

**Département** : Génie électrique

**Filière** : Génie des systèmes électriques

## ***RAPPORT DE PROJET DE FIN DES ÉTUDES***

*Réalisé au sein de SPIE Maroc*



**SUJET :**

**Etude et dimensionnement de  
l'appareillage électrique du poste  
de transformation 225/60/11 kV de  
CHEFCHAOUEN**

**Soutenu le 28/06/2013 par:**

- ✓ OUBAIH Ghizlane
- ✓ BALLOUK Soufiane

**Encadré par :**

- ✓ M.ELMARIAMI(EE)
- ✓ M.EL KHALFI(EI)
- ✓ M.DAMOU(EI)

**Membres de jury:**

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| ✓ M.ASSINI    | Président       |
| ✓ M.BELFQIH   | Rapporteur      |
| ✓ M.ELMARIAMI | Encadrant ENSEM |
| ✓ M.EL KHALFI | Encadrant SPIE  |
| ✓ M.DAMOU     | Encadrant SPIE  |

# RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ÉTUDE

Sous thème :

Etude et dimensionnement de l'appareillage  
électrique du poste de transformation  
225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN

---

# Dédicaces

---

*Je dédie ce travail à :*

*À mes chers parents, en témoignage de ma gratitude, si grande qu'elle puisse être, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être et le soutien qu'ils m'ont prodigué tout le long de mon éducation ;*

*À mes frères, pour leur encouragement et leur bonté qu'ils m'ont accordé, j'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect ;*

*Que dieu, le tout puissant, les préserve et les procure santé et longue vie ;*

*À tous mes amis, qu'ils trouvent en ce travail, l'hommage de ma gratitude, qu'aucun mot ne saurait l'exprimer, pour leur attachement durant ces longues années ;*

*À Ghizlane, pour leur soutien et leur encouragement, après toutes les impasses que j'ai traversées... ;*

*À toute ma famille, mes amis et tous ceux que j'aime, Je dédie ce travail, expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité ;*

*À tous le corps professoral de l'ENSEM ;*

*À mon binôme Ghizlane sans laquelle ce travail n'aurait pas pu voir le jour. J'apprécie ta patience, ta gentillesse et ton esprit d'équipe ;*

*À mes Camarades de stage : LOUKRIAT Said, SEGHRA Anis, MOUJAHID Abdelali, CHIGUER Amine, HNOUDA Marouane ;*

*À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, je leurs dédie cet humble travail en reconnaissance de leur inestimable soutien durant ce long parcours.*

**BALLOUK Soufiane**

# Dédicaces

---

*Je dédie ce travail à :*

**Ma chère mère,**

*Mon inépuisable source d'amour et d'espoir. Je ne saurai jamais te remercier pour toutes les années de sacrifice et de veille sur moi, Je t'aime maman.*

**Mon cher père,**

*L'homme de ma vie, l'homme qui m'a le plus influencé et à qui je dois tous mes succès. Merci de m'avoir appris à forger la personne que je suis.*

**Mes chers frères,**

*Abdelouahab, Adil, et Soufiane, grâce à vous ma vie fleuri et s'anime. Vous êtes la continuité de mon âme.*

**Mon cher oncle,**

*Khali Yacine, tu étais toujours là quand j'avais besoin de toi, je te remercie pour ton soutien, et pour tout ce que tu as fait pour moi.*

**Ma famille,**

*Je vous remercie, pour votre soutien et votre compassion.*

**Mes amis,**

*Merci pour votre aide, et pour les bons moments que nous avons passés ensemble. Vous êtes et vous resterez toujours dans mes pensées.*

**Mon ami et binôme,**

*Soufiane, ton activité et ton énergie ont activement contribué à la réussite de ce projet. Je suis impressionné de ta personne et je te dois tous mes respects.*

***A tous ceux qui me connaissent de près ou de loin, et qui me sont chères.***

*OUBAIH Ghizlane*

# Remerciements

---

A l'issue de notre modeste travail, nous tenons à exprimer nos sincères et chaleureux remerciements envers toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réussite de notre stage.

Nous adressons notre pure reconnaissance à la direction générale au nom du directeur général **Mr F.MALLET** pour nous avoir accueillis au sein de **SPIE Maroc**.

Notre gratitude et cordiaux sentiments sont ainsi alloués au directeur du pôle postes-lignes et fabrication, **Mr. CHAHBAOUI**, au chef de service, **Mr. ELHANKARI**, ainsi qu'au responsable du bureau d'étude notre encadrant **Mr. ELKHALFI**, sans oublier nos encadrants **Mr. DAMOU** et **Mr. FARES** et les chargés d'affaires, spécialement **Mr HAMMADI** pour leurs soutiens, leurs conseils précieux ainsi que leurs savoir bénéfique qu'ils nous ont prodigué tout au long de notre stage.

Nous remercions également, tous les membres du pôle postes-lignes et fabrication, ingénieurs, chargés d'affaires et techniciens pour leur Assistance et leur collaboration.

Enfin, nous remercions tout le personnel de SPIE Maroc, et tous les membres du bureau d'études, qui nous ont permis de profiter brillamment de cette formation en termes de savoir technique et relationnel.

Nos sincères remerciements sont également exprimés à **Mr. ELMARIAMI** notre encadrant à l'Ecole Nationale d'Electricité et de Mécanique pour son soutien permanent et ses propositions pertinentes.

Nous remercions également le corps professoral de l'ENSEM pour leur inestimable contribution à notre formation.

Sans oublier nos parents, nos familles qui ont fait des sacrifices énormes pour que nous puissions arriver là où nous en sommes.

A tous..... Merci

# Résumé :

---

Le présent rapport décrit le travail réalisé en guise de projet de fin des études de quatre mois que nous avons effectué au sein de l'entreprise SPIE Maroc dans le cadre de la formation d'ingénieur de l'École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique (ENSEM).

Notre projet consiste à effectuer l'étude des équipements du poste 225/60/11 kV de Chefchaouen. Dans ce cadre nous étions appelés à travailler et collaborer avec l'ensemble du personnel du bureau des études et le responsable du projet, afin de mener à bien notre travail.

L'accent a été mis sur la réalisation des tâches demandées par le maître d'ouvrage du projet Office National d'Électricité et de l'Eau Potable-Branche Électricité, à savoir le dimensionnement des ouvrages électriques de la haute et moyenne tension : Réseau de terre, Réducteurs de mesure, le dimensionnement des jeux de barres accompagné de la vérification des contraintes mécaniques, l'élaboration du plan de protection, ainsi que la basse tension : le dimensionnement des câbles, des protections, des batteries et chargeurs pour alimenter les équipements à courant continu, du transformateur des services auxiliaires et groupe électrogène pour les équipements alimentés en courant alternatif. Enfin, nous avons choisi les spécifications techniques des matériels et élaboration de l'estimation du coût du projet.

# Abstract :

---

This report describes the work done during the four months of graduation project in SPIE Morocco. As part of the engineering training the National High School of Electricity and Mechanics (ENSEM).

Our project involves the study of equipment of the substation CHEFCHAOUEN. To carry out this project, we were asked to work and collaborate with the entire staff of the department of studies and the project manager.

Emphasis was placed on the tasks requested by the master developer of the National Office of Electricity and Drinking Water - Branch Electricity, namely the design of electrical works of high and medium voltage: Earth network, reducer's measure, sizing of bus bars accompanied by verification of mechanical stress and the development of the protection plan. And the low voltage cable sizing and protection, sizing batteries and chargers to power the DC equipment, sizing the auxiliary services transformer and generator for AC-powered equipment, the technical specifications of material and finally an estimate of the project cost.

## ملخص:

هذا التقرير يصف العمل المنجز خلال أربعة أشهر من مشروع نهاية الدراسة، في إطار تكوين المهندسين بالمدرسة الوطنية العليا للكهرباء والميكانيك.

ويشمل هذا المشروع دراسة معدات مركز التحويل بشفشاون. إنجاز هذا المشروع تطلب منا العمل والتعاون مع جميع موظفي مكتب الدراسات و المسؤول على المشروع.

تم التركيز على المهام المطلوبة من قبل صاحب المشروع ، المكتب الوطني للكهرباء والماء الصالح للشرب-قطاع الكهرباء، و التي تتمثل في:تصميم الشبكة الكهربائية من الجهد العالي والمتوسط : شبكة التأريض و محولات القياس و تحجيم قضبان روابط الجهد العال والجهد المتوسط و يرافقه التحقق من قدرتها على تحمل القوى الميكانيكية المطبقة عليها ويجب كذلك تحديد مخطط حماية مركز التحويل وكذا التيار المنخفض : تحديد أبعاد الخيوط الكهربائية ومعدات الحماية و تحديد سعة البطاريات وشدة التيار الشاحن لشحن البطاريات و لتغذية المعدات التي تتغذى على التيار المستمر. تحديد منابع التيار المتناوب الجيبي وإعطاء الخصوصيات التقنية للأجهزة وأخيرا تقدير تكاليف تركيب هذه الأجهزة.

# SOMMAIRE :

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SOMMAIRE :</b>                                                          | <b>9</b>  |
| <b>LISTE DES TABLEAUX</b>                                                  | <b>12</b> |
| <b>LISTE DE FIGURES</b>                                                    | <b>13</b> |
| <b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>                                              | <b>14</b> |
| <b>INTRODUCTION GENERALE</b>                                               | <b>15</b> |
| <b>PARTIE I : PRESENTATION D'ORGANISME D'ACCUEIL ET CAHIER DES CHARGES</b> | <b>16</b> |
| 1. PRESENTATION D'ORGANISME D'ACCUEIL                                      | 17        |
| 1.1. <i>Introduction</i>                                                   | 17        |
| 1.2. <i>Historique de SPIE Maroc</i>                                       | 17        |
| Domaines d'activités                                                       | 18        |
| Organigramme de SPIE Maroc                                                 | 20        |
| Département pôle lignes et poste fabrication (PLPF)                        | 20        |
| 2. PRESENTATION DU PROJET                                                  | 21        |
| 2.1. <i>Présentation du poste de CHEFCHAOUEN 225/60/11 kV</i>              | 21        |
| 2.1.1. Situation géographique du poste                                     | 21        |
| 2.1.2. Schéma unifilaire du poste                                          | 22        |
| 2.1.3. Constitution du poste                                               | 22        |
| 2.1.3.1. Bâtiments du poste                                                | 22        |
| 2.1.3.1.1. Bâtiment de commande                                            | 22        |
| 2.1.3.1.2. Cabines de relayages n°1, n°2 et n°3                            | 23        |
| 2.1.3.1.3. Local TSA                                                       | 23        |
| 2.1.3.1.4. Local GE                                                        | 23        |
| 2.1.3.1.5. Local Incendie                                                  | 23        |
| 2.1.3.1.6. Local gardien                                                   | 23        |
| 2.1.3.2. Partie THT, HT et MT                                              | 23        |
| 2.1.3.2.1. Côté 225 kV                                                     | 23        |
| 2.1.3.2.2. Côté 60 kV                                                      | 24        |
| 2.1.3.3. Les services auxiliaires du poste                                 | 24        |
| 2.2. <i>Présentation du cahier des charges</i>                             | 25        |
| 2.3. <i>Planification du projet</i>                                        | 26        |
| <b>PARTIE II : DIMENSIONNEMENT DES SERVICES AUXILIAIRES</b>                | <b>27</b> |
| 1. INTRODUCTION                                                            | 28        |
| 2. LES DIFFERENTES SOURCES D'ALIMENTATION DU POSTE                         | 28        |
| 2.1. <i>Batteries et chargeurs</i>                                         | 28        |
| 2.1.1. <i>Schéma unifilaire</i>                                            | 28        |
| 2.1.2. <i>Bilan de puissance</i>                                           | 30        |
| 2.1.3. <i>Dimensionnement des batteries</i>                                | 30        |
| 2.1.3.1. Partie théorique                                                  | 30        |
| 2.1.3.2. Partie pratique                                                   | 32        |
| 2.1.4. <i>Dimensionnement des chargeurs de batteries</i>                   | 34        |
| 2.1.4.1. Méthode de calcul                                                 | 34        |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.4.2. Résultat de calcul :                                   | 35        |
| 2.2. Transformateur et groupe électrogène :                     | 35        |
| 2.2.1. Schéma unifilaire des services auxiliaires alternatifs : | 36        |
| 2.2.2. Eclairage du poste 225/60KV de CHEFCHAOUEN:              | 38        |
| 2.2.2.1. Eclairage extérieur du poste 225/60KV :                | 38        |
| 2.2.2.2. Eclairage intérieur des bâtiments :                    | 38        |
| 2.2.2.3. Le résultat de calcul :                                | 38        |
| 2.2.3. Dimensionnement de TSA                                   | 40        |
| 2.2.3.1. Méthode de calcul :                                    | 40        |
| 2.2.3.2. Tableau des résultats :                                | 41        |
| 2.2.4. Dimensionnement de la puissance du groupe électrogène :  | 43        |
| 3. LES CANALISATIONS ET LA PROTECTION BASSE TENSION DU POSTE :  | 45        |
| 3.1. DIMENSIONNEMENT DES CANALISATIONS:                         | 45        |
| 3.1.1. Logigramme de détermination de la section minimale :     | 45        |
| 3.1.2. Calcul de la section minimale :                          | 46        |
| 3.1.2.1. Détermination du courant maximal d'emploi :            | 46        |
| 3.1.2.2. Calcul du courant admissible $I_a$ :                   | 47        |
| 3.1.2.3. Détermination de la section du neutre :                | 47        |
| 3.1.2.4. Vérification de la chute de tension :                  | 47        |
| 3.1.2.5. Exemple de calcul :                                    | 49        |
| 3.1.2.6. Résultat de calcul :                                   | 49        |
| 3.1.3. Vérification des contraintes thermiques des câbles       | 50        |
| 3.1.3.1. Méthodologie de calcul :                               | 50        |
| 3.1.3.2. Calcul des courants de court-Circuit                   | 51        |
| 3.1.3.3. Résultat de calcul :                                   | 54        |
| 3.2. PROTECTION DE L'INSTALLATION BT:                           | 54        |
| 3.2.1. Choix des disjoncteurs :                                 | 54        |
| 3.2.2. Sélectivité :                                            | 56        |
| 3.2.2.1. Définition :                                           | 56        |
| 3.2.2.2. Critères de sélectivité                                | 57        |
| 3.2.2.3. Vérification de la sélectivité :                       | 57        |
| 3.3. VERIFICATION PAR CANECO BT :                               | 58        |
| 3.3.1. Définition :                                             | 58        |
| 3.3.2. Application aux canalisations BT du poste :              | 58        |
| 4. CONCLUSION :                                                 | 60        |
| <b>PARTIE III : EQUIPEMENT THT, HT</b>                          | <b>61</b> |
| 1. RESEAU DE TERRE                                              | 62        |
| 1.1. Introduction                                               | 62        |
| 1.2. Dimensionnement du circuit de terre du poste :             | 62        |
| 1.2.1. Méthodologie de dimensionnement et Prérequis :           | 62        |
| 1.2.2. Etude théorique du dimensionnement du circuit de terre   | 64        |
| 1.2.3. Simulation du circuit de terre par le logiciel ETAP      | 70        |
| 1.4. Conclusion                                                 | 76        |
| 2. JEUX DE BARRES                                               | 77        |
| 2.1. Introduction :                                             | 77        |
| 2.2. Dimensionnement des Jeux de barres :                       | 77        |
| 2.2.1. Contraintes Electriques dans les jeux barres:            | 77        |
| 2.2.2. Contraintes mécaniques dans les jeux de barres :         | 80        |

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.3. Dimensionnement des Connexions secondaires: .....            | 82         |
| 2.3.1. Contraintes électrique sur l'almélec :.....                | 82         |
| 2.3.2. Contraintes mécaniques sur les connexions: .....           | 83         |
| 2.4. Conclusion : .....                                           | 85         |
| 3. REDUCTEURS DE MESURES ET PLAN DE PROTECTION : .....            | 86         |
| 3.1. Introduction :.....                                          | 86         |
| 3.2. Plan de protection : .....                                   | 86         |
| 3.2.1. Fonction de protection.....                                | 86         |
| 3.2.2. Le plan de protection proposé du poste de CHEFCHAOUEN..... | 90         |
| 3.3. Réducteurs de mesures : .....                                | 94         |
| 3.3.1. Transformateurs de courant TC : .....                      | 94         |
| 3.3.2. Transformateurs de tension TT :.....                       | 96         |
| 3.3.3. Application au poste de CHEFCHAOUEN.....                   | 98         |
| <b>PARTIE IV ESTIMATION DU COUT DU PROJET.....</b>                | <b>100</b> |
| 1. INTRODUCTION : .....                                           | 101        |
| 2. COUTS DES EQUIPEMENTS DU POSTE 225/60/11kV:.....               | 101        |
| 2.1. MATERIEL THT/HT/MT : .....                                   | 101        |
| 2.2. MATERIEL BASSE TENSION : .....                               | 102        |
| 2.3. AUTRES EQUIPEMENTS : .....                                   | 103        |
| 3. CONCLUSION : .....                                             | 105        |
| <b>CONCLUSION GENERALE: .....</b>                                 | <b>106</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIES.....</b>                                        | <b>107</b> |
| <b>ANNEXE A :ASPECT GENERAL DU PROJET.....</b>                    | <b>108</b> |
| <b>ANNEXE B : SERVICES AUXILIAIRES DU POSTE.....</b>              | <b>110</b> |
| <b>ANNEXE C :RESEAU DE TERRE.....</b>                             | <b>130</b> |
| <b>ANNEXE D :JEUX DE BARRES .....</b>                             | <b>134</b> |
| <b>ANNEXE E :PLAN DE PROTECTION .....</b>                         | <b>142</b> |

# Liste des tableaux

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 1 : Bilan de puissance 127Vcc.....                                              | 30  |
| Tableau 2: Les puissances consommées.....                                               | 33  |
| Tableau 3: bilan de puissance de l'armoire 48Vcc.....                                   | 34  |
| Tableau 4: courant d'utilisation du redresseur.....                                     | 35  |
| Tableau 5 : Bilan d'éclairage du poste de CHEFCHOUEN.....                               | 40  |
| Tableau 6: $K_s$ par nombre de départ d'une armoire.....                                | 40  |
| Tableau 8: la puissance apparente du TSA.....                                           | 41  |
| Tableau 9: calcul de la puissance du GE.....                                            | 44  |
| Tableau 11: Choix de la section du neutre.....                                          | 47  |
| Tableau 12: les chutes de tension admissibles en courant alternatif.....                | 48  |
| Tableau 13: les chutes de tension admissibles en courant continu (d'après CSTG-ONEE)... | 49  |
| Tableau 14: Calcul des sections des câbles.....                                         | 50  |
| Tableau 15: Coefficient de matériau de l'âme et de la nature de l'isolant.....          | 51  |
| Tableau 16: Choix des disjoncteurs de CR1.....                                          | 56  |
| Tableau 17: sélectivité des disjoncteurs de CR1.....                                    | 58  |
| Tableau 18: Vérification par CANECO.....                                                | 60  |
| Tableau 19: Caractéristiques du cuivre commercial.....                                  | 64  |
| Tableau 20: Données du projet de réseau de terre.....                                   | 66  |
| Tableau 21: Choix de la section des jeux de barres.....                                 | 78  |
| Tableau 23: types de relais choisis pour chaque fournisseur.....                        | 93  |
| Tableau 22: Limite de l'erreur de tension et du déphasage.....                          | 97  |
| Tableau 24: Matériel THT/HT/MT.....                                                     | 102 |
| Tableau 25: Chiffrage des équipements BT.....                                           | 103 |
| Tableau 26: Armoires du poste CHEFCHAOUEN.....                                          | 104 |
| Tableau 27: Câbles BT.....                                                              | 104 |
| Tableau 28: Equipement du réseau de terre.....                                          | 105 |

