximum de courant et maximum de courant résiduel par relais indirect à propre courant ou par relais numérique à alimentation auxiliaire (Voir Fig.III.2)

III.3.3. Type des transformateurs :

III.3.3.1 Transformateurs de type sec :

Le transformateur de type sec est destiné à être installé uniquement à l'intérieur. Il peut être avec ou sans enveloppe métallique de protection. Lorsqu'il est sans enveloppe de protection, il doit être installé dans des armoires ou des cabines. L'enveloppe de protection doit satisfaire aux degrés de protection. Les prises de réglage doivent être faites de liaisons mobiles facilement accessibles.

III.3.3.2 Transformateurs de type immergé :

Le transformateur immergé est constitué d'un circuit magnétique en tôles à cristaux orientés, d'enroulements en cuivre ou en aluminium, d'une cuve métallique, d'un couvercle et des bornes de raccordement MT et BT.

Le liquide le plus souvent utilisé comme diélectrique dans les transformateurs immergés est l'huile minérale.

III.3.4. La puissance optimale d'un transformateur :

Surdimensionner le transformateur entraîne un investissement excessif et des pertes à vide inutiles. Mais la réduction des pertes en charge peut être très importante.

Sous-dimensionner le transformateur entraîne un fonctionnement quasi permanent à pleine charge et souvent en surcharge avec des conséquences en chaîne tel que :

- Un rendement inférieur.
- Echauffement des enroulements.
- Vieillesse prématuré des isolants.

Pour définir la puissance optimale d'un transformateur, il est important de :

- faire le bilan des puissances installées.
- connaître le facteur d'utilisation de chaque récepteur.
- déterminer le cycle et la durée de charge ou de surcharge de l'installation.
- compenser l'énergie réactive si nécessaire.

III.3.5. Mise en parallèle de transformateurs :

Le choix d'utiliser plusieurs transformateurs plutôt qu'un seul est lié directement aux récepteurs alimentés et au besoin de continuité de service de ces récepteurs. La solution retenue dépendra du bilan technico-économique de chaque cas d'installation.

III.3.6. Puissance totale (kVA) :

La puissance totale (kVA) disponible lorsque deux transformateurs ou plus, de même puissance, sont raccordés en parallèle est égale à la somme des puissances des appareils individuels, à la condition préalable que les rapports de transformation est impédance de court-circuit (en %) soient identiques pour chacun.

Des transformateurs de puissance différente se répartiront la charge pratiquement (mais pas exactement) au prorata de leurs puissances respectives à la condition préalable que les rapports de transformation soient identiques pour chacun et que les impédances de court-circuit (en %) à leur puissance assignée soient identiques (ou très voisines).

Dans ces cas, pour deux transformateurs, un total de plus de 90 % de la valeur des deux puissances assignées est disponible. Il est recommandé d'éviter le couplage permanent de transformateurs dont le rapport des puissances en kVA est supérieur à 2.

III.4. Protection des transformateurs [15] :

Interface entre la moyenne et la basse tension, le transformateur subit toutes les perturbations, aussi bien des réseaux situés en amont (coups de foudre, coupures de ligne, etc.) qu'en aval. Les variations anormales de la température ambiante ou de la charge peuvent

provoquer un échauffement des enroulements susceptible de compromettre la durée de la vie de l'appareil.

Les systèmes de protection sont :

- Les appareils de protection contre les défauts situés en amont, généralement sur le réseau du distributeur d'énergie (parafoudres et limiteurs de surtensions).
- Les cellules de protection par fusible ou par disjoncteur contre les courts-circuits.
- Les DGPT2, appareils de protection spécifiques aux transformateurs immergés. Ils ont pour mission non seulement de signaler toute anomalie, mais aussi de donner l'alarme et de provoquer le déclenchement dès qu'ils détectent un dégagement gazeux ou une élévation de température anormale du diélectrique.
- Les sondes PTC placées entre le circuit magnétique et les enroulements BT des transformateurs secs enrobés. Elles détectent des seuils de température pour donner l'alarme et provoquer le déclenchement.

III.5. Autres sources d'alimentation :

III.5.1. La source de secours (Groupe électrogène) [16] :

Dans l'industrie agro-alimentaire, l'interruption de la source électrique va engendrer des conséquences préjudiciables sur le plan économique ; une autre source d'alimentation est fortement recommandée afin d'assurer la continuité du processus industriel dans les plus brefs délais.

III.5.1.1. Dimensionnement :

Le dimensionnement du groupe électrogène est directement lié à l'impacte de la charge qu'il est appelé à assurer et aussi du mode de démarrage car il existe différents modes de démarrage.

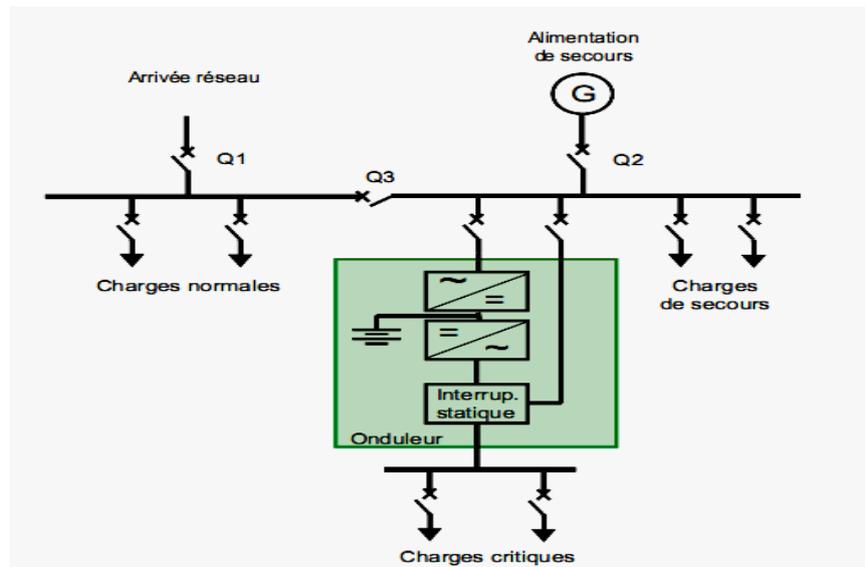


Fig.III.1. Schéma typique de réseau d'alimentation électrique d'un petit site industriel.

Il existe différents types de couplage :

- **Couplage Manuel** : on doit disposer de deux dispositifs de réglage, un dispositif de réglage de vitesse pour le moteur Diesel et un autre dispositif pour le réglage de la tension pour l'alternateur.
- **Couplage Automatique** : son avantage est que le temps de la réalisation est rapide, nécessite la mise en œuvre des composants réalimentation est rapide, nécessite la mise en œuvre de composants suivants :
 - Un synchroniseur qui amène la tension au synchronisme par action sur la consigne de vitesse du régulateur.
 - Un égaliseur de tension qui assure l'ajustage de la tension de l'alternateur à celle de la source de référence, cette fonction est très souvent intégrée au régulateur de tension ;
 - Un coupleur qui effectue le contrôle de l'ensemble des conditions de couplage et qui délivre l'ordre de fermeture de l'organe de coupure du groupe électrogène.

Le groupe électrogène dans ses applications (secours), présente des avantages liés à :

- Un grand éventail de puissance.
- La rapidité de sa mise en œuvre.
- Sa capacité à fonctionner pendant longues périodes.

III.5.2. Alimentation statiques sans interruption (onduleurs) [17] :

En raison de l'automatisation croissante des équipements, il est aujourd'hui nécessaire de protéger les traitements informatiques de données et les processus industriels d'éventuelles pertes d'alimentation par la mise en place d'ASI, appelées aussi onduleurs. La plupart des équipements électroniques sont sensibles aux perturbations de tension, qu'il s'agisse d'un ordinateur ou de tout équipement à commande numérique doté d'un microprocesseur. Ce type d'équipement exige une ASI pour assurer une alimentation stable et fiable et éviter ainsi des pertes de données, une détérioration du matériel ou tout simplement une perte de contrôle de processus industriels coûteux et souvent dangereux.

Partie B : Application à l'usine « STPA » et résultats

III.1. Calcul des sections des liaisons électriques :

III.1.1. Calcul de la section selon l'échauffement normal :

On détermine la section relative à l'échauffement normal en fonction du courant à transporter en régime normal et les facteurs de correction K1, K2, K3 dans le **tableau I.5. en annexe I**.

Avec $K = K1 \times K2 \times K3$, puis on cherche dans le **tableau I.6 en annexe I** la section adéquate.

III.1.2. Calcul de section selon la chute de tension :

Nous optons pour une chute de tension admissible égale à 6% pour l'éclairage et 8% pour la force motrice. On calcule l'impédance du câble à utiliser par les équations (III.4) et (III.5).

La section retenue est la plus grande parmi celles calculées, on procède ainsi pour les différentes liaisons électriques pour les résultats définitifs avec la section retenue dans les tableaux suivants :

Armoire de distribution « atelier »								
Coffret de la force motrice								
N°	Local	S_{local} (kVA)		I_{local} (A)		S (mm ²)		
03	L.M.P	15,2		21,94		4×6		
05	Manipulation	50,7		73,18		4×25		
06	Transformation	44,1		63,65		4×25		
14	Fluide	17		24,537		4×10		
15	Chaudière	20		28,8675		4×10		
Coffret des circuits des prises								
N°	Local	S_{local}	I_{local}	S (mm ²)	I_{BJ}	S (mm ²)	$I_{départ}$	S (mm ²)
04	Réception	10	14,43	4×2,5	36,08	5×16	64,94	5×25
05	Manipulation	10	14,43	4×2,5				
06	Transformation	5	7,215	4×2,5				
11	Expédition	10	14,43	4×2,5	28,86	5×6		

14	Fluide	5	7,215	4×2,5				
15	Chaudière	5	7,215	4×2,5				
Coffret des circuits d'éclairage								
N°	Local	S _{local} (VA)	I _{local} (A)	S(mm ²)	I _{BJ} (A)	S(mm ²)	I _{dé} (A)	S(mm ²)
01	Accès	72	0,313	3×1,5	0,64	4×2,5		
02	C.Escalier	72	0,313	3×1,5				
03	L.M.P	72	0,313	3×1,5				
04	Réception	232	1,008	3×2,5	2,52	4×2,5	3,99	5×2,5
05	Manipulation	812	3,53	3×2,5				
06	Transformation	348	1,513	3×2,5				
07	Plonge+stock	232	1,008	3×2,5				
10	Corridor	348	1,513	3×2,5	0,83	4×2,5		
11	Expédition	232	1,008	3×2,5				
14	Fluide	116	0,504	3×1,5				
15	Chaudière	116	0,504	3×1,5				
16	B.Electrique	116	0,504	3×1,5				
Armoire de distribution « chambre froide négative »								
Coffret de la force motrice								
Départ	S _{départ} (kVA)		I _{départ} (A)		S (mm ²)			
Départ n° 1	25		36,08		4×16			
Départ n° 2	112,5		162,38		4×50			
Départ n° 3	50		72,16		4×25			
Départ n° 4	141,176		203,77		4×70			
Départ n° 5	70,588		101,88		4×35			
Départ n° 6	70,588		101,88		4×35			
Coffret d'éclairage								
Départ	S _{départ} (kVA)		I _{départ} (A)		S (mm ²)			
Départ n° 1	2,8		12,174		3×2,5			
Départ n° 2	2,8		12,174		3×2,5			
Armoire de distribution « chambre froide positive »								
Coffret de la force motrice								
Départ	S _{départ} (kVA)		I _{départ} (A)		S (mm ²)			

Départ n° 1		70,588		101,885				4×35
Départ n° 2		275		396,928				4×120
Départ n° 3		62,5		90,21				4×35
Départ n° 4		2,588		3,735				4×2,5
Départ n° 5		6,47		9,34				4×4
Coffret d'éclairage								
N°	Local	S _{local} (VA)	I _{local} (A)	S(mm ²)	I _{BJ} (A)	S(mm ²)	I _{départ} (A)	S(mm ²)
30	C.Escalier	216	0,94	3×1,5	0,98	4×1,5	1,65	5×2,5
31	Magasin	464	2,017	3×2,5				
32	C.Froide	464	2,017	3×2,5	0,67	4×1,5		
33	Corridor	464	2,017	3×2,5				
Armoire de distribution « RDC + 1^{er} étage »								
N°	Local	S _{local} (kVA)	I _{local} (A)	S(mm ²)	I _{BJ} (A)	S(mm ²)	I (A)	S(mm ²)
01	Accès	0,072	0,313	3×1,5	0,62	4×1,5	11,03	5×4
02	C.Escalier	0,216	0,939	3×1,5				
17	Hall	0,144	0,626	3×1,5				
18	WC 1	2,2932	9,97	3×2,5	10,41	4×2,5		
19	WC 2	2,2932	9,97	3×2,5				
20	Laboratoire	2,6222	11,4	3×2,5				
21	Cuisine	10,503	15,16	4×10	19,85	4×4	27,14	5×4
22	Magasin	0,928	4,034	3×2,5				
01	Accès	2,3246	10,107	3×2,5				
02	C.Escalier	0,216	0,94	3×1,5	7,29	4×2,5		
23	Nettoyage	2,2932	9,97	3×2,5				
24	Couloir	2,545	11,065	3×2,5				
25	Vestiaire 1	2,703	11,752	3×2,5	13,56	4×2,5	18,785	5×4
26	Vestiaire 2	2,703	11,752	3×2,5				
27	Office	3,99	1,347	3×2,5				
28	S.technique	0,072	0,313	3×1,5	5,225	4×2,5		
29	Bureaux	3,5483	15,427	3×2,5				

Tab.III.5. Tableau récapitulatif des sections des câbles au niveau des armoires.

