جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

كلية العلوم والتقنيات فاس
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FÈS

شركة إليك ناي
SOCIETE ELEC NAY

LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

ETUDE ET DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION ELECTRIQUE DE LA CLINIQUE ARRAYANE

Réalisé Par :

OUARDI BILAL

Encadré par :

Pr BOHARB ALI **(FST FES)**

Mr BOUCHTA HBALY **(ELEC NAY)**

Soutenu le 07-07-2021 devant le jury

Pr	**EL MARKHI HASSANE**	**(FST FES)**
Pr	**BOHARB ALI**	**(FST FES)**

Avant-propos

Ce mémoire est issu de mon stage de fin d'études que j'ai réalisé dans le cadre de l'obtention du Licence en génie électrique dont les enseignements sont dispensés par la faculté des sciences et technique de Fès.

J'ai effectué ce stage au siège de l'entreprise électrique ELEC NAY entre le mois d'AVRIL et JUIN 2021. J'ai eu comme sujet l'étude de l'installation électrique de la clinique ARRAYANE, dans lequel j'ai développé mes compétences et mes connaissances. J'ai eu l'occasion à réaliser des visites permanentes aux chantiers et de participer aux réunions techniques.

Le fait de passé la plupart du temps au chantier, m'a permis de découvrir plusieurs domaines et plusieurs systèmes utilisés dans les infrastructures hospitalières comme les systèmes d'appel infirmier, système de sécurité incendie, équipements biomédicaux. De même j'ai développé des compétences particulières dans le domaine de l'électricité de bâtiment.

Résumé

Le dimensionnement de l'installation électrique des bâtiments hospitalières ne ressemble pas à d'autres installations, puisqu'il faut réaliser une installation sécurisée pour les patients et les biens. C'est pour cette raison, ce type d'installation nécessite une étude préliminaire approfondie, pour dimensionner et concevoir le système de distribution électrique de la clinique d'une façon à respecter les règles de performance et de sécurité.

Nous avons inclus une série de sources d'alimentation, et utilisé différents réseaux d'alimentation qui améliorent considérablement l'installation, et qui répondre aux besoins des milieux hospitaliers. On a utilisé les 3 réseaux d'alimentation suivants : réseau normal, réseau secouru, et réseau ondulé.

D'après le choix optimal des différentes sources d'alimentation, on a fait une étude bien précise pour répartir les charges, que nous allons utiliser dans la clinique, sur les différents réseaux selon leur importance.

Finalement, on a réalisé les schémas électriques de notre installation pour faciliter le calcule et le dimensionnement, c'est-à-dire de déterminer les canalisations et leur protection électrique.

MOTS CLES :

Réseau normal, Réseau secouru, Réseau ondulé, ASI, Transformateur MT/BT, Cellule MT, TGBT, Groupe électrogène, onduleur, Schéma unifilaire, Dimensionnement, SLT, Bilan de puissance, Dimensionnement des câbles, Chutes de tension, Courant de court-circuit.

Dédicace

Je dédie ce projet :

A ma chère Mère MALIKA,

Qui n'a jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes Amis

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A tous les Etudiants de la promotion 2020/2021 option Génie Electrique

A tout ceux qui m'ont supporté à toutes les moments de ma vie

Et qui m'ont donné la force de continuer.

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur Pr. ALI BOHARB de m'avoir encadré et de m'orienter pour l'élaboration de ce modeste travail.

Je remercie également l'équipe de l'entreprise ELEC NAY pour l'accueil qu'elle m'a réservé, le temps que chacun de ses membres m'a accordé, et plus globalement, pour toutes les informations, références bibliographiques, réflexions, corrections… que chacun m'a apporté et qui ont nourri ce travail.

Je remercie aussi mon encadrent professionnel monsieur BOUCHTA HBALY, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.

Je remercie le directeur technique de la société ELEC NAY qui m'a accueilli et qui m'a apporté les informations nécessaires pour réussir mon stage.

Je voudrais également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques, ainsi que tous mes professeurs et tous les enseignants pour la qualité de l'enseignement qu'ils m'ont prodigué au cours de ces trois années passées à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Mes profonds remerciements vont également à monsieur LOUZIMI HASSAN de l'entreprise SORALEC qui m'a aidé dans la réalisation du schéma unifilaire de l'installation électrique de la clinique ARRAYANE sur le logiciel AutoCAD.

Sommaire

Avant-propos 1
Résumé 1
Dédicace 2
Remerciements 3
Liste des tableaux 7
Liste des figures 8
I. Introduction générale 9
II. Présentation de la société d'accueil ELEC NAY 9
III. Présentation de la clinique ARRAYANE 10
III.1 Présentation 10
III.2 Cahier de charge 10
III.3 Objectif de mon travail 11
IV. Étude d'une installation BT de la clinique 11
IV.1 Système d'alimentation électrique pour une clinique 12
IV.1.1 Alimentation Normal 12
IV.1.1.1 Cellule MT 12
IV.1.1.2 Poste transformateur MT/BT 13
IV.1.1.3 Tableau Général Basse Tension (TGBT) 15
IV.1.2 Alimentation Secourus 15
IV.1.2.1 Groupe électrogène 16
IV.1.2.2 Armoire inverseuse 16
IV.1.3 ASI-Onduleur 17
IV.2 Réalisation des schémas électriques 18
IV.2.1 Logiciel AutoCAD 19
IV.2.1 Schéma unifilaire sur Le logiciel AutoCAD 19
V. Dimensionnement de l'installation BT 21
V.1 Schéma de liaison à la terre 22
V.1.1 Schéma « TT » 23
V.1.2 Schéma « TN » 23
V.1.3 Schéma « IT » 24
V.2 Bilan de puissance : 26
V.2.1 Puissance d'une installation 26
V.2.2 Puissance installée 26
V.2.3 Puissance absorbée 26

V.2.4 Puissance d'utilisation 26
V.2.4.1 Facteur d'utilisation maximal K_u 27
V.2.4.2 Facteur de simultanéité K_s 27
V.3 Compensation de l'énergie réactive 28
V.3.1 Matérielle de compensation de l'énergie réactif 29
V.3.1.1 Condensateurs fixes 29
V.3.1.2 Batteries de condensateurs à régulation automatique 29
V.3.2 Localisations possible des condensateurs 29
V.3.2.1 Compensation globale 29
V.3.2.2 Compensation partielle 30
V.3.2.3 Compensation individuelle 30
V.3.3 Démarche de choix d'une batterie de condensateurs 31
V.3.3.1 Calcule des puissances 31
V.3.3.2 Choix de type de compensation 31
V.4 Dimensionnement des conducteurs 31
V.4.1 Méthodologie 31
V.4.2 Courant maximal d'emploi I_b et le courant assigné I_n 32
V.4.3 Courant fictif I_z' en fonction des influences extérieur 33
V.4.4 Section des conducteurs de phase 33
V.4.5 Section des conducteurs de neutre 34
V.4.6 Section des conducteurs de protection 34
V.4.7 Section des conducteurs de PEN 34
V.5 Chute de tension 35
V.6 Courant de court-circuit 37
BIBLIOGRAPHIE 38
Conclusion Générale 39
ANNEXE 1 : Couplages des enroulements pour un transformateur 40
ANNEXE 2 : Les facteur de simultanéité 41
ANNEXE 3 : Schéma du TG N°1 R+3 du réseau ondulé. 42
ANNEXE 4 : Bilan de puissance 43
ANNEXE 5 : La méthodologie pour déterminer K 46
ANNEXE 6 : Section des conducteurs 47
ANNEXE 7 : la chute de tension. 50
ANNEXE 8: La chute de tension 50
ANNEXE 9: Le courant de court-circuit 53

Liste des Abréviations

ASI : Alimentation sans interruption

CPI : Contrôleur permanent d'isolement

Ds : Désenfumage

Icc : courant de court-circuit

Mm : Mammographie

MT/BT : moyenne Tension/ basse Tension

Mz : Mezzanine

Pa : puissance absorbée

PC : prise de courant

PE : conducteur de protection

PEN : conducteur de protection et le Neutre

Pn : puissance nominale

PR : Pompe de Relevage

RDC : rez de chaussé

SLT : Schéma de liaison à la terre

Spe : section de conducteur de protection

Sph : section de conducteur de phase

SR : Salle de Réveille

TG : tableau Général

TGBT : tableau général basse tension

TGBT N/S : tableau général basse tension Secoure

TGBT O : tableau général basse tension ondulée

Liste des tableaux

Tableau 1. Valeurs usuelles de Ucc en fonction du transformateur et la tension BT 14
Tableau 2. Le bilan de puissance du TG N°1 ondulé R+3 28
Tableau 3. Calcule des paramètres de la batterie 31
Tableau 4. Calibre des disjoncteurs normalisés 33
Tableau 5. Section des câbles 33
Tableau 6. Section des conducteurs de protection 34
Tableau 7. Limite maximal de la chute de tension 35
Tableau 8. Formule de calcul de la chute de tension 36
Tableau 9. Détermination des impédances d'un réseau 36
Tableau 10. Formules de calcule de court-circuit 38
Tableau 11. Facteur de simultanéité pour armoire de distribution 41
Tableau 12. Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation 41
Tableau 13. Le bilan de puissance ondulée 43
Tableau 14. Le bilan de puissance secourus 44
Tableau 15. Le bilan de puissance Normal 45
Tableau 16. Lettre de sélection selon mode de pose 46
Tableau 17. Facteur K1 selon mode de pose 46
Tableau 18. Facteur K2 selon le nombre de conducteur 46
Tableau 19. Facteur K3 selon la température et l'isolation 47
Tableau 20. Section des conducteur réseau ondulée. 47
Tableau 21. Section des conducteur réseau secourue. 48
Tableau 22. Section des conducteur réseau normal. 49
Tableau 23. Les valeurs de la chute de tension 50
Tableau 24. Chute de tension du réseau ondulée. 50
Tableau 25.chute de tension du réseau Secourus. 51
Tableau 26. Chute de tension du réseau Normal. 52
Tableau 27. Courant de court-circuit du réseau Normal. 53
Tableau 28. Courant de court-circuit du réseau Secourus. 54
Tableau 29. Courant de court-circuit du réseau Ondulée. 55

Liste des figures

Figure 1. Organigramme de la société ELEC NAY 10
Figure 2. Fiche de renseignement de la société ELEC 10
Figure 3. Système d'alimentation généralisé 11
Figure 4. Schéma de commande et de puissance de l'armoire inverseur 16
Figure 5. Interface d'un onduleur..... 18
Figure 6. Interface du logiciel AutoCAD 19
Figure 7. Schéma unifilaire de l'installation électrique de la clinique ARRAYANE 20
Figure 8. Schéma TT 23
Figure 9. Schéma TN-C..... 23
Figure 10. Schéma TN-S..... 24
Figure 11. Schéma TN-C-S 24
Figure 12. Schéma IT 24
Figure 13. Triangle puissance réactive 29
Figure 14. Schéma de compensation globale..... 30
Figure 15. Schéma de compensation partielle..... 30
Figure 16. Schéma de compensation individuelle..... 30
Figure 17. Limite maximal de la chute de tension..... 35
Figure 18. Couplages usuels 40
Figure 19.Schéma du TG N°1 R+3 du réseau ondulé..... 42

I. Introduction générale

La sécurité électrique est un sujet clé et impactant pour la clinique d'aujourd'hui et de demain. Elle doit s'adapter aux constantes évolutions des techniques et appareils médicaux employés de façon continue, mais aussi dans une approche longue terme.

Il faut augmenter la sécurité électrique dans la clinique pour assurer la continuité de l'alimentation électrique et en fin de compte la continuité des soins. Donc, les majeurs problèmes qu'il faut résoudre dans la clinique, sont les pannes d'alimentation et les défauts électriques indirects. Pour cette raison nous allons présenter la solution optimale utilisée par la société ELEC NAY dans sa réalisation de ses projets pour les cliniques. Notre étude consiste à présenter les différents réseaux d'alimentation et aussi à déterminer les canalisations et leurs protections électrique pour avoir une installation électrique avec une sécurité élevée et compact.

L'entreprise ELEC NAY intervient dans ce projet, elle a comme mission la conception et la réalisation des installations électriques des cliniques. C'est dans ce cadre que se situe mon projet de fin d'études qui consiste à l'étude technique et la conception de l'installation électrique en utilisant principalement les méthodologies étudiées dans l'électrotechnique (schémas électrique, dimensionnement …).

Mon rapport est constitué de cinq parties, il est présenté comme suit :

La première partie permet de présenter la société d'accueil.

La deuxième partie dans laquelle on présente le projet de réalisation de la clinique ARRAYANE.

La troisième partie comporte deux parties, une partie pour l'étude globale de l'installation électrique BT de la clinique, dans laquelle on présente les différents réseaux d'alimentation, la seconde partie nous allons présenter les schémas électriques réalisés.

Une dernière partie est réservée au dimensionnement de l'installation électrique de la clinique ARRAYANE.

Et on termine ce rapport par une conclusion générale.

II. Présentation de la société d'accueil ELEC NAY

ELEC NAY est une entreprise d'installation des équipements électriques Moyenne & Basse Tension.

Crée en 2003 par monsieur EN-NAY TEJANI, son siège social est basé à Fès-Maroc.

Les domaines d'activité de cette entreprise sont : électricité MT/BT, électrification de lotissement, bâtiment et industrie, éclairage public, Equipements d'armoires et les postes des transformateurs. C'est une société agrée par L'ONEE.