# Liste de figures

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1: Organigramme de Spie Maroc.....                                                             | 20 |
| Figure 2: organigramme du département PLPF.....                                                       | 21 |
| Figure 3: Poste CHEFCHAOUEN 60/22 existant.....                                                       | 21 |
| Figure 4: Schéma unifilaire du Poste de CHEFCHAOUEN .....                                             | 22 |
| Figure 5: Les services auxiliaires du poste de CHEFCHAOUEN .....                                      | 25 |
| Figure 6: Planification des tâches .....                                                              | 26 |
| Figure 7: Schéma unifilaire de l'installation BT: Partie courant continu .....                        | 29 |
| Figure 8: exemple de cycle de service d'une batterie.....                                             | 31 |
| Figure 9: Cycle de consommation de la batterie.....                                                   | 32 |
| Figure 10: Cycle de fonctionnement de la batterie .....                                               | 33 |
| Figure 11: Schéma unifilaire de l'installation BT: Partie courant alternatif.....                     | 37 |
| Figure 12: la chambre intérimaire dessinée sur Dialux.....                                            | 38 |
| Figure 13: le positionnement des lampes dans la chambre intérimaire.....                              | 39 |
| Figure 14 : Logigramme de la détermination de la section d'une canalisation .....                     | 46 |
| Figure 15: Chute de tension .....                                                                     | 48 |
| Figure 16: Schéma simplifié d'un réseau.....                                                          | 51 |
| Figure 17: schéma explicatif pour le choix des disjoncteurs .....                                     | 55 |
| Figure 18: Le schéma unifilaire du réseau alternatif.....                                             | 59 |
| Figure 19: Etapes de dimensionnement de réseau de terre .....                                         | 63 |
| Figure 20: Circuit de terre –poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN (Partie en Rouge).....                 | 65 |
| Figure 21: Mise à la terre des supports métalliques .....                                             | 65 |
| Figure 22 : raccords de sertissage .....                                                              | 66 |
| Figure 23: Courbes de Garrett & Patel.....                                                            | 70 |
| Figure 24: Interface du logiciel ETAP V6.0.....                                                       | 71 |
| Figure 25: Fenêtre de création du nouveau projet de terre.....                                        | 72 |
| Figure 26: Insertion de la grille de terre .....                                                      | 72 |
| Figure 27: Choix de la méthode de calcul .....                                                        | 72 |
| Figure 28: Insertion du circuit de terre du poste de CHEFCHAOUEN .....                                | 73 |
| Figure 29: Illustration du bouton permettant de saisir les données de court-circuit .....             | 73 |
| Figure 30: Données relatives au courant de défaut .....                                               | 74 |
| Figure 31: Résultat de simulation.....                                                                | 74 |
| Figure 32: Evolution de tension de toucher .....                                                      | 75 |
| Figure 33: Evolution de tension de pas.....                                                           | 75 |
| Figure 34: Jeu de barre 225 kV (à gauche) et 60 kV (à droite).....                                    | 77 |
| Figure 35: Isolateurs jeu de Barre 60 kV et 225 kV .....                                              | 82 |
| Figure 38: les cinq stades de fonctionnement de la protection de distance .....                       | 87 |
| Figure 39: (a) TR sain ou défaut externe Irelais = 0 (b) TR en défaut Irelais proportionnel à Icc ... | 89 |
| Figure 40: Protection de masse cuve.....                                                              | 89 |
| Figure 41: schéma synoptique de protection du départ 225KV.....                                       | 91 |
| Figure 42: schéma synoptique de protection du transformateur .....                                    | 91 |
| Figure 43: schéma synoptique de protection du départ 60KV.....                                        | 92 |
| Figure 36: Principe de la protection .....                                                            | 94 |
| Figure 37: circuit secondaire du TC.....                                                              | 96 |

# Liste des abréviations

---

|                  |                                                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ONEE</b>      | Office National de l'Electricité et de l'eau potable ;                                  |
| <b>CSTG</b>      | Cahier Technique des Spécifications Générales ;                                         |
| <b>BT</b>        | Basse Tension ;                                                                         |
| <b>HT</b>        | Haute Tension ;                                                                         |
| <b>MT</b>        | Moyenne Tension ;                                                                       |
| <b>THT</b>       | Très Haute Tension ;                                                                    |
| <b>TSA</b>       | Transformateur Services Auxiliaires ;                                                   |
| <b>SA</b>        | Services Auxiliaires ;                                                                  |
| <b>GE</b>        | Groupe Electrogène ;                                                                    |
| <b>BdC</b>       | Bâtiment de Commande ;                                                                  |
| <b>CR</b>        | Cabine de Relayage ;                                                                    |
| <b>UPS</b>       | Uninterruptible power supply (Alimentation sans interruption) ;                         |
| <b>TT</b>        | Transformateur de Tension ;                                                             |
| <b>TTC</b>       | Transformateur de Tension Capacitif ;                                                   |
| <b>TC</b>        | Transformateur de Courant ;                                                             |
| <b>MALT</b>      | Mise à la terre ;                                                                       |
| <b>NF</b>        | Norme Française ;                                                                       |
| <b>CEI (IEC)</b> | Commission électrotechnique internationale (International Electrotechnical Commission); |
| <b>IEEE</b>      | Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens.                                 |
| <b>Med</b>       | Alimentation compteur et pétrographe ;                                                  |
| <b>T1d</b>       | Alimentation bobine de déclenchement n°1 ;                                              |
| <b>T2d</b>       | Alimentation bobine de déclenchement n°2 ;                                              |
| <b>P1d</b>       | Alimentation protection n°1 ;                                                           |
| <b>P2d</b>       | Alimentation protection n°2 ;                                                           |
| <b>UCL</b>       | Alimentation calculateur de tranche ;                                                   |
| <b>Md</b>        | Alimentation moteur disjoncteur ;                                                       |
| <b>Mcpd</b>      | Alimentation régleur en charge ;                                                        |
| <b>Ks</b>        | Facteur d'utilisation ;                                                                 |
| <b>Ku</b>        | Facteur de simultanéité.                                                                |

---

# Introduction générale

---

Dans le contexte actuel du besoin ascendant d'énergie électrique, le Royaume du Maroc renforce son réseau électrique en augmentant sa production en énergie électrique et étendant son réseau afin d'atteindre la majorité de la population marocaine.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin des études dans SPIE Maroc, qui consiste entre autre à élaborer une étude de dimensionnement de tous l'appareillages électriques THT, HT, MT, et les services auxiliaires du poste de transformation 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN.

Ce projet a pour objectif la satisfaction des exigences du cahier des charges imposé par l'ONEE-Branche Electricité tout en cherchant des optimisations pour réaliser un gain à SPIE Maroc.

Ce rapport présente l'intégralité des démarches poursuivies pour la réalisation de cette étude, en commençant par la compréhension des besoins du cahier des charges et des normes nécessaires au dimensionnement des différents équipements et installations, et en terminant par l'application de ces normes pour que ce projet soit à la hauteur des attentes du contractant.

Ainsi ce rapport représente le travail effectué qui est constitué de deux grandes parties :

La première partie comprend : l'étude des services auxiliaires, qui a pour objectif de dimensionner les batteries et les chargeurs alimentés à courant continu, élaborer le bilan de puissance de l'installation, dimensionner la puissance du transformateur des services auxiliaires, ainsi que la puissance du groupe électrogène, dimensionner les canalisations et enfin choisir les équipements de protection convenables en assurant la sélectivité.

La deuxième partie, est consacrée au dimensionnement du réseau de terre, la vérification des contraintes électriques et mécaniques des jeux de barres 225 kV et 60 kV, l'élaboration du plan de protection, et le choix des réducteurs de mesure.

# PARTIE I

---

## **PRESENTATION D'ORGANISME D'ACCUEIL & CAHIER DES CHARGES**

# 1. Présentation d'organisme d'accueil

## 1.1. Introduction :

SPIE est une société multinationale spécialisée dans plusieurs domaines. En particulier, elle est l'un des leaders dans le domaine d'électricité industrielle et tertiaire, avec près de 400 implantations dans 25 pays et 23 000 collaborateurs.

SPIE propose des services et des solutions techniques performantes qui répondent aux enjeux actuels et futurs de ses clients, qu'ils soient locaux ou internationaux.

Dans cette partie, nous allons présenter le groupe SPIE, lieu de notre stage, et ses diverses activités. Ensuite nous allons donner un aperçu sur la société d'accueil, ainsi que de son architecture interne.

## 1.2. Historique de SPIE Maroc :

Elle a été créée en 1900 sous le nom de la Société Parisienne pour l'Industrie des Chemins de Fer et des Tramways. En 1946, elle devient la Société Parisienne pour l'Industrie Electrique (SPIE). En 2003, cette dernière est rachetée à 100% par AMEC pour devenir, sous le nom AMEC SPIE, la branche « Europe continentale » du groupe britannique.

A partir de 2006 à nos jours AMEC SPIE devient encore une fois SPIE la Société Parisienne pour l'Industrie Electrique.

Pour l'historique de SPIE au Maroc, les dates ci-dessous représentent des événements importants dans notre territoire national :

- |        |                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1907 : | Construction du port de Casablanca par la future SPIE Batignolles.                |
| 1942 : | Création de SPIE Maroc.                                                           |
| 1946 : | Création de la « Chérifienne d'Entreprises Laurent Bouillet »                     |
| 1968 : | SPIE Maroc devient SPIE Batignolles Maroc.                                        |
| 1975 : | Création d'Elecam (suite au décret de marocanisation).                            |
| 1975 : | Création de la société marocanisation d'entreprises Laurent Bouillet (Melb).      |
| 1999 : | Acquisition par le groupe SPIE de la Marocaine d'entreprises Laurent Bouillet.    |
| 2003 : | Les filiales marocaines de SPIE : Elecam et Melb deviennent filiales d'Amec SPIE. |
| 2010 : | La fusion d'ELECAM et MELB pour la création de SPIE Maroc.                        |

Ce groupe possède une répartition géographique large notamment en :

- Royaume-Uni
- Europe Continentale et Maroc
- Amérique du Nord
- Asie / Pacifique

SPIE a réalisé en 2005 un chiffre d'affaires pro forma de 2 688 millions d'euros.

## Domaines d'activités :

Sur chacun de ses marchés en Europe, SPIE propose à ses clients industriels, tertiaires, opérateurs et aux collectivités territoriales, une offre globale de services à valeur ajoutée associant expertise technique, compétences d'intégration et proximité.

En effet elle couvre les domaines suivants :

### ✓ Génie électrique :

- Réseaux extérieurs et éclairage public ;
- Installations Générales d'Electricité (IGE) ;
- Processus Industriel et Automatismes (PIA) ;
- Sécurité électronique et environnement des bâtiments ;
- Réseaux de télécommunications.

### ✓ Génie climatique et fluides :

- Tertiaire : Chauffage, Ventilation, Climatisation, Chaufferie, Protection incendie,...
- Conditionnement processus : Ventilation, Refroidissement, Filtration...
- Confort : Chauffage, Ventilation, Contrôle de l'hygrométrie, Climatisation,...
- Transport de fluides : Eau chaude, Eau glacée, Eau purifiée, Vapeur, Gaz,...
- Hospitalier : Chambres stériles, Salles d'opération, Fluides médicaux,...

### ✓ Génie mécanique :

- Ensembles mécaniques, hydrauliques et pneumatiques ;
- Machines statiques, robinetterie et tuyauterie ;
- Machines tournantes, compresseurs, pompes, moteurs et turbines ;
- Machines et systèmes de production ;
- Appareils de levage et de manutention ;
- Transfert d'unités de production ;
- Usinage.

### ✓ Systèmes d'information et de communications :

- Réseaux d'entreprise ;
- Réseaux de ville et d'opérateurs ;
- Réseaux de sûreté et de communication (VDI, DAI, sécurité, téléphonie, GTC,...) ;
- Gestion des équipements (tunnels, radio,...).

### ✓ Infrastructures ferroviaires :

- Voies ferrées ;
- Caténaires ;
- Sous-stations ;
- Contrôle et communication ;
- Systèmes électromécaniques.

### ✓ Maintenance et exploitation :

- Génie électrique et automatismes ;
- Génie climatique et fluides ;

- Services de spécialités ;
- Génie mécanique ;
- Systèmes de communications.

Au Maroc, le groupe SPIE est composé de deux unités :

- SPIE Elecam.
- SPIE MELB (Marocaine d'Entreprise Laurent Bouillet)

Les activités de SPIE Maroc s'articulent sur les axes suivants :

- Electricité Industrielle et Tertiaire ;
- Réseau et Télécom ;
- Lignes et Postes ;
- Fabrication Métallique ;
- Maintenance et Exploitation ;
- Génie Climatique et Fluides.

**La fiche technique se présente comme suit :**

|                                    |                                                                                                                    |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dénomination :</b>              | SPIE Maroc (filiale de groupe SPIE)                                                                                |
| <b>Date d'immatriculation:</b>     | 10 Juin 1975                                                                                                       |
| <b>Forme juridique :</b>           | Société Anonyme SA                                                                                                 |
| <b>Identifiant Fiscal</b>          | N° : 36101123                                                                                                      |
| <b>CNSS :</b>                      | 1958993                                                                                                            |
| <b>Directeur général :</b>         | Mr. F.MALLET                                                                                                       |
| <b>Secteur d'activités :</b>       | Electricité, mécanique, génie climatique, et autres services industriels.                                          |
| <b>Capital :</b>                   | 17 352 500 DH                                                                                                      |
| <b>Chiffre d'Affaire en 2008 :</b> | 569 354 703,00 DH                                                                                                  |
| <b>Siège social :</b>              | Route d'El Jadida, Pk 374 (par Lissasfa) Km 13,5- Commune rural<br>Oulad Azzouz .Province de Nouaceur –Casablanca. |
| <b>Moyens Humains :</b>            | 1100 personnes                                                                                                     |
| <b>Certificat :</b>                | ISO 9001 version 2000                                                                                              |
| <b>Téléphone :</b>                 | (212-522) .97.79.00                                                                                                |
| <b>FAX:</b>                        | (212-522) .32.19.90                                                                                                |
| <b>Site Web:</b>                   | ww.spiemaroc.com                                                                                                   |

## Organigramme de SPIE Maroc :

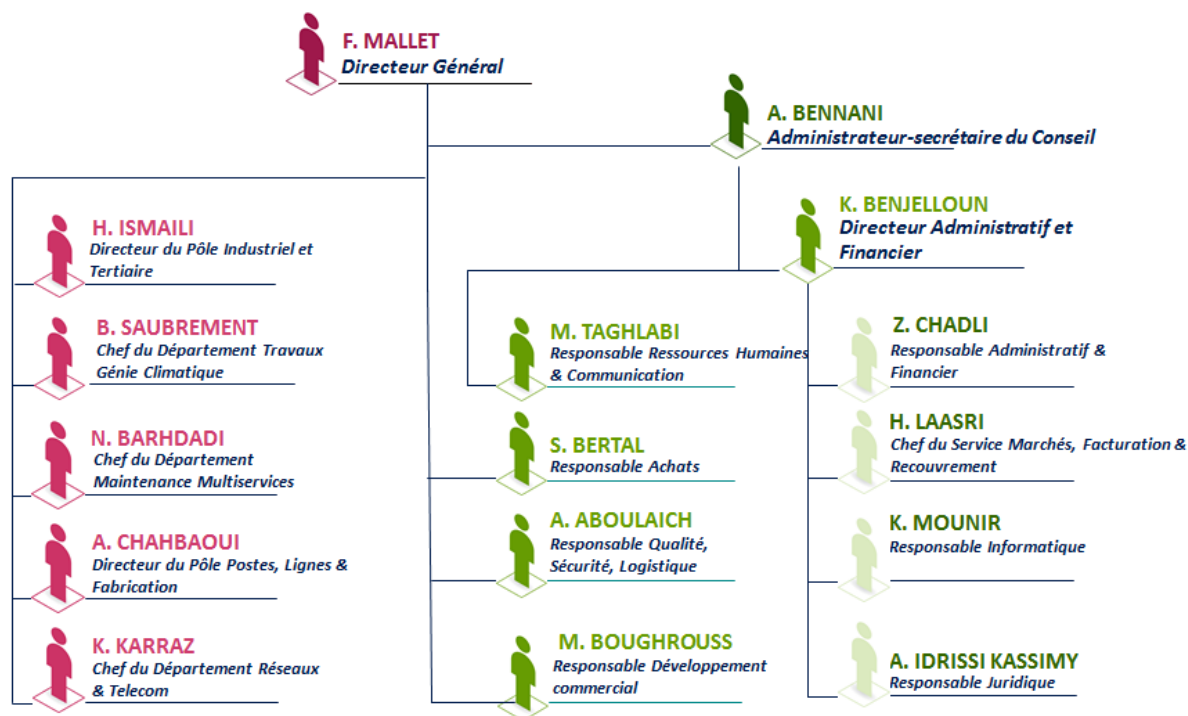


Figure 1: Organigramme de Spie Maroc

## Département pôle lignes et poste fabrication (PLPF) :

Notre stage s'est effectué au sein du pôle lignes et poste fabrication (PLPF) de la société SPIE Maroc et plus précisément dans le Bureau d'Etudes (B.E) de ce département qui représente l'une des piliers majeurs de l'entreprise.

Le bureau d'études est responsable de :

- L'étude technique des affaires.
- La détermination et la planification des tâches d'études.
- L'élaboration des notes de calculs ainsi que le choix du matériel nécessaire conformément au cahier des charges et normes.
- L'élaboration et la vérification des plans d'exécution.
- L'assistance technique aux chargés d'affaires et aux chefs de chantiers.
- Les essais et les mises en service des installations.

La figure 2, présente l'organigramme du département PLPF :

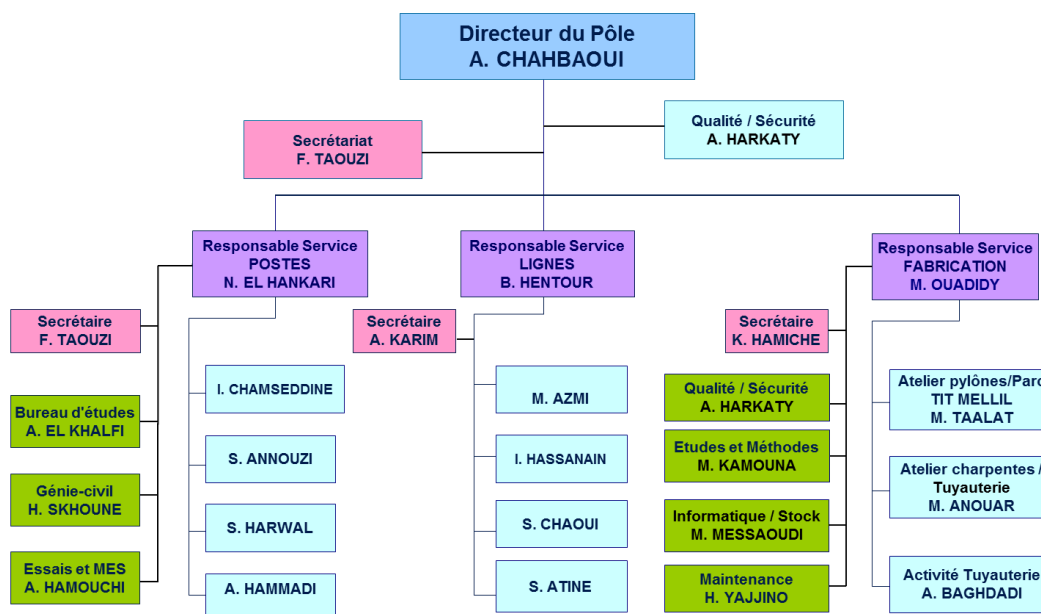


Figure 2: organigramme du département PLPF

## 2. Présentation du projet :

### 2.1. Présentation du poste de CHEFCHAOUEN 225/60/11 kV :

#### 2.1.1. Situation géographique du poste:

Le site du poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN se trouve à côté du poste 60/22 kV existant, en bordure de la route principale CHEFCHAOUEN-TETOUEN, à environ 10 km du centre de CHEFCHAOUEN.



Figure 3: Poste CHEFCHAOUEN 60/22 existant



- Local des Batteries : contient les batteries 127 V<sub>cc</sub> et 48 V<sub>cc</sub> ;
- Local Services Auxiliaires (SA) : contient les armoires d'alimentation alternatives et continues, permutations, armoires chargeurs, armoire UPS et armoire éclairage et prises ;
- Bâtiment de Contrôle commande : Contient les équipements du contrôle commande du poste ;
- Local Intérimaires : logement de l'agent du poste ;
- Magasin ;

## 2.1.3.1.2. Cabines de relayages n°1, n°2 et n°3 :

Elles contiennent les installations basse tension qui permettent l'alimentation et le contrôle des équipements THT, HT et MT qui entourent ces cabines, à savoir : alimentation des moteurs des disjoncteurs et des sectionneurs, relais de protection, éclairages, chauffages des armoires, pompes d'huile, régleur en charge, etc.

## 2.1.3.1.3. Local TSA :

Il contient le transformateur des services auxiliaires et la cellule moyenne tension pour le raccordement de ce transformateur au tertiaire du transformateur THT/MT.

## 2.1.3.1.4. Local GE :

Il contient le groupe électrogène et L'équipement de commande et de contrôle nécessaire au fonctionnement du groupe.

## 2.1.3.1.5. Local Incendie :

Il englobe l'installation de détection d'incendie et le système d'extinction.

## 2.1.3.1.6. Local gardien :

C'est le logement du gardien.

## 2.1.3.2. Partie THT, HT et MT :

### 2.1.3.2.1. Coté 225 kV

- ❖ Deux travées départs 225 kV (deux départs identiques) :
  - Travée départ TETOUAN.
  - Travée départ AL WAHDA.

Chaque travée départ 225kV comprend :

- ✓ Un transformateur de tension capacitif 254 kV, (sur chaque phase).
- ✓ Un circuit bouchon mono-onde, (sur deux phases 4 et 8).
- ✓ Un transformateur de courant 245 kV, (sur chaque phase).
- ✓ Un disjoncteur tripolaire 245 kV.
- ✓ Un sectionneur tripolaire 245 kV avec MALT.
- ✓ Un sectionneur tripolaire 245 kV sans MALT.
- ❖ Un jeu de barre 225 kV.
- ❖ Une travée transformateur 225/60 /11 kV, (coté 225 kV).

Cette travée comprend essentiellement :

- ✓ Un sectionneur tripolaire 245 kV sans MALT.
- ✓ Un disjoncteur tripolaire 245 kV.
- ✓ Un transformateur de puissance 225/63/11kV de 70/70/25 MVA.

- ✓ Un sectionneur unipolaire 36 kV sans MALT.
- ✓ Un transformateur de courant.
- ✓ Un sectionneur tripolaire 24 kV sans MALT.

## 2.1.3.2.2. Coté 60 kV

- ❖ Une travée transformateur 225/60/11 kV, (coté 60 kV).

Cette travée comprend :

- ✓ Trois combinés de mesures 72.5 kV.
- ✓ Un disjoncteur tripolaire 72,5 kV.
- ✓ Un sectionneur tripolaire 72,5 kV sans MALT.
- ❖ Jeu de barres principal 60 kV (existant).
- ❖ Trois travées départs 60 kV.