TGBT			
Armoire	S (kVA)	I (A)	S (mm²)
Atelier	188,55	272,15	4×95
C. Froide négative	274,11	395,64	4×120
C. Froide positive	241,4	348,14	4×120
RDC + 1^{er} étage	33,71	48,56	4×16

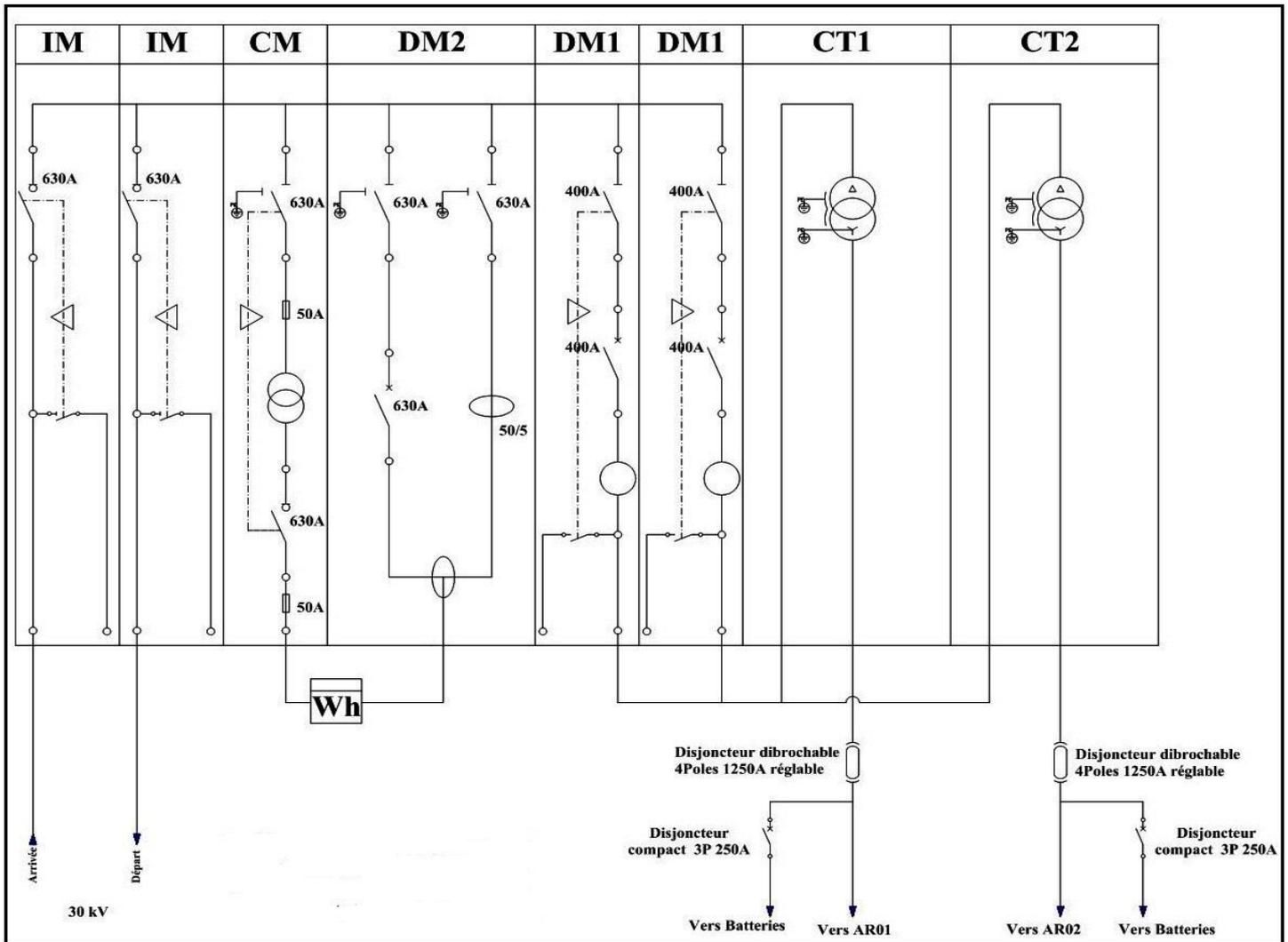
Tab.III.6. *Tableau récapitulatif des sections des câbles au niveau du TGBT.*

N.B : Nous tenons compte des normes en vigueur, à savoir l'utilisation au minimum d'une section de 2,5mm² pour les circuits de prises de confort, et de 1,5mm² pour les circuits d'éclairage.

III.2. Poste de transformation MT/BT :

Après le calcul des besoins en énergie électrique réalisé au "Chpitre I", et vu les projets d'extension dans le future proche du client, on a mis deux transformateurs en parallèle d'une puissance apparente $S = 630 \text{ kVA}$ chacun.

Le principe de la distribution moyenne tension et les éléments constituant le poste de transformation sont illustrés ci-dessous.



IM	Cellule arrivée et départ interrupteur	DM2	Cellule de protection générale avec disjoncteur MT
CM	Cellule de comptage	DM1	Cellule de protection du transformateur

Fig.III.2. Principe de la distribution moyenne tension «Usine STPA».

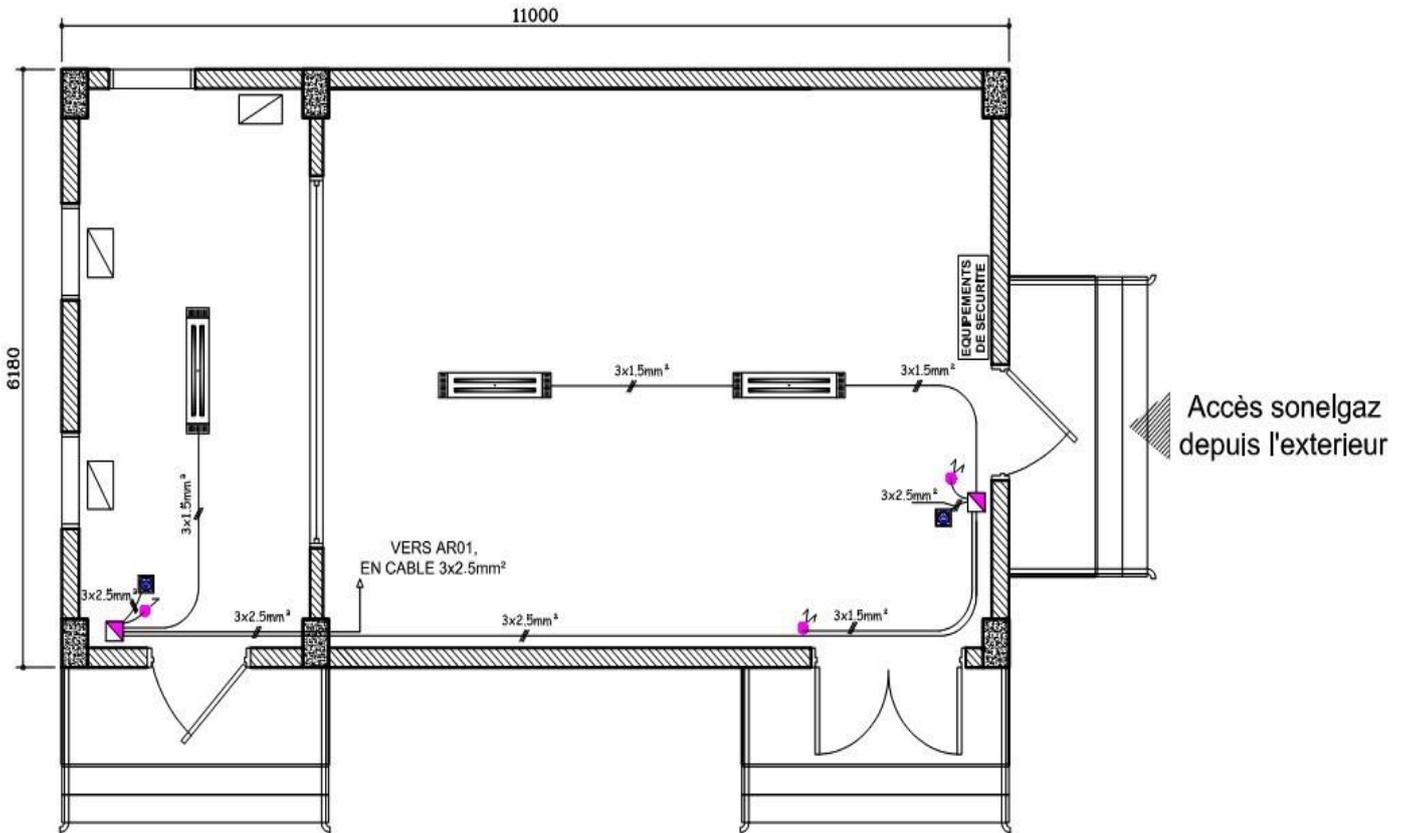
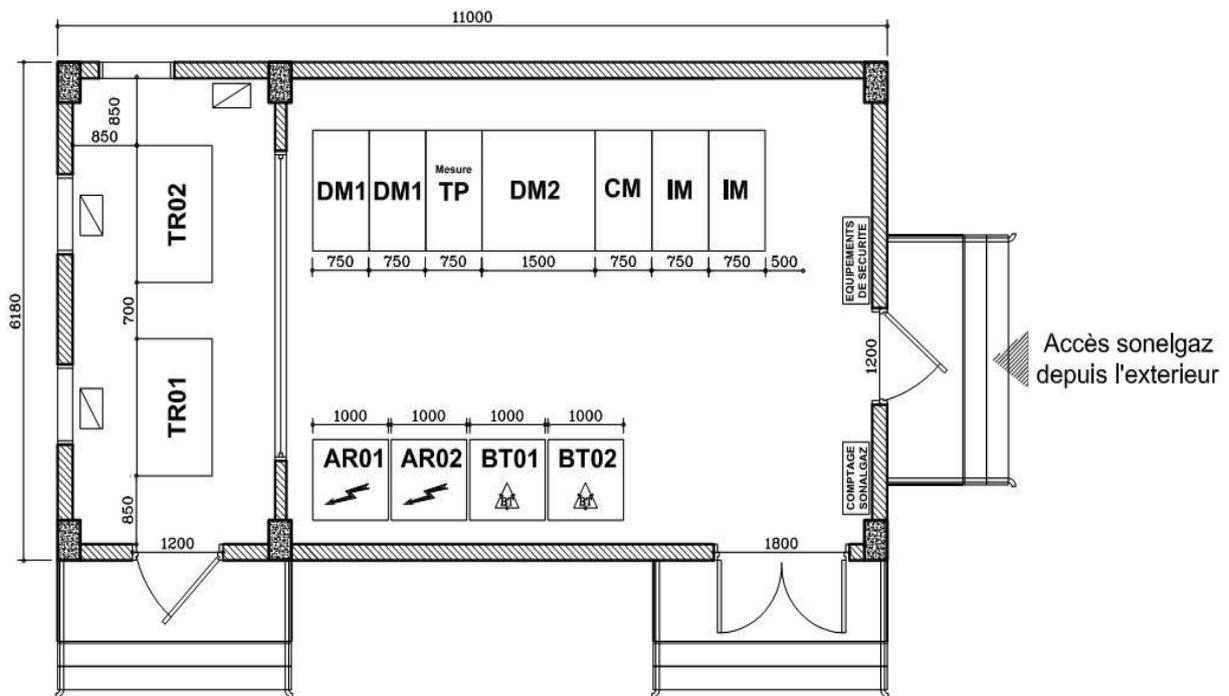


Fig.III.3. Circuit d'éclairage et prises de courant du poste de transformation.



IM	Cellule arrivée et départ interrupteur	DM2	Cellule de protection générale avec disjoncteur MT
CM	Cellule de comptage	DM1	Cellule de protection du transformateur

Fig.III.4. Plan de disposition des équipements du poste de transformation.

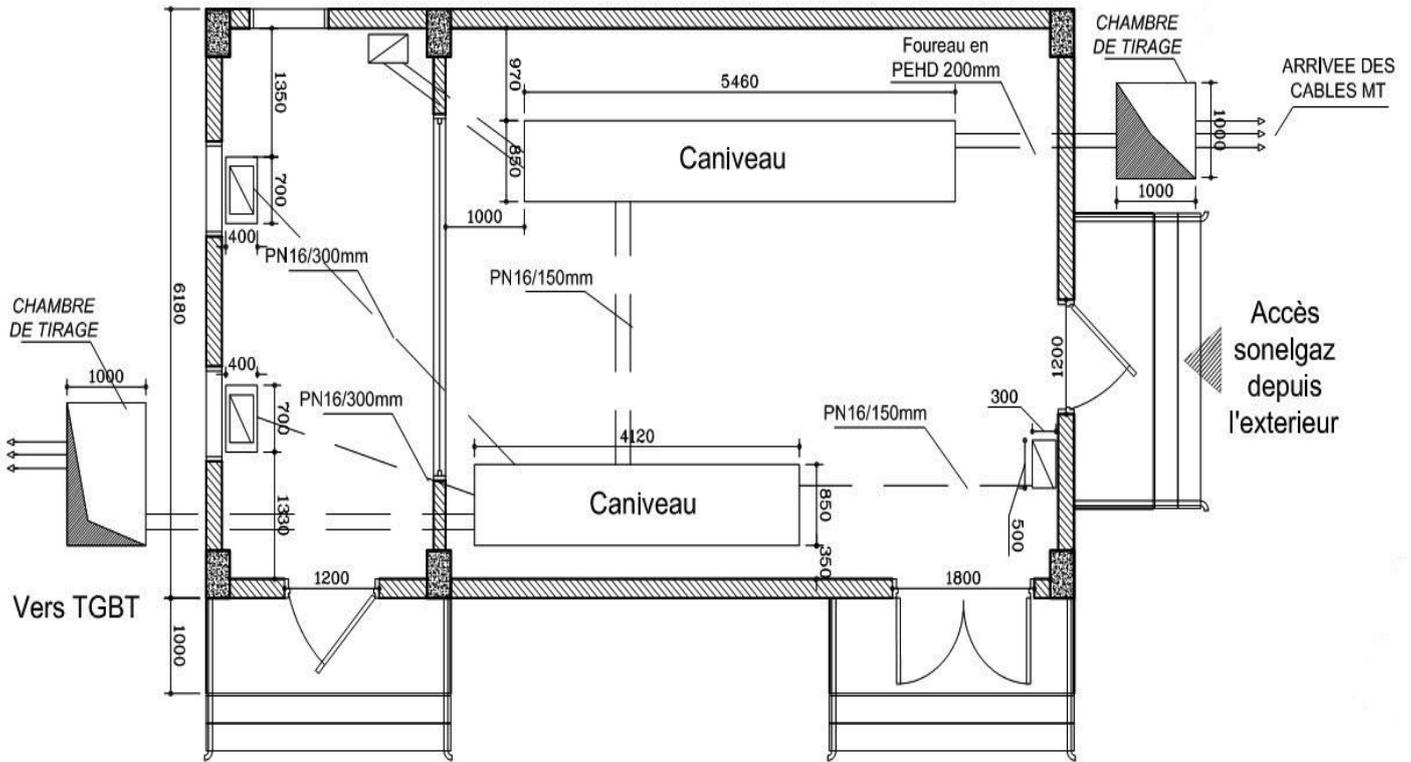


Fig.III.5. Niveau plateforme.