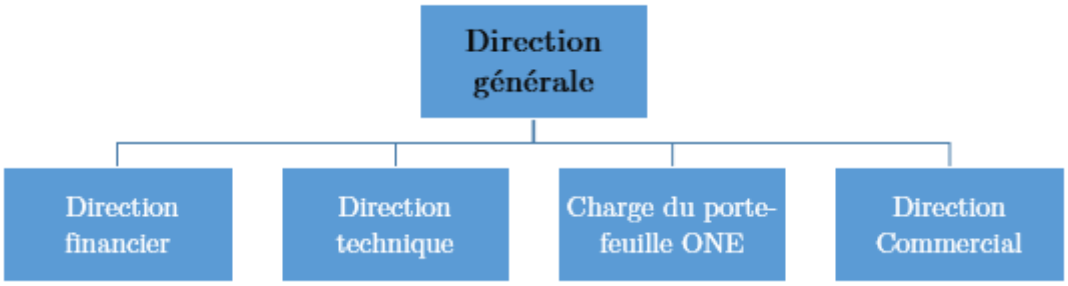


Figure 1. Organigramme de la société ELEC NAY

Raison social	ELEC NAY
Forme juridique	SARL AU
Date de création	01/01/2003
Adresse au siège social	20 RUE OMAR BEN JELLOUN ATLAS FES
Téléphone	0535653629
Fax	0535652653
e-mail	ELEC123@gmail.com
Capitale	3.000.000,000 DH

Figure 2. Fiche de renseignement de la société ELEC

III. Présentation de la clinique ARRAYANE

III.1 Présentation

La clinique ARRAYANE est une nouvelle clinique privée orientée principalement vers le domaine d'accouchement. La clinique est située à Fès, contient les champs suivants :

- ✓ Les salles d'accouchements
- ✓ Les blocs opératoires
- ✓ Les salles de réveille
- ✓ Les salles de réanimations
- ✓ Stérilisation
- ✓ Les bureaux

Plus d'autre champs pour d'autre domaine comme :

- ✓ Scanner
- ✓ IRM
- ✓ Mammographie
- ✓ Radiologie

III.2 Cahier de charge

La clinique est constituée de 3 étages, 2 sous-sol, Rez-de-chaussée et un autre étage(Mezzanine).

L'installation électrique de la clinique se décompose de ce qui suit :

- Le réseau normal alimente toute l'installation via un poste de transformateur :

- Le réseau secouru alimente :
  - ✓ TGBT onduleur
  - ✓ Prises de courant
  - ✓ Désenfumage
  - ✓ Ascenseur
  - ✓ Éclairage
- Le réseau ondulé alimente, :
  - ✓ Armoire informatique
  - ✓ Les prises de courant

III.3 Objectif de mon travail

Mon travail consiste à déterminer :

- La présentation du système d'alimentation de la clinique ARRAYAN
- Dimensionnement de l'installation électrique :
  - ✓ Réalisation du schéma unifilaire de l'installation
  - ✓ SLT
  - ✓ Le bilan de puissance
  - ✓ Compensation de l'énergie réactive
  - ✓ Dimensionnement des sections des câbles

IV. Étude d'une installation BT de la clinique

Les établissements de santé, contiennent des équipements très sensibles qui ne supportent pas de coupure d'électricité. Pour cette raison il faut une étude préliminaire qui permet de réaliser une installation avec une sécurité élevée et compacte.

Puisque la continuité de l'alimentation dans la clinique liée à la continuité des soins, alors il faut inclure une série de sources d'alimentation qui améliore considérablement l'installation. Donc les sources d'alimentation deviennent une importance vitale dans le dimensionnement de notre installation.

On peut définir ses différentes sources d'alimentation comme :

- ✓ Alimentation normale (réseau public)
- ✓ Générateur de secours (groupe électrogène)
- ✓ Alimentation sans interruption (onduleur)

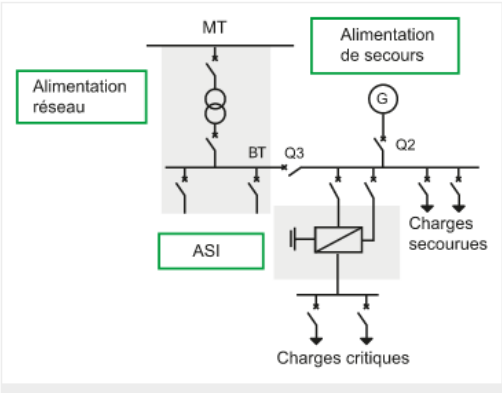


Figure 3. Système d'alimentation généralisé

IV.1 Système d'alimentation électrique pour une clinique

Le système d'alimentation d'une clinique est très compliqué puisqu'il faut avoir une sécurité très élevée des patients et aussi des matériels. Les différents sources d'alimentation doivent assurer la continuité de l'alimentation électrique et en fin de compte la continuité des soins.

Les activités médicales qui doivent disposer de la continuité de l'alimentation électrique sont :

- Le traitement des urgences.
- L'anesthésie.
- La réanimation.
- Stérilisation.
- Les soins intensifs.
- Les opérations.
- Les machines de soutien de la vie.

Dans l'installation électrique de la clinique en général il faut faire face à deux dangers principales pour garantir la sécurité des patients : l'arrêt de l'alimentation électrique qui ne permet plus de poursuivre les soins et les défauts électriques indirects.

En général nous pouvons utiliser au sein d'une clinique, pour en fin de compte assurer la sécurité de celle-ci, les 3 sources d'alimentation principales suivantes :

IV.1.1 Alimentation Normal

(Réseau normal) raccordement au réseau électrique de distribution publique, l'alimentation vient du poste MT/BT.

Le poste MT/BT (ou poste de transformation MT/BT) est un local, inaccessible au public, assurant la liaison entre le réseau moyen tension MT et la réseau basse tension (BT).

Le poste MT/BT est essentiellement composé :

- D'un équipement permettant de le connecter au réseau MT (CELLULE MT),
- D'un transformateur MT/BT abaissant la tension,
- D'un tableau BT permettant de répartir l'énergie électrique sur les différents départs BT issus du poste de transformation et supportant les fusibles de protection.

Le local qui compose le poste MT/BT est un petit bâtiment construit à cet usage, contient les éléments suivants :

IV.1.1.1 Cellule MT

Constitué de plusieurs équipements ou appareillages électriques à moyen tension (interrupteurs, disjoncteurs, sectionneurs… etc.) pour assurer la protection surtout du poste transformateur MT/BT.

IV.1.1.2 Poste transformateur MT/BT

Le poste MT/BT est un poste qui assure le raccordement entre le réseau moyen tension MT et la réseau basse tension BT.

Un transformateur est défini, d'une part, par ses caractéristiques électriques et, d'autre part, par des caractéristiques liées à sa technologie et à ses conditions d'utilisation.

IV.1.1.2.1 Caractéristiques électriques

- Puissance assignée Pn: valeur conventionnelle de la puissance apparente en KVA destinée à servir de base à la construction du transformateur.
- Fréquence : Ce guide concerne les réseaux 50 et 60 hz.
- Tension assignée primaire et secondaire :
  - Pour une double tension primaire, préciser la puissance en KVA correspondant à chaque niveau.
  - La tension secondaire est celle à vide en circuit ouvert.
- Couplages des enroulements (**Figure 1 : ANNEXE 1**) : ils sont indiqués par des symboles pour les couplages en étoile, triangle et zigzag, et toute combinaison de ces couplages et par un code alpha numérique préconisé par la CEI. Ce code se lit de gauche à droite, la première lettre se référant à l'enroulement de tension la plus élevée, la seconde lettre à celui de tension immédiatement inférieure, etc.
  - Les lettres majuscules se réfèrent à l'enroulement de tension la plus élevée.

    D = couplage triangle en MT

    Y = couplage étoile en MT

    Z = couplage zigzag en MT

    N = neutre MT sorti accessible

  - Les lettres minuscules se réfèrent en général aux enroulements secondaires.

    d = couplage triangle en BT

    y = couplage étoilé en BT

    z = couplage zigzag (interconnexion en étoile) en BT

    n = neutre BT sorti accessible

- Un nombre de 0 à 11, désigné par indice horaire est accolé aux lettres pour indiquer le déphasage entre la tension primaire et la tension secondaire.

IV.1.1.2.2 Caractéristiques liées à la technologie et aux conditions d'utilisation

- Choix du diélectrique,
- Installation intérieure ou extérieure,
- Altitude (≤ 1000m est le cas standard),
- Température :
    - Ambiante maximum : 40°C,
    - Ambiante moyenne journalière : 30°C,
    - Ambiante moyenne annuelle : 20°C.

IV.1.1.2.3 Description des technologies

Il existe deux types de transformateurs :

- Les transformateurs du type sec enrobé,
- Les transformateurs du type immergé.

IV.1.1.2.4 Courant de court-circuit triphasé au secondaire du transformateur

Le courant de court-circuit est déterminé à partir du Ucc ;

Ucc : correspond à la valeur de % de la tension primaire qu'il faut appliquer pour que circule le courant assigné In dans le secondaire.

Une méthode pour déterminer le courant de court-circuit dans le cas où on n'a pas les valeurs sur la plaque signalétique du transformateur:

Tableau 1. Valeurs usuelles de Ucc en fonction du transformateur et la tension BT

Puissance du transformateur (KVA)	Ucc en %	
	Tension secondaire à vide	
	410V	237V
50 à 630	4 %	4 %
800	4,5 %	5 %
1000	5 %	5,5 %
1250	5,5 %	6 %
1600	6 %	6,5 %
2000	6,5 %	7 %
2500	7 %	7,5 %
3150	7 %	7,5 %

On peut écrire : $I_{cc} = \frac{I_n}{U_{cc}(^0/_0)}$ **Avec** $I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{20}}$

S : Puissance apparente du transformateur en KVA ;
U_{20} : Tension secondaire à vide du transformateur en V ;
I_n : Intensité nominale en A ;
I_{cc} : Intensité du courant de court circuit en A ;
U_{cc} : Tension de court circuit en %

Pour notre cas les informations sont données par le constructeur ; ils sont présentés comme suite ;

Notre transformateur étudié est de type immergé dans lequel on trouve les informations suivantes :

- La puissance assignée : Pn=400 KVA.
- Puissance de court-circuit : Pcc=500 MVA.

- La température : T=40°C.
- Fréquence : F=50 hz.
- Tension de court-circuit : Ucc=3.62%.
- Le courant de court-circuit : Icc=$\frac{In}{Ucc(\%)}$=15.948 KA.
- Courant assigné aux primaires et au secondaire :
  - Courant primaire : I=11.55 A.
  - Courant secondaire : I=577.35 A.
- Tension assignée aux primaires et au secondaire :
  - Tension primaire : U_1=19 KV, U_2=20 KV, U_3=21 KV.
  - Tension secondaire : U_{20}=400 V.
- Le type de couplage des enroulements primaires et secondaires : Dyn11 ; signifie :
  - Le primaire est monté en triangle.
  - Le secondaire avec un point neutre disponible sur borne, est monté en étoile.
  - Le déphasage entre les tensions primaires et secondaires est égal : +30° électriques, Le nombre "11" signifie que la tension de la phase du secondaire est à "11 heures" tandis que la tension de la phase du primaire est à "12 heures".

IV.1.1.3 Tableau Général Basse Tension (TGBT)

Le transformateur MT/BT est raccordé à un disjoncteur de départ et ce dernier qui est lié au tableau général de distribution BT, le TGBT est équipé des disjoncteurs généraux BT pour assurer :

- La protection générale de l'installation BT.
- Isolement général des circuits BT, selon les règles de la protection des personnes.
- La protection de transformateur contre les surcharges.

Le TGBT est le point central de la distribution électrique. Il est le lien entre l'arrivée du courant électrique et la distribution de celui-ci au sein de la clinique. Le TGBT est un système de coffrets et d'armoires de distribution entièrement composables.

Pour notre installation le TGBT est divisé en trois parties principales :

- TGBT Normal
- TGBT Secouru
- TGBT Ondulé

Le réseau normal donne l'alimentation à tous ces trois types de tableau pour distribuer l'alimentation sur tous les équipements existant dans l'installation.

IV.1.2 Alimentation Secourus

Source prévue pour maintenir le fonctionnement des matériels concourants à la sécurité en cas de défaillance de la source normal/remplacement.

Cette ligne est constituée de deux éléments principaux :

IV.1.2.1 Groupe électrogène

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire ou bien de fournir une source d'électricité secourue pour les diverses activités requérant de l'électricité, en l'absence d'une alimentation classique au secteur. Il est largement utilisé dans les zones victimes de coupures systématiques. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui actionne un alternateur.

Les groupes électrogènes de secours sont des solutions très fiables et idéales pour maintenir le fonctionnement des équipements qui ne supporte pas de coupure d'alimentation dans la clinique en cas de panne de réseau pour assurer la sécurité des patients et des matériels.

Les groupes électrogènes sont souvent utilisés pour pallier une éventuelle coupure d'alimentation électrique qui pourrait engendrer de graves conséquences ou des pertes humaines.

IV.1.2.2 Armoire inverseuse

Équipé d'un schéma de puissance et de commande, ce schéma contient deux contacteurs à verrouillage mécanique l'un a un état opposé de l'autre, pour que le réseau et le groupe électrogène ne fonctionnent pas au même temps. Ce schéma de commande qui donne l'ordre au groupe électrogène pour fonctionner et distribuer l'alimentation nécessaire aux équipements importants dans la clinique. Dans le cas de panne de réseau, il reste seulement les équipements qui se trouvent dans le TGBT Secouru ; en marche, parce qu'il est lié directement à la sortie de l'armoire inverseuse.