Les deux départs 60KV TETOUAN et celui de TALAMBDIT existent déjà, le contractant sera chargé de construire le futur départ KHEMISS M'DIQ, cette travée comprend essentiellement :

- ✓ Un circuit bouchon mono-onde.
- ✓ Trois combinés de mesures 72,5 kV.
- ✓ Un disjoncteur tripolaire 72,5 kV.
- ✓ Un sectionneur tripolaire 72,5 kV sans MALT.
- ✓ Un sectionneur tripolaire 72,5 kV sans MALT.

## 2.1.3.3. Les services auxiliaires du poste:

### • Définition des Services Auxiliaires :

Les services auxiliaires du poste assurent la distribution et la production des différentes formes d'énergie (courant continu ou courant alternatif), dont il est nécessaire de disposer, afin de garantir le bon fonctionnement de l'appareillage haute tension.

Les services à assurer sont relatifs à l'alimentation des :

- ✓ Moteurs des disjoncteurs.
- ✓ Circuits de chauffage des coffrets et armoires du matériel extérieur et des locaux.
- ✓ Équipements de protection et de contrôle.
- ✓ Équipements de télécommunications.
- ✓ Redresseurs (charge des batteries).
- ✓ Circuits d'éclairage des installations extérieures et des bâtiments.

### • Description des Services Auxiliaires :

La constitution des services auxiliaires du poste CHEFCHAOUEN est donnée par le schéma synoptique figure 5.

Ces services auxiliaires comprennent :

- ✓ Les services auxiliaires alternatif : réseau ;
- ✓ Les services auxiliaires alternatifs : secours ;
- ✓ Les services auxiliaires 127 V<sub>cc</sub> et 48 V<sub>cc</sub> : continu.

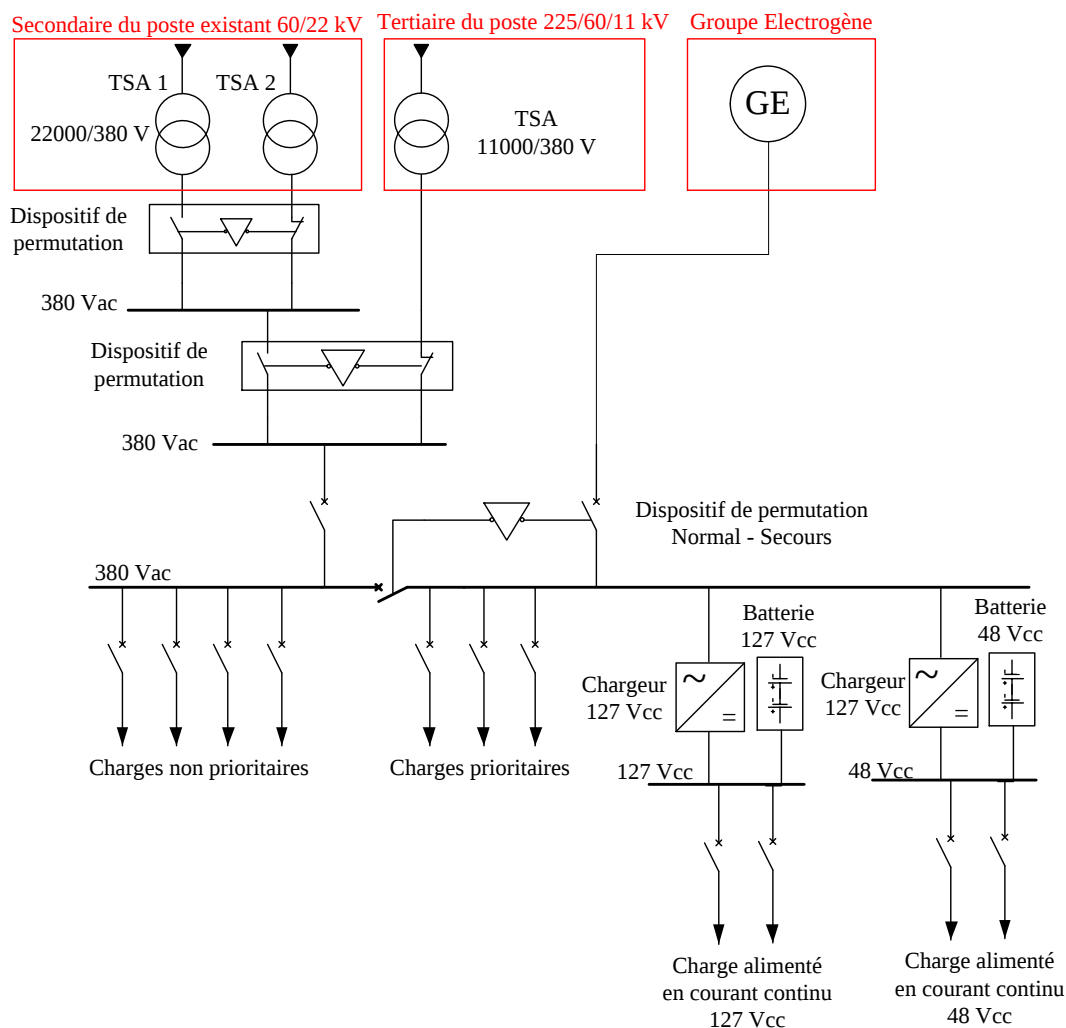


Figure 5: Les services auxiliaires du poste de CHEFCHAOUEN

### • Description du principe de fonctionnement :

Les services auxiliaires du nouveau poste CHEFCHAOUEN sont alimentés par un transformateur de services auxiliaires (TSA) issu du tertiaire du nouveau poste et deux transformateurs de services auxiliaires (TSA1 & TSA2) d'un ancien poste HT/MT existant à côté.

Les deux TSA existants fonctionnent en alternance c'est-à-dire que lorsque l'un fonctionne l'autre est en stand-by, ceci pour assurer la redondance totale en cas de panne au niveau de l'un des TSA. Les anciens TSA peuvent secourir le nouveau.

Le TSA alimente la partie normale et secourue du bâtiment de commande (BdC) et trois cabines de relayages CR1, CR2 et CR3 (pour le schéma global voir figure 5). Quant au groupe électrogène (GE), il alimente la partie secourue de l'installation.

## 2.2. Présentation du cahier des charges

Le travail qui nous a été demandé de réaliser, pendant une période de quatre mois, est :

### Étude de l'installation basse tension du poste.

- Bilan de puissance (dimensionnement des sources d'énergie basse tension du poste) ;
- Canalisations ;

- Choix de la protection ;
- Etude de la sélectivité.

### Étude et dimensionnement des ouvrages électriques THT, HT et MT du poste :

- Réseau de terre ;
- Réducteurs de mesures ;
- Vérification des contrainte mécanique des Jeux de barres 225 kV et 60 kV ;
- Élaboration du plan de protection du poste.

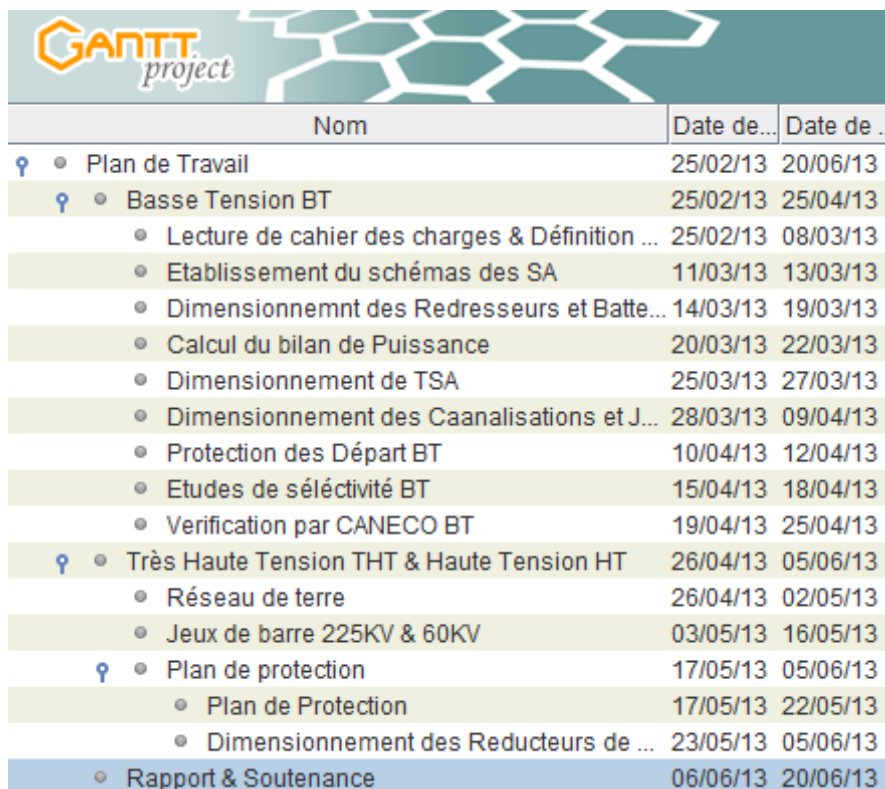
Maintenant que le cahier des charges est parfaitement défini et que les tâches à remplir sont claires. Une bonne gouvernance, et une planification dans le temps ainsi que la segmentation des taches s'est vu nécessaire.

## 2.3. Planification du projet :

En première étape nous avons réalisé un planning à l'aide du logiciel Gantt Project qui s'est montré efficace et qui nous a permis à la fin de :

- découper notre projet en plusieurs tâches ;
- Agencer (ordonnancer) ces différentes tâches de notre travail ;
- Donner une présentation graphique de l'ordonnancement de notre étude ;
- Analyser, interpréter les résultats de l'ordonnancement (repérer les tâches critiques, calculer et comprendre les différentes marges) ;
- Réaliser un suivie de ces tache au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Le planning détaillé, résultat de ce travail est donné la figure 6 :



| Nom                                              | Date de... | Date de ... |
|--------------------------------------------------|------------|-------------|
| ♀ • Plan de Travail                              | 25/02/13   | 20/06/13    |
| ♀ • Basse Tension BT                             | 25/02/13   | 25/04/13    |
| • Lecture de cahier des charges & Définition ... | 25/02/13   | 08/03/13    |
| • Etablissement du schémas des SA                | 11/03/13   | 13/03/13    |
| • Dimensionnemnt des Redresseurs et Batte...     | 14/03/13   | 19/03/13    |
| • Calcul du bilan de Puissance                   | 20/03/13   | 22/03/13    |
| • Dimensionnement de TSA                         | 25/03/13   | 27/03/13    |
| • Dimensionnement des Caanalisations et J...     | 28/03/13   | 09/04/13    |
| • Protection des Départ BT                       | 10/04/13   | 12/04/13    |
| • Etudes de séléctivité BT                       | 15/04/13   | 18/04/13    |
| • Verification par CANECO BT                     | 19/04/13   | 25/04/13    |
| ♀ • Très Haute Tension THT & Haute Tension HT    | 26/04/13   | 05/06/13    |
| • Réseau de terre                                | 26/04/13   | 02/05/13    |
| • Jeux de barre 225KV & 60KV                     | 03/05/13   | 16/05/13    |
| ♀ • Plan de protection                           | 17/05/13   | 05/06/13    |
| • Plan de Protection                             | 17/05/13   | 22/05/13    |
| • Dimensionnement des Reducteurs de ...          | 23/05/13   | 05/06/13    |
| • Rapport & Soutenance                           | 06/06/13   | 20/06/13    |

Figure 6: Planification des tâches

# **PARTIE II**

---

## **DIMENSIONNEMENT DES SERVICES AUXILIAIRES DU POSTE**

## 1. Introduction :

Certains équipements des services auxiliaires doivent demeurer alimentés en toutes circonstances (équipements de conduite et de contrôle, télécommunications...), d'autres tolèrent des temps de coupure plus ou moins importants (moteurs des disjoncteurs, chauffage...), ce qui exige un dimensionnement rigoureux de tout élément de l'installation, dont le but de faire un choix optimal.

Dans cette partie, en se basant sur la méthodologie décrite par les normes recommandées pour le dimensionnement de chaque équipement, nous allons tout d'abord commencé par dimensionner les différentes sources d'alimentation :

- Batteries et chargeurs :
  - ✓ Elaborer le schéma unifilaire ;
  - ✓ Elaborer le bilan de puissance de l'installation ;
  - ✓ Dimensionner les batteries et les chargeurs.
- Transformateurs et groupe électrogène :
  - ✓ Elaborer le schéma unifilaire ;
  - ✓ Dimensionner l'éclairage intérieur et extérieur ;
  - ✓ Dimensionner le transformateur des services auxiliaires ;
  - ✓ Dimensionner le groupe électrogène ;

Ensuite nous sommes passés au dimensionnement des canalisations :

- ✓ Choisir le régime du neutre ;
- ✓ Calculer les sections des câbles;
- ✓ Choisir le matériel de protection ;
- ✓ Vérifier les résultats par CANECO BT.

## 2. Les différentes sources d'alimentation du poste :

### 2.1. Batteries et chargeurs :

Les organes de commande, de contrôle et de protection du poste doivent fonctionner de façon absolument sûre et permanente, du coup leur alimentation doit être assurée par une source indépendante et ayant une réserve d'énergie suffisante pour pallier les défaillances du réseau, et permettre les reprises de service.

Les alimentations en courant continu des installations principales de commande, de contrôle et de protection sont assurées par un ensemble constitué de :

- Deux batteries étanches de 127Vcc ;
- Trois chargeurs, dont le troisième est de secours.

Les équipements de téléalarme, de commande à distance (télécommande et télésignalisation) sont alimentés par :

- Une batterie étanche 48Vcc ;
- Deux chargeurs dont un est de secours.

#### 2.1.1. Schéma unifilaire :

La figure 7, présente le schéma unifilaire des services auxiliaires continus détaillé du poste 225/60/11 kV, élaboré à l'aide du logiciel AUTOCAD :

## Bâtiment de commande

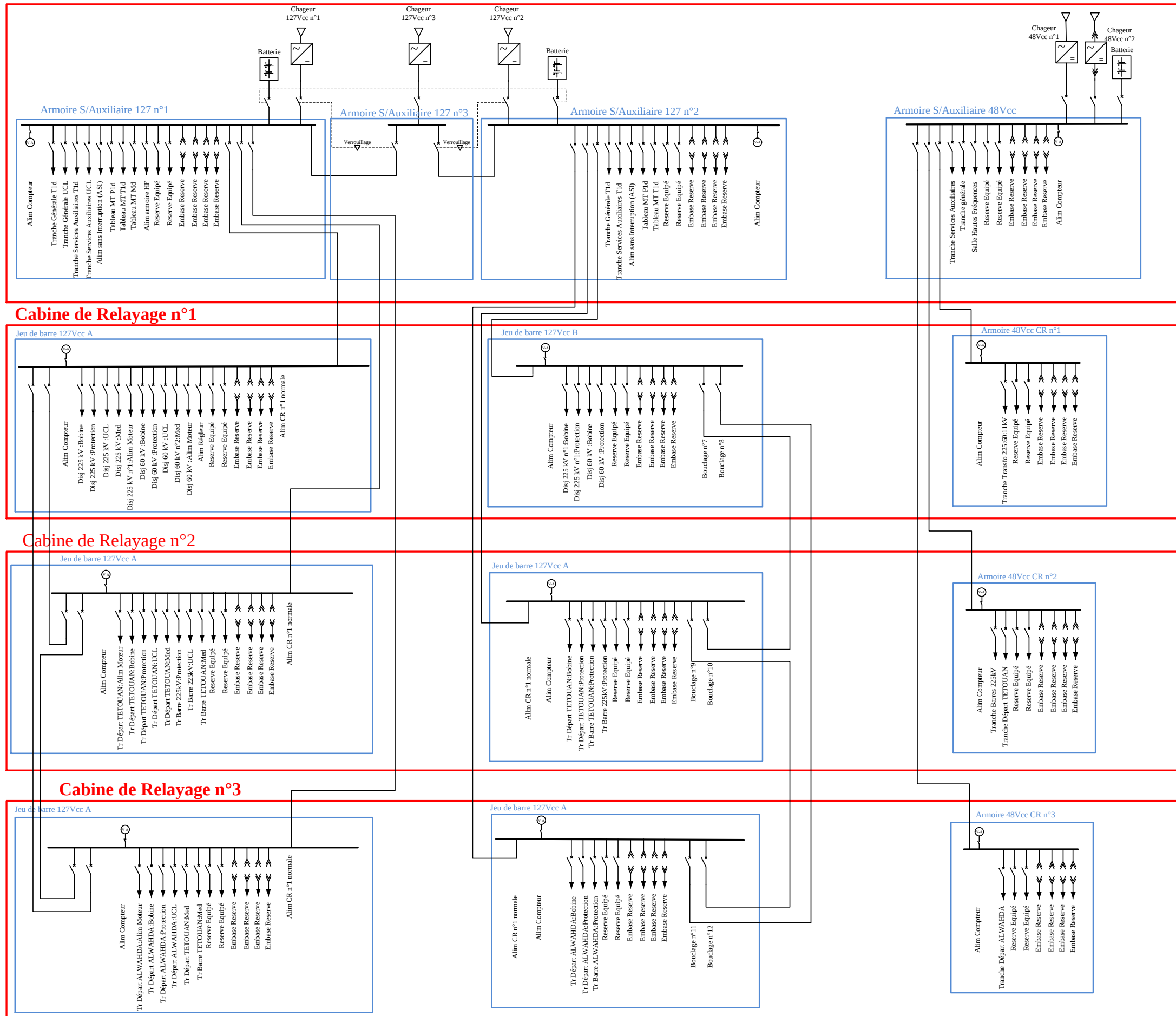


Figure 7: Schéma unifilaire de l'installation BT: Partie courant continu

## 2.1.2. Bilan de puissance :

Dans cette étude et afin de calculer la puissance consommée par les équipements 127Vcc et 48 Vcc, il est nécessaire de déterminer la puissance de chaque armoire. Le tableau 1, illustre les différents équipements et leurs consommations, et pour l'intégralité des détails vous pouvez consulter le CD joint au rapport.

Tableau 1 : Bilan de puissance 127Vcc

|                                              | Puissance<br>permanante Pp<br>(W) | Puissance<br>d'enclenchement<br>Pd (W) | Moteur disjoncteur |                      |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|--------------------|----------------------|
|                                              |                                   |                                        | Nominale<br>Pm (W) | Démarrage<br>Pdm (W) |
| Tranche Générale                             | 265                               | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Tranche Services Auxiliaires                 | 65                                | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Alimentation sans interruption               | 3200                              | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Tableau MT                                   | 195                               | 250                                    | 75                 | 300                  |
| Alim armoire HF                              | 895                               | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Tranche transformateur                       | 349                               | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Tranche Barre 225 kV                         | 136                               | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Tranche départ Alwahda                       | 238                               | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Tranche départ Tetouan                       | 364                               | 0                                      | 0                  | 0                    |
| Moteur disj n°1 225 kV<br>(Travée transfo)   | 0                                 | 1200                                   | 1200               | 4800                 |
| Moteur disj n°1 60 kV (Travée<br>transfo)    | 0                                 | 380                                    | 551,25             | 2205                 |
| Moteur disjcteur 225 n°1<br>(Départ Alwahda) | 0                                 | 400                                    | 3600               | 14400                |
| Moteur disjcteur 225 n°1<br>(Départ Tetouan) | 0                                 | 400                                    | 3600               | 14400                |
| Alimentation régleur                         | 0                                 | 270                                    | 400                | 1600                 |
| <b>Total (W)</b>                             | <b>5707</b>                       | <b>2900</b>                            | <b>7826,25</b>     | <b>31305</b>         |

## 2.1.3. Dimensionnement des batteries :

### 2.1.3.1. Partie théorique :

Afin de bien dimensionner les batteries, nous nous sommes basés sur la norme IEEE 485 (Sizing lead-acid battery), qui décrit une méthode pour déterminer la capacité des batteries plomb acide stationnaire. Nous procédons au dimensionnement comme suit :

#### Etape 1 :

On classe les charges qui peuvent être alimentées par la batterie en quatre catégories :

- **Charges momentanées** : Ce sont des charges qui peuvent se produire une à plusieurs fois durant la période de service de la batterie, et qui ont une durée inférieure à une minute ;
- **Charges continues** : Ce sont des charges constantes qui consomment de l'énergie tout au long de la période de service de la batterie;
- **Charges non-continues** : Ce sont des charges d'une durée relativement longue (plus qu'une minute), mais d'une nature variable;
- **Charges Aléatoires** : ce sont des charges qui peuvent subvenir à n'importe quel moment du cycle.

Une fois ces charges sont classées, on trace le diagramme de la période de service de la batterie, (voir figure 8).