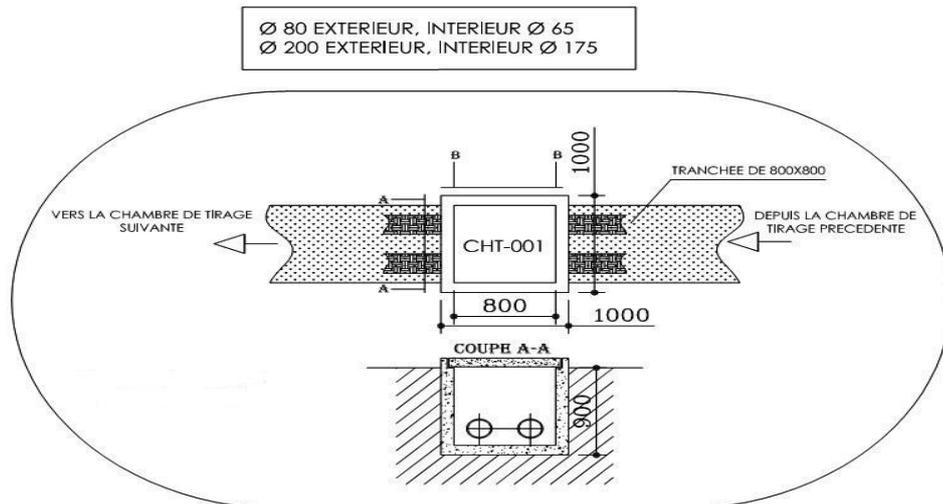


Fig.III.7. Détail de la chambre de tirage.

Conclusion :

Le bilan de puissance établi auparavant, nous a permis de choisir les sections adéquates du réseau électrique interne, un choix fait à partir de la valeur des courants nominaux circulants à travers les câbles.

Le dimensionnement du poste de transformation avec des schémas explicatifs est donné dans ce chapitre.

Le chapitre suivant sera consacré au système de communication.

CHAPITRE IV

Systeme de communication

et

Traitement de données

Introduction :

Une communication parfaite est décisive dans une unité industrielle, vu son rôle dans la gestion de l'usine et ce, en assurant une communication sans faute entre toutes les personnes, toutes les salles et toutes les installations.

IV.1. L'installation téléphonique et informatique [18] :

IV.1.1. Composition du réseau :

Il est nécessaire de :

- permettre l'échange de données entre les postes informatiques ;
- permettre des communications internes entre postes téléphoniques ou avec l'extérieur (Autocommutateur téléphonique).

Tous les points d'utilisation (terminal informatique, téléphone, etc.) sont ramenés au tableau répartiteur par un câble dont les deux extrémités sont des connecteurs de type RJ45 femelle.

Le commutateur *Switch* se charge d'interconnecter les postes informatiques et de diriger les données.

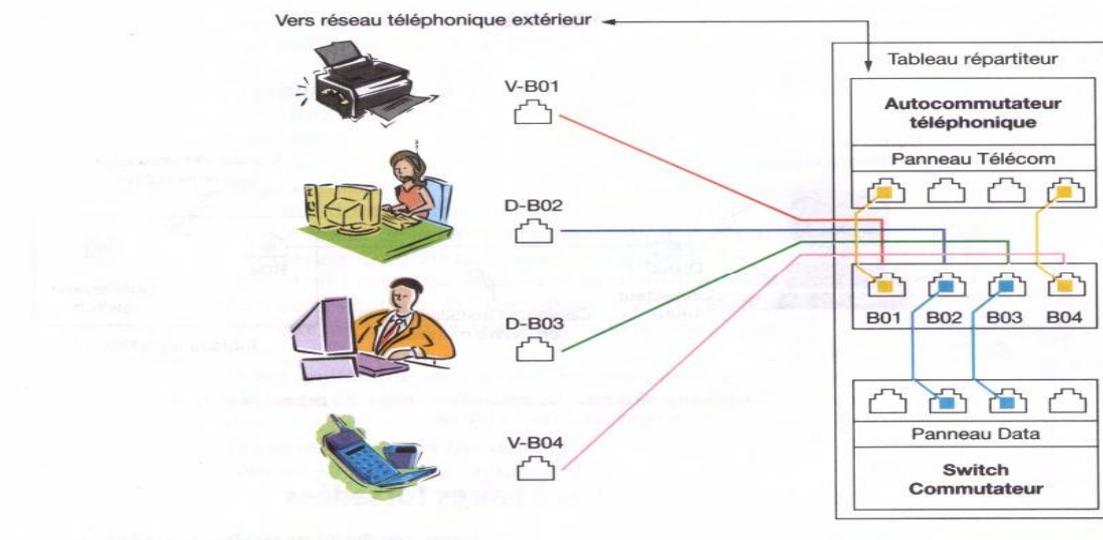


Fig.IV.1. Schéma d'une installation téléphonique interne.

Pour affecter un connecteur mural à une utilisation téléphonique, il suffit dans le tableau répartiteur de placer un cordon de brassage entre le connecteur correspondant et une sortie de l'autocommutateur téléphonique.

Pour affecter ce même connecteur mural à une utilisation informatique, le cordon de brassage sera raccordé à une voie du commutateur « Switch ».

IV.1.2. Caractéristiques des câbles à paires torsadées :

Les câbles utilisés sont en cuivre de 6/ 10^e, composés de quatre paires torsadées avec un pas de torsade différent et, éventuellement, d'un blindage. Ils peuvent être monobrin ou multibrins selon l'utilisation. Les plus courants sont les suivants :

- **Câble UTP *unshielded twisted pairs*** : paires torsadées non blindées.

Câble très employé dans les installations peu perturbées, non recommandé à l'heure actuelle pour les installations informatiques en Europe.

- **Câble FTP *foiled twisted pairs*** : paires torsadées blindées par feuillard.

- **Câbles STP *shielded twisted pairs*** : paires torsadées blindées par tresse.

Dans les environnements perturbés, le câble FTP est préférable (hôpitaux, aéroports, ateliers de fabrication, etc.). Le blindage du câble protège les données qu'achemine le câble, et empêche le câble lui-même d'émettre des interférences.

- Le câble monobrin est employé pour toute l'installation fixe, c'est-à-dire tout ce qui circule dans les goulottes, conduites, chemin de câble depuis le répartiteur jusqu'à la prise murale (90 mètres maximum). Il ne doit pas subir de pliures, de torsions répétées.

- Le câble multibrins est utilisé pour les parties mobiles, c'est-à-dire pour connecter un appareil à une prise murale, pour réaliser des cordons de brassage. L'atténuation des signaux étant beaucoup plus importante pour ce type de câble, leur longueur est limitée à 10 mètres (addition de tous les câbles multibrins de la liaison).

NB: les fiches RJ 45 (mâles) ont un système de connexion sans dénudage par perforation de l'isolant conçu pour les câbles multibrins. Si cette fiche est utilisée avec un câble monobrin, la qualité de la connexion ne sera pas fiable. De même, les connecteurs muraux (femelles) ont

un système de connexion sans dénudage par coupure latérale de l'isolant conçu pour les câbles monobrins.

IV.1.3. Règles de mise en œuvre du câblage :

Ces câbles transportent des signaux à très haute fréquence, ce qui impose de prendre des précautions particulières lors de leur maniement et lors de la pose du réseau.

Le touret de câble doit être stocké à l'abri de l'humidité. Il ne faut pas marcher sur les câbles, ni les laisser au-dessous d'objets lourds.

Un câble VDI doit être déroulé, il convient donc d'utiliser un dérouleur de câble. Il ne doit pas subir de torsions ou de déformations suite à un pli. À la pose des câbles, il faut éviter que le câble se coince lors d'un passage difficile. Il faut limiter l'effort de traction, et surtout ne pas tenter de le dégager en donnant « un coup de fouet ». Il faut repérer l'endroit qui pose problème et le dégager sur place.

Le câble ne doit pas subir de déformations. Le rayon de courbure doit être le plus grand possible, et systématiquement supérieur à huit fois le diamètre extérieur du câble, et douze fois lorsque les câbles sont posés en faisceau.

Un câble dont la gaine a été blessée doit être changé. Ne pas tenter de le réparer (ruban adhésif proscrit). Le protéger des arêtes vives par une gaine.

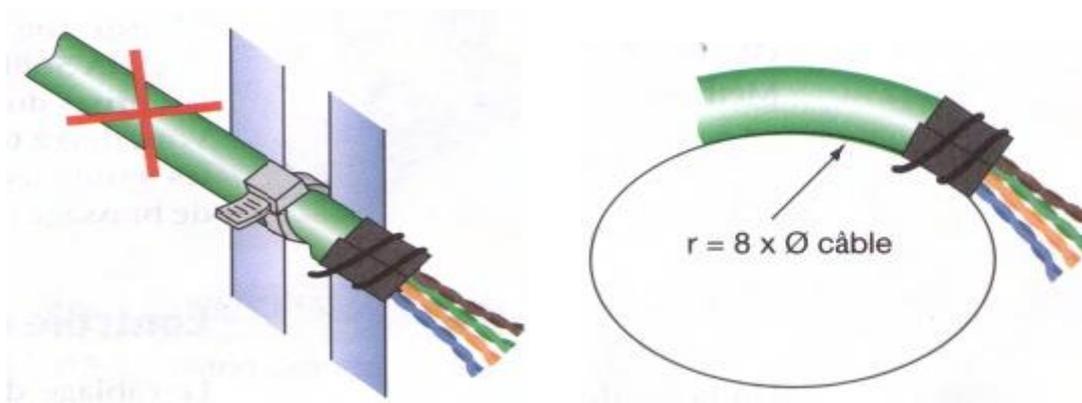


Fig.IV.2. Règles de pose du câble torsadé.

Le câble doit être fixé, sans subir de déformations. Le serrage des colliers de fixation en matière plastique doit être fait à la main (utilisation de la pince à proscrire).

Il est préférable de couper les sur longueurs des câbles plutôt que de réaliser des boucles pour garder de la réserve.

Le câble ne doit pas être dégainé sur une longueur de plus de 30 mm.

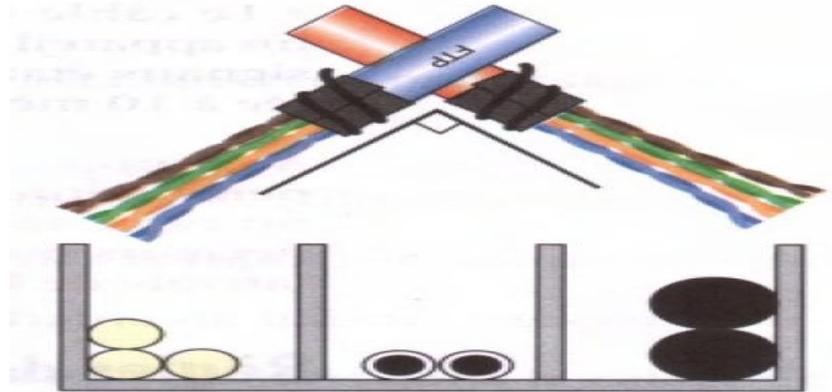


Fig.IV.3. Schéma de mode de pose des câbles torsadés.

IV.1.4. Cohabitation courant fort/courant faible :

Une même distance entre les câbles des courants forts et courants faibles, doit être respectée tout au long du cheminement.

Dans les parties horizontales, elle est au minimum de 5 cm et de 30 cm dans les parties verticales.

Le câble VDI doit passer à plus de 50 cm des appareils perturbateurs (ballast et starter de fluo, moteurs, variateurs, onduleurs, etc.)

Si le cheminement du câble VDI doit couper une canalisation d'une autre nature, ce croisement devra se faire avec un angle de 90° . Si une goulotte est utilisée pour la distribution, on prendra celle à deux ou trois compartiments et le câble VDI sera acheminé dans le compartiment inférieur. Le tresse de masse d'un câble FTP doit être raccordée à au moins une des deux extrémités à 360° (queue de cochon à proscrire). Prévoir une terre unique entre les courants forts et courants faibles.

IV.2. Protection incendie :

IV.2.1. Système de détection incendie :

Un système de détection incendie a pour objectif de déceler et de signaler le plus tôt possible les prémices d'un incendie. Dans cette optique, il permet de réduire le délai de mise en œuvre des mesures de lutte contre l'incendie et d'en limiter ainsi l'impact.

Un système de détection incendie est constitué au minimum de détecteurs automatiques d'incendie ou de déclencheurs manuels et d'un équipement de contrôle et de signalisation.

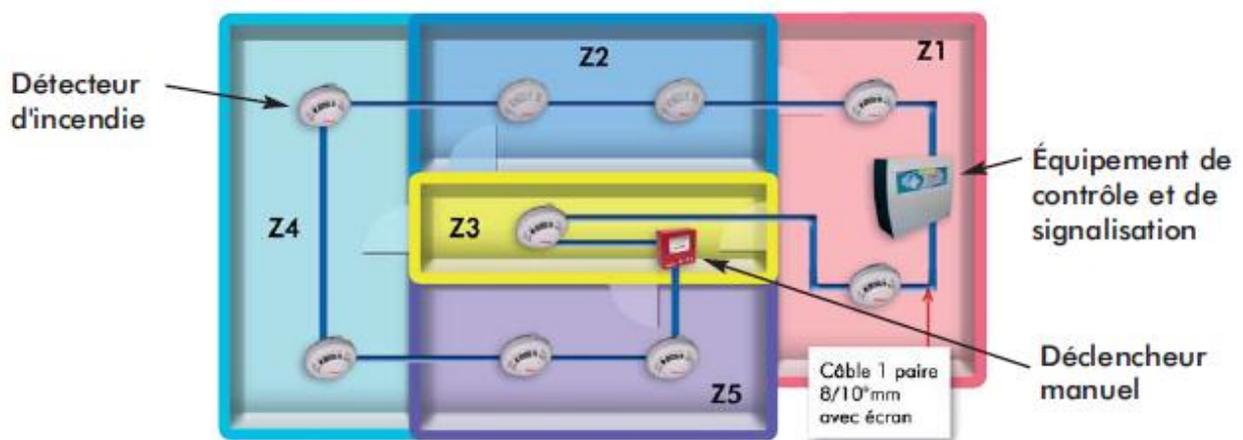


Fig.IV.4. Schéma d'une installation de protection incendie.

IV.2.2. Principe de fonctionnement :

L'objectif de détecter un incendie de manière précoce se fait par l'intermédiaire de capteurs. Ces capteurs sont appelés détecteurs automatiques d'incendie. Ils utilisent différentes technologies qui permettent de chercher les phénomènes liés à l'incendie : chaleur, fumée, flamme, gaz de combustion etc. ...

Lors d'un incendie, le détecteur est activé, il envoie un signal à la centrale incendie. Ce signal est traduit d'une part en une information claire pour l'utilisateur et d'autre part, dans le cadre d'un Système de Sécurité Incendie (SSI), il met en œuvre les automatismes à commander pour protéger les personnes et les biens.

IV.2.3. Principes généraux :

Un système de détection incendie est constitué au minimum de détecteurs automatiques d'incendie ou de déclencheurs manuels et d'un équipement de contrôle et de signalisation.