L'armoire inverseuse contient le schéma de réalisation (schéma de commande et schéma de puissance) suivant :

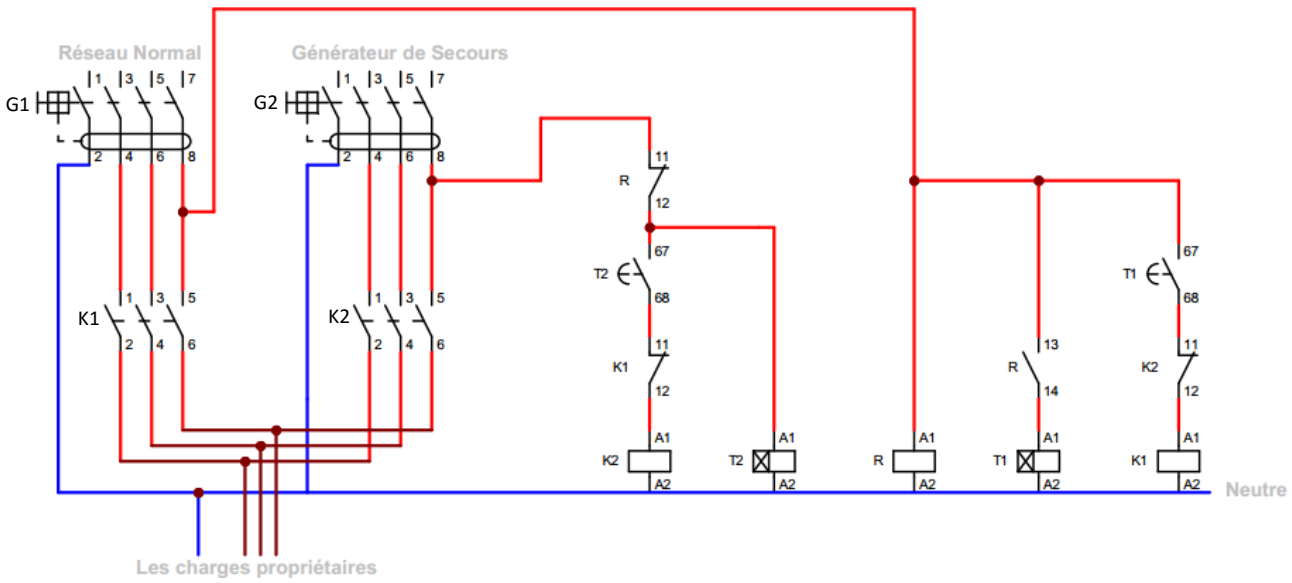


Figure 4. Schéma de commande et de puissance de l'armoire inverseur

Ie : nous avons réalisé le schéma par le logiciel de réalisation des schémas électriques : CADe_SIMU.

- ✓ Si on a une alimentation de par du réseau normal le relais R va exciter et le contacteur R : 11-12 s'ouvre pour couper l'alimentation sur K2 et R : 13-14 se ferme pour alimenter la temporisation T1 et après un temps ; K1 va exciter et donc le contacteur K1 se ferme, alors que les charges vont alimenter à partir du réseau normal.
- ✓ Si on a une panne d'alimentation de par de réseau normal le relais R se désexcite et le contacteur R : 13-14 s'ouvre pour couper l'alimentation sur K1 et R : 11-12 se ferme (les deux contacteurs du relais R retournent à son état de repos) pour alimenter la temporisation T2 directement et après un temps ; K2 va exciter et donc le contacteur K2 se ferme alors que les charges vont alimenter à partir du générateur de secours (le groupe électrogène).

Dans le cas de panne de réseau normal et pour passer au groupe électrogène il faut un temps qui s'appelle le temps de commutation qui est un intervalle de temps entre le moment où apparaît une défaillance de l'alimentation normale et le moment où la tension est disponible aux bornes de la source de sécurité. Ce temps lui-même pose une menace sur la santé des patients et sur les équipements médicaux très sensibles et pour cette raison on doit ajouter une autre source (ASI) qui va distribuer l'alimentation dans ce temps pour ne pas avoir une interruption d'alimentation.

IV.1.3 ASI-Onduleur

Pour étendre l'approvisionnement supplémentaire spécial on utilise cette source d'alimentation pour avoir le bon fonctionnement de la clinique, garantissant un service sans coupure.

Pour notre installation on a utilisé les onduleurs comme type d'ASI.

Un onduleur est un dispositif électronique de puissance permettant de délivrer des tensions et des courants alternatifs depuis une source d'énergie électrique afin d'obtenir des alimentations sans interruption.

L'onduleur c'est un maillon important dans la sécurité des systèmes. Il a pour principale mission de prendre le relais du secteur lorsque des coupures de courant se produisent.

Dans la clinique il faut que l'onduleur doivent assurer la continuité de la fourniture d'électricité aux appareils qui ne supportent pas de coupure d'alimentation (ou zéro coupure) : par exemple en salles d'opération et aussi en salle de réanimation pour les équipements comme respirateur et la ventilation en anesthésie, moniteur de surveillance...

Un onduleur se compose de trois parties :

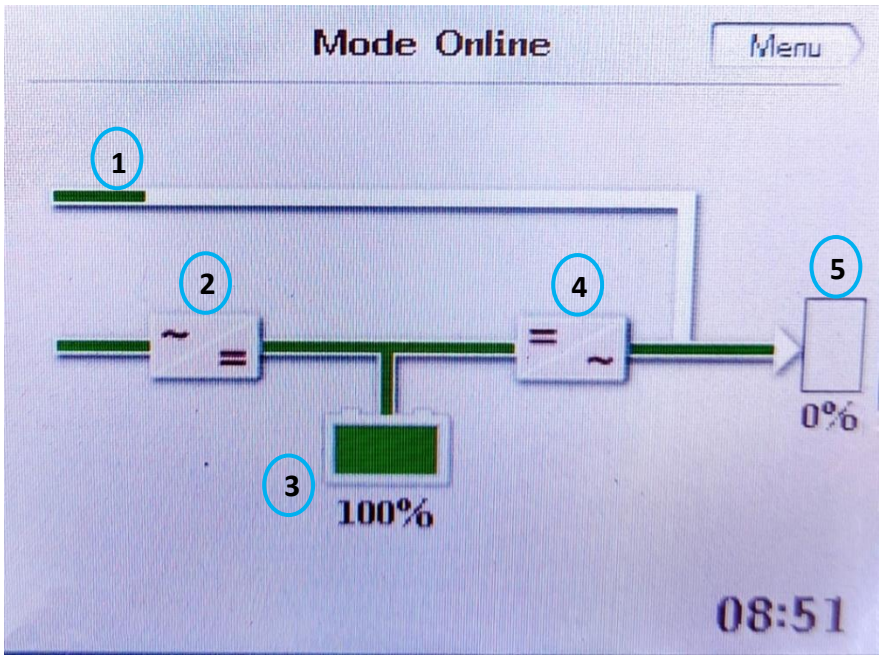
- ➢ Le redresseur qui transforme le courant alternatif en un courant continu destiné à charger les batteries et à alimenter l'onduleur.
- ➢ Les batteries qui stockent l'énergie.
- ➢ L'onduleur qui transforme la tension continue délivrée par le redresseur ou les batteries en une tension alternative, identiques à celle du secteur.

L'onduleur contient une batterie constituant la réserve d'énergie électrique qui va lui permettre de fonctionner pendant les coupures de courant.

◊ <u>Fonctionnement</u>

L'onduleur est constitué de trois lignes principales pour alimenter les équipements qui sont lui raccorder :

- Dans le cas où on a l'alimentation à partir du réseau principal, l'alimentation passe par un redresseur pour transformer le courant alternatif en un courant continu destiné à charger les batteries et alimenter l'onduleur, puis ce dernier va transformer le courant continu en un courant alternatif destiné à alimenter les charges qui sont liées à l'onduleur.
- Dans le cas de panne d'alimentation à partir du réseau normal, la batterie qui va alimenter les charges.
- Dans le cas d'un défaut au niveau du redresseur, de la batterie ou bien de l'onduleur, c'est le bypass qui va marcher pour alimenter les charges.



-1- Bypass

-2- Le redresseur

-3- La batterie

-4-L'onduleur

-5- La charge.

Figure 5. Interface d'un onduleur

Résumé :

Jusqu'ici on a vu les différents sources d'alimentation qui garantissent la présence de l'alimentation aux différents équipements qu'on a dans la clinique, surtout pour les équipements prioritaires qui ne supportent pas de coupure d'alimentation, pour augmenter et assurer la sécurité des patients et des biens. En terme technique ; il faut réaliser une installation d'une façon fiable et adapte en utilisant ces sources pour en fin de compte avoir le besoin. Donc dans la partie suivante on va voir comment raccorder ces sources d'alimentation et réaliser l'installation électrique.

IV.2 Réalisation des schémas électriques

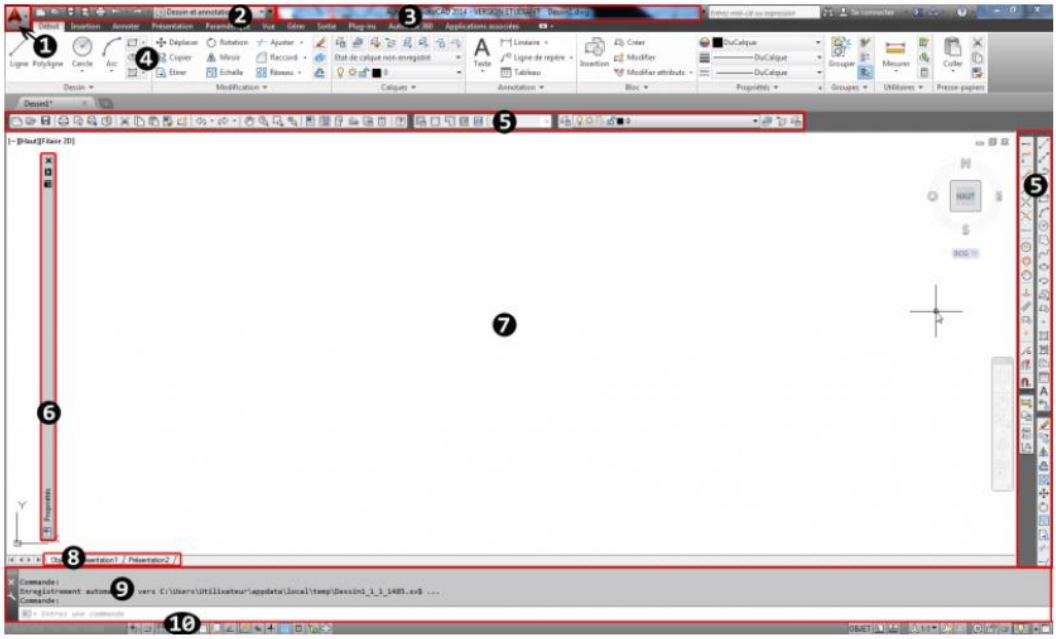
Pour mieux comprendre l'installation électrique, en utilisant les différents sources d'alimentation vue précédemment, nous allons donner le schéma électrique détaillé de la clinique étudiée, dans lequel nous allons expliquer le raccordement optimal des sources d'alimentation pour assurer le bon fonctionnement de l'installation électrique et en fin de compte augmenter la sécurité électrique.

Le schéma unifilaire de l'installation électrique montre clairement l'essentiel de la clinique étudiée, Nous avons utilisé le logiciel AutoCAD pour réaliser ce schéma.

IV.2.1 Logiciel AutoCAD

AutoCAD est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire permet d'effectuer la conception de divers éléments et objets en 2D et 3D. AutoCAD est une application universelle DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Les utilisateurs peuvent créer leurs propres plans de fabrication, mais aussi des images réalistes de leurs modèles en y appliquant des couleurs et des textures. Ils peuvent également animer ces objets pour simuler le fonctionnement d'une machine ou effectuer la visite virtuelle d'une maison.

La figure suivante permet de présenter l'interface du logiciel AutoCAD :



1- Bouton du menu de l'application
2- Barre d'outils à accès rapide
3- Barre titre
4- Ruban
5- Barres d'outils ancrées

6- Palette
7- Zone de dessin
8- Onglet d'objet et de présentation
9- Ligne de commande
10- Barre d'état

Figure 6. Interface du logiciel AutoCAD

IV.2.1 Schéma unifilaire sur Le logiciel AutoCAD

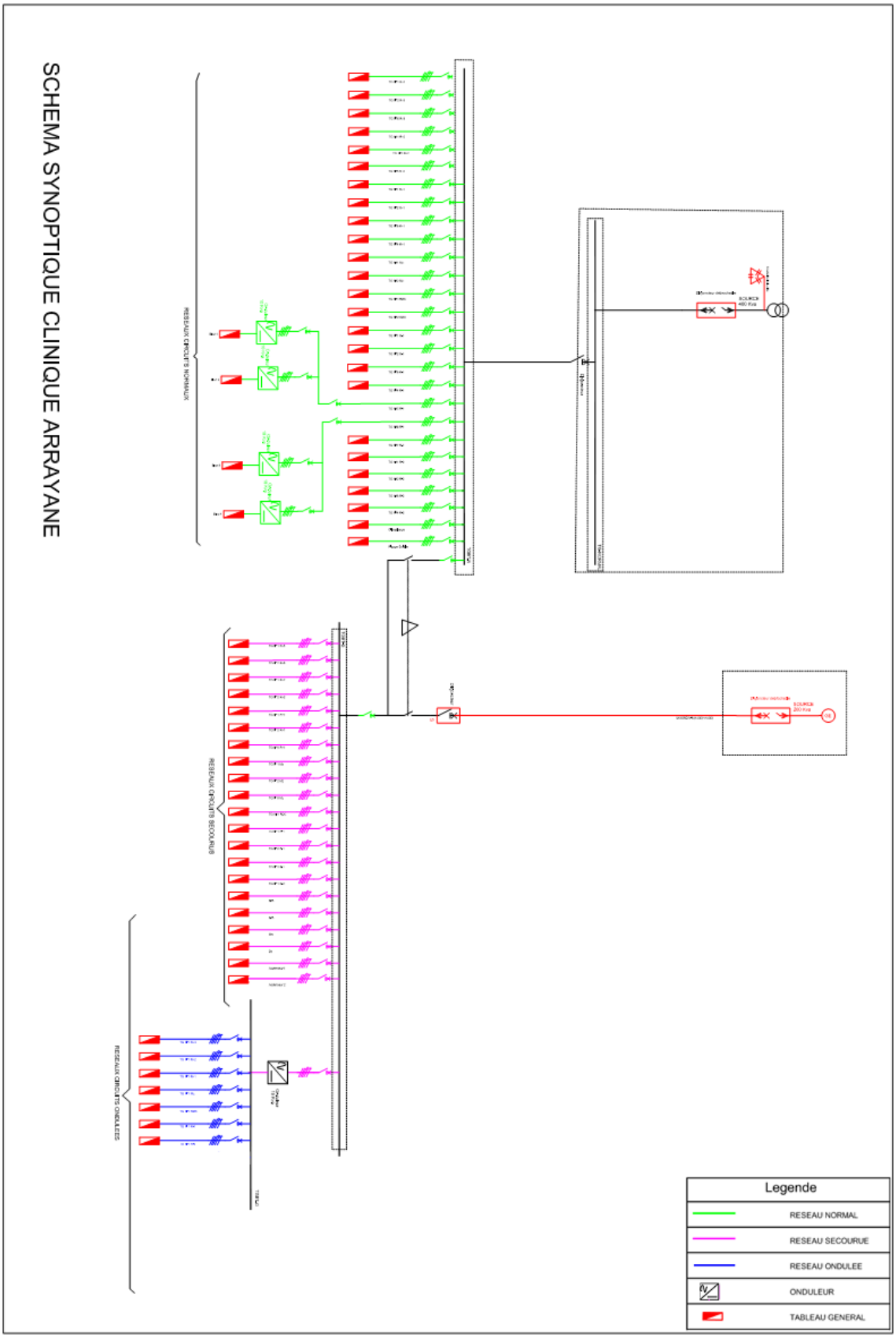


Figure 7. Schéma unifilaire de l'installation électrique de la clinique ARRAYANE

La clinique étudiée est orientée principalement au domaine d'accouchement, alors qu'on a des salles d'accouchement, des blocs de réanimation, stérilisation…, les équipements de la clinique sont répartis sur les trois réseaux ou bien les trois sources d'alimentation vus précédemment, ça dépend de leur importance dans la clinique, de la manière suivante :