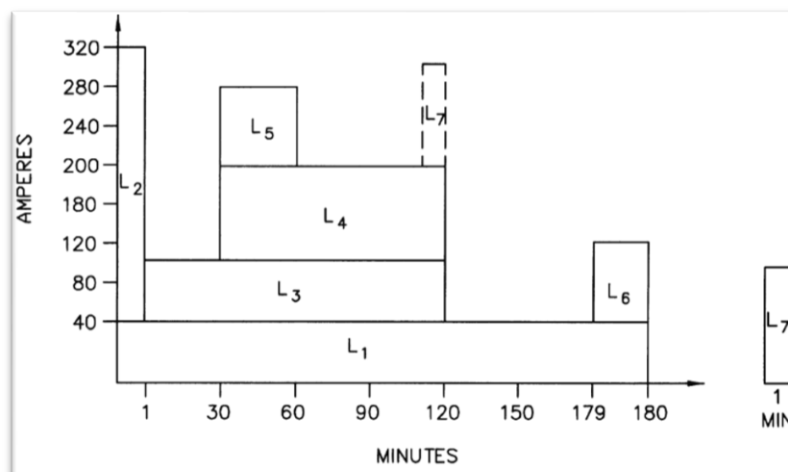


Figure 8: exemple de cycle de service d'une batterie

Avec :

$L_i$  : charges alimentées par la batterie.

## Etape 2 :

On commence par déterminer le nombre de cellules qui constituent la batterie en utilisant la tension de charge (float voltage) donnée par le constructeur. Ce nombre se calcule suivant l'équation suivante :

$$\text{Nombre de cellules} = \frac{\text{la tension maximal du système}}{\text{la tension de charge d'une cellule}}$$

## Etape 3 :

La cellule sélectionnée pour un cycle déterminé doit avoir une capacité suffisante pour supporter l'ensemble des charges durant le cycle. Pour cela il faut trouver la charge maximale que va supporter la batterie. En utilisant la relation suivante (IEEE 485 article 6.3.2):

$$F_s = \sum_{p=1}^{p=N} \frac{A_p - A_{(p-1)}}{C_t}$$

- $F_s$  Capacité de la batterie ;
- $N$  le nombre de périodes dans un même cycle ;
- $A_p$  l'ampérage consommé durant la période  $P$  ;
- $T$  le temps en minutes depuis le début de la période jusqu'à la fin de la section ;
- $C_t$  le facteur de capacité de la batterie.

**Remarque :** Pour chaque type de cellule, on trouve un graphe qui donne le facteur  $C_t$  en  $K_t(\text{Ah})$  ou  $R_t(\text{A/plaques positives})$ , Selon la tension minimale délivrée par une cellule, et donc la formule de calcul de la capacité devient :

$$F_s = \sum_{p=1}^{p=N} \frac{A_p - A_{(p-1)}}{R_t} \quad \text{ou} \quad F_s = \sum_{p=1}^{p=N} (A_p - A_{(p-1)})K_t$$

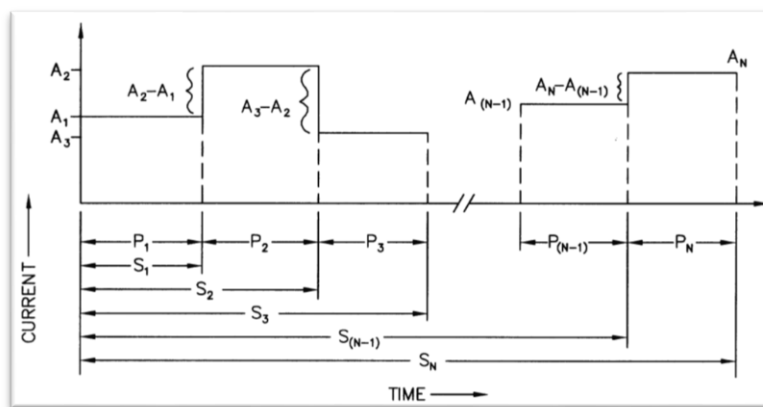


Figure 9: Cycle de consommation de la batterie

Et la capacité finale non corrigée de la batterie est donnée par:

$$F = \max_{s=1}^{s=N} F_s$$

Avec :

S : Section analysée du cycle.

**Remarque :** Le résultat doit être donné en ampères par heure. Mais si on calcule en nombre de plaques positives, on peut convertir cette valeur en (Ah) en calculant le nombre total des plaques :

$$\text{nombre total de plaques} = 1 + (2 \times \text{nombre de plaques positives})$$

Et afin de faciliter et organiser les calculs, un algorithme peut être mis en place. Ce qu'on désire obtenir c'est une maximisation de  $F_s$ , donc si le courant appelé pendant la période  $N+1$  est supérieur à celui de la période  $N$  il n'est pas obligatoire d'étudier la section  $N$  car  $F_{N+1}$  est clairement supérieure à  $F_N$  et ainsi on passe systématiquement à la section suivante. De plus afin de simuler le pire des scénarios aux quels peut être confrontée la batterie, on fait le calcul des charges aléatoires indépendamment des autres charges et on l'additionne au  $F$  trouvé.

#### Etape 4 :

La capacité calculée ci-dessous est une capacité initiale, il faut lui appliquer plusieurs facteurs de correction à savoir :

- Facteur de correction de température ( $F_t$ ).
- Facteur de correction de marge de fabrication ( $F_m$ ).
- Facteur de vieillissement ( $F_v$ ).

#### 2.1.3.2. Partie pratique :

- Batterie 127Vcc :

Le cahier des charges spécifie que la batterie doit être dimensionnée pour une charge de 10 enclenchements/déclenchements de disjoncteurs durant une période de 10h. Ce qui revient à dire Un enclenchement ou un déclenchement pendant 1h.

Dans le tableau (1) nous avons décrit les équipements des services auxiliaires à 127Vcc, et nous les avons classés suivant leur puissance consommée, comme suit :

- Pdm : Puissance de démarrage du Moteur de disjoncteur.
- Pm : Puissance du Moteur disjoncteur.

- Pd: Puissance de déclenchement du disjoncteur.
- Ppt : Puissance permanente.

La puissance des charges variables est déterminée tout en imaginant le pire des scénarios qui peut avoir lieu lors du fonctionnement de notre batterie, qui est pour notre cas un défaut du transformateur, qui va entraîner un déclenchement des quatre disjoncteurs THT-HT et MT en même temps. Nous résumerons la séquence de déclenchement dans le graphe suivant :

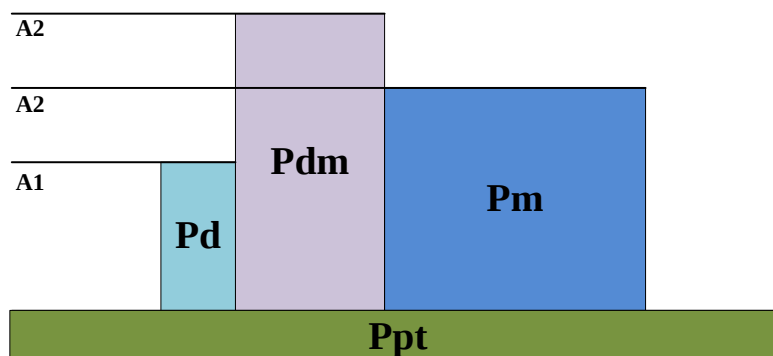


Figure 10: Cycle de fonctionnement de la batterie

Tableau 2: Les puissances consommées

| puissance |         | I(A)       | temps |
|-----------|---------|------------|-------|
| Ppt       | 5707    | 44,9370079 | 60    |
| Pd        | 2975    | 23,4251969 | 1     |
| Pdm       | 37012   | 291,433071 | 1     |
| Pm        | 7826,25 | 61,6240157 | 1     |

Dans notre cas, le constructeur nous donne le graphe pour déterminer le facteur  $R_t$ , et donc pour déterminer la capacité de la batterie, nous avons utilisé la formule :

$$F_s = \sum_{p=1}^{P=N} \frac{A_p - A_{(p-1)}}{R_t}$$

Tout calcul fait nous obtenons un nombre de plaques positives de 4,15.

On applique à ce nombre calculé, les facteurs de correction :

- La température ambiante de CHEFCHAOUEN est de 50 °C, le constructeur donne un facteur de température égal à **1,05**. (voir *l'annexe B, page 110*).
- La norme IEEE 485 spécifie que le facteur de correction de marge de fabrication doit être égal à **1,1**.
- Facteur de vieillissement selon la norme IEEE 485 est égal à **1,25**.

Et donc le nombre de plaques positives devient égal à 6. Ce qui donne un nombre de plaques total de 13 plaques.

Ensuite, on cherche dans les fiches techniques du fabricant la puissance délivrée par ce nombre total de plaques. Qui est dans notre cas :

Taille de la batterie 127 Vcc: **495 Ah**

**Note :** Le cahier des charges indique que la batterie 127 Vcc doit avoir au minimum une capacité de 500 AH.

- Batterie 48Vcc :

L'armoire des services auxiliaires 48 Vcc est destinée pour assurer les fonctions suivantes :

- Alimenter les équipements de télécommunication du poste ;
- Signaler l'absence de tension 127Vcc en cas de défaut ;
- Assurer l'interfaçage des commandes en provenance du dispatching national.

Les charges alimentées par 48 Vcc n'incluent pas les moteurs des disjoncteurs, donc nous avons des charges qui sont alimentées en permanence.

Tableau 3: bilan de puissance de l'armoire 48Vcc.

|                                | Puissance permanente Pp (W) |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Tranche Générale               | 100                         |
| Tranche Services Auxiliaires   | 100                         |
| Alimentation sans interruption | 100                         |
| Alim armoire HF                | 3000                        |
| Tranche transformateur         | 100                         |
| Tranche Barre 225 kV           | 100                         |
| Tranche départ Alwahda         | 100                         |
| Tranche départ Tetouan         | 100                         |
| <b>Total (W)</b>               | <b>3700</b>                 |

Le même calcul a été fait pour la batterie des services auxiliaires alimenté par 48 Vcc ce qui a donné une capacité de :

Taille de la batterie 48 Vcc : **248Ah**

**Note :** le cahier de charge indique que la batterie 48Vcc doit avoir au minimum une capacité de 300AH.

**Remarque :** Vous trouvez le calcul en détail du dimensionnement des batteries 127Vcc et 48Vcc dans (*l'annexe B pages 109-111*).

## 2.1.4. Dimensionnement des chargeurs de batteries :

### 2.1.4.1. Méthode de calcul :

Le cahier des charges précise que le chargeur de la batterie (127 et 48 Vcc), doit être de la même marque de celle de la batterie, avec un courant d'utilisation de 100A et une durée de recharge de batterie de 10h.

On détermine le courant délivré par le chargeur par la formule suivante (IEEE 485) :

$$A = \frac{KC}{H} + L_c$$

Avec :

- A: Le courant de sortie du chargeur en ampères.
- K: Le facteur d'efficacité pour revenir à 100% d'ampères-heures enlevés. On utilise 1,1 pour les batteries au plomb-acide et 1,4 pour les batteries nickel-cadmium.
- C: La capacité de la batterie en ampères-heures.
- H: Le temps de recharge de la batterie.
- L<sub>c</sub>: Le courant des charges continues.

## 2.1.4.2. Résultat de calcul :

Tableau 4: courant d'utilisation du redresseur

| Chargeur de batterie 127Vcc         |        | Chargeur de batterie 48Vcc          |        |
|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| La capacité de batterie 127Vcc      | 495Ah  | La capacité de batterie 48Vcc       | 248Ah  |
| Le Facteur d'efficacité             | 1,1    | Le Facteur d'efficacité             | 1,1    |
| Le temps de recharge de la batterie | 10h    | Le temps de recharge de la batterie | 10h    |
| Le courant des charges continues    | 13,44A | Le courant des charges continues    | 70,83A |
| Le courant délivré par le chargeur  |        | Le courant délivré par le chargeur  |        |
| <b>67,89A</b>                       |        | <b>98,11A</b>                       |        |

**Note :** Nos calculs nous donnent un courant inférieur à 100A pour les deux chargeurs 127 Vcc et 48 Vcc, mais le cahier des charges exige des chargeurs d'un courant minimal de 100 A, de ce fait nous choisissons des chargeurs qui délivrent un courant de 100 A.

## 2.2.Transformateur et groupe électrogène :

L'exploitation d'un poste nécessite des sources auxiliaires d'énergie électrique à basse tension alternative, permettant d'assurer des fonctions diverses, à savoir l'alimentation, l'éclairage, le chauffage etc. On distingue :

### ⇒ Circuits à alimentation C.A. secourue :

Ce sont les circuits pouvant admettre un temps de coupure réduit sans répercussion sur le fonctionnement correct des installations, par contre le manque d'alimentation prolongé sur ces circuits est susceptible de provoquer des perturbations dans l'exploitation du poste. Ces circuits comprennent :

- Les redresseurs qui assurent l'alimentation des circuits continus et la charge des batteries d'accumulateurs.
- Les moteurs des aéro-réfrigérants, il est à noter que les circuits d'alimentation des aéro-réfrigérants des transformateurs sont alimentés impérativement lorsque le transformateur correspondant est en service.
- Les moteurs des disjoncteurs et sectionneurs, si ces derniers sont motorisés.
- Les circuits d'éclairage du poste extérieur et des locaux industriels.

### ⇒ Circuits à alimentation C.A. normale :

Ce sont les circuits dont la perte, bien que gênante, ne compromet pas dans l'immédiat l'exploitation de l'ouvrage. Ces circuits comprennent :

- Le chauffage des bâtiments,
- Le chauffage de l'appareillage THT, HT et MT.
- Extracteur d'air ;
- Prises de courant ;

Au niveau du cahier des charges, le maître d'ouvrage a décrit les deux principales catégories d'alimentation prévu et l'ensemble des récepteurs contenu dans le poste :

- **Une alimentation normale :** depuis le transformateur MT/BT qui est alimenté par le tertiaire du transformateur THT/HT.
- **Un groupe électrogène :** comme alimentation sans interruption, dont la puissance serait choisie de façon à secourir tout l'ensemble des équipements électrique, ceci en cas d'une coupure intempestive de l'alimentation.

Ainsi qu'une alimentation de secours depuis un bloc d'onduleurs/Batteries (UPS), dite alimentation ondulée, qui assurera la continuité de service des équipements informatiques en cas d'une coupure intempestive d'alimentation.

### **2.2.1. Schéma unifilaire des services auxiliaires alternatifs :**

La figure 11 donne le schéma unifilaire des services auxiliaires alternatifs détaillé du poste 225/60/11 kV, élaboré à l'aide du logiciel AUTOCAD :



Figure 11: Schéma unifilaire de l'installation BT: Partie courant alternatif

## 2.2.2. Eclairage du poste 225/60KV de CHEFCHAOUEN:

### 2.2.2.1. Eclairage extérieur du poste 225/60KV :

L'éclairage du poste extérieur sera réalisé par des tubes fluorescents étanches et démontables par le bas. Les foyers lumineux seront installés sur la charpente primaire des départ et arrivées transformateurs ainsi que les portiques des jeux de barres 225 et 60 kV à 1.80 m du sol. Le niveau d'éclairement moyen en tête des travées de ligne ou transformateur, les jeux de barres et sectionneurs d'aiguillage, doit être au moins égale à 50 lux.

L'éclairage des abords (Clôture du poste et voie de roulement) sera réalisé par des lampadaires de 7 mètre avec luminaires fluorescents.

Sur chaque porte des bâtiments (Bâtiment de commande, Cabines de relayages, Local Groupe électrogène, Local Transformateur de services auxiliaire, Bâtiment des eaux, Local protection incendie et Local gardien) sera installé une lampe à hublot étanche fluorescents.

### 2.2.2.2. Eclairage intérieur des bâtiments :

L'éclairage des différents bâtiments sera réalisé par des luminaires fixé au plafond et équipés de lampes fluorescentes et des diffuseurs prismatiques.

Le niveau d'éclairage moyen demandé à 0,8 m du sol est de 300 lux pour la salle de commande, salle de relayage, cabines de relayage, chambre intérimaire, salle HF. Et un niveau de 150 lux pour les autres locaux.

**Remarque** : L'éclairage de la salle batteries doit être antidéflagrant (pour fonctionner dans un milieu inflammable et pourvu d'une enveloppe, par mesure de protection dans le cas d'une explosion de la batterie).

### 2.2.2.3. Le résultat de calcul :

Le calcul d'éclairage du nouveau poste 225/60/11V du CHEFCHAOUEN constitue la détermination du nombre de lampes à installer, leurs positionnement, ainsi de vérifier l'éclairement moyen. Ce calcul est effectué à l'aide logiciel Dialux.

#### Exemple de calcul

On expose ici un exemple de calcul d'éclairage intérieur fait sur Dialux, celui de la chambre intérimaire. La première étape constitue à faire entrer les dimensions de la pièce : 4,00 × 3,80 et de hauteur 3,00. Cette pièce est équipée d'appareils sanitaires.

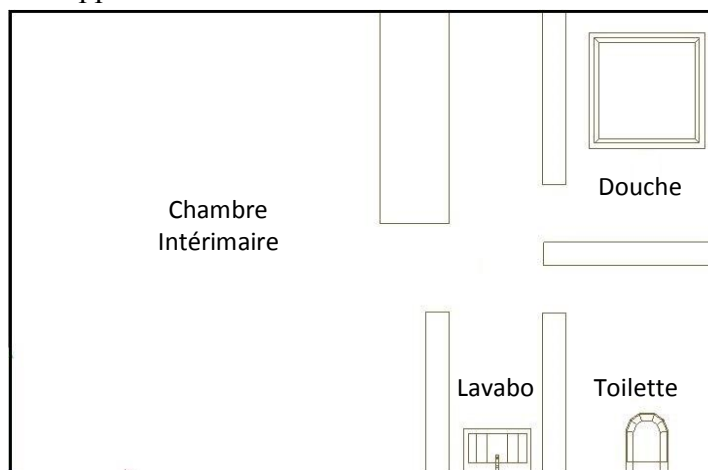


Figure 12: la chambre intérimaire dessinée sur Dialux

Le cahier des charges précise que le niveau d'éclairage moyen minimal à 0,8 m du sol pour cette pièce, doit être égal à 300 Lux, et qui sera réalisé par des luminaires fixés au plafond.

Après avoir dessiné la chambre sur Dialux en entrant ses paramètres, nous avons inséré les lampes, qui sont dans notre cas: des luminaires équipés de lampes fluorescentes 2×36W, et des hublots en argon de 60W pour les pièces de sanitaire ;

Avec un niveau d'éclairage moyen de 300 Lux ;

Finalement, la simulation nous donne le nombre de lampes que doit contenir les pièces et leur position, tout en respectant le niveau d'éclairage demandé.

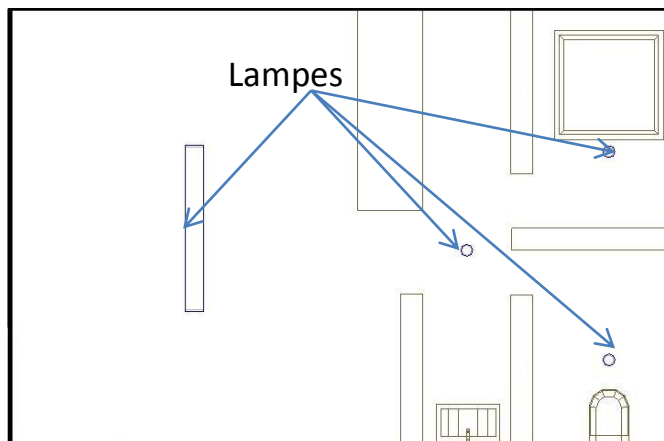


Figure 13: le positionnement des lampes dans la chambre intérimaire

### Résultats de calcul

Le tableau (5) donne les résultats de calcul pour les différents locaux du poste.

Tableau 5 : Bilan d'éclairage du poste de CHEFCHOUEN

|                                  | Récepteurs                                                       | qté | P (W) | P balast (W) | P total (W) |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----|-------|--------------|-------------|
| <b>BdC</b>                       | Salle de commande (Lampes fluorescents de 2*36W)                 | 3   | 72    | 21,6         | 237,6       |
|                                  | Local des batteries (Lampes fluorescents de 2*36W)               | 2   | 72    | 14,4         | 158,4       |
|                                  | Salle HF (Lampes fluorescents de 2*36W)                          | 2   | 72    | 14,4         | 158,4       |
|                                  | Local SA (Lampes fluorescents de 2*36W)                          | 2   | 72    | 14,4         | 158,4       |
|                                  | Local interimaire (hublots en argon 60W)                         | 3   | 60    | 18           | 198         |
|                                  | Local interimaire (Lampes fluorescents de 2*36W)                 | 1   | 72    | 7,2          | 79,2        |
|                                  | Sanitaire (Lampes fluorescents de 2*36W)                         | 3   | 60    | 18           | 198         |
|                                  | Tube fluorescents etanches demontables par le bas type exterieur | 28  | 60    | 168          | 1848        |
|                                  | lampe à hublot etanche fluorescent en argon (portes de Bdc)      | 4   | 36    | 0            | 144         |
|                                  | lampe à hublot etanche fluorescent en argon (porte du poste)     | 4   | 36    | 0            | 144         |
| <b>CR n°1</b>                    | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 3   | 72    | 0            | 216         |
| <b>CR n°2</b>                    | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 3   | 72    | 0            | 216         |
| <b>CR n°3</b>                    | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 3   | 72    | 0            | 216         |
| <b>Abords</b>                    | Armoire Eclairage Ext (Luminaire fluorescent 220 CA-400W)        | 25  | 72    | 0            | 1800        |
|                                  | Armoire Eclairage Ext (candelabres decoratifs 250W)              | 8   | 72    | 0            | 576         |
| <b>Local protection incendie</b> | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 1   | 72    | 7,2          | 79,2        |
| <b>Local du GE</b>               | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 1   | 72    | 7,2          | 79,2        |
| <b>Local TSA</b>                 | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 1   | 72    | 7,2          | 79,2        |
| <b>Local gardien</b>             | Local interimaire (hublots en argon 60W)                         | 1   | 60    | 0            | 60          |
|                                  | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 1   | 72    | 7,2          | 79,2        |
| <b>Bâtiment des eaux</b>         | Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 2   | 72    | 14,4         | 158,4       |

## 2.2.3. Dimensionnement de TSA

### 2.2.3.1. Méthode de calcul :

En se référant à la norme NF C 15-100 qui régit l'installation basse tension on relève que pour dimensionner le transformateur, il faut déterminer la puissance apparente nominale, ce qui revient à :

- ✓ Déterminer la puissance absorbée de chaque récepteur alimenté par le TSA.
- ✓ Calculer la puissance d'utilisation de chaque récepteur ( $P_u = P_a \times K_u$ ), avec  $K_u$  le facteur d'utilisation qui s'applique à un récepteur qui n'absorbe pas la totalité de la puissance nominal :
  - Les moteurs sont utilisés en général à 75% de leurs charges donc  $k_u=0.75$ .
  - L'éclairage  $k_u=1$ , car une lampe est utilisée à 100% de sa puissance nominale.
- ✓ Multiplier la somme des puissances d'utilisation des récepteurs connectés à chaque armoire par le facteur de simultanéité  $K_s$ .