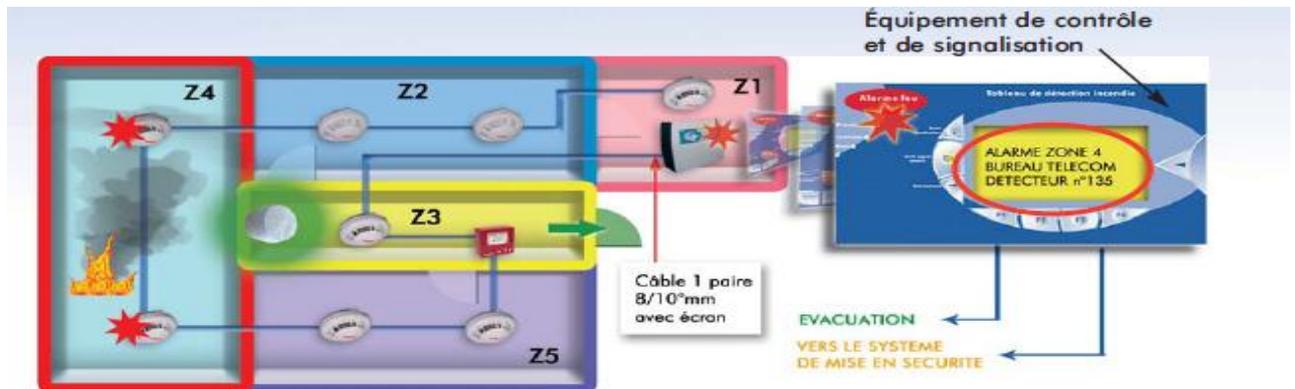


Fig.IV.5. Schéma explicatif d'un cycle anti incendie.

IV.2.4. Différents types de technologie :

Trois types de technologie sont utilisés pour mettre en œuvre le principe de fonctionnement, à savoir :

Le conventionnel, l'adressable et l'interactif.

a) Technologie conventionnelle :

La technologie conventionnelle délivre une information de synthèse qui permet de gérer un ensemble de points agencé en zones de détection.

NB : tous les schémas et les principes de fonctionnement se trouvent dans le catalogue.

b) Technologie adressable :

L'évolution technologique a permis d'offrir de nouvelles fonctionnalités sur les systèmes de détection incendie adressable. Un ensemble adressable facilite grandement l'exploitation d'un système de sécurité.

On peut même dire qu'il est indispensable pour les grands sites.

La technologie adressable permet de gérer toutes les informations d'une installation point par point.

Chaque élément possède une adresse et un libellé qui lui est propre.

c) interactive :

La technologie interactive permet, tout en gardant la souplesse d'une technologie adressable, de gérer une installation point par point en terme d'architecture et en terme de sensibilité. Chaque élément, en plus de posséder sa propre adresse, peut être réglé en sensibilité.

Outre la sensibilité, l'interactivité permet de connaître individuellement un niveau d'encrassement et d'effectuer certains réglages, de tracer les historiques pour chaque élément, d'inscrire la sensibilité d'un détecteur dans un cycle horaire ou dans un cycle jour/nuit pour s'affranchir des phénomènes d'exploitation gênants.

d) Les lignes rebouclées :

En plus de la convivialité d'exploitation, les technologies adressables et/ou interactives permettent en phase d'étude et d'installation de concevoir un système bouclé.

Le système bouclé a pour premier avantage de renforcer la sécurité du système de détection incendie.

Même en cas de problème, la perte de points de détection est pratiquement nulle car il est alors possible d'alimenter la boucle des 2 côtés. De par les technologies utilisées, il est en plus possible dans un système bouclé de mixer déclencheurs manuels et détecteurs automatiques d'incendie.



Fig.IV.6. Schéma d'une installation pour un raccordement ouvert.

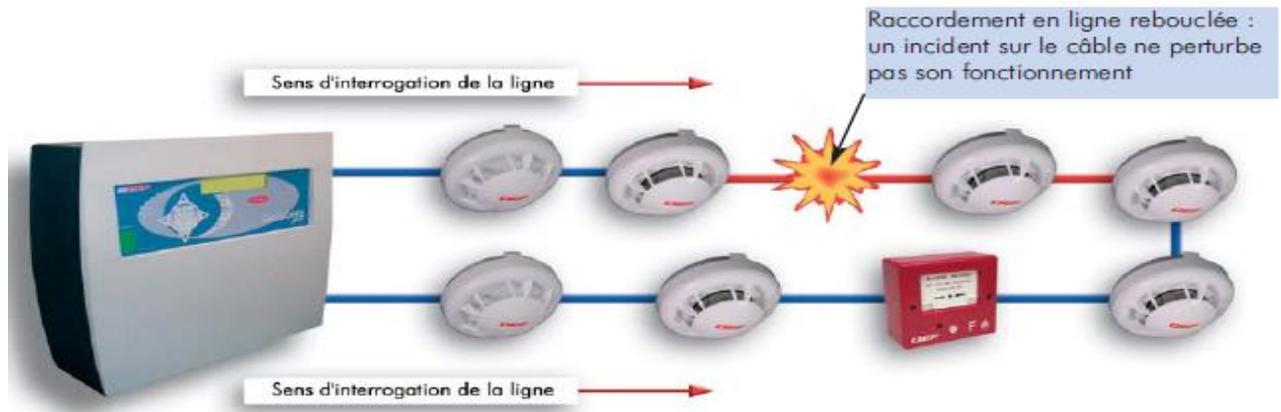


Fig.IV.7. Schéma d'une installation pour un raccordement rebouclé.

Grâce à l'isolateur de court-circuit implanté dans chaque détecteur, l'incident sur le câble est circonscrit au seul segment impliqué par le défaut. De ce fait, l'ensemble des détecteurs continue de fonctionner normalement en étant interrogé par la centrale des deux côtés de la ligne.

IV.3. Vidéo de surveillance :

Introduction :

Les dangers dus aux installations électriques ne représentent pas la seule menace pour le personnel de l'usine. Mais la menace qui peut être ennuyeuse pour l'établissement, c'est celle qui vient de l'être humain lui-même, pour cela que la situation exige l'installation d'un système de surveillance, afin de pouvoir avoir l'œil vigilant sur tout mouvement dans chaque partie de l'usine.

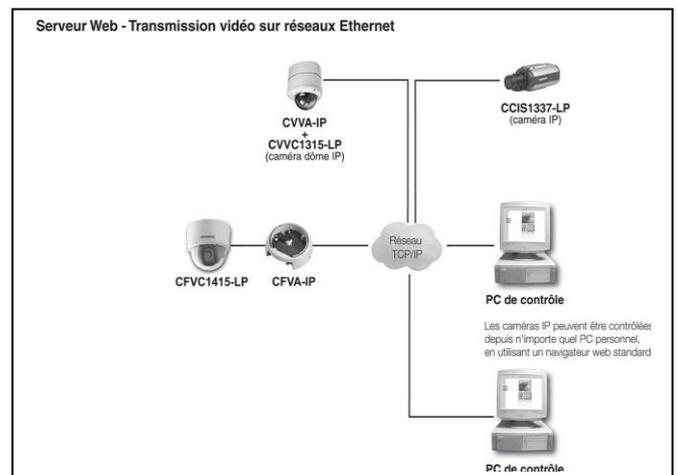
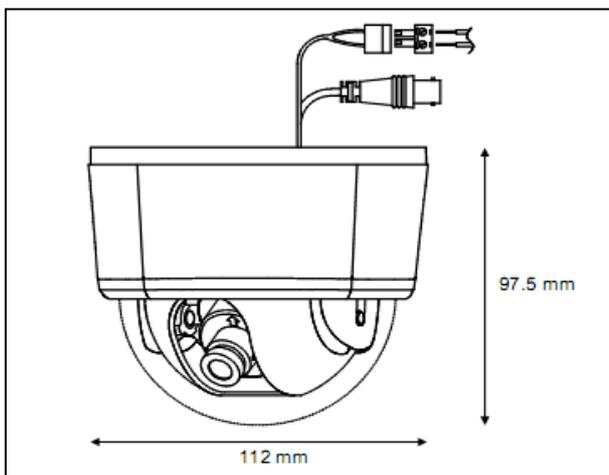


Fig.IV.8. Schéma d'une installation vidéo surveillance.

1) Schéma de l'installation

Toutes les caméras installées doivent être reliées vers le répartiteur qui assure la connexion vers le pc ou le poste de contrôle.

Il existe trois types de caméras selon leur mouvement :

a) Caméras fixes : elles sont destinées à prendre une vue permanente sur un seul endroit sans pouvoir faire une rotation, elles sont placées généralement dans les accès principales ou là où il y a un seul passage.

b) Caméras semi rotatives : c'est les caméras à demi rotation (180°) elles peuvent couvrir deux à trois accès, on peut les placer dans les couloirs ou les dégagements.

c) Caméras rotatives : c'est les caméras à rotation complète (360°), elles sont guidées soit automatiquement, soit manuellement par la manette de commande dans le poste de surveillance et de commande, ce genre de caméras sont installés dans des grandes salles ou dans un passage à toutes directions.

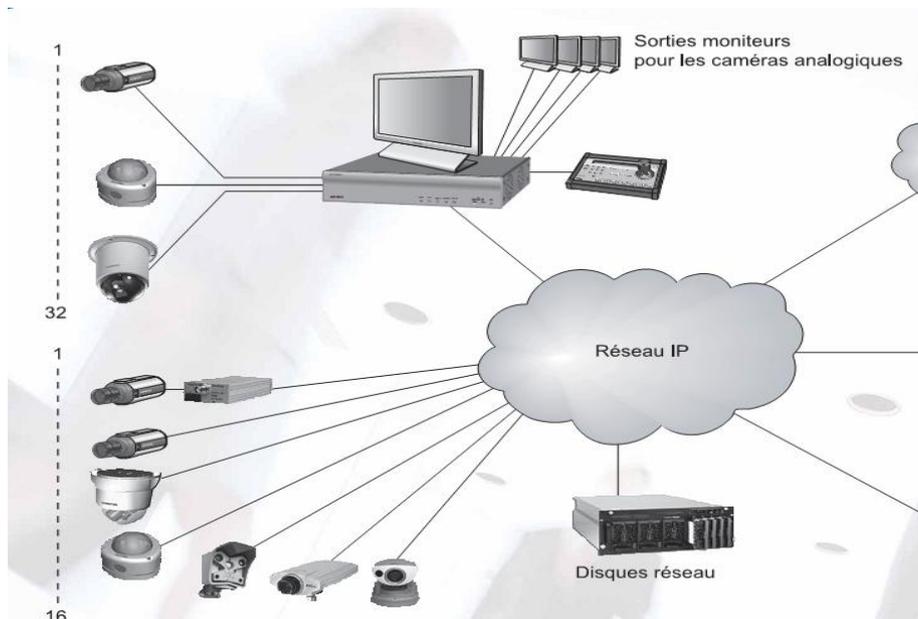


Fig.IV.9. Schéma général d'une installation d'un système de surveillance.

Conclusion :

La communication entre les différents compartiments de l'usine est plus que nécessaire, c'est pourquoi nous avons fait une étude générale sur cette partie dans ce chapitre.

Dans le dernier chapitre l'étude économique est réalisée.

CHAPITRE V

Cahier de charges

Introduction :

Tout projet, une fois l'étude est réalisée, englobe une estimation financière ; dans notre cas le coût du projet électrique sera détaillé comme suit :

- Présentation de tous les appareils de protections qui seront intégrés dans le bordereau unitaire des armoires.
- Présentation d'un bordereau des prix unitaires (BPU) correspondant au prix de revient englobant celui de la fourniture et pose, et le bénéfice de l'entreprise réalisatrice.
- Un devis récapitulatif de l'installation sera introduit afin d'estime le coût global de ce projet.

V. Bordereau des prix unitaires :

N°	Désignation	PU.H T
IV	F/P, transport et branchement des armoires, tableau et coffrets :	
4-1	F/P de Tableau de distribution général basse tension (TGBT) équipé de:	
	*01 Enveloppe métallique de dim: 1800*2400*600mm IP55 *01 Disjoncteur magnétothermique 04 pôles de 1250A Réglable, avec Vigi 0,03 à 3A Icc 70kA *01 Disjoncteur magnétothermique 04 pôles de 200A Réglable, avec Vigi 0,03 à 3A Icc 36kA *05 Disjoncteur magnétothermique 04 pôles de 100A Réglable à 80A, avec Vigi 0,03 à 3A Icc 36kA *01 Répartiteur 04 Pôles 1250A en jeux de barres cuivre posé sur isolateurs *02 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 63A modulaire avec Vigi 0,03 à 3A *09 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 32A modulaire avec Vigi 0,03 à 3A *01 Interrupteur différentiel 04 pôles de 40A modulaire avec Vigi 0,03 à 3A *02 Disjoncteur différentiel 02 pôles de 16A modulaire avec Vigi 0,03 à 3A *01 Disjoncteur magnétothermique 04 pôles de 32A Modulaire Icu 10kA *01 Disjoncteur magnétothermique 02 pôles de 32A Modulaire Icu 10kA *01 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 25A Modulaire Icu 6kA *01 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 20A Modulaire Icu 6kA *01 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 16A Modulaire Icu 6kA *02 Disjoncteur magnétothermique 04 pôles de 10A Modulaire Icu 6kA *01 Disjoncteur magnétothermique Ph/N de 16A Modulaire Icu 6kA *03 Disjoncteur magnétothermique Ph/N de 10A Modulaire Icu 6kA *06 Porte fusible à cartouche 10x38mm 02Poles avec fusibles 6A type aM *03 Relais miniature 14broches avec bobine 230Vac *07 Voyant lumineux à led 230Vac, diamètre 22mm *03 Contact auxiliaire pour disjoncteur type Compact"OF+SD/OF" *26 Contact auxiliaire modulaire "OF+SD/OF" *01 Bouton d'arrêt d'urgence à coup de point diamètre 22mm avec verrouillage à clé *01 Ensembles d'équipement de mesures et de signalisation	