- ✓ Le réseau normal permet de distribuer l'alimentation à toute l'installation. On va lier directement à ce réseau les équipements qui ne sont pas importants dans la clinique et ne posent pas de problème en cas de panne de ce réseau comme les prises de courant normal, les climatiseurs des chambres.
- ✓ Le réseau secouru est lié seulement au TGBT Secouru, à travers l'armoire inverseuse pour distribuer l'énergie sur les éléments prioritaires de l'installation, comme : l'éclairage pour ne pas avoir une coupure de l'éclairage dans la clinique, et aussi a quelque prise de courant dans les chambres des patients avec lequel on relie des machines de soutien de la vie, en ajoutant aussi des équipements comme désenfumage, système d'appel infirmier, ascenseurs… les équipements qui sont raccordés à ce réseau ne doivent pas poser des problèmes dans la clinique au cours du temps de commutation dans lequel en passe du réseau normale au réseau secouru.
- ✓ Le réseau ondulé on va l'utiliser seulement pour les équipements qui sont très importants et sensibles dans notre installation (les salles de réanimation, l'armoire informatique…). L'onduleur de la clinique est lié au TGBT Secouru pour fournir l'alimentation à partir de sa batterie seulement dans le temps de commutation, et dès que le groupe électrogène marche l'onduleur va conserver l'énergie qui a dans sa batterie et il va alimenter le système par l'électricité qui vient à partir du groupe.

Avant de raccorder un équipement à l'installation électrique il nous faut une étude bien précise sur le fonctionnement et degré de l'importance de ce dernier pour avoir à quel réseau il faut le lier. C'est pour cette raison, ce type d'installation nécessite une étude préliminaire approfondie, effectuée par des techniciens spécialisés, pour dimensionner et concevoir le système de distribution électrique de la clinique d'une façon à répondre aux besoins de cette dernière.

Résumé :

Puisqu'on a bien détaillé le système d'alimentation dans la clinique et son raccordement pour garantir une meilleure distribution d'alimentation venant des sources d'alimentation et arrivant aux différents équipements dans la clinique, d'une façon à assurer et augmenter la sécurité des biens et des patients, nous allons occuper la partie suivante au dimensionnement de la clinique, pour présenter la méthodologie qui consiste à déterminer les canalisations et leurs protections électriques dans l'installation électrique.

V. Dimensionnement de l'installation BT

Dimensionnement de l'installation électrique consiste à déterminer précisément les canalisations et leurs protections électriques pour assurer une meilleure distribution d'alimentation dans la clinique provenant des sources d'alimentation étudiés précédemment, arrivant à tout appareillage électrique. On va dimensionner la clinique d'une façon à respecter les règles de performance et de sécurité.

En outre le disjoncteur (ou fusible) doit :

- Protéger la canalisation pour toutes les surintensités jusqu'au courant du court-circuit maximal,
- Assurer la protection des personnes contre les contacts indirects dans le cas où la distribution s'appuie sur le principe de protection du schéma de liaison à la terre IT ou TN,

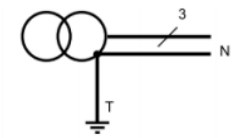
V.1 Schéma de liaison à la terre

Le SLT « **S**chéma de **L**iaison à la **T**erre » 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.

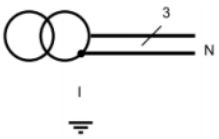
Le choix du SLT est à faire lors de la conception, en fonction des besoins et contraintes. A savoir, que certains SLT sont exigés et d'autres interdits en fonction des risques/utilisations.

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

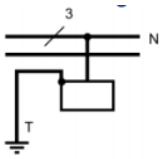
- La première lettre pour le raccordement du neutre du transformateur MT/BT (2 cas possibles) **:**
  - ✓ « **T** » pour « raccordé » à la terre ;



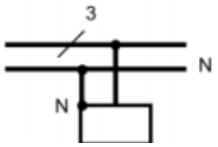
  - ✓ « **I** » pour « isolé » de la terre ;



- La deuxième lettre 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 3 configurations possibles :
  - ✓ « **TT** » : neutre du transformateur T et masse T ;
  - ✓ « **TN** » : neutre du transformateur T et masse N ;
  - ✓ « **IT** » : neutre du transformateur I et masse T ;

V.1.1 Schéma « TT »

Dans ce type de schéma toutes les masses destinées à être protégées par un même dispositif de coupure doivent être reliées au même système de mise à la terre. Le point neutre de chaque source est relié à une terre distincte de celle des masses.

La coupure automatique en schéma TT s'obtient lors du 1er défaut par un dispositif différentiel résiduel (DDR).

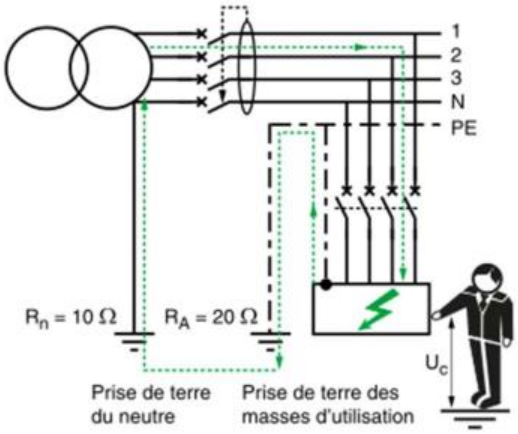


Figure 8. Schéma TT

V.1.2 Schéma « TN »

Dans ce type de schéma TN, les masses sont mises à la terre à la borne principale au moyen des conducteurs de protection (PE). Un point de l'alimentation, généralement le neutre, est mis à la terre directement.

La manière dont le conducteur neutre est mis à la terre, dépend du type de SLT à mettre en œuvre :

- ✓ **Schéma TN-C :** les conducteurs du neutre N et du PE sont confondus en un seul conducteur appelé PEN (Protective Earth and Neutral) ; le conducteur PEN, neutre et PE confondus, ne doit jamais être coupé.

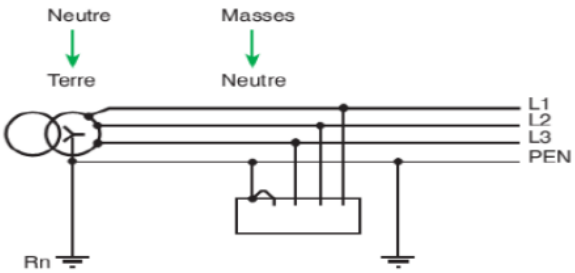


Figure 9. Schéma TN-C

- ✓ **Schéma TN-S :** les conducteurs du neutre N et du PE sont distincts, comme dans les autres schémas, le conducteur PE ne doit jamais être coupé. Les masses sont reliées au conducteur de protection (PE).

Le « **TN-S** » est obligatoire pour les réseaux ayant des conducteurs de section ≤ 10 mm² Cu et 16 mm² Al ou pour des câbles souples.

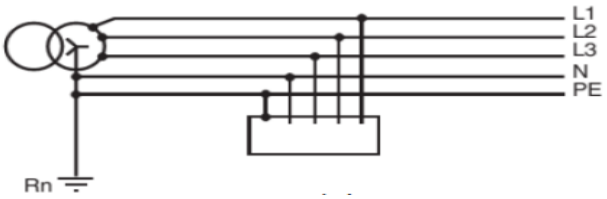


Figure 10. Schéma TN-S

- ✓ **Schéma TN-C-S :** utilisation d'un TN-S en aval d'un TN-C, (l'inverse est interdit).

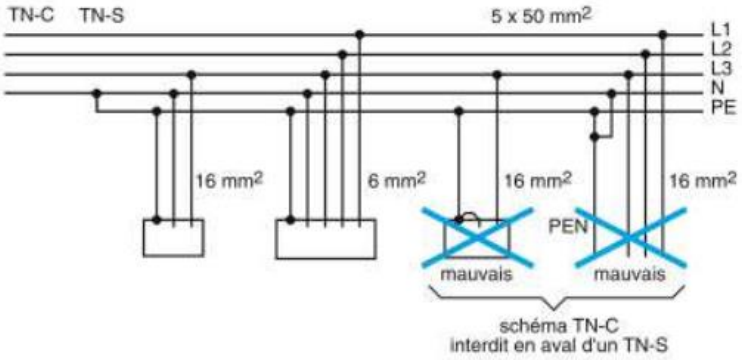


Figure 11. Schéma TN-C-S

V.1.3 Schéma « IT »

Dans ce type de schéma; L'installation soit « isolée de la terre » ou un point de l'alimentation, généralement le neutre, est mis à la terre soit ensemble soit par groupe, à travers une impédance « neutre impédant ». À noter, que cette impédance est généralement nommée « Zn » et égale à 1500 **Ω**.

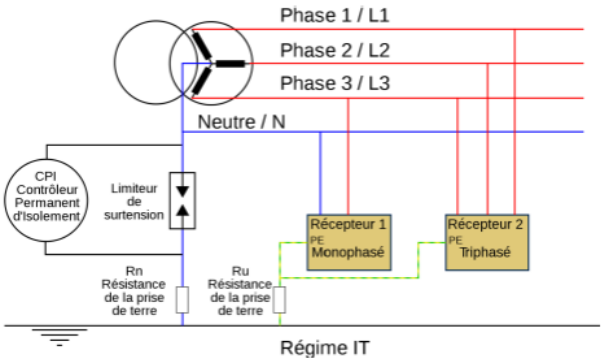


Figure 12. Schéma IT

↳ CPI :

La norme NF C. 15-100 impose l'utilisation d'un contrôleur permanent d'isolement (CPI) sur tout réseau IT pour prévenir l'utilisateur d'un premier défaut par un klaxon et un voyant. Donc le CPI est un dispositif très important pour le régime IT puisqu'on n'a pas un déclenchement pour le premier défaut.

Contrôleurs permanents d'isolement autonome optimisant le niveau de sécurité d'une installation électrique. Un CPI permet de réduire le coût de la maintenance en renforçant la surveillance de l'isolement électrique d'un réseau industriel perturbé en schéma IT.

- Un contrôleur permanent d'isolement (CPI) est nécessaire pour signaler tout défaut d'isolement (alarme sonore + voyant).
- Le défaut doit être éliminé avant l'apparition d'un second défaut, qui produirait la coupure de l'installation.
- La coupure a lieu lors de deux défauts d'isolement simultané par déclenchement des protections contre les surintensités (disjoncteurs, fusibles).

Ce contrôleur mesure en permanence l'isolement du réseau par rapport à la terre et signale toute baisse en deçà d'un seuil défini généralement à 0,8 fois la valeur de l'isolement normal (sans défaut). La recherche du défaut est associée à la fonction de contrôle d'isolement. Deux types de recherche du défaut sont possibles :

- ✓ Recherche manuelle (avec récepteur mobile)
- ✓ Recherche automatique (réaliser par des localisateurs associés à des tores placés sur les départs).

Pour notre installation on a utilisé le type « **IT** » tel que le neutre du transformateur, est isolé à la terre, et les masses des récepteurs sont mises à la terre par groupe.

Le schéma IT médical, permet d'une part de limiter l'intensité des courants de fuite et d'autre part de détecter et signaler un courant de fuite ou premier défaut à l'aide du CPI, sans interruption de la distribution électrique.

En schéma « **IT** », la coupure automatique n'intervienne pas lors du premier défaut car le 1er défaut implique une tension de contact très faible, donc seulement le CPI (**C**ontrôleur **P**ermanent d'**I**solement) ; qui permet de signaler le 1er défaut.

À l'apparition d'un deuxième défaut à la terre, une coupure rapide de l'alimentation est obligatoire par la protection contre les surintensités (magnétique du disjoncteur ou fusible).

En résumé ; le schéma de liaison à la terre « **IT** », nécessite :

- ✓ L'installation d'un CPI qui permet de signaler le 1er défaut.
- ✓ La recherche et la localisation du 1er défaut par une équipe compétente du service compétent.
- ✓ Le premier défaut est maîtrisé car la tension de contact est très faible, donc pas de déclenchement.

Lors du 2e défaut, c'est la protection contre les surintensités qui permet de couper le circuit impliqué.

Dans la partie suivante nous allons dimensionner le schéma électrique vu précédent sur **figure 7.**

V.2 Bilan de puissance :

On distingue les types de puissances suivantes :

V.2.1 Puissance d'une installation

Elle s'agit de la puissance maximale qu'elle ne faut pas dépasser, elle est exprimée en KVA, elle n'est pas la somme arithmétique de celle des récepteurs.

V.2.2 Puissance installée

C'est la somme des puissances nominales de tous les récepteurs de l'installation, lorsque dans une installation, toutes les caractéristiques ne sont pas connues, on peut utiliser des tableaux qui donnent des approximations grossières. La puissance installée (KW) est la donnée significative pour le choix d'un groupe électrogène ou d'une batterie.