Tableau 6:  $K_s$  par nombre de départ d'une armoire

| Nombre de circuits | Facteur de simultanéité ( $K_s$ ) |
|--------------------|-----------------------------------|
| 2 et 3             | 0,9                               |
| 4 et 5             | 0,8                               |
| 6 à 9              | 0,7                               |
| 10 et plus         | 0,6                               |

## 2.2.3.2. Tableau des résultats :

Le tableau (8) donne les résultats de calcul.

Tableau 7: la puissance apparente du TSA

| Eclairage                       |                            |     |    |        |    |             |          |     |          |
|---------------------------------|----------------------------|-----|----|--------|----|-------------|----------|-----|----------|
| Armoire éclairage<br>intérieure | Récepteurss                | Qté | Ks | P ( W) | Ku | P*Ku*Ks*Qté | Som P    | Ks  | Som P*Ks |
|                                 | Salle de commande          | 3   | 1  | 72     | 1  | 237,6       | 3 682,80 | 0,6 | 2 209,7  |
|                                 | Local des batteries        | 2   | 1  | 72     | 1  | 158,4       |          |     |          |
|                                 | Salle HF                   | 2   | 1  | 72     | 1  | 158,4       |          |     |          |
|                                 | Local SA                   | 2   | 1  | 72     | 1  | 158,4       |          |     |          |
|                                 | Local interimaire          | 3   | 1  | 60     | 1  | 198         |          |     |          |
|                                 | Local interimaire          | 1   | 1  | 72     | 1  | 79,2        |          |     |          |
|                                 | Sanitaire                  | 3   | 1  | 60     | 1  | 198         |          |     |          |
|                                 | Tube fluorescents etanches | 28  | 1  | 60     | 1  | 1848        |          |     |          |
|                                 | lampe portes de Bdc        | 4   | 1  | 36     | 1  | 158,4       |          |     |          |
|                                 | lampe porte du poste       | 4   | 1  | 36     | 1  | 158,4       |          |     |          |
|                                 | Magazin                    | 1   | 1  | 60     | 1  | 66          |          |     |          |
|                                 | Local GE                   | 1   | 1  | 60     | 1  | 66          |          |     |          |
|                                 | Local Gardien              | 1   | 1  | 60     | 1  | 66          |          |     |          |
|                                 | local Incendie             | 1   | 1  | 60     | 1  | 66          |          |     |          |
|                                 | Bâtiment des eax           | 1   | 1  | 60     | 1  | 66          |          |     |          |

| Prises                        |                           |   |      |      |   |      |       |     |       |
|-------------------------------|---------------------------|---|------|------|---|------|-------|-----|-------|
| Armoire Prises<br>de courants |                           |   |      |      |   |      |       |     |       |
|                               | Salle de commande         | 4 | 0,33 | 4400 | 1 | 5720 | 57640 | 0,6 | 34584 |
|                               | Salle HF                  | 4 | 0,33 | 4400 | 1 | 5720 |       |     |       |
|                               | Local des armoires des SA | 4 | 0,33 | 4400 | 1 | 5720 |       |     |       |
|                               | Magasin                   | 2 | 0,55 | 4400 | 1 | 4840 |       |     |       |
|                               | Bureau                    | 4 | 0,33 | 4400 | 1 | 5720 |       |     |       |
|                               | Local interimaire         | 4 | 0,33 | 4400 | 1 | 5720 |       |     |       |
|                               | Local TSA                 | 2 | 0,55 | 4400 | 1 | 4840 |       |     |       |
|                               | Local GE                  | 2 | 0,55 | 4400 | 1 | 4840 |       |     |       |
|                               | Local Gardien             | 2 | 0,55 | 4400 | 1 | 4840 |       |     |       |
|                               | Local Incendie            | 2 | 0,55 | 4400 | 1 | 4840 |       |     |       |
|                               | Local Bâtiment des eaux   | 2 | 0,55 | 4400 | 1 | 4840 |       |     |       |

## CABINES DE RELAYAGE

|        | Récepteurs                         | P( W)  | Cosφ | Q (VAR)   | Ku   | Ks  | P*Ku*Qté | Q*Ku*Qté | Som P     | Som Q     | Ks  | Som P*Ks  | Som Q*Ks  |
|--------|------------------------------------|--------|------|-----------|------|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|
| CR N°1 | Alimentation compteur              | 3      | 0,8  | 2,25      | 1    | 1   | 3        | 2,25     | 57 753,26 | 42 762,94 | 0,6 | 34 651,96 | 25 657,77 |
|        | Alimentation moteur sectionneur    | 370    | 0,8  | 277,5     | 0,75 | 1   | 555      | 416,25   |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage sectionneur  | 75     | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 150      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage disjoncteur  | 130    | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 260      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Climatiseurs                       | 2 000  | 0,8  | 1 500     | 0,75 | 1   | 1500     | 1125     |           |           |     |           |           |
|        | Prises monophasé                   | 1100   | 0,8  | 825       | 0,75 | 0,3 | 1237,5   | 928,13   |           |           |     |           |           |
|        | Prises triphasé                    | 52 654 | 0,8  | 39 490,76 | 0,75 | 1   | 39490,8  | 29618,07 |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage regleur      | 110    | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 110      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Aéro Transfo (Eclairage+Prise)     | 2 951  | 0,8  | 2 213,25  | 1    | 1   | 2951     | 2213,25  |           |           |     |           |           |
|        | Aéro Transfo (pompes+ventilateurs) | 15 040 | 0,8  | 11 280    | 0,75 | 1   | 11280    | 8460     |           |           |     |           |           |
|        | Eclairage Cabine de relayage 1     | 72     | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 216      | 0        |           |           |     |           |           |
| CR N°2 | Alimentation compteur              | 3      | 0,8  | 2,25      | 1    | 1   | 3        | 2,25     | 4 481,5   | 2 989,13  | 0,7 | 3 137,05  | 2 092,39  |
|        | Alimentation moteur sectionneur    | 370    | 0,8  | 277,5     | 0,75 | 1   | 832,5    | 624,4    |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage sectionneur  | 75     | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 150      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage disjoncteur  | 130    | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 130      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Climatiseurs                       | 2 000  | 0,8  | 1 500     | 0,75 | 1   | 1500     | 1125     |           |           |     |           |           |
|        | Prises monophasé                   | 1100   | 0,8  | 825       | 1    | 0,3 | 1650     | 1237,5   |           |           |     |           |           |
|        | Eclairage Cabine de relayage 2     | 72     | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 216      | 0        |           |           |     |           |           |
| CR N°3 | Alimentation compteur              | 3      | 0,8  | 2,25      | 1    | 1   | 3        | 2,25     | 4 481,5   | 2 989,13  | 0,7 | 3 137,05  | 2 092,39  |
|        | Alimentation moteur sectionneur    | 370    | 0,8  | 277,5     | 0,75 | 1   | 832,5    | 624,375  |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage sectionneur  | 75     | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 150      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Chauffage & Eclairage disjoncteur  | 130    | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 130      | 0        |           |           |     |           |           |
|        | Climatiseurs                       | 2 000  | 0,8  | 1 500     | 0,75 | 1   | 1500     | 1125     |           |           |     |           |           |
|        | Prises monophasé                   | 1100   | 0,8  | 825       | 1    | 0,3 | 1650     | 1237,5   |           |           |     |           |           |
|        | Eclairage Cabine de relayage 3     | 72     | 1    | 0,00      | 1    | 1   | 216      | 0        |           |           |     |           |           |

## Bâtiment DE COMMANDE

|                      | Récepteurs                                      | Qté | P (W)   | Cosφ | Q (VAR)   | P*Qté   | Q*Qté     |
|----------------------|-------------------------------------------------|-----|---------|------|-----------|---------|-----------|
| Bâtiment DE COMMANDE | Alimentation compteur                           | 2   | 3       | 0,8  | 2,25      | 6       | 4,5       |
|                      | Cabine de relaying n°1 normal                   | 1   | 34 652  | 0,8  | 25657,8   | 34652   | 25657,8   |
|                      | Cabine de relaying n°2 normal                   | 1   | 3 137   | 0,8  | 2092,4    | 3137,1  | 2092,4    |
|                      | Cabine de relaying n°3 normal                   | 1   | 3 137   | 0,8  | 2092,4    | 3137,1  | 2092,4    |
|                      | Cabine de relaying n°1 secouru                  | 1   | 1 485   | 0,8  | 1113,8    | 1485,0  | 1113,8    |
|                      | Cabine de relaying n°2 secouru                  | 1   | 1 920   | 0,8  | 1440,3    | 1920,4  | 1440,3    |
|                      | Cabine de relaying n°3 secouru                  | 1   | 1 920   | 0,8  | 1440,3    | 1920,4  | 1440,3    |
|                      | Tranche Générale Eclairage+Chauffage            | 1   | 75      | 1    | 0,0       | 75,0    | 0,0       |
|                      | Chauffage & Eclairage Armoire salle HF          | 1   | 130     | 1    | 0,0       | 130     | 0,0       |
|                      | Tranche SA Eclairage+Chauffage                  | 1   | 75      | 1    | 0,0       | 75,0    | 0,0       |
|                      | Redresseur 127 Vcc                              | 2   | 15 301  | 0,8  | 11475,9   | 30602,4 | 22951,8   |
|                      | Redresseur 48 Vcc                               | 1   | 5 783,1 | 0,8  | 4337,3    | 5783,1  | 4337,3    |
|                      | Alimentation UPS                                | 1   | 3 200   | 0,8  | 2400      | 3200    | 2 400     |
|                      | Climatiseur salle de commande                   | 1   | 2 000   | 0,8  | 1500      | 2000    | 1 500     |
|                      | Climatiseur salle HF                            | 1   | 2 000   | 0,8  | 1500      | 2000    | 1 500     |
|                      | Climatiseur local des armoires SA               | 1   | 2 000   | 0,8  | 1500      | 2000    | 1 500     |
|                      | Climatiseur logement interimaire                | 1   | 2 000   | 0,8  | 1500      | 2000    | 1 500     |
|                      | Climatiseur bureau                              | 1   | 2 000   | 0,8  | 1500      | 2000    | 1 500     |
|                      | Extracteur d'air logement interimaire           | 1   | 68      | 0,8  | 50,625    | 67,5    | 50,63     |
|                      | Extracteur d'air local des armoires SA          | 1   | 68      | 0,8  | 50,625    | 67,5    | 50,63     |
|                      | Extracteur d'air local des batteries            | 1   | 68      | 0,8  | 50,625    | 67,5    | 50,63     |
|                      | Extracteur d'air local TSA                      | 2   | 68      | 0,8  | 50,625    | 135     | 101,25    |
|                      | Extracteur d'air local GE                       | 3   | 68      | 0,8  | 50,625    | 202,5   | 151,88    |
|                      | Armoire GE:Chauffage +Eclairage                 | 1   | 130     | 1    | 0         | 130     | 0,00      |
|                      | Armoire Eclairage                               | 1   | 2 209,7 | 0,95 | 726,28669 | 2209,68 | 726,29    |
|                      | Coffret Eclairage Ext(candelabres decoratifs 25 | 8   | 576     | 0,95 | 189,32204 | 4608    | 1 514,58  |
|                      | Coffret Eclairage Ext(Luminaire fluorescent 22  | 25  | 1800    | 0,95 | 591,63139 | 45000   | 14 790,78 |
|                      | Armoire Prises                                  | 1   | 34584   | 0,8  | 25938     | 34584   | 25 938,0  |

|                           |           |           |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Somme puissances          | 183 195,0 | 114 405,2 |
| Ks                        | 0,60      |           |
| Somme puissances * Ks     | 109 917,0 | 68 643,1  |
| Puissance apparente (KVA) | 129,59    |           |
| S * Ke (KVA)              | 142,55    |           |

### Remarques :

- Un facteur de simultanéité  $K_s=0,6$  a été appliqué à l'ensemble des charges, vu que les récepteurs ne fonctionnent pas en même temps.
- L'extension du poste est prise en considération, pour cela nous avons appliqué un facteur d'extension  $K_e$  de 1,1.

**Nota :** Après avoir fait un calcul de toutes les puissances consommées par les différents récepteurs, nous constatons que le transformateur (TSA) doit fournir une puissance de 142,55 kVA, mais le client exige un transformateur d'une puissance de 160 kVA.

### 2.2.4. Dimensionnement de la puissance du groupe électrogène :

Le groupe électrogène est utilisé pour alimenter les installations sensibles en cas de perte de la source normale. Sa puissance sera calculée suivant la même méthodologie suivie dans le calcul de la puissance du TSA dans le paragraphe précédent.

Tableau 8: calcul de la puissance du GE

## ECLAIRAGE

|                  | Récepteurs                                | qté | Ku | P ( W ) | Ks | P*Ku*Ks*qté (W) | Som P (W) | Ks  | Som P*Ks (W) |
|------------------|-------------------------------------------|-----|----|---------|----|-----------------|-----------|-----|--------------|
| <b>Eclairage</b> | Salle de commande                         | 3   | 1  | 21,6    | 1  | 64,8            | 6 240,00  | 0,6 | 3 744,0      |
|                  | Local des batteries                       | 2   | 1  | 14,4    | 1  | 28,8            |           |     |              |
|                  | Salle HF                                  | 2   | 1  | 14,4    | 1  | 28,8            |           |     |              |
|                  | Local SA                                  | 2   | 1  | 14,4    | 1  | 28,8            |           |     |              |
|                  | Local interimaire                         | 3   | 1  | 18      | 1  | 54              |           |     |              |
|                  | Local interimaire                         | 1   | 1  | 7,2     | 1  | 7,2             |           |     |              |
|                  | Sanitaire                                 | 3   | 1  | 18      | 1  | 54              |           |     |              |
|                  | Tube fluorescents etanches type exterieur | 28  | 1  | 168     | 1  | 4704            |           |     |              |
|                  | lampe à hublot etanche (portes de Bdc)    | 4   | 1  | 144     | 1  | 576             |           |     |              |
|                  | lampe à hublot etanche (porte du poste)   | 4   | 1  | 144     | 1  | 576             |           |     |              |
|                  | Local Incendie                            | 1   | 1  | 7,2     | 1  | 7,2             |           |     |              |
|                  | Bâtiment des eaux                         | 1   | 1  | 7,2     | 1  | 7,2             |           |     |              |
|                  | Local TSA                                 | 1   | 1  | 7,2     | 1  | 7,2             |           |     |              |
|                  | Local interimaire                         | 1   | 1  | 60      | 1  | 60              |           |     |              |
|                  | Local GE                                  | 1   | 1  | 7,2     | 1  | 7,2             |           |     |              |
|                  | Local gardien                             | 2   | 1  | 14,4    | 1  | 28,8            |           |     |              |

## CABINES DE RELAYAGE

|               | Récepteurs                         | Qté | P ( W ) | Ku   | Ks | P*Ku*Qté | Som P    | Ks  | Som P*Ks |
|---------------|------------------------------------|-----|---------|------|----|----------|----------|-----|----------|
| <b>CR n°1</b> | Alimentation compteur              | 1   | 3       | 1    | 1  | 3        | 1 856,25 | 0,8 | 1 485,0  |
|               | Alimentation moteur sectionneur    | 2   | 851     | 0,75 | 1  | 1276,5   |          |     |          |
|               | Aéro Transfo (pompes+ventilateurs) | 1   | 481     | 0,75 | 1  | 360,75   |          |     |          |
|               | Eclairage Cabine de relayage 1     | 3   | 72      | 1    | 1  | 216      |          |     |          |
| <b>CR n°2</b> | Alimentation compteur              | 1   | 3       | 1    | 1  | 3        | 2 133,75 | 0,9 | 1 920,4  |
|               | Alimentation moteur sectionneur    | 3   | 851     | 0,75 | 1  | 1914,75  |          |     |          |
|               | Eclairage Cabine de relayage 2     | 3   | 72      | 1    | 1  | 216      |          |     |          |
| <b>CR n°3</b> | Alimentation compteur              | 1   | 3       | 1    | 1  | 3        | 2 133,75 | 0,9 | 1 920,4  |
|               | Alimentation moteur sectionneur    | 3   | 851     | 0,75 | 1  | 1914,75  |          |     |          |
|               | Eclairage Cabine de relayage 3     | 3   | 72      | 1    | 1  | 216      |          |     |          |

## Bâtiment DE COMMANDE

|            | Récepteurs                                | Qté | P ( W )  | P*Qté     | Som P (kW) | Ks   | P (kVA) | P*ke (kVA) |
|------------|-------------------------------------------|-----|----------|-----------|------------|------|---------|------------|
| <b>BdC</b> | Alimentation compteur                     | 1   | 3        | 3         | 49,42      | 0,60 | 29,7    | 44,48      |
|            | Cabine de relayage n°1                    | 1   | 1 485    | 1 485     |            |      |         |            |
|            | Cabine de relayage n°2                    | 1   | 1 920,38 | 1 920,38  |            |      |         |            |
|            | Cabine de relayage n°3                    | 1   | 1 920,38 | 1 920,38  |            |      |         |            |
|            | Redresseur 127 Vcc                        | 2   | 15 301,2 | 30 602,41 |            |      |         |            |
|            | Redresseur 48 Vcc                         | 1   | 5 783,13 | 5 783,13  |            |      |         |            |
|            | Alimentation UPS                          | 1   | 4 000    | 4 000     |            |      |         |            |
|            | Armoire Eclairage Interieure & exterieure | 1   | 3 708,0  | 3 708,0   |            |      |         |            |

### Remarque :

- Vu que le nombre des départs dans un jeu de barre diminue, il est évident de recalculer les Facteurs de simultanéité.

- La puissance d'un groupe électrogène s'exprime en kVA sur la base d'un facteur de puissance ( $\cos\phi$ ) théorique de 0,8. Donc la puissance nécessaire doit être supérieure à la puissance active des installations à alimenter, cette puissance est établie lors du bilan des puissances. (NF ISO 8528)
- Les impacts de charge non linéaires ne devront pas dépasser 50 % de la puissance nominale du groupe, lors de la mise sous tension de certains équipements, notamment les moteurs (ascenseurs par exemple), le courant est nettement supérieur à sa valeur en régime établi, il dépend des modes de démarrage. La puissance ainsi est multipliée par un coefficient  $k$  pour tenir compte de l'évolution prévisible des puissances. A défaut,  $k = 1,2$  (NF ISO 8528).

**Nota :** Pour assurer le bon fonctionnement et assurer l'alimentation des services auxiliaires secourus, le groupe électrogène doit avoir une puissance de 44,48 kVA, qui est une valeur inférieure à celle de 70 kVA précisée dans le cahier des charges.

### 3. Les canalisations et la protection basse tension du poste :

#### 3.1. Dimensionnement des canalisations:

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.

En effet, chaque canalisation doit :

- Véhiculer le courant d'emploi permanent et ses pointes transitoires normales;
- Ne pas générer des chutes de tension susceptibles de nuire au fonctionnement de certains récepteurs, comme par exemple les moteurs en période de démarrage, et amenant des pertes en ligne onéreuses.

##### 3.1.1. Logigramme de détermination de la section minimale :

Le logigramme de la figure 14, résume le principe de la méthode de calcul de la section des câbles.