	<p>*01 Ensemble de borniers pour le raccordement des câbles</p> <p>*01 Ensemble de câblage (Jeux de barres, fil, reperes fil, embouts dé fil, goulottes, rail et accessoires de supportage des équipements, Etc.)</p> <p>*01 Ensemble de presse-étoupes pour l'entrée et sortie des câbles</p> <p>L'ensemble : </p>	
4-2	F/P de Tableau de machines de production équipé de:	
	<p>*01 Enveloppe métallique de dim: 1800*1000*600 IP55 avec platine et socle</p> <p>*01 Interrupteur sectionneur 200A, 04 pôles avec fusibles 250A avec manette extérieur et verrouillage</p> <p>*01 Répartiteur 04 Pôles 250A en jeux de barres cuivre posé sur isolateurs</p> <p>*01 Disjoncteur Différentiel 04 pôles de 50A Modulaire, avec Vigi 0.03 Icu 10kA</p> <p>*02 Interrupteur Différentiel 04 pôles de 40A Modulaire, avec Vigi 0.03 Icu 10kA</p> <p>*06 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 32A Modulaire, avec Vigi 300mA Icu 10kA</p> <p>*06 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 32A Modulaire, avec Vigi 300mA Icu 10kA</p> <p>*04 Disjoncteur magnéthermique 04 pôles de 16A Modulaire, avec Vigi 300mA Icu 10kA</p> <p>*05 Disjoncteur magnéthermique 04 pôles de 10A Modulaire, avec Vigi 300mA Icu 06kA</p> <p>*03 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 16A Modulaire, Icu 4.5kA</p> <p>*14 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 10A Modulaire, Icu 4.5kA</p> <p>*02 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 6A Modulaire, Icu 4.5kA</p> <p>*12 Porte fusible à cartouche 10x38mm 02Pols avec fusibles 6A type aM</p> <p>*05 Contacteur modulaire 04 Pôles 7kW avec bobine 230Vac</p> <p>*05 Contacteur modulaire 02 Pôles 2kW avec contact fermé au repos et bobine 230Vac</p> <p>*03 Relais miniature 14broches avec bobine 230Vac</p> <p>*43 Contact auxiliaire modulaire "OF+SD/OF"</p> <p>*03 Déclencheur type "MX+OF" 230Vac pour disjoncteur type Compact</p> <p>*03 Commutateur à trois positions (0-1-2) diamètre 22mm</p> <p>*01 Bouton d'arrêt d'urgence à coup de point diamètre 22mm avec verrouillage à clé</p> <p>*06 Voyant lumineux à led 230Vac, diametre 22mm</p> <p>*01 Répartiteurs 04 Pôles 100A, 13 trous et plus</p> <p>*02 Répartiteurs 04 Pôles 63A, 13 trous et plus</p> <p>*01 Ensemble de borniers de raccordement pour les câbles</p> <p>*01 Ensemble de presse-étoupe pour l'entrée et sortie des câbles</p> <p>*01 Ensemble de câblage (Jeux de barres, fil, reperes fil, embouts de fil, goulottes, rail et accessoires de supportage des équipements,,,,,,,,, Etc)</p> <p>L'ensemble : </p>	
4-3	F/P de SC/03/Bureaux équipé de:	
	<p>*01 Enveloppe métallique de dim: 800*600*250 IP55 avec platine et socle</p> <p>*01 Interrupteur sectionneur 40A, 04 pôles avec fusibles 40A avec manette extérieur et verrouillage</p> <p>*01 Répartiteur 04 Pôles 50A en jeux de barres cuivre posé sur isolateurs</p> <p>*01 Disjoncteur différentiel 02 pôles de 40A Modulaire, avec Vigi 0,03mA Icu 10kA</p> <p>*01 Disjoncteur magnéthermique 02 pôles de 20A Modulaire, avec Vigi 300mA Icu 10kA</p> <p>*04 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 16A Modulaire, Icu 4.5kA</p> <p>*10 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 10A Modulaire, Icu 4.5kA</p>	

	<p>*03 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 6A Modulaire, Icu 4.5kA *12 Porte fusible à cartouche 10x38mm 02Pols avec fusibles 6A type aM *02 Relais miniature 14broches avec bobine 230Vac *19 Contact auxiliaire modulaire "OF+SD/OF" *01 Déclencheur type "MX+OF" 230Vac pour disjoncteur type Compact *03 Commutateur à deux positions (0-1) diamètre 22mm avec verrouillage à clé *01 Commutateur à trois positions (0-1-2) diamètre 22mm *01 Bouton d'arrêt d'urgence à coup de point diamètre 22mm avec verrouillage à clé *07 Voyant lumineux à led 230Vac, diametre 22mm *03 Répartiteurs 04 Pôles 63A, 13 trous et plus *01 Ensemble de borniers de raccordement pour les câbles *01 Ensemble de presse-étoupe pour l'entrée et sortie des câbles *01 Ensemble de câblage (Jeux de barres,fil,reperes fil, embouts de fil, goulottes, rail et accessoires de supportage des équipement,,,,,,,,, Etc) L'ensemble : </p>	
4-4	<p>F/P de SC/01 Etage N°01 équipé de:</p>	
	<p>*01 Enveloppe métallique de dim: 700*500*250 IP55 avec platine et socle *01 Interrupteur sectionneur 50A, 04 pôles avec fusibles 50A avec manette extérieur et verrouillage *01 Répartiteur 04 Pôles 50A en jeux de barres cuivre posé sur isolateurs *01 Disjoncteur différentiel 04 pôles de 32A Modulaire, avec Vigi 0,03mA Icu 10kA *02 Disjoncteur magnéthermique 02 pôles de 40A Modulaire, avec Vigi 0,03mA Icu 10kA *01 Disjoncteur magnéthermique 02 pôles de 25A Modulaire, avec Vigi 0,03mA Icu 10kA *01 Disjoncteur magnéthermique 02 pôles de 16A Modulaire, avec Vigi 0,03mA Icu 10kA *01 Disjoncteur magnéthermique 02 pôles de 10A Modulaire, avec Vigi 0,03mA Icu 10kA *06 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 10A Modulaire, Icu 4.5kA *02 Disjoncteur magnéthermique PH+N de 6A Modulaire, Icu 4.5kA *12 Porte fusible à cartouche 10x38mm 02Pols avec fusibles 6A type aM *04 Contacteur modulaire 02 Pôles 2kW avec contact fermé au repos et bobine 230Vac *02 Relais miniature 14broches avec bobine 230Vac *02 Interrupteur horaire 24H avec autonomie de deux heures de fonctionnement *14 Contact auxiliaire modulaire "OF+SD/OF" *01 Déclencheur type "MX+OF" 230Vac pour disjoncteur type Compact *02 Commutateur à deux positions (0-1) diamètre 22mm avec verrouillage à clé *01 Commutateur à trois positions (0-1-2) diamètre 22mm *01 Bouton d'arrêt d'urgence à coup de point diamètre 22mm avec verrouillage à clé *07 Voyant lumineux à led 230Vac, diametre 22mm *03 Répartiteurs 04 Pôles 63A, 13 trous et plus *01 Ensemble de borniers de raccordement pour les câbles *01 Ensemble de presse-étoupe pour l'entrée et sortie des câbles *01 Ensemble de câblage (Jeux de barres, fil, reperes fil, embouts de fil, goulottes, rail et accessoires de supportage des équipements,,,,,,,,, Etc) L'ensemble : </p>	

V.1. Représentation du lot électricité générale :

OBJET DU MARCHE/CONTRAT: Usine – STPA

Lot: ELECTRICITE

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantités	PU.HT	Montant
I	F/P, transport, branchement de fils, câble, et gaines ou fourreau ICD et PVC				
1-8	Conducteur U500V de 1x35mm ²	ML	150,00		
1-13	Câble U500VGV ou NYY de 3x1mm ²	ML	800,00		
1-14	Câble U500VGV ou NYY de 3x1, 5mm ²	ML	3 000,00		
1-16	Câble U500VGV ou NYY de 3x2, 5mm ²	ML	2 500,00		
1-17	Câble U1000 R02V de 3x4mm ²	ML	700,00		
1-18	Câble U1000 R02V de 3x6mm ²	ML	250,00		
1-19	Câble U1000 R02V de 5x4mm ²	ML	450,00		
1-20	Câble U1000 R02V de 5x6mm ²	ML	500,00		
1-21	Câble U1000 R02V de 5x10mm ²	ML	250,00		
1-22	Câble U1000 R02V de 5x16mm ²	ML	100,00		
1-23	Câble U1000 R02V de 5x25mm ²	ML	250,00		
1-30	Câble U1000 R02V de 1x70mm ²	ML	160,00		
1-31	Câble U1000 R02V de 1x240mm ²	ML	360,00		
1-34	Fourreau ou gaine diamètre 11mm	ML	20,00		
1-35	Fourreau ou gaine diamètre 13mm	ML	20,00		
1-36	Fourreau ou gaine diamètre 16mm	ML	20,00		
1-37	Fourreau ou gaine diamètre 25mm	ML	20,00		
1-38	Fourreau en PVC de diamètre 32mm	ML	10,00		
1-39	Fourreau en PVC de diamètre 40mm	ML	10,00		

1-40	Fourreau en PVC de diamètre 50mm	ML	10,00		
1-41	Fourreau en PVC/PN16 de diamètre 63mm	ML	20,00		
1-42	Fourreau en PVC/PN16 de diamètre 100mm	ML	20,00		
1-43	Gaine à ressort 16mm	ML	20,00		
1-44	Gaine à ressort 21mm	ML	20,00		
1-45	Gaine à ressort 26mm	ML	20,00		
II	F/P, transport, branchement de petits appareillages				
2-1	Urgence	U	32,00		
2-2	Interrupteur échange IP65	U	48,00		
2-3	Interrupteur IP65	U	30,00		
2-4	Pulseur IP65	U	3,00		
2-5	Point de travail composé de Z prises SHUKO 16A+2 prises SAI 16A+2 PRISES RJ45 voix et données	U	17,00		
2-6	Prises de courant pour la maintenance des camions frigorifiques	U	2,00		
2-7	Prises de courant dans les bureaux et les vestiaires SHUKOS 16 A.	U	24,00		
2-8	Caisse pour prises de courant IP65 composée de Z prises de 16A / 3F+N+T Y 2 tomas SHUKO de 16A F+N	U	10,00		
2-9	Borne de raccordement de terre diamètre 25 mm	U	2 000,00		
III	F/P, transport, branchement y compris lampe, néon et accessoires de lustrerie				
3-1	Luminaire coffre IP65 fluorescent 1 x 36 W	U	13,00		
3-2	Luminaire coffre IP65 fluorescent 2 x 36 W	U	106,00		
3-3	Luminaire 2 x 36 W (KIT urgence)	U	8,00		
3-4	Luminaire fluorescent compact 2 x 18 W	U	16,00		
3-5	Luminaire fluorescent plafonnier et encastré 4 x 18 W	U	15,00		
3-6	Feu de décharge 250 W	U	13,00		
3-7	Projecteur 400W halogène spécial -22°C	U	10,00		
3-8	Projecteur 400W halogène spécial plus kit d'urgence	U	3,00		

IV F/P, transport, branchement des armoires, tableau et coffrets					
4-1	Tableau de distribution général basse tension TGBT	Ens	1,00		
4-2	Tableau des machines de production	Ens	1,00		
4-3	Armoire de distribution étage N°01				
4-4	Armoire de distribution des bureaux	Ens	1,00		
4-5	sous cadran	Ens	3,00		
V F/P transport des grands équipements					
5-1	Poste de transformateur type Fliokit de puissance 630kVA	U	1,00		
5-2	Groupe électrogène 300kVA capoté insonorisé démarrage et arrêt automatique	U	1,00		
5-3	Armoire inverseur de sources	U	1,00		
5-4	Onduleur 10 kVA triphasé	U	1,00		
5-5	Batterie de compensation triphasé en 09gradints, type "H"	U	1,00		
5-6	Paratonnerre HILITA avec pulsar	U	1,00		
VI F/P, transport, et fixation de chemin de câble avec cache					
6-1	Chemins de câble en tôle perforée, galvanisée de 400/48mm épaisseur 15/10 ^{ème} support etc. ...	ML	PM		
6-2	Chemins de câble en tôle perforée, galvanisée de 400/24mm épaisseur 15/10 ^{ème} support etc. ...	ML	150,00		
6-3	Chemins de câble en tôle perforée, galvanisée de 300/48mm épaisseur 15/10 ^{ème} support etc. ...	ML	PM		
6-4	Chemins de câble en tôle perforée, galvanisée de 300/24mm épaisseur 15/10 ^{ème} support etc. ...	ML	150,00		
6-5	Chemins de câble en tôle perforée, galvanisée de 200/24mm épaisseur 15/10 ^{ème} avec cache, support etc. ...	ML	200,00		
6-6	Chemins de câble en tôle perforée, galvanisée de 100/24mm épaisseur 15/10 ^{ème} support etc. ...	U	300,00		

V.2. Représentation du lot « réseau informatique » :

OBJET DU MARCHE/CONTRAT : Usine - STPA

Lot : RESEAU INFORMATIQUE

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantités	PU.HT	Montant
A	Armoire de brassage Réseau informatique et téléphonique				
A-1	F/P d'armoire de brassage 42 unités 19" avec porte vitrée équipé de system de ventilation et serrure à clé comprenant: 01 Switch 24 ports Sisco, avec 02 entrée Fibre optique 02 bandeaux d'alimentation en 220V comprenant 06 prises 2P+T protégées par un disjoncteur différentiel 30mA 02 Panneau de brassage 24 ports équipé de connecteurs FTP Cat 06 72 Cordon droit de 2 m de long, avec câble FTP cat 06 01 Onduleur incorporés, raccables, 500VA 03 étagères de supportage équipements	Ens	1,00		
B	Appareillages électrique et réseau				
B-1	F/P de Kit de prises 08 modules encastré complet : Ce dernier sera équipé de: a) 01 boitier VDI 08 modules encastré ou apparent b) 01 Support de montage 08 modules c) 02 Prises informatique RJ45 cat 6 22.5x45mm (01MOD) c) 01 Prises téléphonique RJ45 cat 6 45x45mm (02MOD) d) 02 Prises de courant 2P+T à vis, de couleur rouge avec système de détrompage pour le circuit ondulé	Ens	14,00		
B-2	F/P de Kit de prises 06 modules encastré complet : Ce dernier sera équipé de:	Ens	5,00		

	01 boîtier VDI 06 modules encastré ou apparent 01 Support de montage 06 modules 02 Prises informatique RJ45 cat6, 22.5x45mm (01MOD) 02 Prises de courant 2P+T à vis, de couleur rouge avec system de détrompage pour le circuit ondulé				
B-3	F/P de Kit de prises 06 modules étanche IP55 : Ce dernier sera équipé de: 01 boîtier VDI 06 modules étanche IP55 01 Support de montage 06 modules 02 Prises informatique RJ45 cat6, 22.5x45mm (01MOD), IP55 02 Prises de courant 2P+T à vis, de couleur rouge avec system de détrompage pour le circuit ondulé, IP55	Ens	6,00		
B-4	Détrompeur pour prise de courant (Ce dernier se fixe directement sur la fiche 2P+T de l'appareil destiné à être raccordé sur la prise à détrempage)	U	25,00		
B-5	Câble RJ45 FTP catégorie 06	ML	750,00		
B-6	Goulotte DLP 105x50mm de marque Legrand	ML	150,00		
B-7	Goulotte DLP 80x50mm de marque Legrand	ML	50,00		
B-8	Accessoires pour goulotte Legrand 105x50mm	U	50,00		
B-9	Accessoires pour goulotte Legrand 80x50mm	U	50,00		
B-10	Rapport de certification	Ens	1,00		