V.2.3 Puissance absorbée

Elle est déduite à partir de la puissance nominale.

$$Pa = \frac{Pn}{\rho * \cos\varphi}$$

- ρ : *le rendement*
- $\cos\varphi$: *le facteur de puissance.*
- P_n : *puissance nominale*
- P_a : *puissance absorbée*

Alors, on peut déduire l'intensité absorbée qui est en fonction de la tension et le type de réseau :

- Monophasé : $I_a = \frac{Pa}{V}$
- Triphasé : $I_a = \frac{Pa}{U * \sqrt{3}}$

V : la tension simple (phase-neutre)

U : la tension composée (phase-phase)

V.2.4 Puissance d'utilisation

Les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge : des facteurs de simultanéité (k_s) et d'utilisation (k_u) permettent de calculer la puissance d'utilisation.

Ainsi, la puissance d'utilisation « P_u » est obtenue à partir de la puissance absorbée « P_a » et pondérée avec les coefficients d'utilisation « K_u » et de simultanéité « K_s », à savoir :

- Pour les circuits terminaux (unitaire), la formule est $P_u = P_a \times K_u$**;**
- Pour les circuits principaux (regroupement au niveau d'un tableau/coffret), la formule est $P_u = P_a \times K_u \times k_s$;

V.2.4.1 Facteur d'utilisation maximal K_u

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

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

En appliquant le coefficient « K_u » (Puissance absorbée x K_u), la nomination de cette nouvelle puissance se nomme « la puissance d'utilisation - P_u (kVA) ».

V.2.4.2 Facteur de simultanéité K_s

Par expérience, on sait que dans la pratique, toutes les charges d'une installation donnée ne fonctionnement jamais simultanément. Il y a toujours un certain degré de diversité dont on tient compte par l'utilisation d'un facteur « ks ». Conformément à cette définition, la valeur est toujours $\leq$ 1 et peut-être exprimée en pourcentage.
Le facteur ks est appliqué à chaque groupe de charges (exemple au niveau d'un tableau terminal, d'un tableau divisionnaire, d'une armoire...).

Les facteurs de simultanéité sont présentés dans les tableaux 11 et 12: ANNEXE 2.

Nous allons présenter le bilan de puissance au niveau de chaque tableau pour les trois réseaux d'alimentation, et le tableau suivant illustre la méthode de calcul de la puissance pour le tableau 1 R+3 du réseau Ondulé qui contient des prises de courants, appel infirmier et camera : (la puissance estimé pour une prise de courant est : 200 W)

Tableau 2. Le bilan de puissance du TG N°1 ondulé R+3

Etage	N° de récepteur	Nombre de récepteur	P(w) de récepteur	P_T(W)	Cosφ	K_U	K_S	P_U(W)
3éme étage	Pr N°1	2	200	400	0.8	0.5	0.55	110
	Pr N°2	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°3	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°4	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°5	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°6	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°7	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°8	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°9	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°10	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°11	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°12	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°13	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°14	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°15	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Pr N°16	1	200	200	0.8	0.5	1	100
	Appel infirmier	1	26.8	26.8	0.8	1	1	26.8
	Camera	3	53	159	0.8	1	1	159
La puissance total non foisonné (KW)								1.795
Le facteur de simultanéité K_S								0.7
Puissance total Foisonné (KW)								1.257

Le schéma correspondant à ce tableau est présenté sur la figure 19 dans l'ANNEXE 3

De la même façon qu'on a calculé le bilan de puissance pour tous les tableaux de l'installation électrique de la clinique.

Les résultats de calcul du bilan de puissance sont présentés dans les tableaux 13,14 et 15: ANNEXE 4. (A partir de la page 43)

V.3 Compensation de l'énergie réactive

Toute machine électrique (moteur, transformateur, ...) alimentée en courant alternatif met en jeu deux formes d'énergies :
- L'énergie active qui correspond à la puissance active P mesurée en KW et se transforme intégralement en énergie mécanique (travail utile) et en chaleur (pertes).
- L'énergie réactive traduit les échanges d'énergie électrostatique et électromagnétique entre la source et les réactances du récepteur (capacité ou réactance).
Le réseau de distribution fournit l'énergie apparente qui correspond à la puissance apparente S mesurée en KVA. Les trois puissances P, Q et S se représentent vectoriellement par un triangle des puissances.

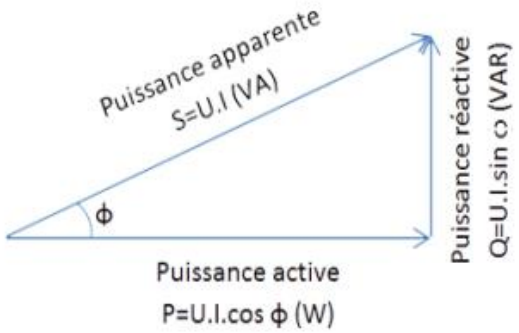


Figure 13. Triangle puissance réactive

V.3.1 Matérielle de compensation de l'énergie réactif

L'utilisateur ne bénéficie que de l'apport énergétique de la partie active, la partie réactive ne peut être éliminée, mais doit être compensée par des dispositifs appropriés. La compensation peut se faire par: des condensateurs fixes, des condensateurs à régulation automatique.

V.3.1.1 Condensateurs fixes

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

- Manuelle : commandé par disjoncteur ou interrupteur,
- Semi-automatique commandé par contacteur,
- Directe : asservit aux bornes d'un récepteur,

Ils s'utilisent aux bornes des récepteurs du type inductif, ou sur un jeu de barres où se trouvent de nombreux petits moteurs dont la compensation individuelle serait trop couteuse, ou bien ; dans le cas où la fluctuation de charge est faible.

V.3.1.2 Batteries de condensateurs à régulation automatique

La compensation d'énergie réactive se fait le plus souvent par batterie de condensateurs à régulation automatique, ce type d'équipement permet l'adaptation automatique de la puissance réactive fournie par les batteries de condensateurs en fonction d'un cos(φ) désiré et imposé en permanence. Il s'utilise dans les cas où la puissance réactive consommée ou la puissance active varient dans des proportions importantes, c'est-à-dire aux bornes des tableaux généraux BT ou pour les gros départs.

V.3.2 Localisations possible des condensateurs

V.3.2.1 Compensation globale

Utilisable lorsque la charge est stable et continue. 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.

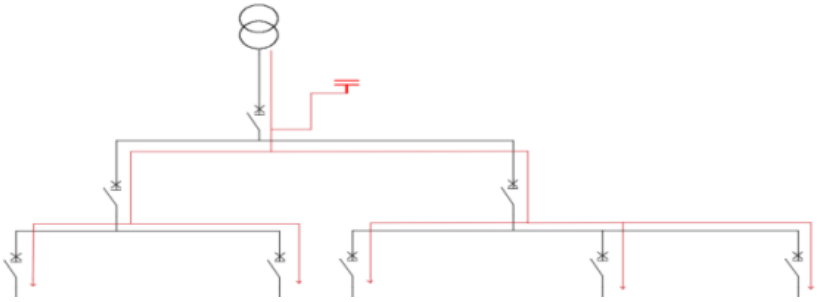


Figure 14. Schéma de compensation globale

V.3.2.2 Compensation partielle

Une compensation partielle est conseillée lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont différents, dans ce cas la batterie de condensateurs est connectée sur l'arrivée du tableau de distribution intermédiaire pour lequel la compensation doit être réalisée.

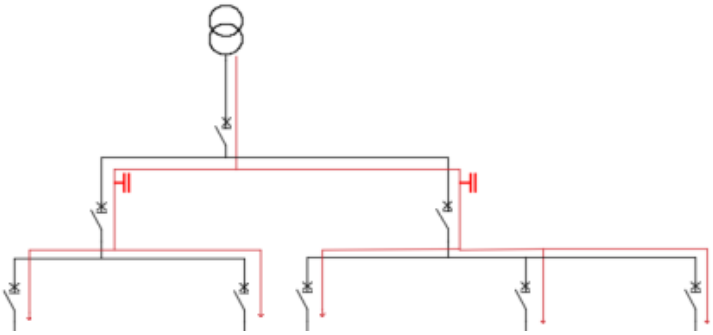


Figure 15. Schéma de compensation partielle

V.3.2.3 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, dans ce cas la batterie est connectée directement aux bornes de la charge inductive.

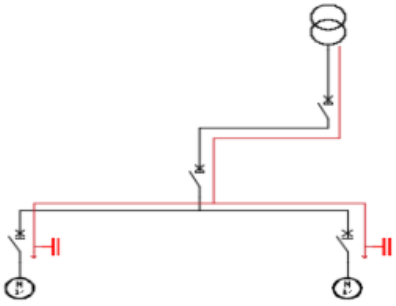


Figure 16. Schéma de compensation individuelle

V.3.3 Démarche de choix d'une batterie de condensateurs

V.3.3.1 Calcule des puissances

Pour calculer la puissance réactive nécessaire à partir des données électriques de l'installation il faut :

- Faire le bilan de puissance active P et réactive Q de tous les récepteurs de l'installation.
- Tenir compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité.
- Calculer la puissance totale de P et Q , puis la tg(φ), tg(φ) = $\frac{Q}{P}$.

V.3.3.2 Choix de type de compensation

- **Compensation fixe :** en met en service l'ensemble de la batterie dans un fonctionnement tout ou rien, ce type de compensation est utilisé lorsque la puissance réactive est faible (<15% de la puissance du transformateur) et la charge relativement stable.
- **Compensation automatique :** dans ce cas la compensation se fait par des batteries de condensateur à régulation automatique (la puissance réactive est >15% de la puissance du transformateur), qui permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge.

Nous avons calculé la compensation pour la clinique ARRAYANE manuellement :

Tableau 3. Calcule des paramètres de la batterie

	Avant compensation	Après compensation
Puissance total	400KVA	
Angle ϕ	0.64	0.28
Facteur de puissance cosϕ	0.8	0.96
Puissance active P	320KW	
tgϕ	0.75	0.28
Puissance réactive Q	240KVAR	89.6KVAR
Puissance de la compensation Qc	150KVAR	
Type de compensation	Automatique	

V.4 Dimensionnement des conducteurs

V.4.1 Méthodologie

Les câbles choisis sont constitués de 3 Phases + Neutre : **U1000 R2V 4G4mm^2**

- U : norme UTE.
- 1000 : tension nominale 1000V.
- R : enveloppe isolante en polyéthylène réticulé.
- 2 : gain de protection épaisse.
- V : gaine de protection PVC.
- 4G4mm^2 : 3 phase + neutre de 4mm^2.

Il est important de calculer correctement la section des câbles utilisés dans une installation électrique. En effet, une section faible va entraîner un échauffement dû à la résistance du câble ; ce qui peut créer un incendie et une perte de tension. Une section trop importante peut entraîner un problème de poids et de coût. Les câbles électriques sont considérés comme les piliers d'une installation électrique, d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal.

En conformité avec les recommandations de la norme NF C 15-100, le choix des sections des câbles doit satisfaire plusieurs conditions importantes pour assurer la sûreté de l'installation.

Les éléments nécessaires pour la détermination de la section des conducteurs sont :

- ✓ Le courant d'emploi I_b.
- ✓ Le courant nominal I_n.
- ✓ Le courant admissible I_z.
- ✓ Le coefficient de correction K.
- ✓ Le courant fictif I_z'.

Pour obtenir le coefficient de correction, on doit suivre les étapes suivantes:
➢ déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de sa 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, K_1, K_2, K_3, K_n.
➢ le facteur de correction K_1 prend en compte le mode de pose.
➢ le facteur de correction K_2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte.
➢ le facteur de correction K_3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

Nous pouvons déterminer K à partir des tableaux 17, 18, 19, 20 : ANNEXE 5. (A partir de la page 45)

V.4.2 Courant maximal d'emploi I_b et le courant assigné I_n

Pour la détermination des puissances en peut construire le courant d'emploi d'après la relation suivante :

- ✓ $I_b = \frac{S}{U*\sqrt{3}}$: Triphasé

D'après qu'on trouve la valeur d'I_b dans chaque ligne on peut conclure la valeur du courant assigné I_n à partir du tableau suivant :

La valeur du courant assigné In est prise juste supérieure au courant d'emploi.

Tableau 4. Calibre des disjoncteurs normalisés

Courant assignés In (A)	1	2	3	4	5	6	10	16	20
	25	32	40	50	63	70	80	100	125
	160	200	250	320	400	500	630	800	1000
	1250	1600	2000	2500	-	-	-	-	-

V.4.3 Courant fictif I_z' en fonction des influences extérieur

Pour tenir compte des conditions dans lesquelles est installée la canalisation, des facteurs de correction sont appliqués. Ils dépendent du mode de pose, du type de câble mono ou multiconducteur, de la nature de l'isolant, de l'âme des conducteurs, du regroupement des circuits, et de la température ambiante.

On a $I_z' = I_z/K$

Avec :

- Dans le cas d'un disjoncteur : $I_z = I_n$;
- Dans le cas d'un fusible :
  - $I_z = 1.31\ I_n$ si $I_n < 10A$.
  - $I_z = 1.21\ I_n$ si $10A < I_n < 25A$.
  - $I_z = 1.10\ I_n$ si $I_n > 25A$.

V.4.4 Section des conducteurs de phase

D'après la détermination du coefficient de correction K et I_z, on utilise le tableau suivant pour spécifier la valeur nécessaire de la section du câble (en mm^2), les câbles utilisés ce sont en cuivre :

Tableau 5. Section des câbles

		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

V.4.5 Section des conducteurs de neutre

La norme CEI 60364 § 524.2 et § 524.3 définit les critères de choix de la section du conducteur neutre.

Cette règle générale ne considère qu'une faible circulation de courant harmonique de rang 3 dans le réseau.