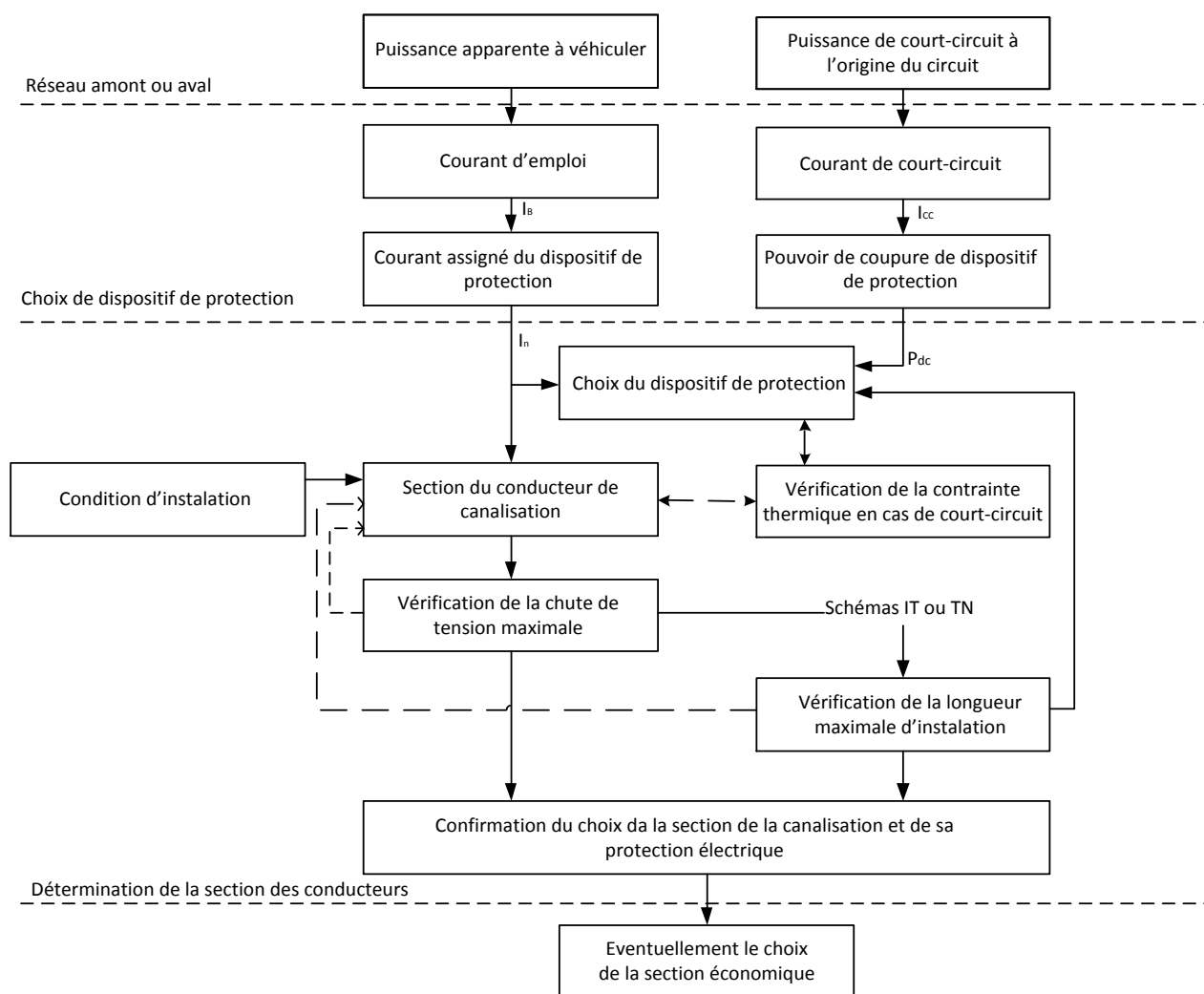


Figure 14 : Logigramme de la détermination de la section d'une canalisation

## 3.1.2. Calcul de la section minimale :

### 3.1.2.1. Détermination du courant maximal d'emploi :

Le courant maximal d'emploi  $I_b$  est défini selon la nature de l'installation alimentée par la canalisation.

Dans le cas de l'alimentation individuelle d'un appareil, le courant  $I_b$  sera égal au courant assigné de l'appareil alimenté. Par contre, si la canalisation alimente plusieurs appareils, le courant  $I_b$  sera égal à la somme des courants absorbés, en tenant compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité de l'installation.

#### ✓ Calcul du courant $I_b$ :

Le courant maximal d'emploi est alors :

| En courant continu                                   | En courant alternatif monophasé                      | En courant alternatif triphasé                                       |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| $I_b = \frac{P \times K_u \times K_s \times K_e}{U}$ | $I_b = \frac{P \times K_u \times K_s \times K_e}{U}$ | $I_b = \frac{P \times K_u \times K_s \times K_e}{\sqrt{3} \times U}$ |

Avec :

- $I_b$  Courant maximal d'emploi
- $S$  Puissance apparente absorbée (VA)
- $P$  Puissance absorbée (W)
- $U$  Tension entre les deux conducteurs pour une alimentation monophasée, ou la tension entre phases pour une alimentation triphasée.

### 3.1.2.2. Calcul du courant admissible $I_a$ :

Le Mode de pose détermine la valeur de  $f_0$  et la lettre de sélection. Ainsi, indique-t-il les autres facteurs de correction correspondants. (*Annexe B, page 127*)

Connaissant ces facteurs qui dépendent de la température, mode de pose, la nature du câble et le type d'isolant, nous en déduits leurs valeurs. (*Annexe B, page 127*)

Puis nous calculons le facteur de correction global :  $f = \prod f_i$  Puis  $I_a = \frac{I_z}{f}$

Enfin, nous déterminons la section du câble à partir de  $I_a$  toléré qui est égal 95% de  $I_a$ . (*Annexe 5, page 128: choix des sections.*)

### 3.1.2.3. Détermination de la section du neutre :

Après avoir dimensionné la section du conducteur de phase, il est nécessaire de dimensionner celle du neutre. Pour cela il faut prendre en considération le taux d'harmonique dans le réseau. Le tableau 11, distingue les différents cas pour choisir la section du neutre.

Tableau 9: Choix de la section du neutre

|                                                                                                                                                                                     | $0 < TH \leq 15\%$                                                  | $15\% \leq TH \leq 33\%$ <sup>(1)</sup>                | $TH > 33\%$ <sup>(2)</sup>                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Circuit monophasés                                                                                                                                                                  | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$                              | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$                 | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$                                                                                                |
| Circuit triphasés+neutre<br>Câbles multipolaire<br>$S_{\text{phase}} \leq 16\text{mm}^2$ Cu ou<br>$25\text{mm}^2$ Alu                                                               | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$                              | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$<br>Facteur 0,84 | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$<br>Sneutre déterminante<br>$IB_{\text{neutre}} = 1,45 \cdot IB_{\text{phase}}$                 |
| Circuit triphasés+neutre<br>Câbles multipolaire<br>$S_{\text{phase}} > 16\text{mm}^2$ Cu ou<br>$25\text{mm}^2$ Alu                                                                  | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}/2$<br>Admis Neutre<br>protégé | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$<br>Facteur 0,84 | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$<br>Sneutre déterminante<br>$IB_{\text{neutre}} = 1,45 \cdot IB_{\text{phase}}$<br>Facteur 0,84 |
| Circuit triphasés+neutre<br>Câbles unipolaire<br>$S_{\text{phase}} \geq 16\text{mm}^2$ Cu ou<br>$25\text{mm}^2$ Alu                                                                 | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}/2$<br>Admis Neutre<br>protégé | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$<br>Facteur 0,84 | $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$<br>$IB_{\text{neutre}} = 1,45 \cdot IB_{\text{phase}}$<br>Facteur 0,84                         |
| (1) Circuits d'éclairage alimentant des lampes à décharge dont les tubes fluorescents dans des bureaux, ateliers, grandes surfaces, etc.                                            |                                                                     |                                                        |                                                                                                                                       |
| (2) Circuits dédiés à la bureautique, l'information, appareils électroniques dans des immeubles de bureaux, centre de calcul, banques, salles de marché, magasins spécialisés, etc. |                                                                     |                                                        |                                                                                                                                       |

Dans notre cas du poste CHEFCHAOUEN, l'ONEE spécifie dans le cahier des charges que le taux d'harmonique est inférieur à 15 %.

### 3.1.2.4. Vérification de la chute de tension :

Après le calcul de la section minimale du câble, une vérification de la chute de tension est recommandée pour s'assurer qu'elle est conforme aux normes. Elle doit être vérifiée entre l'origine de l'installation et l'utilisation.

Si la chute de tension est acceptable, la section normalisée choisie est la section minimale déjà calculée, sinon, la section minimale doit être augmentée avec vérification de la chute de tension jusqu'à l'obtention d'une chute de tension conforme.

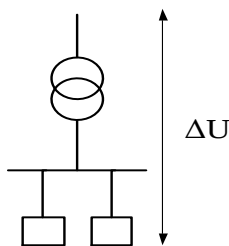


Figure 15: Chute de tension

## ✓ Méthodologie de calcul :

La chute de tension sur une canalisation est calculée par la formule :

En triphasé: 
$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} \times I_b \times L \times \left[ \frac{\rho}{S} \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] \frac{100}{U}$$

En monophasé : 
$$\Delta V(\%) = 2 \times I_b \times L \times \left[ \frac{\rho}{S} \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] \frac{100}{V}$$

Avec :

- L : La longueur du conducteur en km ;
- $I_b$  : Courant d'emploi en A ;
- $\rho$  : La résistivité du conducteur en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$  (23  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$  pour le cuivre) ;
- S : La section du conducteur en  $\text{mm}^2$  ;
- $\lambda$  : La réactance linéique du conducteur en  $\Omega/\text{km}$ , elle vaut 0.08  $\Omega/\text{km}$  pour les câbles ;
- U : La tension nominale entre phases ;
- V : La tension nominale entre phase et neutre.

Les normes imposent que la chute entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs des tableaux suivants (12 et 13):

## Courant alternatif :

Tableau 10: les chutes de tension admissibles en courant alternatif

|                                                                                                                                                                                                                                                                          | Eclairage | Autres usages |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|
| Type A - Installations alimentées directement par un branchement à basse tension, à partir d'un réseau de distribution publique à basse tension                                                                                                                          | 3 %       | 5 %           |
| Type B - Installations alimentées par un poste de livraison ou par un poste de transformation à partir d'une installation à haute tension et installations de type A dont le point de livraison se situe dans le tableau général BT d'un poste de distribution publique. | 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 %.               |           |               |
| Les chutes de tension sont déterminées d'après les puissances absorbées par les appareils d'utilisation, en appliquant le cas échéant des facteurs de simultanéité, ou, à défaut, d'après les valeurs des courants d'emploi des circuits.                                |           |               |

## Courant continu:

Tableau 11: les chutes de tension admissibles en courant continu (d'après CSTG-ONEE)

|           | $\Delta U_n(\%)$ | $\Delta U_{\text{démarrage}}(\%)$ |
|-----------|------------------|-----------------------------------|
| Eclairage | 20               |                                   |
| Moteur    | 20               | 30                                |
| Autre     | 20               | 30                                |

### Remarque :

Pour les canalisations basses tension du poste CHEFCHAOUEN nous avons :

- L'isolant choisit est PVC.
- La section minimale qu'il faut choisir est de  $2.5 \text{ mm}^2$ .

### 3.1.2.5. Exemple de calcul :

Afin d'illustrer la méthodologie de calcul adopté, on se limitera sur un seul départ, du fait que le principe de calcul est le même pour tous les départs.

Prenons comme exemple la canalisation entre le TSA et le jeu de barre 380 Vac. Ainsi nous avons :

- La puissance d'utilisation est  $S_u = 160 \text{ kVA}$ .
- La tension nominale  $U = 380 \text{ V}$
- Le courant d'emploi  $I_b = \frac{S_u}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{160000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 243,09 \text{ A}$
- Le courant nominal : on prend la valeur normalisée juste supérieure, la protection est faite par disjoncteur, alors  $I_n = 250 \text{ A}$

### ✓ Détermination des coefficients de correction f :

✓ D'après le cahier des charges, les câbles sont :

- multiconducteurs
- mode de pose sous caniveau fermé et non ventilé

➔ Donc la lettre de sélection est B.

- ✓ Avec une lettre de sélection B et une installation vide de construction sous caniveau :  $f_0 = 0,95$  ;
- ✓ Avec une température de  $50^\circ\text{C}$  :  $f_1 = 0,71$  (pour un isolant PVC) ;
- ✓ Avec une lettre de sélection B et un nombre de circuit maximal donc  $f_4 = 1$ .

Donc on obtient :

| f    | $I_n$ | $I_z$ | $S_{ph}(\text{mm}^2)$ | $S_n(\text{mm}^2)$ |
|------|-------|-------|-----------------------|--------------------|
| 0,67 | 250   | 370,6 | 150                   | 95                 |

### ✓ Vérification de la chute de tension:

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} \times 243,09 \times 0,033 \times \left[ \frac{23}{150} \times 0,8 + 0,08 \times 0,6 \right] \frac{100}{380} = 0,62$$

La chute de tension est acceptable, donc la section normalisée choisie est la section minimale déjà calculée  $S = 150 \text{ mm}^2$ .

### 3.1.2.6. Résultat de calcul :

Le tableau 14, représente un récapitulatif de calcul effectué pour trouver la section de câble minimale pour la cabine de relaiage N°1, pour les autres cabines et bâtiment de commande vous trouvez leurs

tableaux dans l'*annexe B, page 123*.

**Tableau 12: Calcul des sections des câbles.**

|               | N° de câble  | Destination                                      | L (m) | Ib (A) | Cosφ | In (A) | Facteurs de Correction |      |     |     | I'z    | Sph (mm²) | Chute % | Sn (mm²) |
|---------------|--------------|--------------------------------------------------|-------|--------|------|--------|------------------------|------|-----|-----|--------|-----------|---------|----------|
|               |              |                                                  |       |        |      |        | f0                     | f1   | f4  | f5  |        |           |         |          |
| <b>CR n°1</b> | CIRC R1 n°1  | Armoire sectionneur 245KV                        | 21    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,05    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°2  | Armoire disjoncteur 245KV<br>Chauffage éclairage | 20    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,05    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°3  | Armoire sectionneur 36KV<br>Chauffage éclairage  | 19    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,04    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°4  | Armoire sectionneur 24KV<br>Chauffage éclairage  | 19    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,04    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°5  | aero trnsformateur pompes                        | 30    | 13,96  | 0,80 | 16,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 112,68 | 50,00     | 0,08    | 35,00    |
|               | CIRC R1 n°6  | aero trnsformateur ventilateurs                  | 30    | 12,82  | 0,80 | 16,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 112,68 | 50,00     | 0,07    | 35,00    |
|               | CIRC R1 n°7  | aero trnsformateur éclairage<br>chauffage prise  | 30    | 10,06  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 70,42  | 16,00     | 0,16    | 16,00    |
|               | CIRC R1 n°8  | Armoire disjoncteur 60KV<br>Chauffage éclairage  | 35    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,08    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°9  | Armoire sectionneur 60KV<br>Chauffage éclairage  | 35    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,08    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°10 | Prise locale incendie x2                         | 22    | 40,63  | 0,80 | 40,00  | 0,95                   | 0,71 | 1   | 0,8 | 70,42  | 16,00     | 0,56    | 16,00    |
|               | CIRC R1 n°12 | prises mono 25A                                  | 4     | 22,50  | 0,80 | 25,00  | 0,95                   | 0,71 | 1   | 0,8 | 44,01  | 10,00     | 0,09    | 10,00    |
|               | CIRC R1 n°13 | prises triphasé 100A extérieur                   | 22    | 60     | 0,8  | 63     | 0,95                   | 0,71 | 1   | 1   | 88,73  | 35,00     | 0,40    | 25,00    |
|               | CIRC R1 n°14 | Tranche transfo Chauffage<br>éclairage           | 4     | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,01    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°15 | Tranche barre 225kV Chauffage<br>éclairage       | 20    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,05    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°16 | Climatiseur N1                                   | 6     | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,25    | 2,50     |
|               | CIRC R1 n°17 | Climatiseur N2                                   | 7     | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,29    | 2,50     |
|               | CIRC S1 n°1  | Moteur sectionneur 245kV                         | 21    | 1,58   | 0,80 | 2,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 14,08  | 2,50      | 0,11    | 16,00    |
|               | CIRC S1 n°2  | Aero TRS ventilateur                             | 30    | 12,82  | 0,80 | 16,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 112,68 | 50,00     | 0,07    | 35,00    |
|               | CIRC S1 n°3  | Eclairage cabine de relayage                     | 8     | 0,98   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,04    | 2,50     |

### 3.1.3. Vérification des contraintes thermiques des câbles

Lors du passage d'un courant de court-circuit dans les conducteurs d'une canalisation pendant un temps très court (jusqu'à cinq secondes), l'échauffement est considéré adiabatique; cela signifie que l'énergie emmagasinée reste au niveau du métal de l'âme et n'est pas transmise à l'isolant. Il faut donc vérifier que la contrainte thermique du court-circuit est inférieure à la contrainte thermique admissible du conducteur.

#### 3.1.3.1. Méthodologie de calcul :

La relation utilisée dans le calcul de la contrainte thermique est la suivante :

$$t_c \times I_{cc}^2 \leq k^2 \times S^2$$

Donc la section du conducteur doit satisfaire la condition :  $S \geq \frac{I_{cc}}{k} \sqrt{t_c}$

Avec :

$t_c$  temps de coupure du dispositif de protection en seconde

$S$  section des conducteurs en mm²

$I_{cc}$  courant de court-circuit en A

$K$  coefficient dépend du matériau de l'âme et de la nature de l'isolant :

Tableau 13: Coefficient de matériau de l'âme et de la nature de l'isolant

|           | PVC | PR  |
|-----------|-----|-----|
| Cuivre    | 115 | 135 |
| Aluminium | 74  | 87  |

### 3.1.3.2. Calcul des courants de court-Circuit

#### ✓ Hypothèses de calcul de courant de court-circuit :

Le calcul des valeurs maximales et minimales de courants de court-circuit repose sur les simplifications énumérées ci-dessous.

- Il n'y a pas, pendant la durée du court-circuit, de modification du type de court-circuit concerné, c'est-à-dire qu'un court-circuit triphasé reste triphasé. de même qu'un court-circuit monophasé reste monophasé pendant toute la durée du court-circuit.
- Pendant la durée du court-circuit, il n'y a pas de modification dans le réseau concerné.
- Les résistances d'arc ne sont pas prises en compte.

Bien que ces hypothèses ne se vérifient pas strictement pour les réseaux d'énergie considérés, le résultat du calcul remplit l'objectif qui consiste à donner des résultats qui sont généralement d'une précision acceptable.

#### ✓ Méthode de calcul des courants de court-circuit maximaux :

- *Calcul du courant de court-circuit alternatif:*

Nous nous intéresserons au calcul du courant de court-circuit maximal, ce courant sera évalué par la méthode des impédances, puisque toutes les caractéristiques de la boucle de défauts sont connues, y compris celles de la source d'alimentation.

Cette méthode est applicable à des calculs manuels et elle conduit à des résultats suffisamment précis pour la plupart des applications.

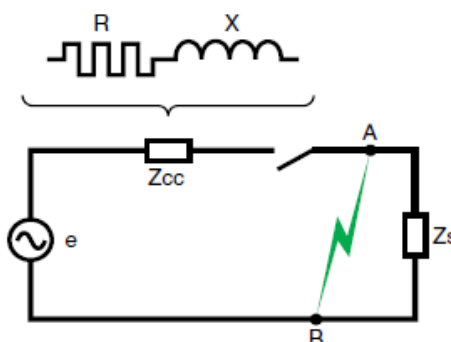


Figure 16: Schéma simplifié d'un réseau

En effet, un réseau simplifié se réduit à une source de tension alternative constante, un interrupteur et une impédance  $Z_{cc}$  représentant toutes les impédances situées en amont de l'interrupteur et une impédance de charge  $Z_s$ .

Sur le schéma précédant l'interrupteur étant fermé, l'intensité  $I_s$  du courant de service qui circule dans le réseau. Un défaut d'impédance négligeable apparaissant entre les points A et B donne naissance à une intensité de court-circuit très élevée  $I_{cc}$ , limitée uniquement par l'impédance  $Z_{cc}$ .

La méthode d'impédance consiste à totaliser séparément les différentes résistances et réactances de la boucle de défaut, depuis et y compris la source, jusqu'au point considéré ; puis à calculer l'impédance correspondante.

Le courant  $I_{ccmax}$  est enfin obtenu par l'application de la relation suivante :

$$I_{cc3} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc}}$$

Avec U (tension composée entre phases) correspondant à la tension à vide du transformateur.

Notons qu'en basse tension, la norme NFC 15-100 applique un coefficient 1,05 à la tension nominale pour le calcul du courant de court-circuit maximal.

Le calcul de l'intensité de court-circuit se résume alors au calcul de l'impédance  $Z_{cc}$ , équivalente à toutes les impédances parcourues par  $I_{cc}$  du générateur jusqu'au point de défaut.

L'impédance équivalente est :

$$Z_{cc} = \sqrt{\left(\sum R\right)^2 + \left(\sum X\right)^2} \text{ (en } m\Omega \text{)}$$

Avec :

$\sum R$  Somme des résistances en série ;

$\sum X$  Somme des réactances en série.

• **Détermination des diverses impédances de court-circuit :**

✚ Impédance du réseau amont :

Dans la plupart des calculs, on ne remonte pas au-delà du point de livraison de l'énergie. La connaissance du réseau amont se limite alors généralement aux indications fournies par le distributeur, à savoir uniquement la puissance de court-circuit  $S_{cc}$  (en kVA). La résistance et la réactance équivalente du réseau amont est :

$$\begin{cases} R_1 = 0,1 \times Z_q \text{ (en } m\Omega \text{)} \\ X_1 = 0,995 \times Z_q \text{ (en } m\Omega \text{)} \end{cases}$$

Avec :  $Z_q = \frac{m \times U}{S_{kq}}$

$S_{kq}$  : Puissance de court-circuit du réseau à haute tension ( $S_{Kq} = 100$  MVA) ;

U : La tension composée nominale au secondaire du transformateur ;

m : Facteur de charge pris égal à 1,05, quelle que soit la source (Transformateur ou générateur).