V.3. Représentation du lot « réseau téléphonique » :

OBJET DU MARCHE/CONTRAT : Usine - STPA Lot : Réseau téléphonique

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantités	PU.HT	Montant
A	Standard téléphonique				
	F/P de Standard téléphonique 08/08/32, équipé de:				
A-1	01 Coffret 09 slots ADVANCED UNIT 01 Carte CPU-3M version R6 France 01 Carte 08 lignes réseau analogique 01 Digital interface UAI8-1 Board 02 Analogiques interfaces SLI16-1 Board	Ens	1,00		
A-2	Passerelle GSM Avec : Identification de l'appelant Message vocale Batterie intégrée	U	3,00		
B	APPAREIL TELEPHONIQUES				
B-1	Poste opérateur 4039	U	1,00		
B-2	Poste spécifique 4029	U	2,00		
B-3	Appareil téléphonique Alcatel 2410	U	24,00		
C	ACCESOIRES ET CABLAGES				
C-1	Panneau de brassage téléphone 19" 24 ports CAT 05	U	2,00		
C-2	Bondeau d'alimentation 08 prises 2P+T avec protection	U	1,00		
C-3	Onduleur racable 500VA avec autonomie 1/4h minimum	U	1,00		
C-4	Répartiteur téléphonique 30paires avec boîtier apparent IP55	U	3,00		
C-5	Cordon de brassage UTP/CAT5 longueur 2m	U	32,00		
C-6	Câble téléphonique 30 Paires 7/10 ^{ème} EGFA-G	ML	35,00		
C-7	Câble téléphonique 2 Paires 7/10 ^{ème} EGFA-G	ML	350,00		

V.4. Représentation du lot « détection incendie » :

OBJET DU MARCHÉ/CONTRAT : Usine - STPA

Lot : SYSTEME DE DETECTION INCENDIE

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

B	Désignations	Unité	Quantités	PU.HT	Montant
B-1	Centrale Adressable, 2 boucles 16 zones, (126 éléments par boucle)	U	1,00		
B-2	Base relais 24 V	U	6,00		
B-3	Indicateur d'action à Lede (Anti-incendie)	U	25,00		
B-4	Détecteur de fumée standard avec base adressable	U	24,00		
B-5	Détecteur de chaleur 90° avec base adressable	U	10,00		
B-6	Détecteur combiné (fumée et chaleur) avec base adressable	U	10,00		
B-7	Boîtier bris de glace Adressable BBG (Anti-incendie)	U	6,00		
B-8	Unité d'isolation muni de sa base (Placés entre chaque 20 détecteurs ces unités permettent à la boucle adressable de continuer à travailler en cas de court circuit en isolant juste un tronçon des 20 détecteurs)	U	1,00		
B-9	Sirène 24 volt muni d'un flash à leds pour intérieur adressable	U	1,00		
B-10	Sirènes Adressables 100 dB(A) Couleur Rouge Avec flash	U	2,00		
B-11	Batterie Rechargeable 12 volts 17 Ah	U	2,00		
B-12	Câble Incendie Haute Résistance au feu CR1C1 2 x 9/10 avec Ecran Couleur Orange	ML	250,00		
B-13	Câble Incendie Haute Résistance au feu 3 x 1,5mm ² Couleur Rouge LSZH	ML	50,00		

V.5. Représentation du lot système de surveillance :

OBJET DU MARCHÉ/CONTRAT: Usine – STPA

Lot: SYSTEME DE TELESURVEILLANCE

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantités	PU.HT	Montant
A	Equipement de télésurveillance de marque (Siemens ou vista)				
A-1	Caméra jour/nuit DSP 1/3" 540 Lignes TV, PAL, 230Vac 0,4 lux	U	8,00		
A-2	Objectif à focale variable 5-50mm F1.0 1/3" monture CS, iris automatique	U	8,00		
A-3	Demi Dome couleur Varifocal Haute Résolution 1/3», 480 TVL, 1LUX, 12 VDC, Objectif Direct Drive 3-9 mm, 100x80mm	U	5,00		
A-4	Dome Mobile jour/nuit 1/3",530 Lignes TV, 1,0 Lux, vitesse variable, (20 X le zoom) alimentation 24Vac et liaison RS485	U	1,00		
A-5	Caisson de montage extérieur anti-vendale pour domes mobiles	U	1,00		
A-6	Caisson de montage extérieur 260mm, IP66, chauffage 230Vac	U	8,00		
A-7	Support mural câbles internes pour caissons 260mm	U	8,00		
A-8	Alimentation extérieur pour dome CCDA1425/35/45, 230V/24Vac, IP67	U	1,00		
A-9	Moniteur couleur TFT (51cm, 20") 1entrée vidéo BNC, 1 entrée DVI	U	2,00		
A-10	Clavier déporté pour multiplexeur et Mini matrice avec joystick	U	1,00		
A-11	Câble coaxial RJ59U de Couleur Verte	ML	750,00		
A-12	Câble FTP RJ45 pour télémétrie caméra mobiles	ML	70,00		
A-13	Câble 3x2, 5mm ² U500VGV pour alimentation des boites de raccordement caméras	ML	450,00		
A-14	Câble 3x1mm ² souple U500VGV pour alimentation des caméras	ML	85,00		
A-15	Boite d'alimentation caméras équipée d'interrupteur et borniers adéquats	U	14,00		
A-16	Connecteur BNC à sertir	U	35,00		
A-17	Armoire Baie système équipée complètement et comprenant: 01 Hard disk recorder 16 Cameras, 200 IPS Ethernet, (Capacité: 500Go) Grav. 01 Matrice 16 Entrées Cameras, 4 Sortie Moniteurs, 16 Entrées Alarmes, 1 Sortie Alarme .Multi Protocols 01 Bondeau d'alimentation équipé de protection adéquate 01 ensemble de parafoudre s pour câble vidéo 01 ensemble de bornier de raccordement 01 Mobilier pour poste de contrôle	Ens	1,00		

V.6. Devis estimatif global :**RECAPITULATION GENERALE**

N°	Lots	Montant H.T (DA)
01	Electricité	22 697 546,00
02	Réseau informatique	1 150 250,00
03	Réseau téléphonique	1 237 750,00
04	Système détection incendie	807 602,00
05	Système télésurveillance	2 280 460,00

TOTAL GENERAL HT	28 173 608,00
TVA 17%	4 789 513,36
TOTAL TTC	32 963 121,36

Le coût global du projet électrique et circuits auxiliaires est de :

**Trente deux millions neuf cent soixante trois mille et cent vingt-et-un Dinars
et trente six Centimes.**

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude de la distribution de l'énergie électrique dans une unité industrielle à caractère agroalimentaire (cas de l'usine de transformation de fruits), requiert une minutieuse réflexion et une grande exactitude, du fait de la nécessité d'un service sans défaillance. Le bilan de puissance représente un énorme intérêt, car il nous a permis de dimensionner le poste de transformation adéquat, assurant la satisfaction des différents récepteurs en énergie électrique, ainsi que le choix de la source électrique de secours en l'occurrence le groupe électrogène.

La recherche de l'équilibre entre les consommations des différents types de puissances, passe par la bonne maîtrise de la puissance réactive consommée par les installations permet alors de limiter les impacts économiques; diminuer la facture énergétique d'une part et d'obtenir une exploitation optimale d'autre part. Pour faire face à cet aléa, nous avons opté pour une compensation globale.

En ce qui concerne la protection, elle doit être prise en compte dès la conception du réseau électrique, en assurant la sélectivité des différents éléments associés et en choisissant le régime du neutre adapté à la situation. En effet, les trois schémas de liaison à la terre ont la même finalité en termes de la protection des personnes et des biens, donc ils sont équivalents sur le plan de la protection contre les contacts indirects ; ils sont différenciés par les contraintes régissant l'environnement du réseau électrique interne, en d'autres termes l'exigence de la réglementation, la continuité du service...etc.

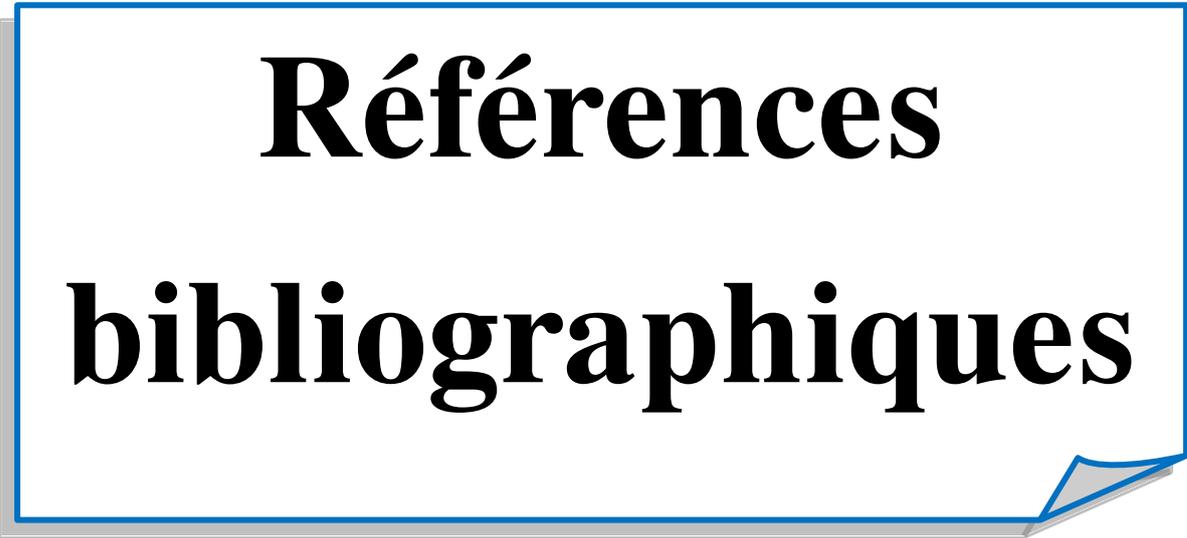
Notre choix s'est porté sur le régime TN, vu les avantages de ce régime en industrie.

Les nouvelles générations d'appareils et d'équipements électriques sont conçues pour dialoguer, au travers de bus de communication numériques, avec un ou plusieurs postes de conduite. Et c'est l'ensemble de deux réseaux, réseau d'énergie et réseau d'informations, d'un coût d'investissement acceptable, qui permet la satisfaction optimale des besoins des envisagés par l'industriel.

L'étude économique permet l'évaluation financière du projet, et ce une fois qu'on a achevé l'étude technique, elle se traduit par un cahier de charge suivi par le coût global.

Ce travail nous a permis la découverte du métier de chargé d'études au sein d'une société spécialisée dans le domaine de l'installation électrique et la mise en application des connaissances théoriques déjà acquises.

Enfin, notre travail se veut être une référence pour les futurs projets de la distribution électrique en industrie et enrichir ainsi l'espace de la documentation traitant ce genre de sujet, qui est aussi vierge que rare.



**Références
bibliographiques**

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Max MARTY, Daniel DIXNEUF, Delphine GARCIA GILABERT « *Principes d'électrotechnique* » DUNOD, Paris, 2005.
- [2] ISABELLE ARNAUD, Syndicat de l'éclairage « *Eclairage industriel* », n° 4538, Paris, décembre 2004.
- [3] Sammode « *Eclairage en froid industriel* » mars 2012, Paris.
- [4] Jean REPERANT, Technique de l'ingénieur, D 5 022 « *Réseaux électriques industriels* »
- [5] Guy Chateigner, Daniel Bouix, Michel Boës, Jacques Vaillant Daniel Verkindère, « *Manuel de génie électrique* » DUNOD, PARIS, 2006.
- [6] GUIDE TECHNIQUE & CATALOGUE « *Compensation d'énergie réactive et contrôle de la qualité des réseaux électriques* », LEGRAND.
- [7] N. Djerrada et K. Yakouben « *Etude et dimensionnement de l'installation électrique 60/30/0.4 kV de la raffinerie de sucre (CEVITAL)* » mémoire ingénieur, Université de Bejaia, 2009.
- [8] SCHNEIDER ELECTRIC « *Guide de l'installation électrique* », 2010.
- [9] Cahier Technique « *Système de coupures et de protection* », France, 2011.
- [10] IAMARENE M. et KHENICHE N. « *Etude de la coordination du système de protections de la station SPM-SONATRACH Béjaia* » mémoire ingénieur, Université de Bejaia, 2009.
- [11] AIB-Vinçotte ASBL, Guide pratique « *Les schémas de liaison à la terre* ».
- [12] PROMOTELEC « *Les informations techniques* » Réf : PRO 942-4, Paris, Mars 2000.
- [13] Georges THOMASSET, Cahier Technique Merlin Gerin n° 169 « *La conception des réseaux industriels en haute tension* », Octobre 1993.

[14] **ABB** « *Guide technique : installation BT* ».

[15] **SCHNEIDER ELECTRIC** « *Catalogue de distribution électrique* », 2002.

[16] **Techniques d'ingénieur**, D 5 180 « *Groupes électrogènes de secours* ».

[17] **Techniques d'ingénieur**, D 5 185 « *Alimentation Statique sans Interruption ASI* ».