- ✓ Dans les circuits monophasés et dans les circuits triphasés dont les conducteurs de phase ont une section au plus égale à 16 mm^2 en cuivre ou 25 mm^2 en aluminium, le conducteur neutre éventuel doit avoir la même section que les conducteurs de phase.
- ✓ Dans les circuits triphasés dont les conducteurs de phase ont une section supérieure à 16 mm^2 en cuivre ou 25 mm^2 en aluminium, le conducteur neutre peut avoir :
    - Soit la même section que les conducteurs de phase,
    - Soit une section inférieure à celle des conducteurs de phase (la section du neutre peut être réduite jusqu'à Sph/2), si les conditions suivantes sont simultanément remplies :

- Le courant maximal, y compris les harmoniques éventuels, susceptible de parcourir le conducteur neutre en service normal, n'est pas supérieur au courant admissible Iz correspondant à la section réduite du conducteur neutre. Pour cela, il suffit que la charge alimentée par le circuit en service normal soit pratiquement équilibrée entre les phases,
- Le conducteur neutre est protégé contre les surintensités,
- La section du conducteur neutre est au moins égale à 16 mm^2 en cuivre ou 25 mm^2 en aluminium.

V.4.6 Section des conducteurs de protection

La section du conducteur de protection selon la norme C15-100 est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 6. Section des conducteurs de protection

Section des conducteurs de phases S_{ph}	Section du conducteur de protection S_{PE}
$\boldsymbol{S_{ph} < 16mm^2}$	S_{ph}
$\boldsymbol{16mm^2 < S_{ph} < 35mm^2}$	$16mm^2$
$\boldsymbol{S_{ph} > 35mm^2}$	$S_{ph}/2$

V.4.7 Section des conducteurs de PEN

Selon la norme NFC 15-100 articles 543.3.1 un conducteur PEN ne peut être utilisé que dans les installations fixes et il doit avoir une section au moins égale à 10 mm^2 en cuivre ou 16 mm^2 en aluminium. La section du PEN doit répondre aux conditions relatives au conducteur PE, et répondre aux conditions imposées pour la section du conducteur neutre.

Les résultats de calcul de section des câbles sont présentés dans les tableaux 20,21 et 22 : ANNEXE 6. (A partir de la page 47)

V.5 Chute de tension

- Limite maximale de la chute de tension :

La limite maximale de la chute de tension varie d'un pays à un autre. Les valeurs typiques pour des installations BT sont données dans le tableau suivant :

La norme NF C 15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs de ce même tableau.

Tableau 7. Limite maximal de la chute de tension

Type de l'installation	Eclairage	Autre usage
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé MT/BT	6%	8%
Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, ces chutes de tension peuvent être augmentées de 0,005 % par mètre de canalisation au-delà de 100 m, sans toutefois que ce supplément soit supérieur à 0,5 %.		

Lorsque la chute de tension est supérieure aux valeurs du tableau, il sera nécessaire d'augmenter la section de certains circuits jusqu'à ce que l'on arrive à des valeurs inférieures à ses limites.

On peut représenter en général sur la figure suivante les chute de tension maximale :

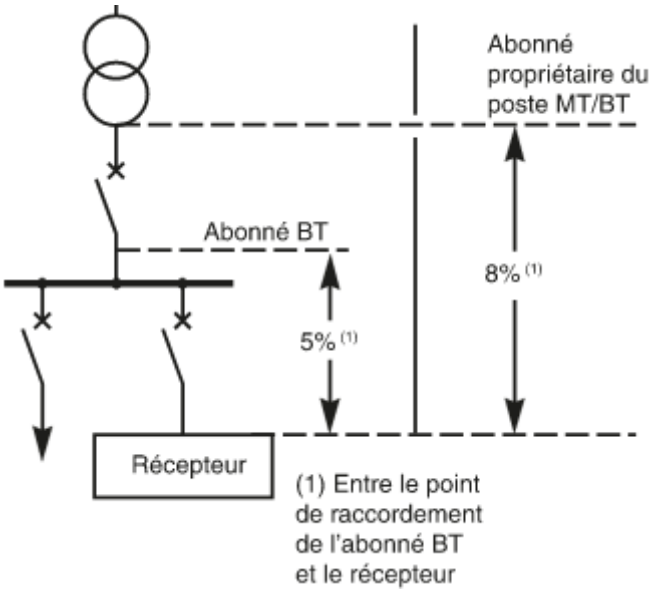


Figure 17. Limite maximal de la chute de tension

- Calcule de la chute de tension :

Les formules usuelles qui permettent de calculer la chute de tension dans un circuit, sont données dans le tableau suivant :

Tableau 8. Formule de calcul de la chute de tension

Circuit	Chute de tension (ΔU)	
	En Volt	En %
Monophasé : 2 phase	$\Delta U = 2I_bL(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$	$100\ \Delta U/U_n$
Monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2I_bL(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$	$100\ \Delta U/V_n$
Triphasé équilibré : 3 phase (avec ou sans neutre)	$\Delta U = \sqrt{3}I_bL(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$	$100\ \Delta U/U_n$

- I_b : courant d'emploi en ampères ;
- L : longueur d'un conducteur en Km ;
- R : résistance linéique d'un conducteur en Ω/ Km ;
- X : réactance linéique d'un conducteur en Ω/ Km ;
- U_n : tension nominale entre phases : $U_n=\sqrt{3}V_n$ **;**
- V_n : tension nominale entre phase et neutre ;

Ie : La tension composé utilisé dans les calcule U=380V.

NOTA :

- X est négligeable pour les câbles de section <50mm² :
  - ✓ En l'absence d'autres indications, on prendra X = 0,08 Ω /km ;
- R est négligeable au-delà d'une section de 500mm² :
  - ✓ Pour le cuivre R = 22,5 (Ω*mm²/km) / S (section en mm²) ;
  - ✓ Pour l'aluminium R = 36 (Ω*mm²/km) / S (section en mm²) ;
- φ =déphasage du courant sur la tension dans le circuit considéré.

On peut utiliser le tableau suivant pour calculer la résistance et la réactance :

Tableau 9. Détermination des impédances d'un réseau

liaison en câbles (3)	résistances (mΩ)	réactances (mΩ)	
	$R3 = \rho \frac{L}{S}$	X3=0,09L (câbles uni jointifs)	triphasé
	ρ = 18,51 (Cu) ou 29,41 (Al)	X3=0,13L (câbles uni espacés)	unipolaires
	L en m, S en mm²	L en m	

Plus simplement, on peut déterminer les chutes de tension en % dans 100 m de câble, en 400 V/50 Hz triphasés, en fonction de la section du câble et du courant véhiculé (In du récepteur) dans un tableau. Ces valeurs sont données pour un cosϕ de 0,85 dans le cas d'un moteur et de 1 pour un récepteur non inductif. Ces tableaux peuvent être utilisés pour des longueurs de câble L ≠100 m : il suffit d'appliquer au résultat le coefficient L/100.

Le tableau 24 est présenté dans l'ANNEXE 7.

En appliquant les relations de la chute de tension citées précédemment dans le tableau 8, pour déterminer la chute de tension des différents circuits triphasés dans l'installation étudiée.

Les résultats de calcul de la chute de tension sont présentés dans les tableaux 24,25, 26 : ANNEXE 8. (A partir de la page 50)

V.6 Courant de court-circuit

La connaissance des intensités de court-circuit (Icc) aux différents points d'une installation est indispensable pour la conception d'un réseau, et pour bien choisir les appareille de protection.

Les facteurs influençant le calcul de la valeur du courant de court-circuit pour un circuit donné sont :

- ✓ La résistivité ρ du conducteur en fonction de la température.
- ✓ Le seuil de déclenchement de la protection.

Dans une installation triphasée, Icc en un point du réseau est donnée par la formule :

$$Icc = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}Z_T} \quad \text{(en A)}$$

- U_{20} = tension entre phases à vide au secondaire d'un transformateur MT / BT (on a utilisé la valeur U_{20} = 380V dans le calcul).
- Z_T = impédance totale par phase du réseau en amont du défaut (en Ω).

Avec :

$$Z_T = \sqrt{{R_T}^2 + {X_T}^2}$$

- R_T : la résistance totale en Ohms ;
- X_T : la réactance totale en Ohms ;

En résumant l'approche qui nous permet de calculer le courant de court-circuit au différent point de l'installation dans le tableau suivant :

Tableau 10. Formules de calcule de court-circuit

Partie de l'installation	Résistance R	Réactance X
Réseau amont	$\frac{R_a}{X_a} = 0.1$ R peut être négligeable par rapport à X	$Z_a = \frac{{U_{20}}^2}{P_{sc}}$ $X_a = 0.1 Z_a$
Transformateur	$Z_{tr} = \frac{P_{cu} \times 10^3}{3{I_n}^2}$ Ou $Z_{tr} = \frac{S_n \times 10^3}{U_{20}\sqrt{3}}$ Rtr peut être négligée devant XTR pour transformateur de puissance > 100 kVA	$X_{tr} = \sqrt{Z_{tr}^2 - {R_{tr}}^2}$ Avec : $Z_{tr} = \frac{{U_{20}}^2}{P_n} \times \frac{U_{sc}}{100}$
Disjoncteur	Négligé en pratique	
Jeu de barres	Négligeable pour S > 200 mm²: $R = \rho \frac{L}{S}$	$X_B = 0.15$ mΩ/m
Canalisation	$R = \rho \frac{L}{S}$	Câbles :Xc = 0,08 mΩ/m
Courant de court-circuit	$I_{sc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}\sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$	

- U_{20} : Tension entre phases à vide au secondaire du transformateur MT/BT (en V) ;
- P_{sc} : puissance de court-circuit triphasée aux bornes MT du transformateur (en kVA) ;
- P_{cu} : Pertes triphasées totales du transformateur MT / BT (en watt) ;
- P_n : Puissance nominale du transformateur MT / BT (en kVA) ;
- U_{cc} : Tension de court-circuit en % ;
- R_T : Résistance totale, X_T : réactance totale ;

Les résultats de calcul du courant de court-circuit sont présentés dans les tableaux 27, 28 et 29 : ANNEXE 9. (A partir de la page 53)

BIBLIOGRAPHIE

- PDF : « Dimensionnement d'une installation électrique BT – AAL » visité le : 23/05/2021
- Cours Electrotechnique LST GE 2020-2021 du Pr H. EL MARKHI visité le : 20/06/2021
- https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Accueil visité le : 20/06/2021
- https://desklab.fr/utilisations-autocad/ visité le :04/06/2021
- https://bricoleurpro.ouest-france.fr/dossier-143-groupe-electrogene-fonctionnement-utilisation-choisir.html visité le : 13/05/2021

Conclusion Générale

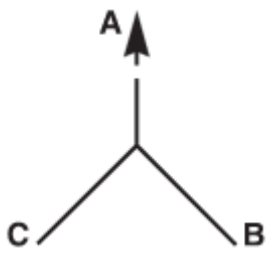
Mon projet de fin d'études effectué au sein de la société ELEC NAY, consiste à faire l'étude globale de l'installation électrique de la clinique ARRAYANE. Pour ce type d'installation, il est conseillé d'inclure, si possible, une série de sources d'alimentation, qui améliorent considérablement l'installation. Cette installation est plus complexe par rapport à d'autres installations électriques des bâtiments et nécessite une étude plus détaillée et approfondie pour assurer la sécurité des dons.

Pour faire l'étude globale de l'installation Clinique Arrayan, on a détaillé le système d'alimentation pour mieux comprendre l'installation électrique et ensuite on a utilisé le logiciel AutoCAD pour réaliser le schéma unifilaire de l'installation électrique. Ainsi on a effectué un calcul manuel pour le dimensionnement de l'installation électrique.

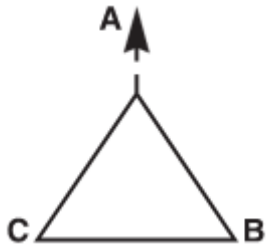
Pour cela il a été obligé pour moi de prendre en compte les contraintes et les objectifs de l'entreprise et d'assimiler un certain nombre de cours, normes et consulter un bon nombre de catalogues d'électricité, d'assimiler des logiciels (AutoCAD...).

En termes de conclusion, ce stage m'a permis d'enrichir mes connaissances et mes compétences au niveau technique, méthodologie, conception, communication. Pendant ce stage j'ai eu la chance de pratiquer mes études et mes connaissances théoriques que j'ai étudiées à la Faculté des Sciences et Techniques dans un monde réel et professionnel.

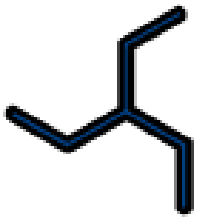
ANNEXE 1 : Couplages des enroulements pour un transformateur

- 

Montage en étoile

- 

Montage en triangle

- 

Montage en zig-zag; Le montage zig-zag n’est utilisé que du côté secondaire des transformateurs de distribution.

Figure 18. Couplages usuels

ANNEXE 2 : Les facteur de simultanéité

Facteur de simultanéité pour les armoires de distribution :

II s'applique à une armoire de distribution regroupant plusieurs circuits où les indications relatives aux conditions de charge font défaut.

Tableau 11. Facteur de simultanéité pour armoire de distribution

Nombre de circuits	Facteur de simultanéité
Ensemble entièrement testés	
2 et 3	0.9
4 et 5	0.8
6 et 9	0.7
10 et plus	0.6
Ensemble partiellement testés	
Choisir dans tous les cas	1.0

Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation :

Le guide UTE C 15-105 a pour titre : "Méthode simplifiée pour la détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection". II propose des facteurs de simultanéité pour les applications fréquentes.

Tableau 12. Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation

Utilisation	Facteur de simultanéité
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'aire	1
Prise de courant	0.1+0.9/N
Ascenseur et monte-charge ○ Le moteur le plus puissant ○ Le moteur suivant ○ Pour les autre	 1 0.75 0.8

N : nombre de prise de courant.

ANNEXE 3 : Schéma du TG N°1 R+3 du réseau ondulé.