✚ Impédance interne du transformateur :

Cette impédance se calcule à partir de la tension de court-circuit  $U_{cc}$  exprimée en % :

$$\begin{cases} R_{tr} = 0,31 \times Z_2 \text{ (en } m\Omega \text{)} \\ X_{tr} = 0,95 \times Z_2 \text{ (en } m\Omega \text{)} \end{cases}$$

Avec :  $Z_q = \frac{(m \times U)^2 \times U_{cc}}{100 \times S}$

U : Tension composée du transformateur ;

S : Puissance apparente du transformateur ;

$U_{cc}$  : Tension qu'il faut appliquer au primaire du transformateur pour que le secondaire soit parcouru par l'intensité nominale  $I_n$ , lorsque les bornes secondaires étant court-circuitées.

✚ Impédance interne du groupe électrogène :

$$\begin{cases} R_d = 0 & (\text{en } m\Omega) \\ X_{tr} = \frac{U_n^2 \times X'_d}{S_g \times 100} & (\text{en } m\Omega) \end{cases}$$

Avec :

$X_d$  : Réactance Transitoire ;

$S_g$  : Puissance du groupe Electrogène en kVA.

 Impédance des liaisons :

L'impédance des liaisons  $Z_L$  dépend de leur résistance, réactance linéiques et de leur longueur. La résistance linéique  $R_L$  des canalisations se calcule par la formule suivante :

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

$\lambda = 0,09L$  câbles uni-jointifs ;  
 $\lambda = 0,13L$  câbles uni-espacés ;  
 $\lambda = 0,08L$  câbles uni-trèfles ou multiconducteurs.

Tels que :

$S$  : section du conducteur ;

$\rho$  : sa résistivité;

$L$  : sa longueur.

- **Calcul du courant de court-circuit continu (selon la norme CEI 61660-1):**

Le calcul du courant de court-circuit continu est donné par la formule suivante :

$$I_c = \frac{c \times U_n}{Z_{cc}}$$

Tel que  $Z_{CC}$  est l'impédance du circuit de défaut, on distingue deux cas :

- Si la charge est alimentée par la batterie :  $Z_{cc} = 0,9R_B + 2R_{BL} + 2R_c$
- Si la charge est alimentée par le redresseur :  $Z_{cc} = R_{red} + 2R_{RL} + 2R_c$

Avec :

$c$  : Facteur de tension pris égal à 1,05 ;

$R_{red} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times I_{kqmin}}$  L'impédance du chargeur;

$I_{kqmin}$  : Courant de court-circuit symétrique initial triphasé à l'entrée du réseau minimal ;

$R_B$  : La résistance de la batterie en cas de court-circuit ;

$R_{BL}$  : La résistance du conducteur dans la branche de la batterie ;

$R_{RL}$  : La résistance du conducteur dans la branche du redresseur ;

$R_c$  : La résistance de la branche commune.

Pour la vérification de la contrainte thermique, on utilise le courant maximal entre les deux courant de court-circuit calculé précédemment : en cas de l'alimentation par batterie ou en cas d'alimentation par redresseur.

## 3.1.3.3. Résultat de calcul :

Le tableau ci-dessous, présente le calcul de courant de court-circuit et la vérification de la contrainte thermique fait de l'ensemble des conducteurs de la cabine de relaying N°1, veuillez voir ([annexe B, page 113](#)), pour le calcul de l'ensemble des canalisations basse tension du poste.

| Liaison entre BdC et CR1 |     |        |     | Liaison entre BdC et CR2 |      |        |      | Liaison entre BdC et CR3 |       |        |       |
|--------------------------|-----|--------|-----|--------------------------|------|--------|------|--------------------------|-------|--------|-------|
| Phase                    |     | Neutre |     | Phase                    |      | Neutre |      | Phase                    |       | Neutre |       |
| R                        | X   | R      | X   | R                        | X    | R      | X    | R                        | X     | R      | X     |
| 45,1                     | 8,0 | 90,3   | 8,0 | 252                      | 8,97 | 252,23 | 8,97 | 331,0                    | 11,77 | 331,0  | 11,77 |

|                       | N° de câble                  | Destination                                      | Longueur | Sph | Sn   | Liaison En câbles N°2 |      |        |        | L'impédanc<br>e Z(mΩ) | Icc en KA | Scc en mm² | Verification | Section finale |       |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|----------|-----|------|-----------------------|------|--------|--------|-----------------------|-----------|------------|--------------|----------------|-------|
|                       |                              |                                                  |          |     |      | Phase                 |      | Neutre |        |                       |           |            |              | Sph            | Sn    |
|                       |                              |                                                  |          |     |      | R                     | X    | Rn     | Xn     |                       |           |            |              |                |       |
| Cabine de relavage N1 | DISJ R1 n°0                  | Alim Armoire Normale CR1                         | 1        | 50  | 25   | 0,5                   | 0,1  | 0,9    | 2,0    | 81,43                 | 2,98      | 11,58      | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                       | DISJ R1 n°1                  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage<br>eclairage | 21       | 2,5 | 2,5  | 189,0                 | 1,7  | 189,0  | 0,2    | 546,62                | 0,44      | 1,73       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°2                  | Armoire disjoncteur 245KV Chauffage<br>eclairage | 20       | 2,5 | 2,5  | 180,0                 | 1,6  | 180,0  | 0,2    | 528,74                | 0,46      | 1,78       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°3                  | Armoire sectionneur 36KV Chauffage<br>eclairage  | 19       | 2,5 | 2,5  | 171,0                 | 1,5  | 171,0  | 0,2    | 510,87                | 0,47      | 1,85       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°4                  | Armoire sectionneur 24KV Chauffage<br>eclairage  | 19       | 2,5 | 2,5  | 171,0                 | 1,5  | 171,0  | 0,2    | 510,87                | 0,47      | 1,85       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°5                  | aero trnsformateur pompes                        | 30       | 50  | 25   | 13,5                  | 2,4  | 27,0   | 2,0    | 216,15                | 1,12      | 4,36       | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                       | DISJ R1 n°6                  | aero trnsformateur ventilateurs                  | 30       | 50  | 25   | 13,5                  | 2,4  | 27,0   | 2,0    | 216,15                | 1,12      | 4,36       | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                       | DISJ R1 n°7                  | aero trnsformateur eclaireage chauffage Prise    | 30       | 16  | 16   | 42,2                  | 2,4  | 42,2   | 1,3    | 257,98                | 0,94      | 3,66       | OUI          | 16,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R1 n°8                  | Armoire disjoncteur 60KV Chauffage<br>eclairage  | 35       | 2,5 | 2,5  | 315,0                 | 2,8  | 315,0  | 0,2    | 797,47                | 0,30      | 1,18       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°9                  | Armoire sectionneur 60KV Chauffage<br>eclairage  | 35       | 2,5 | 2,5  | 315,0                 | 2,8  | 315,0  | 0,2    | 797,47                | 0,30      | 1,18       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°10                 | Prises mono 25A interieur x6                     | 4        | 10  | 10   | 9,0                   | 0,3  | 9,0    | 0,8    | 236,68                | 1,02      | 3,99       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                       | DISJ R1 n°11                 | Prises triphasé 100A exterieur                   | 22       | 25  | 16   | 19,8                  | 1,8  | 30,9   | 1,3    | 98,30                 | 2,47      | 9,60       | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R1 n°12                 | Tranche transfo Chauffage eclaireage             | 4        | 2,5 | 2,5  | 36,0                  | 0,3  | 36,0   | 0,2    | 288,87                | 0,84      | 3,27       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°13                 | Tranche barre 225kV Chauffage eclaireage         | 20       | 2,5 | 2,5  | 180,0                 | 1,6  | 180,0  | 0,2    | 573,41                | 0,42      | 1,64       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°14                 | Climatiseur N1                                   | 6        | 2,5 | 2,5  | 54,0                  | 0,5  | 54,0   | 0,2    | 324,10                | 0,75      | 2,91       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°15                 | Climatiseur N2                                   | 7        | 2,5 | 2,5  | 63,0                  | 0,6  | 63,0   | 0,2    | 341,78                | 0,71      | 2,76       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°16                 | Alim Armoire Secouru CR1                         | 1        | 16  | 16   | 1,4                   | 0,1  | 1,4    | 1,3    | 168,71                | 1,44      | 5,59       | OUI          | 16,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R1 n°17                 | Moteur sectionneur 245kV                         | 21       | 2,5 | 2,5  | 189,0                 | 1,7  | 189,0  | 0,2    | 352,52                | 0,69      | 2,68       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°18                 | Aero TRS ventilateur                             | 30       | 50  | 25   | 13,5                  | 2,4  | 27,0   | 2,0    | 180,95                | 1,34      | 5,21       | OUI          | 50,00          | 25,00 |
| DISJ R1 n°19          | Eclairage cabine de relavage | 8                                                | 2,5      | 2,5 | 72,0 | 0,6                   | 72,0 | 0,2    | 504,49 | 0,48                  | 1,87      | OUI        | 2,50         | 2,50           |       |

## 3.2. Protection de l'installation BT:

### 3.2.1. Choix des disjoncteurs :

Le rôle des protections est d'assurer la sécurité des personnes et des biens, ainsi que la continuité de service. Ces fonctions ne se vérifient pas que si le choix des appareils de protections est vérifiée par les normes. Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un disjoncteur sont :

- Le courant assigné ou courant d'utilisation dans les conditions normales ;
- Le pouvoir de coupure (PdC) ;
- La courbe de déclenchement.

Nous rappelons les cinq types de courbes de déclenchement avec leurs cas d'utilisation :

|           |                              |                                                                                                                    |
|-----------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COURBE B  | Déclenchement : 3 à 5 In     | Utilisation : protection des générateurs, des câbles de grande longueur et des personnes dans les régimes IT et TN |
| COURBE C  | Déclenchement : 5 à 10 In    | Utilisation : applications courantes                                                                               |
| COURBE D  | Déclenchement : 10 à 14 In   | Utilisation : protection des circuits à fort appel de courant                                                      |
| COURBE Z  | Déclenchement : 2,4 à 3,6 In | Utilisation : protection des circuits électroniques                                                                |
| COURBE MA | Déclenchement : 12,5 In      | Utilisation : protection des départs moteurs                                                                       |

Sur toute la suite de notre travail les valeurs des courants normalisés sont :

|   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|

**Etude de cas :**

Sachant que la méthodologie suivie est la même pour tous les récepteurs, un seul exemple va être détaillé, prenant l'exemple du départ cabine de relaying n°1:

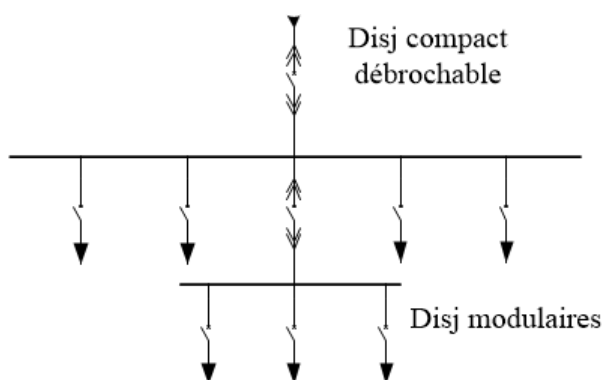
- Puissance apparente utilisée :  $S = 34652 \text{ VA}$  ;
- Courant de court-circuit :  $I_{cc} = 2990 \text{ A}$  ;
- Courant d'emploi :  $I_B = 53,45 \text{ A}$ .

En se basant sur le catalogue des références (Constructeur Schneider) exigé par le contractant, le type de disjoncteur choisi est compact NS avec :

Le type est NS100N-TM63C :

- Calibre est de 100 A ;
- Le pouvoir de coupure est 63 kA ;
- Le type de déclenchement est : C ;
- Nombre de pôles : 4P.

**Remarque :** Chaque armoire contiendra un disjoncteur principal de type compact débrochable et plusieurs disjoncteurs modulaires, comme le montre la figure 17.



**Figure 17: schéma explicatif pour le choix des disjoncteurs**

**Note :** Nous présentons ici le tableau du résultat de calcul pour la cabine de relaying N°1, pour l'intégralité des tableaux de la protection, vous les trouverez dans *l'annexe B*.

Tableau 14: Choix des disjoncteurs de CR1

|                              | N° de câble  | Destination                                   | Calibre Disj en A | Courbe de Decl | Pouvoir de Coupure en kA | Type de Disjoncteur | Nombre de pôles |
|------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|-------------------|----------------|--------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Cabine de relaying N1</b> | DISJ R1 n°0  | Alim Armoire Normale CR1                      | 63                | C              | 10                       | NS100N TM63D        | 4P              |
|                              | DISJ R1 n°1  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage éclairage | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°2  | Armoire disjoncteur 245KV Chauffage éclairage | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°3  | Armoire sectionneur 36KV Chauffage éclairage  | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°4  | Armoire sectionneur 24KV Chauffage éclairage  | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°5  | aero trnsformateur pompes                     | 16                | C              | 10                       | IC60N               | 4P              |
|                              | DISJ R1 n°6  | aero trnsformateur ventilateurs               | 16                | C              | 10                       | IC60N               | 4P              |
|                              | DISJ R1 n°7  | aero trnsformateur éclairage chauffage prise  | 20                | C              | 10                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°8  | Armoire disjoncteur 60KV Chauffage éclairage  | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°9  | Armoire sectionneur 60KV Chauffage éclairage  | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°10 | prises mono 25A interieur x6                  | 32                | C              | 10                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°11 | prises triphasé 100A exterieur                | 63                | D              | 10                       | IC60N               | 4P              |
|                              | DISJ R1 n°12 | Tranche transfo Chauffage éclairage           | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°13 | Tranche barre 225kV Chauffage éclairage       | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°14 | Climatiseur N1                                | 10                | C              | 10                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ R1 n°15 | Climatiseur N2                                | 10                | C              | 10                       | IC60N               | 2P              |
|                              | DISJ S1 n°0  | Alim Armoire Secourue CR1                     | 25                | C              | 10                       | NS100N TM63D        | 4P              |
|                              | DISJ S1 n°1  | Moteur sectionneur 245kV                      | 2                 | D              | 50                       | IC60N               | 4P              |
|                              | DISJ S1 n°2  | Aero TRS ventilateur                          | 16                | D              | 10                       | IC60N               | 4P              |
|                              | DISJ S1 n°3  | Eclairage cabine de relaying                  | 1                 | C              | 50                       | IC60N               | 2P              |

## 3.2.2. Sélectivité :

### 3.2.2.1. Définition :

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

Dans notre cas nous allons vérifier la sélectivité :

#### ✓ Sélectivité ampéremétrique :

La raison de la sélectivité ampéremétrique est l'affaiblissement du courant quand on s'éloigne de la source.

Une protection ampéremétrique est disposée au départ de chaque tronçon. Son seuil est réglé à une valeur inférieure à la valeur d' $I_{cc}$  minimal provoqué par un défaut sur la section surveillée, et supérieure à la valeur maximale du courant provoqué par un défaut situé en aval (au-delà de la zone surveillée).

Ainsi réglée, chaque protection ne fonctionne que pour les défauts situés immédiatement en aval de sa position (à l'intérieur de la zone surveillée), et est insensible aux défauts apparaissant au-delà.

#### ✓ Sélectivité chronométrique :

Cette technique permet d'obtenir une sélectivité au-delà du courant de réglage magnétique du disjoncteur amont. Le principe est de laisser le temps au disjoncteur aval de déclencher en premier en retardant l'action du disjoncteur amont, ce qui impose quelques contraintes.

L'appareil amont doit être temporisable et être capable de supporter le courant de court-circuit et ses effets pendant toute la durée de temporisation. De même, le dimensionnement des conducteurs doit permettre de supporter les contraintes thermiques résultantes.

### 3.2.2.2. Critères de sélectivité

Dans le réseau basse tension le type de sélectivité à mettre en place est la sélectivité ampérométrique renforcée en cas de besoin par une autre chronométrique.

#### ✓ Dans la zone des surcharges :

La sélectivité est assurée en surcharge si le temps de non-déclenchement du disjoncteur amont D1 est supérieur au temps maximal de coupure du disjoncteur D2.

Cette condition est réalisée en pratique si le rapport :

$$IR_1/IR_2 > 1,6$$

#### ✓ Dans la zone des courts-circuits :

Dans ce cas, la protection est sélective si le rapport entre les seuils de réglage magnétique :

$$Im_1/Im_2 > 1,5$$

### 3.2.2.3. Vérification de la sélectivité :

L'évaluation de la sélectivité entre disjoncteur amont et aval repose sur la vérification des deux critères déjà cités.

Nous présentons ici le tableau des résultats de la sélectivité entre disjoncteur général basse tension et disjoncteurs des circuits alternatifs de la cabine de relaying N°1, pour l'ensemble des tableaux récapitulatifs vous pouvez consulter [l'annexe B, page 121](#).

Tableau 15: sélectivités des disjoncteurs de CR1

| DISJ R n°25 et les autres disj CR1 |                  |         |         |                                  |                                   |
|------------------------------------|------------------|---------|---------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Repère                             | Calibre<br>In(A) | Ir1/Ir2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=63A, Im=500)     |                                   |
|                                    |                  |         |         | ampère métrique<br>IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique<br>Icc1/Icc2 > 1,5 |
| DISJ R1 n°1                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°2                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°3                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°4                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°5                        | 16               | 4       | 4       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°6                        | 16               | 4       | 4       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°7                        | 20               | 3       | 3       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°8                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°9                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°10                       | 32               | 2       | 2       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°11                       | 63               | 1       | 1       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°12                       | 1                | 63      | 125     | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°13                       | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°14                       | 10               | 6       | 6       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ R1 n°15                       | 10               | 6       | 6       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ S1 n°1                        | 2                | 32      | 31      | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ S1 n°2                        | 16               | 4       | 4       | vérifié                          | vérifié                           |
| DISJ S1 n°3                        | 1                | 63      | 63      | vérifié                          | vérifié                           |

Comme le montre le tableau la sélectivité est bien vérifiée entre les disjoncteurs de la cabine de relaiage N°1.

### 3.3. Vérification par CANECO BT :

#### 3.3.1. Définition :

**Caneco BT**, est un logiciel de calculs et schémas d'installation électrique basse tension, il est considéré comme leader Européen dans ce domaine.

En effet, Il détermine les canalisations ainsi que tout l'appareillage de distribution d'après une base de données multi-fabricant. Il produit tous les schémas et les documents nécessaires à la conception, réalisation, vérification de l'installation.



#### 3.3.2. Application aux canalisations BT du poste :

Dans notre projet, la version utilisée est la version 5.1, n'intégrant pas le module de courant continu. Alors, on va traiter seulement le réseau alternatif 380/220

La figure suivante présente une partie du schéma unifilaire du réseau alternatif établi sur le logiciel Caneco BT :

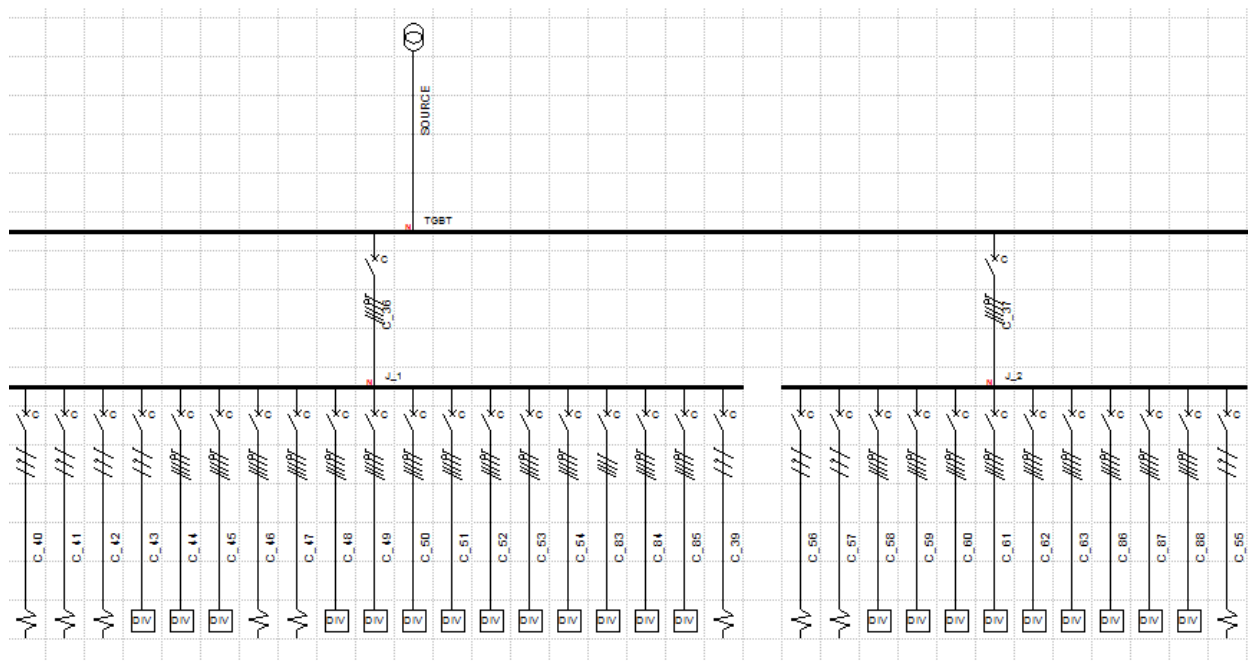


Figure 18: Le schéma unifilaire du réseau alternatif

Après avoir saisi, sur l'interface du logiciel, les différentes informations relatives à l'installation à savoir : Caractéristiques de la source, puissances des récepteurs, longueurs des câbles, modes pose,...etc. Le logiciel nous livre un ensemble de résultats concernant : les chutes de tension, les sections minimales, les réglages des dispositifs de protection, en conformité avec la norme NFC 15-100 en vigueur.