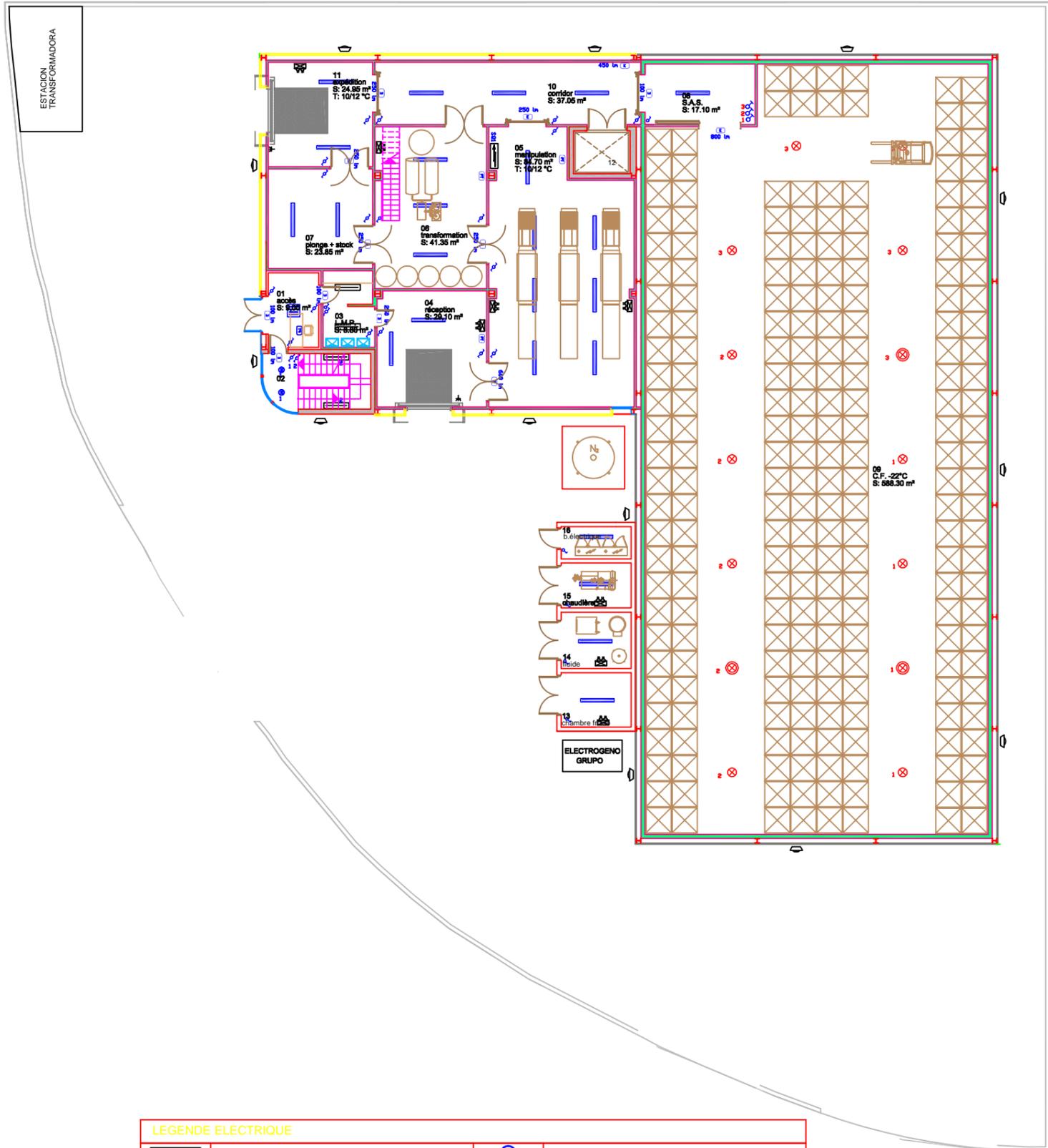
[18] **S. Guerbas et F. Medjoudj** « *Elaboration d'un cahier de charges pour la distribution électrique et les circuits auxiliaires d'un établissement hospitalier. Cas de l'hôpital TAZMALT - Bejaia -* » mémoire ingénieur, Université de Bejaia, 2011.



Annexes

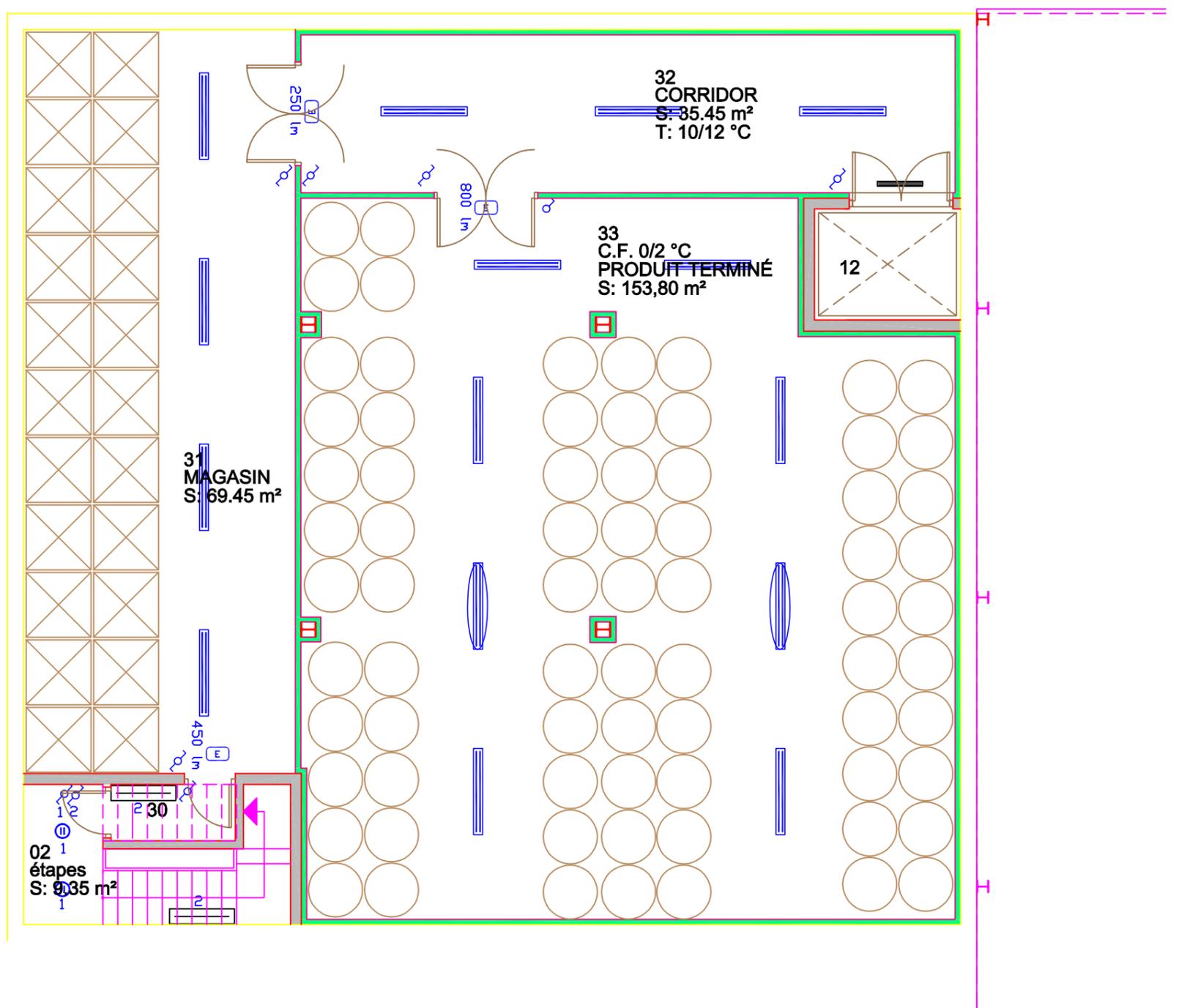
Atelier

Chambre Froide négative

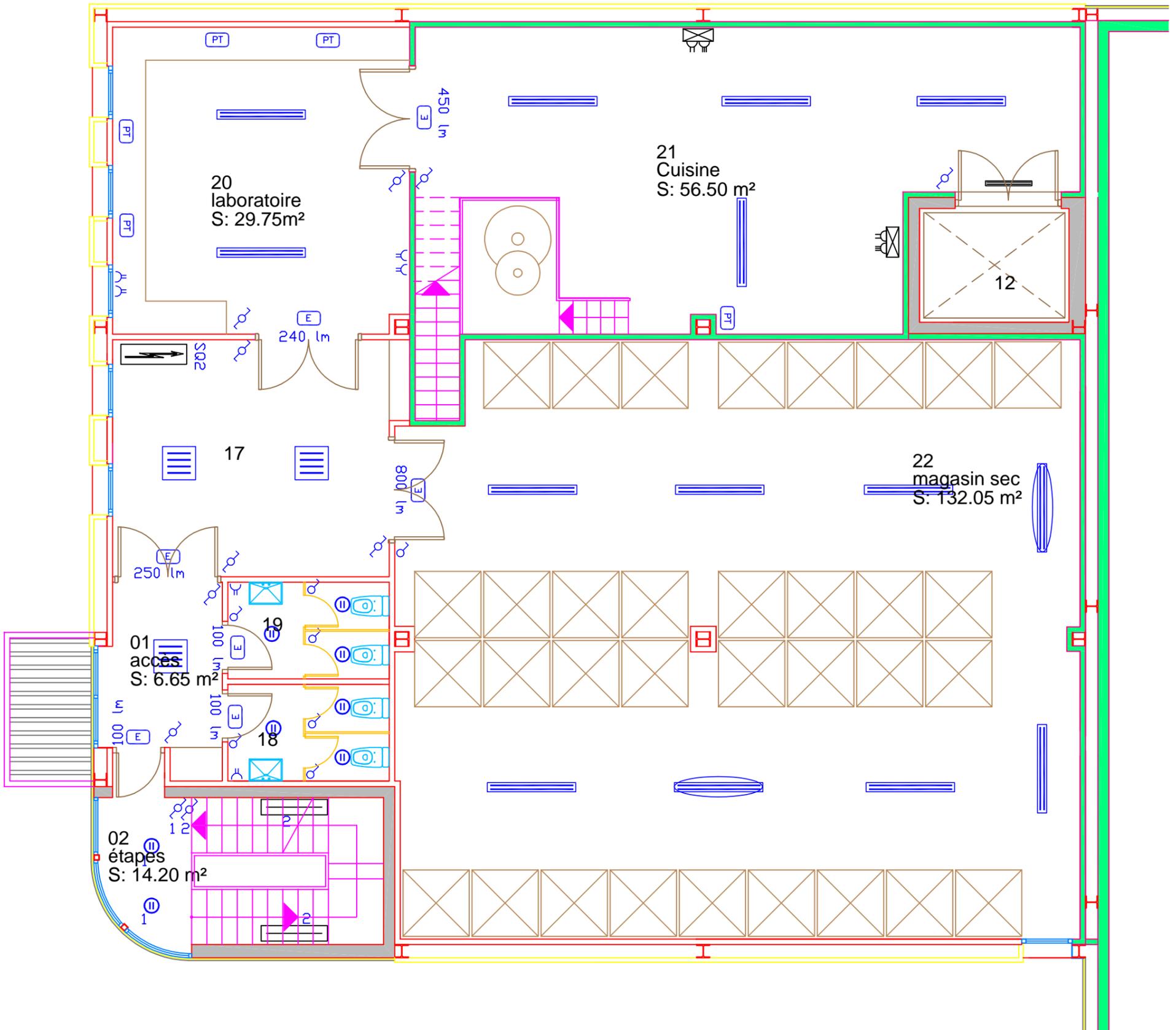


LEGENDE ELECTRIQUE			
	SOUS CADRAN		LUMINAIRE FLUORESCENT COMPACTE 2 X 18W
	URGENCE		FEU DECHARGE 250 W
	INTERRUPTEUR E'CHANGE IP65		ALARME CHAMBRE FRIGORIFIQUE
	INTERRUPTEUR IP65		LUMINAIRE PAUR ENCASTRER DANS LES PLAFONDS MODULAIRES FLUORESCENT 4 x 18 W
	PULSEUR IP65		LUMINAIRE COFFRE IP65 PAUR FLUORESCENT 2 x 58 W
	POINT DE TRAUAIL COMPOSE DE 2 PRISES SHUKO 16A+2 PRISES SAI 16A+2 PRISES RJ45 VOIX ET DONNEES		LUMINAIRE COFFRE IP65 PAUR FLUORESCENT 1 X 36 W
	PRISE DE CAURANT PAUR LA MAINTENANCE DE FROID DANS LES CAMIONS		LUMINAIRE COFFRE IP65 PAUR FLUORESCENT 2 x 18 W
	PRISE DE CAURANT BUREAUX ET VESTIAIRES SHUKOS 16 A.		PROJECTEUR 400W HALOGENE IP65
	CAISSE PAUR PRISE DE COURANT IP65 COMPOSEE DE 2 TPRISES DE 16A / 3F+N+T Y 2 TOMAS SHUKO DE 16A F+N		PROJECTEUR 400W HALOGENE SPECIAL 22°C
	LUMINAIRE 2 x 58 W (KIT URGENCE)		PROJECTEUR 400W HALOGENE SPECIAL + KIT URGENCE