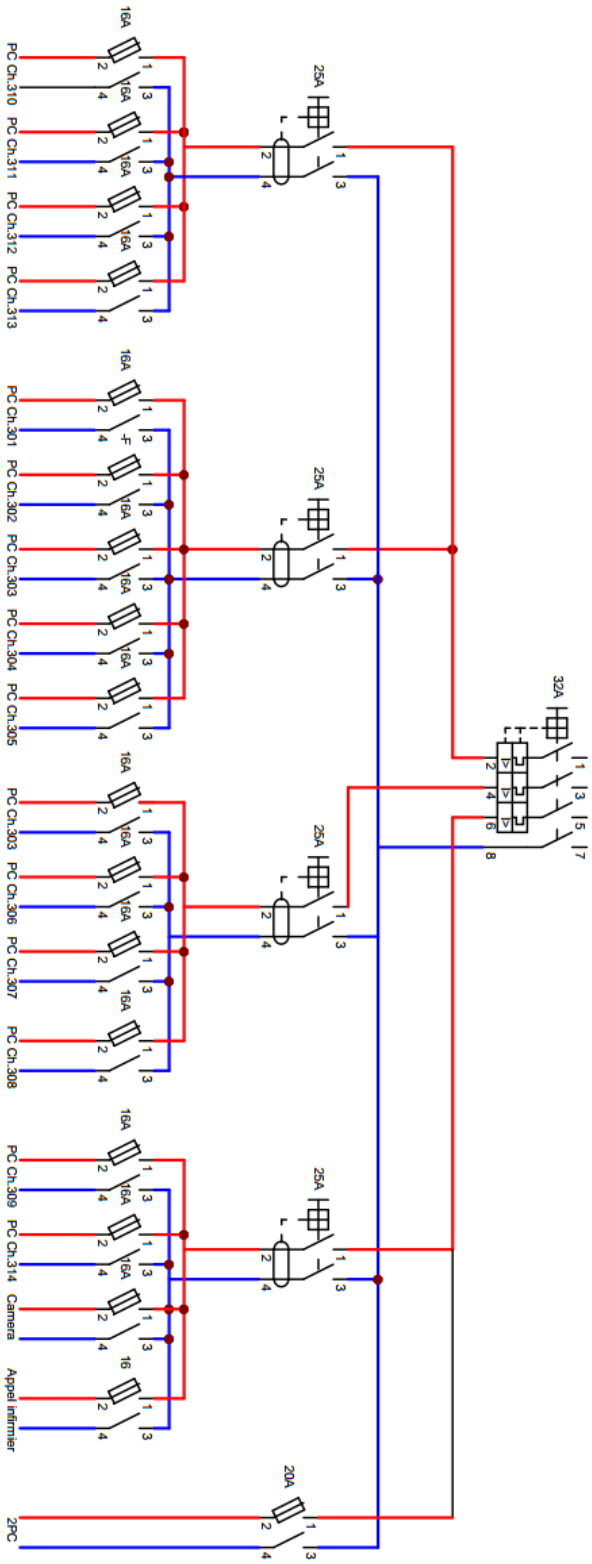


Figure 19.Schéma du TG N°1 R+3 du réseau ondulé

ANNEXE 4 : Bilan de puissance.

- La puissance Ondulée :

Le tableau ci-dessous montre le bilan de puissance nécessaire pour alimenter les équipements qui se trouvent dans le TGBT-O :

Tableau 13. Le bilan de puissance ondulée

Etage	Tableau	Puissance (KVA)
3éme Etage	TG N°1 R+3	1.57
2éme Etage	TG N°1 R+2	1.635
1er Etage	TG N°1 R+1	1.906
Mezannine	TG N°1 Mz	0.96
Rez de chaussée	TG N°1 R+0	1.75
1er Sous-sol	TG N°1 R-1	2.674
2éme Sous-sol	TG N°1 R-2	1.4
La puissance total du TGBT-Ondulée non foisonnée (KVA)		11.895
Le facteur de simultanéité		0.6
La puissance total du TGBT-Ondulée foisonnée (KVA)		7.137

- La puissance totale ondulée est de 7.137 KVA**,** c'est pour cette raison nous avons utilisé un onduleur de puissance nominales 15 KVA Une tension 400 V, une fréquence de 50 hz.

- La puissance Secourus :

Le tableau ci-dessous montre le bilan de puissance nécessaire pour alimenter les équipements prioritaires qui se trouvent dans le TGBT-S en cas de panne de réseau normal :

Tableau 14. Le bilan de puissance secourus

Etage	Tableau	Puissance (KVA)
3éme Etage	TG N°1 R+3	2.77
	TG N°2 R+3	0.84
2éme Etage	TG N°1 R+2	2.77
	TG N°2 R+2	0.84
1er Etage	TG N°1 R+1	1.7
	TG N°2 R+1	0.52
	TG N°3 R+1	0.98
Mezannine	TG N°1 Mz.	2.25
	TG N°2 Mz	10
	TG N°3 Mz	0.72
	TG N°4 Mz	0.9
Rez de chaussée	TG N°1 RDC	2.37
1er Sous-sol	TG N°1 R-1.	1.125
	TG N°2 R-1.	10
	TG N°3 R-1	1.98
2éme Sous-sol	TG N°1 R-2	1.5
Pompe		0.82
Salle de réveille		2.032
Mammographie		9
Désenfumage		7.8
Ascenseur 1.		12
Ascenseur 2		12
La puissances total non foisonnée (KVA)		84.917
La puissance total du TGBT-Ondulée foisonnée (KVA)		7.137
La puissance total du TGBT-Secourus foisonnée (KVA)		58.08

- La puissance totale secourus est de 58.08 KVA, pour avoir un bon fonctionnement des équipements secourus nous avons utilisé un groupe électrogène du puissance 200 KVA de tension 400 V/230 V et de fréquence 50 hz.

- La puissance Normal :

Le tableau ci-dessous montre le bilan de puissance nécessaire pour alimenter les équipements prioritaires qui se trouvent dans le TGBT-S en cas de panne de réseau normal :

Tableau 15. Le bilan de puissance Normal

Etage	Tableau	Puissance (KVA)
3éme Etage	TG N°1 R+3	2.364
	TG N°2 R+3	0.87
	TG N°3 R+3	29.77
2éme Etage	TG N°1 R+2	2.31
	TG N°2 R+2	0.863
	TG N°3 R+2	29.77
1er Etage	TG N°1 R+1	1.63
	TG N°2 R+1	0.39
	TG N°3 R+1	2.34
	TG N°4 R+1	16.68
Mezzanine	TG N°1 Mz	4.747
	TG N°2 Mz	0.78
Rez de chaussée	TG N°1 R+0	2.34
	TG N°2 R+0	30
1er Sous-sol	TG N°1 R-1	39
	TG N°2 R-1	4.74
	TG N°3 R-1	8.25
	TG N°4 R-1	16.8
	TG N°5 R-1	12
	TG N°6 R-1	12
	TG N°7 R-1	8.25
2éme Sous-sol	TG N°1 R-2	8.25
	TG N°2 R-2	0.944
	TG N°3 R-2	8.76
	TG N°4 R-2	0.75
Climatisation de réception		9.57
Plaque solaire		5.4
La puissance total foisonnée (KVA)		259.568
La puissance total du TGBT-Secourus foisonnée (KVA)		58.08
La puissance total du TGBT-Normal foisonnée (KVA)		317.648

- Pour assurer le bon fonctionnement de l'installation, le transformateur doit fournir une puissance de 317.648 KVA, Le transformateur choisi est de puissance 400 KVA, de tension secondaire 380 V, de type de sec et de fréquence 50 hz.

ANNEXE 5 : La méthodologie pour déterminer K.

Puisqu'on a les câbles non enterrés donc on va utiliser les coefficients de correction suivantes :

- ✓ **Lettre de sélection :**

Tableau 16. Lettre de sélection selon mode de pose

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	• sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré • sous vide de construction, faux plafond • sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	B
	• en apparent contre mur ou plafond • sur chemin de câbles ou tablettes non perforées	C
câbles multiconducteurs	• sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé • fixés en apparent, espacés de la paroi • câbles suspendus	E
câbles monoconducteurs	• sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé • fixés en apparent, espacés de la paroi • câbles suspendus	F

- ✓ **Facteur de correction K1 :**

Tableau 17. Facteur K1 selon mode de pose

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 :**

Tableau 18. Facteur K2 selon le nombre de conducteur

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

- ✓ **Facteur de correction K3 :**

Tableau 19. Facteur K3 selon la température et l'isolation

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

- ✓ **Facteur de correction Kn :**

Ce facteur est appliqué pour deux cas :

- 15 % ≤ courant harmonique de rang 3 (TH3) < 33% : Le dimensionnement du circuit est réalisé en appliquant un facteur de correction supplémentaire de 0,84.
- Courant harmonique de rang 3 (TH3) ≥ 33% : Le dimensionnement du circuit est réalisé en prenant en compte le courant de charge du neutre soit $I_{b\ neutre} = 1.45 * I_{b\ phase}$.

ANNEXE 6 : Section des conducteurs

Tableau 20. Section des conducteur réseau ondulée.

Tableau	P(KVA)	I_b(A)	I_n(A)	Lettre de sélection	K_1	K_2	K_3	Kn	K	I_z'	S_{PH} (mm²)	S_N (mm²)	S_{PE} (mm²)
TG N°1 R+3	2.24	3.40	25	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	45.4	4	4	4
TG N°1 R+2	2.335	3.54	25	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	45.4	4	4	4
TG N°1 R+1	2.723	4.13	25	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	45.4	4	4	4
TG N°1 Mz	1.371	2.08	32	E	1	1	0.91	0.84	0.76	42.1	4	4	4
TG N°1 RDC	2.5	3.8	25	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	45.4	4	4	4
TG N°1 R-1	3.82	5.8	16	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	29.1	2.5	2.5	2.5
TG N°1 R-2	2	3.03	25	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	45.4	4	4	4

Tous les tableaux du réseau ondulé contiennent seulement des prises de courant, et chaque circuit est raccordé à une seule prise de courant mais avec des sections de câbles et des courants nominaux élevés par rapport au courant d'emploi demandé, pour deux raisons principales :

- ✓ **Pour avoir toujours la possibilité d'ajouter de nouveau prises de courant sur les mêmes circuits sans avoir changé les canalisations ou bien les protections électriques (disjoncteurs, fusibles…)**
- ✓ **Pour avoir la possibilité de les raccorder à des machines très puissantes comme les machines de soutien de la vie…**

La même chose pour tous les autres tableaux qui contient des prises de courant soit pour le réseau normal soit pour le réseau secouru on prend des courants nominaux I_n très élevé pour les disjoncteurs par rapport au courant d'emploi I_b demandé. Et nous avons fait ça sachant que les équipements utilisés dans la clinique ne s'agissent pas des équipements fixes, ils se changent au cours du temps ça dépend au besoin et au développement des équipements médicaux.

Tableau 21. Section des conducteur réseau secourue.

Tableau	P(KVA)	I_b (A)	I_n (A)	Lettre de sélection	K_1	K_2	K_3	Kn	K	I_z'	S_{PH} (mm^2)	S_N (mm^2)	S_{PE} (mm^2)
TG N°1 R+3	4.58	6.95	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°2 R+3	1.4	2.12	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°1 R+2	4.58	6.95	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
TG N°2 R+2	1.4	2.12	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
TG N°1 R+1	2.9	4.40	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°2 R+1	0.867	1.31	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
TG N°3 R+1	1.64	2.5	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°1 Mz	3.75	5.69	160	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	290.9	25	25	25
TG N°2 Mz	16.667	25.32	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°3 Mz	1.2	1.82	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°4 Mz	1.5	2.27	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°1 RDC	4	6.07	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
TG N°1 R-1	1.875	2.84	100	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	181.8	16	16	16
TG N°2 R-1	16.667	25.32	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°3 R-1	3.3	5.01	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
TG N°1 R-2	2.5	3.8	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
Désenfumage	13	19.75	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
Ascenseur 1	12	18.23	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
Ascenseur 2	12	18.23	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
Pompe de relevage	1.375	2.08	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
Mammographie	15	22.8	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
Salle de réveille	3.38	5.13	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10

Tableau 22. Section des conducteur réseau normal.

Tableau	P(KVA)	I_b (A)	I_n (A)	Lettre de sélection	K_1	K_2	K_3	Kn	K	I_z'	S_{PH} (mm^2)	S_N (mm^2)	S_{PE} (mm^2)
TGBT S	84.917	129	400	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	727.2	150	150	150
TG N°1 R+3	3.94	6	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°2 R+3	1.45	2.2	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
TG N°3 R+3	49.616	75.38	100	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	181.8	35	35	35
TG N°1 R+2	2.887	4.4	100	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	181.8	10	10	10
TG N°2 R+2	1.428	2.18	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
TG N°3 R+2	49.616	75.38	100	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	181.8	35	35	35
TG N°1 R+1	2.716	4.12	125	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	227.2	10	10	10
TG N°2 R+1	0.65	1	100	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	181.8	10	10	10
TG N°3 R+1	3.9	5.92	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	10	10	10
TG N°4 R+1	27.8	42.23	125	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	227.2	16	16	16
TG N°1 Mz	7.911	12.01	125	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	227.2	16	16	16
TG N°2 Mz	1.3	2	100	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	181.8	10	10	10
TG N°1 RDC	3.9	6	125	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	227.2	16	16	16
TG N°2 RDC	50	75.96	125	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	227.2	35	35	35
TG N°1 R-1	65	98.75	250	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	454.5	70	70	70
TG N°2 R-1	7.5	12	160	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	290.9	25	25	25
TG N°3 R-1	13.75	20.89	160	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	290.9	25	25	25
TG N°4 R-1	28	42.54	160	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	290.9	25	25	25
TG N°5 R-1	20	30.38	40	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	72.7	10	10	10
TG N°6 R-1	20	30.38	40	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	72.7	10	10	10
TG N°7 R-1	13.75	20.89	160	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	290.9	16	16	16
TG N°1 R-2	13.75	20.89	80	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	145.4	16	16	16
TG N°2 R-2	1.573	2.38	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
TG N°3 R-2	14.6	22.18	40	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	72.7	10	10	10
TG N°4 R-2	1.25	1.9	63	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	114.5	10	10	10
Climatiseur (réception)	15.95	24.23	40	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	72.7	6	6	6
Plaque solaire	9	13.67	40	E	1	0.72	0.91	0.84	0.55	72.7	6	6	6

ANNEXE 7 : la chute de tension.

Tableau 23. Les valeurs de la chute de tension

cos φ = 0,85																												
câble	cuivre																aluminium											
S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																												
1	0,5	0,4																										
2	1,1	0,6	0,4																									
3	1,5	1	0,6	0,4													0,4											
5	2,6	1,6	1	0,6	0,4												0,6	0,4										
10	5,2	3,2	2	1,4	0,8	0,5											1,3	0,8	0,5									
16	8,4	5	3,2	2,2	1,3	0,8	0,5										2,1	1,3	0,8	0,6								
20		6,3	4	2,6	1,6	1	0,6										2,5	1,6	1,1	0,7	0,5							
25		7,9	5	3,3	2	1,3	0,8	0,6									3,2	2	1,3	0,9	0,6	0,5						
32			6,3	4,2	2,6	1,6	1,1	0,8	0,5								4,1	2,6	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5					
40			7,9	5,3	3,2	2,1	1,4	1	0,7	0,5							5,1	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6	0,5				
50				6,7	4,1	2,5	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5						6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,7	0,6	0,5			
63				8,4	5	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6						8	5	3,2	2,3	1,7	1,3	0,9	0,8	0,6			
70					5,6	3,5	2,3	1,7	1,3	0,9	0,7	0,5						5,6	3,6	2,6	1,9	1,4	1,1	0,8	0,7			
80					6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,6	0,5					6,4	4,1	3	2,2	1,5	1,2	1	0,8			
100					8	5	3,3	2,4	1,7	1,3	1	0,8	0,7	0,65					5,2	3,8	2,7	2	1,5	1,3	1	0,95		
125						4,4	4,1	3,1	2,2	1,6	1,3	1	0,9	0,21	0,76				6,5	4,7	3,3	2,4	1,9	1,5	1,3	1,2	0,95	
160							5,3	3,9	2,8	2,1	1,6	1,4	1,1	1	0,97	0,77				6	4,3	3,2	2,4	2	1,6	1,52	1,2	1
200							6,4	4,9	3,5	2,6	2	1,6	1,4	1,3	1,22	0,96					5,6	4	3	2,4	2	1,9	1,53	1,3
250								6	4,3	3,2	2,5	2,1	1,7	1,6	1,53	1,2					6,8	5	3,8	3,1	2,5	2,4	1,9	1,6
320									5,6	4,1	3,2	2,6	2,3	2,1	1,95	1,54						6,3	4,8	3,9	3,2	3	2,5	2,1
400									6,9	5,1	4	3,3	2,8	2,6	2,44	1,92							5,9	4,9	4,1	3,8	3	2,6
500										6,5	5	4,1	3,5	3,2	3	2,4								6,1	5	4,7	3,8	3,3
cos φ = 1																												
câble	cuivre																aluminium											
S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																												
1	0,6	0,4																										
2	1,3	0,7	0,5																									
3	1,9	1,1	0,7	0,5													0,5											
5	3,1	1,9	1,2	0,8	0,5												0,7	0,5										
10	6,1	3,7	2,3	1,5	0,9	0,5											1,4	0,9	0,6									
16	10,7	5,9	3,7	2,4	1,4	0,9	0,6										2,3	1,4	1	0,7								
20		7,4	4,6	3,1	1,9	1,2	0,7										3	1,9	1,2	0,8	0,6							
25		9,3	5,8	3,9	2,3	1,4	0,9	0,6									3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5						
32			7,4	5	3	1,9	1,2	0,8	0,6								4,8	3	1,9	1,4	1	0,7	0,5					
40			9,3	6,1	3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5							5,9	3,7	2,3	1,7	1,2	0,8	0,6	0,5				
50				7,7	4,6	2,9	1,9	1,4	0,9	0,6	0,5						7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5			
63				9,7	5,9	3,6	2,3	1,6	1,2	0,8	0,6						9	5,9	3,7	2,7	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6		
70					6,5	4,1	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7	0,5						6,5	4,1	3	2,1	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7		
80					7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5					7,4	4,8	3,4	2,3	1,7	1,3	1	0,9	0,8	0,6	
100					9,3	5,8	3,7	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6					5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6
125						7,2	4,6	3,3	2,3	1,6	1,2	1	0,9	0,7	0,6				7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,3	1	0,8
160							5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6				6,8	4,8	3,4	2,5	2	1,8	1,6	1,3	1,1
200							7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,3	1	0,8					5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	2	1,6	1,4
250								6,7	4,6	3,3	2,4	1,9	1,7	1,4	1,2	0,9					7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,5	2	1,6
320									5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	1,9	1,5	1,2						6,8	5	4	3,6	3,2	2,5	2
400									7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,3	1,9	1,4							6,2	5	4,5	4	3,2	2,7
500										6,7	4,9	3,9	3,5	3	2,5	1,9							7,7	6,1	5,7	5	4	3,3

ANNEXE 8: La chute de tension

Tableau 24. Chute de tension du réseau ondulée.

Tableau	I_b(A)	Langueur(m)	Section (mm²)	Résistivité cuivre	Chute de tension	
					En V	En %
TG N°1 R+3	3.40	30	4	22.5	0.80	0.21
TG N°1 R+2	3.54	18	4	22.5	0.50	0.13
TG N°1 R+1	4.13	8	4	22.5	0.26	0.068
TG N°1 Mz	2.08	1	4	22.5	0.016	0.0047
TG N°1 RDC	3.8	11	4	22.5	0.32	0.084
TG N°1 R-1	5.8	18	2.5	22.5	1.31	0.34
TG N°1 R-2	3.03	28	4	22.5	0.66	0.17

Tableau 25.chute de tension du réseau Secourus.

Tableau	I_b(A)	Langueur(m)	Section (mm^2)	Résistivité cuivre	Chute de tension	
					En V	En %
TG N°1 R+3	6.95	38	10	22.5	0.84	0.22
TG N°2 R+3	2.12	47	10	22.5	0.31	0.081
TG N°1 R+2	6.95	29	16	22.5	0.40	0.1
TG N°2 R+2	2.12	40	10	22.5	0.27	0.071
TG N°1 R+1	4.40	22	10	22.5	0.30	0.078
TG N°2 R+1	1.31	37	10	22.5	0.15	0.039
TG N°3 R+1	2.5	32	10	22.5	0.25	0.065
TG N°1 Mz	5.69	60	25	22.5	0.45	0.11
TG N°2 Mz	25.32	18	10	22.5	1.45	0.38
TG N°3 Mz	1.82	20	10	22.5	0.11	0.028
TG N°4 Mz	2.27	16	10	22.5	0.11	0.028
TG N°1 RDC	6.07	10	16	22.5	0.11	0.028
TG N°1 R-1	2.84	16	16	22.5	0.091	0.023
TG N°2 R-1	25.32	30	10	22.5	2.43	0.63
TG N°3 R-1	5.01	20	16	22.5	0.2	0.052
TG N°1 R-2	3.8	24	16	22.5	0.18	0.047
Désenfumage	19.75	60	10	22.5	3.8	1
Ascenseur 1	18.23	30	10	22.5	1.75	0.46
Ascenseur 2	18.23	30	10	22.5	1.75	0.46
Pompe de relevage	2.08	40	10	22.5	0.26	0.068
Mammographie	22.8	17	10	22.5	1.24	0.32
Salle de réveille	5.13	20	10	22.5	0.32	0.084

Tableau 26. Chute de tension du réseau Normal.

Tableau	I_b(A)	Langueur(m)	Section (mm^2)	Résistivité cuivre	Chute de tension	
					En V	En %
TG N°1 R+3	6	54	10	22.5	1.03	0.27
TG N°2 R+3	2.2	69	16	22.5	0.3	0.078
TG N°3 R+3	75.38	64	35	22.5	9.75	2.56
TG N°1 R+2	4.4	45	10	22.5	0.63	0.16
TG N°2 R+2	2.18	55	16	22.5	0.24	0.063
TG N°3 R+2	75.38	53	35	22.5	8.08	2.12
TG N°1 R+1	4.12	39	10	22.5	0.51	0.13
TG N°2 R+1	1	49	10	22.5	0.15	0.039
TG N°3 R+1	5.92	51	10	22.5	0.96	0.25
TG N°4 R+1	42.23	46	16	22.5	3.92	1.03
TG N°1 Mz	12.01	32	16	22.5	0.77	0.20
TG N°2 Mz	2	39	10	22.5	0.24	0.063
TG N°1 RDC	6	25	16	22.5	0.30	0.078
TG N°2 RDC	75.96	16	35	22.5	1.61	0.42
TG N°1 R-1	98.75	30	70	22.5	1.55	0.4
TG N°2 R-1	12	18	25	22.5	0.28	0.073
TG N°3 R-1	20.89	50	25	22.5	1.38	0.36
TG N°4 R-1	42.54	30	25	22.5	1.7	0.44
TG N°5 R-1	30.38	38	10	22.5	3.7	0.97
TG N°6 R-1	30.38	45	10	22.5	4.37	1.15
TG N°7 R-1	20.89	50	16	22.5	2.11	0.55
TG N°1 R-2	20.89	30	16	22.5	1.26	0.33
TG N°2 R-2	2.38	50	10	22.5	0.38	0.1
TG N°3 R-2	22.18	26	10	22.5	1.84	0.48
TG N°4 R-2	1.9	60	10	22.5	0.36	0.094
Climatiseur (réception)	24.23	20	6	22.5	2.55	0.67
Plaque solaire	13.67	56	6	22.5	4.04	1.06

ie : La tension composé utilisé dans les calcule U=380V.

ANNEXE 9: Le courant de court-circuit

Tableau 27. Courant de court-circuit du réseau Normal.

Tableau	I_n	S_{PH}	Longueur(m)	R(m Ω)	X(m Ω)	I_{CC}(KA)
Transformateur	630	240	8	0.617	0.72	182.38
TGBT-Normal	630	240	12	0.92	1.08	82.8
TG N°1 R+3	80	10	54	99.95	4.86	2.15
TG N°2 R+3	80	16	69	79.82	6.21	2.7
TG N°3 R+3	100	35	64	74.04	5.76	2.883
TG N°1 R+2	100	10	45	83.29	4.05	2.576
TG N°2 R+2	80	16	55	63.62	4.95	3.342
TG N°3 R+2	100	35	53	61.31	4.77	3.465
TG N°1 R+1	125	10	39	72.18	3.51	2.964
TG N°2 R+1	100	10	49	90.69	4.41	2.37
TG N°3 R+1	80	10	51	94.4	4.59	2.279
TG N°4 R+1	125	16	46	53.21	4.14	3.974
TG N°1 Mz	125	16	32	37.02	2.88	5.629
TG N°2 Mz	100	10	39	72.18	3.51	2.963
TG N°1 RDC	125	16	25	28.92	2.25	7.104
TG N°2 RDC	125	35	16	11.84	1.44	15.752
TG N°1 R-1	250	70	30	7.93	2.7	20.514
TG N°2 R-1	160	25	18	13.32	1.62	10.964
TG N°3 R-1	160	25	50	37.02	4.5	5.595
TG N°4 R-1	160	25	30	22.21	2.7	9.021
TG N°5 R-1	40	10	38	70.33	3.42	3.039
TG N°6 R-1	40	10	45	83.29	4.05	2.576
TG N°7 R-1	160	16	50	57.84	4.5	3.666
TG N°1 R-2	80	16	30	34.70	2.7	5.986
TG N°2 R-2	63	10	50	92.55	4.5	2.323
TG N°3 R-2	40	10	26	48.12	2.34	4.392
TG N°4 R-2	63	10	60	111.06	5.4	1.942
Climatiseur (réception)	40	6	20	61.7	1.8	3.457
Plaque solaire	40	6	56	172.76	5.04	1.256

Tableau 28. Courant de court-circuit du réseau Secourus.

Tableau	I_n(A)	S_{PH}	Longueur(m)	R(m Ω)	X(m Ω)	I_{CC}(KA)
TGBT-Secours	630	150	20	2.468	1.8	38.828
TG N°1 R+3	80	10	38	70.338	3.42	2.933
TG N°2 R+3	80	10	47	86.99	4.23	2.398
TG N°1 R+2	80	16	29	33.54	2.61	5.746
TG N°2 R+2	63	10	40	74.04	3.6	2.794
TG N°1 R+1	80	10	22	40.72	1.98	4.853
TG N°2 R+1	63	10	37	68.48	3.33	3.007
TG N°3 R+1	80	10	32	59.23	2.88	3.444
TG N°1 Mz	160	25	60	44.42	5.4	4.44
TG N°2 Mz	80	10	18	33.31	1.62	5.8
TG N°3 Mz	80	10	20	37.02	1.8	5.284
TG N°4 Mz	80	10	16	29.616	1.44	6.426
TG N°1 RDC	80	16	10	11.56	0.9	13.396
TG N°1 R-1	100	16	16	18.51	1.44	9.443
TG N°2 R-1	80	10	30	55.53	2.7	3.656
TG N°3 R-1	80	16	20	23.13	1.8	7.886
TG N°1 R-2	80	16	24	27.76	2.16	6.764
Désenfumage	63	10	60	111.06	5.4	1.898
Ascenseur 1	80	10	30	55.53	2.7	3.656
Ascenseur 2	80	10	30	55.53	2.7	3.656
Pompe de relevage	63	10	40	74.04	3.6	2.794
Mammographie	63	10	17	31.46	1.53	6.098
Salle de réveille	80	10	20	37.02	1.8	5.284

Tableau 29. Courant de court-circuit du réseau Ondulée.

Tableau	I_n(A)	S_{PH}	Longueur(m)	R(m Ω)	X(m Ω)	I_{CC}(KA)
TGBT-Ondulée	80	10	20	37.02	1.8	5.284
TG N°1 R+3	25	4	30	138.75	2.7	1.534
TG N°1 R+2	25	4	18	83.3	1.62	2.505
TG N°1 R+1	25	4	8	37	0.72	5.304
TG N°1 Mz	32	4	1	4.6	0.09	22.931
TG N°1 RDC	25	4	11	51	0.99	3.966
TG N°1 R-1	16	2.5	18	133.2	1.62	1.596
TG N°1 R-2	25	4	28	129	2.52	1.646