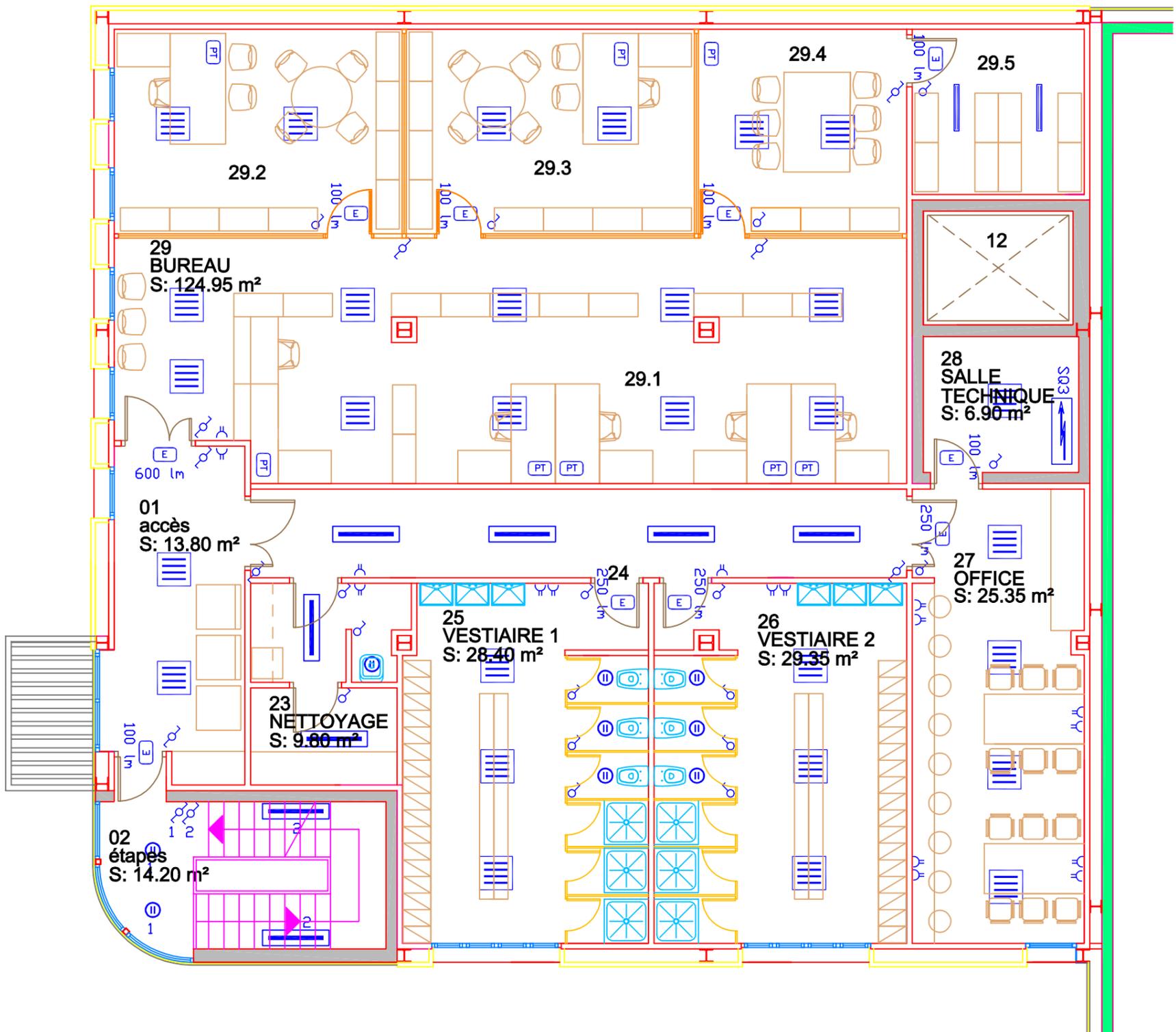
Chambre Froide positive



RDC



1^{er} étage



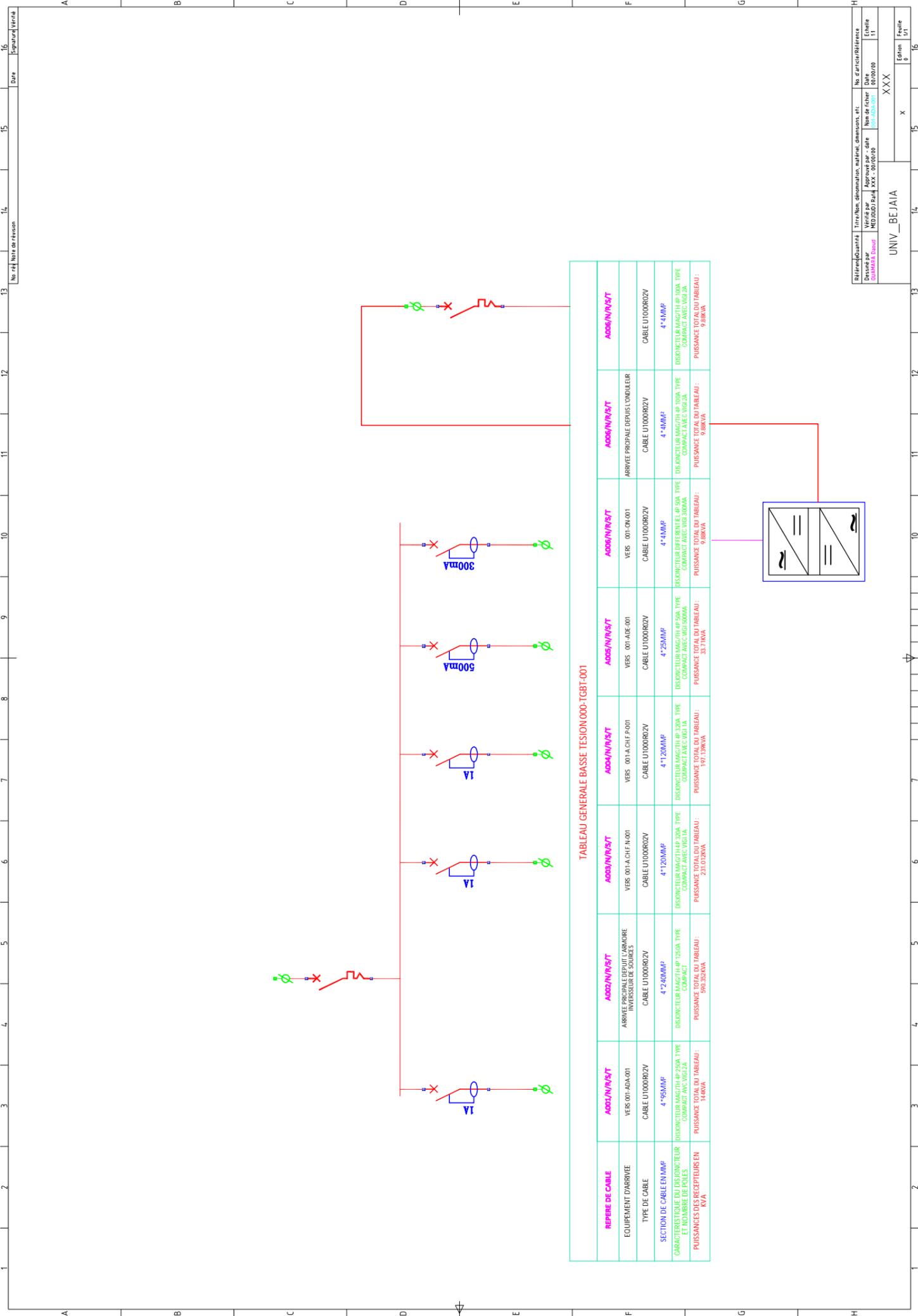
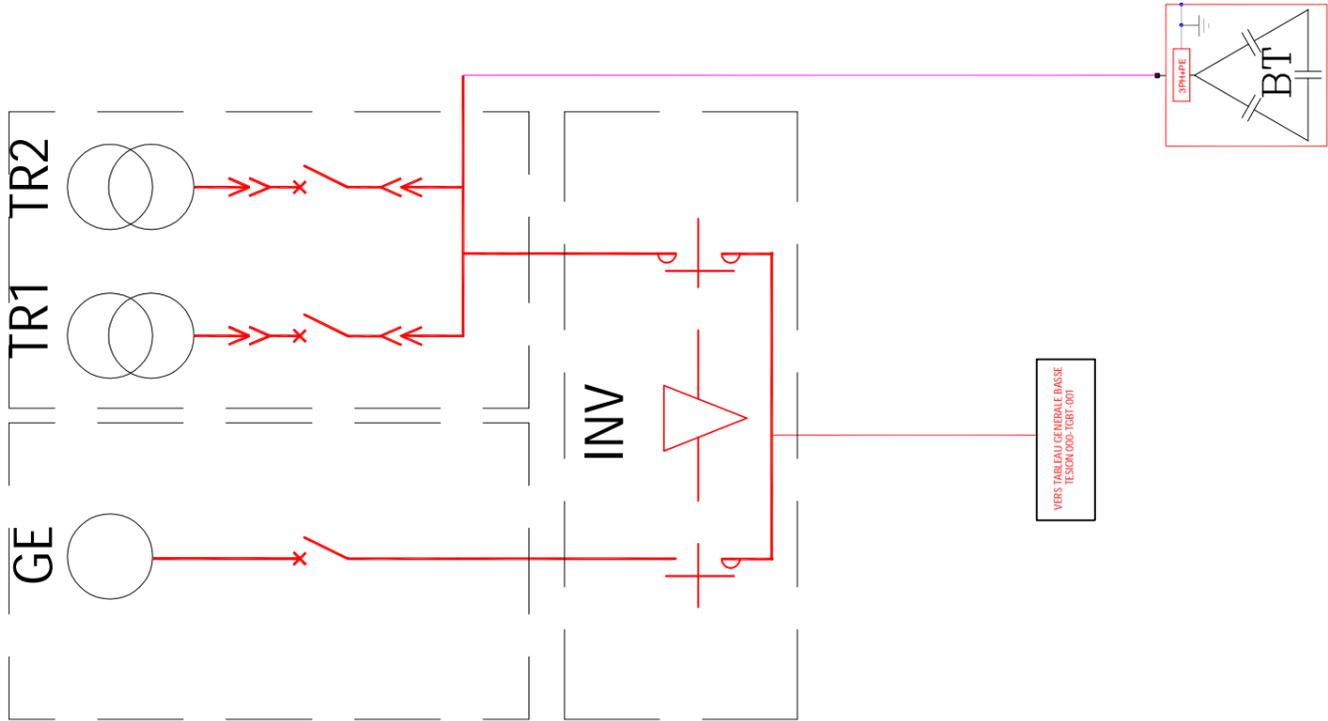


TABLEAU GENERALE BASE TBSION 000-TGBT-001

REFERE DE CABLE	A001/N/R/S/T	A002/N/R/S/T	A003/N/R/S/T	A004/N/R/S/T	A005/N/R/S/T	A006/N/R/S/T	A006/N/R/S/T	A006/N/R/S/T
EQUIPEMENT D'ARRIVEE	VERS 001-ADA-001	ARRIVEE PRINCIPALE DEPUIS L'ARMOIRE INVERSEUR DE SOURCES	VERS 001-A-CHF-N-001	VERS 001-A-CHF-F-001	VERS 001-ADE-001	VERS 001-ON-001	ARRIVEE PRINCIPALE DEPUIS L'ONDULEUR	A006/N/R/S/T
TYPE DE CABLE	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V	CABLE U1000R02V
SECTION DE CABLE EN MM ²	4*95MM ²	4*240MM ²	4*120MM ²	4*120MM ²	4*25MM ²	4*4MM ²	4*4MM ²	4*4MM ²
CARACTERISTIQUE DU DISJONCTEUR	DISJONCTEUR MAG/TH 4P 250A TYPE COMPACT AVEC VIGI ZA	DISJONCTEUR MAG/TH 4P 1250A TYPE COMPACT	DISJONCTEUR MAG/TH 4P 320A TYPE COMPACT AVEC VIGI TA	DISJONCTEUR MAG/TH 4P 320A TYPE COMPACT AVEC VIGI TA	DISJONCTEUR DIFFERENTIEL 4P 50A TYPE COMPACT AVEC VIGI 300MA	DISJONCTEUR DIFFERENTIEL 4P 100A TYPE COMPACT AVEC VIGI 300MA	DISJONCTEUR MAG/TH 4P 100A TYPE COMPACT AVEC VIGI ZA	DISJONCTEUR MAG/TH 4P 100A TYPE COMPACT AVEC VIGI ZA
PUISSANCES DES RECEPTEURS EN KVA	148KVA	591.55KVA	231.028KVA	197.19KVA	33.7KVA	9.88KVA	9.88KVA	9.88KVA
PUISSANCE TOTAL DU TABLEAU :								

ANNEXE I

équipements industriels ou tertiaires	
éclairage (attention : à vérifier pour les lampes à décharge)	1
ventilation	1
conditionnement d'air	1
fours	1
prises de courant (cas où 6 prises sont sur le même circuit)	0,25
machines-outils	0,75
compresseurs	0,75
équipements ménagers	
éclairage	1
chauffage électrique	1
conditionnement d'air	1
chauffe-eau (sauf si la mise sous tension n'a lieu qu'à certaines heures)	1
appareils de cuisson	0,7
ascenseur et monte-charge	
à 1 seul moteur*	1
à 2 moteurs*	0,75
moteurs suivants*	0,6

* Le courant à considérer est le courant nominal du moteur, majoré du tiers du courant de démarrage.

Tableau I.1. *Facteurs de simultanéité.*

Nombre de prises	Coefficient de simultanéité	Puissances (kVA)
2	0,550	2,42
3	0,400	2,64
4	0,325	2,86
5	0,280	3,08
6	0,250	3,30

Tableau I.2. *Facteur de simultanéité des prises.*

Nombre de circuits	Facteur de simultanéité (ks)
Ensembles entièrement testés	
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6
Ensembles partiellement testés	
choisir dans tous les cas	1,0

Tableau I.3. *Facteur de simultanéité pour armoire de distribution (CEI 60439 et NF C 63-410)*

Utilisation	Facteur de simultanéité (ks)
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0,1 à 0,2 ⁽¹⁾
Ascenseur et monte-charge ⁽²⁾	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pour le moteur le plus puissant 1 ■ Pour le moteur suivant 0,75 ■ Pour les autres 0,60

(1) Dans certains cas, notamment les installations industrielles, ce facteur peut être plus élevé.

(2) Le courant à prendre en considération est égal au courant nominal du moteur, majoré du tiers du courant de démarrage.

Tableau I.4. *Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation CEI 60439 et NF C 63-410).*

Lettre de sélection

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

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

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		

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 I.5. Lettre de sélection et facteurs de correction pour déterminer la section du câble.

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	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 I.6. Tableau indiquant la section à choisir.

ANNEXE II

Courant de réglage du disjoncteur de branchement (A)	Section minimale des âmes en cuivre (mm ²)	Section minimale des âmes en aluminium (mm ²)
10	2,5	4
15	2,5	4
20	4	6
25	6 ou 5,5	10
30	6 ou 5,5	10
40	10	16
45	10	16
50	16	25
60	16	25
75	25	35
90	25	35

Tableau II.1. Courant de réglage du disjoncteur.

Transformateur triphasé immergé dans l'huile (NF C 52-112-1 édition de juin 1994)

	puissance en kVA											
	50	100	160	250	400	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
237 V												
In (A)	122	244	390	609	974	1 535	1 949	2 436				
Icc (kA)	3,04	6,06	9,67	15,04	23,88	37,20	31,64	39,29				
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	6	6				
pertes cuivre (kW)	1,32	2,1	2,3	3,2	4,5	6,3	10,5	12,7				
410 V												
In (A)	70	141	225	352	563	887	1 127	1 408	1 760	2 253	2 816	3 520
Icc (kA)	1,76	3,50	5,59	8,69	13,81	21,50	18,29	22,71	28,16	35,65	44,01	54,16
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
pertes cuivre (kW)	1,32	2,1	2,3	3,2	4,5	6,3	10,5	12,7	15,6	19,5	24,9	31,2

Nota : La norme NF C 52-112 est l'application française du document d'harmonisation européen HD 428.

Transformateur triphasé sec enrobé TRIHAL (NF C 52-115 édition de février 1994)

	puissance en kVA												
	100	160	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
237 V													
In (A)	244	390	609	767	974	1 218	1 535	1 949	2 436				
Icc (kA)	4,05	6,46	10,07	12,66	16,03	19,97	25,05	31,64	39,29				
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6				
pertes cuivre (kW)	2	2,6	3,7	4,5	5,4	6,3	7,6	9,2	10,7				
410 V													
In (A)	141	225	352	444	563	704	887	1 127	1 408	1 760	2 253	2 816	3 520
Icc (kA)	2,34	3,74	5,82	7,32	9,26	11,54	14,48	18,29	22,71	28,16	35,65	44,01	54,16
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
pertes cuivre (kW)	2	2,6	3,7	4,5	5,4	6,3	7,6	9,2	10,7	12,8	15,6	19,5	22,5

Nota : La norme NF C 52-115 est l'application française du document d'harmonisation européen HD 538.

Tableau II.2. Alimentation des transformateurs.

Section des câbles BT

Les câbles sont isolés au PRC et ont les sections suivantes :

puissance	I _{BT}	câbles
160 kVA	225 A	4 x 150 Cu
250 kVA	350 A	4 x 240 Alu
400 kVA	560 A	7 x 240 Alu
630 kVA	900 A	7 x 240 Cu
800 kVA	1120 A	14 x 240 Alu
1000 kVA	1400 A	14 x 240 Cu
1250 kVA	1750 A	14 x 240 Cu

Tableau II.3. Choix de la section des câbles pour l'alimentation des transformateurs.