Ainsi, nous avons obtenu les comparaisons explicitées sur le tableau 18 :

Tableau 16: Vérification par CANECO

|            | N° de câble | Longueur | S théorique |     | S Caneco |     |
|------------|-------------|----------|-------------|-----|----------|-----|
|            |             |          | Sph         | Sn  | Sph      | Sn  |
| <b>TSA</b> | CIRC TSA    | 33       | 150         | 95  | 150      | 95  |
| <b>GE</b>  | CIRC GE     | 40       | 95          | 50  | 95       | 50  |
| <b>BdC</b> | CIRC R n°1  | 6        | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°2  | 6        | 6           | 6   | 6        | 6   |
|            | CIRC R n°3  | 6        | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC R n°4  | 16       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°5  | 18       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°6  | 24       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°7  | 8        | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°8  | 26       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°9  | 33       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°10 | 37,7     | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°11 | 27       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°12 | 103      | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°13 | 18       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°14 | 12       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°15 | 13       | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°16 | 18       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°17 | 25       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°18 | 7        | 6           | 6   | 6        | 6   |
|            | CIRC R n°19 | 12       | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°20 | 11       | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°21 | 7        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°22 | 10       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°23 | 9        | 25          | 16  | 25       | 16  |
|            | CIRC R n°24 | 9        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°25 | 13       | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°26 | 19       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°27 | 19       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°28 | 16       | 4           | 4   | 4        | 4   |
|            | CIRC R n°29 | 42       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°30 | 45       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°31 | 45       | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°32 | 45       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°33 | 37       | 6           | 6   | 6        | 6   |
|            | CIRC R n°34 | 37       | 6           | 6   | 6        | 6   |
|            | CIRC R n°35 | 42       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC R n°36 | 100,3    | 50          | 25  | 50       | 25  |
|            | CIRC R n°37 | 112,1    | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC R n°38 | 147,1    | 10          | 10  | 10       | 10  |
|            | CIRC S n°1  | 12       | 25          | 16  | 25       | 16  |
|            | CIRC S n°2  | 13       | 25          | 16  | 25       | 16  |
|            | CIRC S n°3  | 14       | 25          | 16  | 25       | 16  |
|            | CIRC S n°4  | 15       | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC S n°5  | 16       | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC S n°6  | 11       | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC S n°7  | 8        | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC S n°8  | 8        | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC S n°9  | 100,3    | 16          | 16  | 16       | 16  |
|            | CIRC S n°10 | 112,1    | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|            | CIRC S n°11 | 147,1    | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |

|               | N° de câble  | Longueur | S théorique |     | S Caneco |     |
|---------------|--------------|----------|-------------|-----|----------|-----|
|               |              |          | Sph         | Sn  | Sph      | Sn  |
| <b>CR n°1</b> | CIRC R1 n°0  | 1        | 50          | 25  | 50       | 25  |
|               | CIRC R1 n°1  | 21       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°2  | 20       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°3  | 19       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°4  | 19       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°5  | 30       | 50          | 25  | 50       | 25  |
|               | CIRC R1 n°6  | 30       | 50          | 25  | 50       | 25  |
|               | CIRC R1 n°7  | 30       | 16          | 16  | 16       | 16  |
|               | CIRC R1 n°8  | 35       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°9  | 35       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°10 | 4        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|               | CIRC R1 n°11 | 4        | 16          | 16  | 16       | 16  |
|               | CIRC R1 n°12 | 22       | 25          | 16  | 25       | 16  |
|               | CIRC R1 n°13 | 4        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|               | CIRC R1 n°14 | 20       | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R1 n°15 | 6        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|               | CIRC R1 n°16 | 7        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|               | CIRC S1 n°0  | 1        | 16          | 16  | 16       | 16  |
| <b>CR n°2</b> | CIRC R2 n°0  | 1        | 25          | 16  | 25       | 16  |
|               | CIRC R2 n°1  | 31,4     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R2 n°2  | 37,3     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R2 n°3  | 35,5     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R2 n°4  | 4        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|               | CIRC R2 n°5  | 4        | 16          | 16  | 16       | 16  |
|               | CIRC R2 n°6  | 2        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R2 n°7  | 2        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R2 n°8  | 6        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R2 n°9  | 6        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
| <b>CR n°3</b> | CIRC R3 n°0  | 1        | 25          | 16  | 25       | 16  |
|               | CIRC R3 n°1  | 31,4     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R3 n°2  | 37,3     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R3 n°3  | 35,5     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R3 n°4  | 4        | 4           | 4   | 4        | 4   |
|               | CIRC R3 n°5  | 4        | 16          | 16  | 16       | 16  |
|               | CIRC R3 n°6  | 2        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R3 n°7  | 6        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC R3 n°8  | 6        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC S3 n°0  | 1        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC S3 n°1  | 31,4     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC S3 n°2  | 37,3     | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |
|               | CIRC S3 n°3  | 8        | 2,5         | 2,5 | 2,5      | 2,5 |

Les résultats trouvés par CANECO-BT sont les mêmes trouvés théoriquement, ce qui valide nos résultats de calcul.

## 4. Conclusion :

Dans cette partie, nous avons pu dimensionner les différentes sources d'alimentation des services auxiliaires, ainsi que les sections minimales à utiliser pour l'installation des services auxiliaires. Le travail étant fastidieux, vu le grand nombre des circuits. Pour cela nous avons élaboré des notes de calcul sous format Excel pour s'en servir pour les projets similaires. (Voir CD joint au rapport)

# **PARTIE III**

---

## **ÉQUIPEMENT THT, HT & MT**

## 1. Réseau de terre

### 1.1.Introduction

Un réseau de terre est constitué d'un ensemble de conducteurs en cuivre, enterrés à une profondeur de 0,8m, en contact direct avec le sol et reliés électriquement entre eux. Il permet l'évacuation des courants de défaut à la terre. Par conséquent, il assure la sécurité du personnel par rapport aux risques d'électrocution, qui sont dus à un gradient dangereux de tension électrique en cas de défaut d'isolement.

De ce fait, pour que le réseau de terre remplisse bien cette fonction, toutes les carcasses métalliques des appareils électriques doivent être connectées à la terre via les boucles de terre. Ainsi la résistance du circuit de terre, ne doit pas dépasser  $1\Omega$ , et les tensions de toucher et de pas doivent être inférieure aux celles des limites calculées.

**Remarque :**

Nous présenterons dans ce chapitre les résultats finals. Pour plus de détails de calcul, se référer à la feuille de calcul EXCEL à *l'annexe numéro C page 129*.

### 1.2.Dimensionnement du circuit de terre du poste :

#### 1.2.1. Méthodologie de dimensionnement et Prérequis :

Pour dimensionner le réseau de terre, nous allons se baser sur la norme IEEE std 80-2000, dont on résume ici les différentes étapes sous forme d'algorithme :

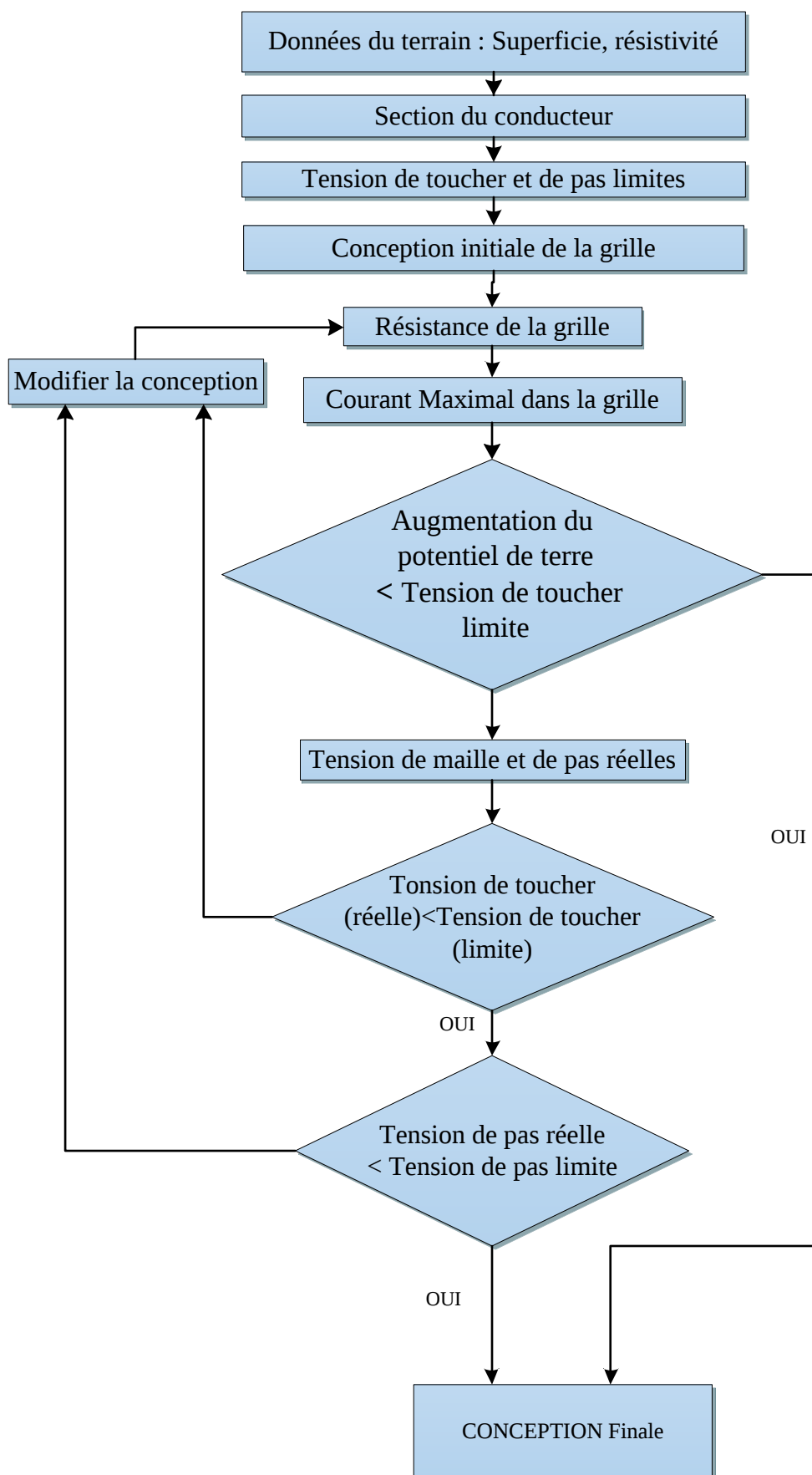


Figure 19: Etapes de dimensionnement de réseau de terre

Afin de dimensionner ce réseau de terre nous avons besoin des paramètres suivant :

- **superficie:**

Ce circuit de terre couvre une superficie de 10 404 m<sup>2</sup>

- **Résistivité :**

D'après l'étude géotechnique effectuée par le laboratoire LABO CONTROL, la nature du sol de CHEFCHAOUEN est une terre végétale avec une teneur en eau comprise entre 0,9 et 22,59%.

La résistivité du sol dépend du type de sol sur lequel l'installation est installée, elle dépend aussi du climat (plus un sol est humide et plus sa résistivité est faible).

Pour un sol type terre végétale la résistivité moyenne varie entre **20** et **100Ω.m**, et puisque le climat de CHEFCHAOUEN est humide (la résistivité diminue avec l'humidité). On prendra alors **ρ= 20Ω.m**.

- **Courant et durée maximal de défaut :**

Le courant de court-circuit maximal est de 40 kA pendant une seconde.

## 1.2.2. Etude théorique du dimensionnement du circuit de terre

### 1.2.2.1. Calcul de la section des conducteurs :

Afin d'assurer l'écoulement des courants qui peuvent atteindre des valeurs extrêmement élevées, la section du conducteur de terre doit être calculée selon la norme IEEE std 80-2000. Pour cela, nous nous baserons sur l'équation suivante :

$$A_{mm^2} = \frac{I_f}{\sqrt{\left(\frac{T_{CAP} \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r}\right) \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

$I_f$  La valeur efficace du courant de défaut en kA ;

$T_{CAP}$  La capacité thermique du conducteur ;

$T_a$  La Température ambiante en °C ;

$T_m$  La température maximale admissible en °C ;

$K_0$  Le coefficient de conductivité thermique et aussi égale à  $\frac{1}{\alpha_0}$  avec  $\alpha_0$  le coefficient de résistivité thermique à 0 °C ;

$t_c$  Le temps d'élimination du défaut en s ;

$\alpha_r$  Le coefficient de résistivité thermique à la température de référence  $T_r$  ;

$\rho_r$  La résistivité du conducteur de terre à la température de référence  $T_r$ .

### Application au projet :

Le matériau utilisé est le cuivre commercial étiré dure, car il résiste à la corrosion, il constitue un bon conducteur, et possède une température de fusion élevée. Nous avons :

Tableau 17: Caractéristiques du cuivre commercial

|                                                                       |         |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Résistivité du conducteur de terre $\rho_r$ en $\mu\Omega/m^3$        | 1.72    |
| Coefficient de résistivité thermique $\alpha_r$ en $(1/^\circ C)$     | 0.00394 |
| Capacité thermique du conducteur $T_{CAP}$ en $J/cm^2 \cdot ^\circ C$ | 3.42    |
| Température max admissible $T_m$ en °C                                | 1084    |
| Température ambiante $T_a$ en °C                                      | 50      |
| Temps d'élimination du défaut en s                                    | 1       |
| Valeur efficace du courant de défaut en kA                            | 40      |
| Coefficient de conductivité thermique $K_a$ en °C                     | 234     |

En appliquant la formule précédente nous trouvons :  $A_{mm^2} = 143,16 mm^2$

Donc nous choisissons la valeur normalisée juste supérieure:  $A_{mm^2} = 147,1 \text{ mm}^2$

## 1.2.2.2. Conception initiale :

Dans une première étape nous avons étudié les plans AUTOCAD du poste afin de localiser les différents massifs du poste comme le montre le schéma suivant.

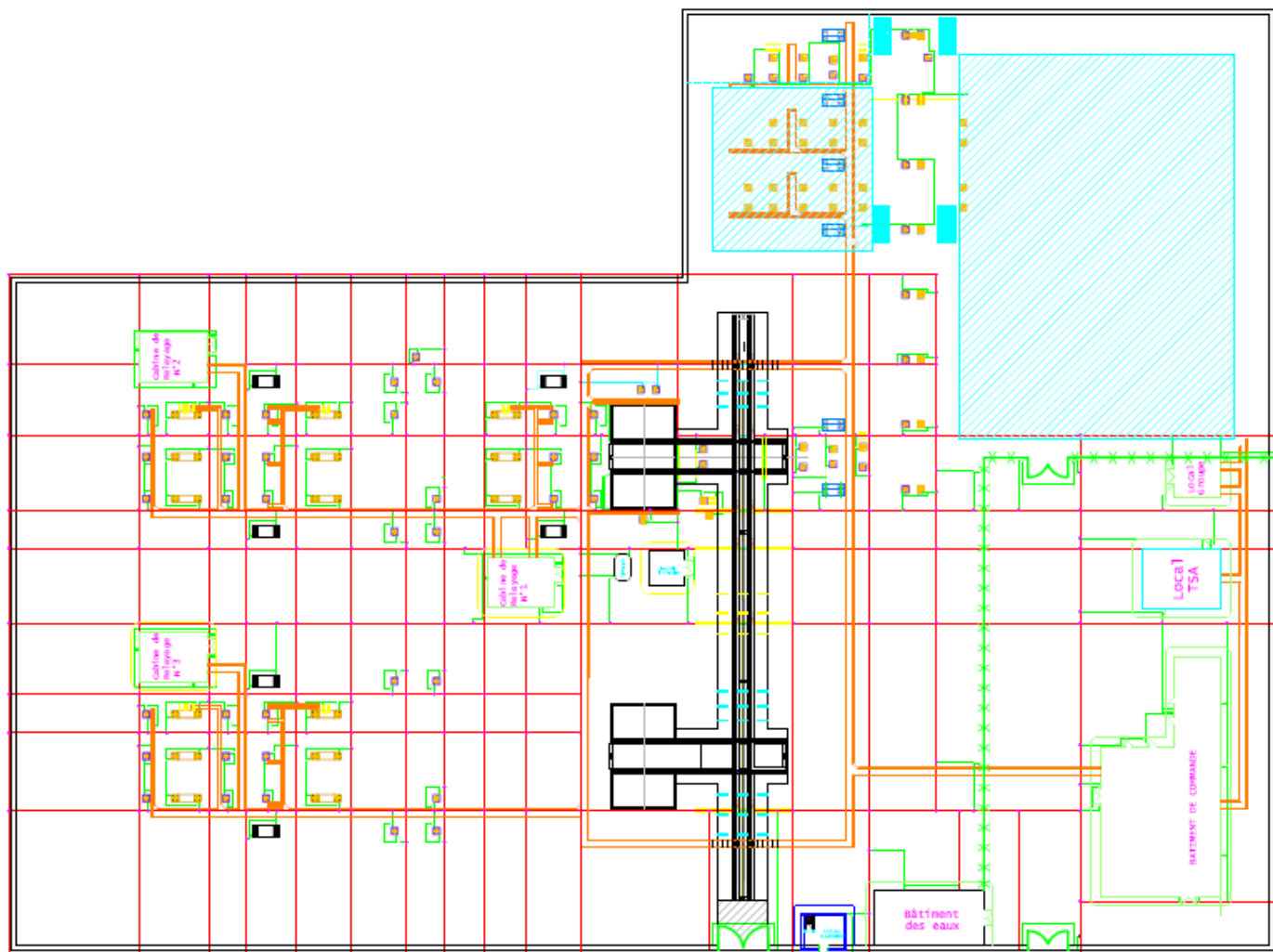


Figure 20: Circuit de terre –poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN (Partie en Rouge)

Après, nous avons procédé au traçage du réseau de terre (partie en rouge) qui consiste à lier les différents massifs du poste à ce réseau :

- Chaque massif doit être relié à ce réseau en deux points par des raccords simples.



Figure 21: Mise à la terre des supports métalliques

- Les connexions entre deux câbles de terre enterrés seront faites par des raccords de sertissage (raccord en C).



Figure 22 : raccords de sertissage

### 1.2.2.3. Résistance de la Grille de terre:

Une bonne grille de terre a une faible résistance permettant la réduction du potentiel maximal de la grille pendant le défaut, ainsi d'éviter les tensions de toucher et de pas dangereuse.

Par conséquent la résistance de la grille est un paramètre de base dans la conception du réseau de terre. Pour calculer  $R_g$ , nous utiliserons la formule suivante :

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

Où :

- $h$  La profondeur d'enterrement de la grille en m ;
- $A$  Aire de la grille en  $m^2$ ;
- $\rho$  Résistivité du sol en  $\Omega m$ ;
- $L_t$  Longueur totale des conducteurs enfouis en m.

### Application au projet :

Nous avons :

Tableau 18: Données du projet de réseau de terre

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Profondeur d'enterrement de la grille en m   | 0,8   |
| Aire de la grille en $m^2$                   | 10404 |
| Résistivité du sol en $\Omega m$             | 60    |
| Longueur totale des conducteurs enfouis en m | 1764  |

Nous trouvons donc :  $R_g = 0,1\Omega < 1\Omega$

La valeur de la résistance de la grille est conforme aux caractéristiques normalisées.

### 1.2.2.4. Tensions de Pas et de toucher limite:

Il est cité précédemment que l'un des rôles essentiels du réseau de terre est la protection des personnes et des biens, Notre calcul sera basé sur les calculs d'évaluation de la sécurité conformes aux pratiques normalisées décrites dans la norme IEEE Std 80-2000.

Le poids corporel influence le calcul de ces tensions. Deux références de calculs sont données 50kg et 70kg.

Pour un poids corporel de 70kg nous avons :

$$E_{toucher70} = (1000 + 1,5C_s \times \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{pas70} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

Et pour un poids corporel de 50 kg nous avons

$$E_{toucher50} = (1000 + 1,5C_s \times \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{pas50} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$\rho_s$  Résistivité du gravier ;

$t_s$  Durée de courant de défaut terre ;

$C_s$  facteur de déclassement

**Remarque :** Il est à noter que la tension limite pour un poids de 50 kg est la plus contraignante, donc on va se baser sur les valeurs données pour ce poids.

Le coefficient  $C_s$  est un facteur de déclassement dû à la présence de matériaux à haute résistivité (gravier) à la surface du sol, il est calculé grâce à l'équation suivante :

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0,09} \quad h_s: \text{ l'épaisseur du matériau de surface en m.}$$

## Application au projet :

### Calcul de $C_s$ :

Nous avons une surface constituée de gravier, ce matériau est choisi d'une résistivité élevée environ 8534,4Ω.m afin de limiter le courant parcourant le corps d'une personne en cas de défaut.

On a donc :  $C_s = 0,69$

Calcul des tensions limites de toucher et de pas, pour le cas d'un poids moyen de 50kg (car c'est l'hypothèse la plus contraignante) :

$$E_{pas}(\text{limite}) = 4707,26 \text{ V}$$

$$E_{toucher}(\text{limite}) = 1544,57 \text{ V}$$

### 1.2.2.5. Tension de pas et de toucher réelle :

#### 1.2.2.5.1. Tension de pas réelle :

L'équation suivante donne la valeur de la tension de pas pour une grille parcourue par le courant  $I_G$  :

$$E_{pas(\text{réelle})} = \frac{K_s \times K_i \times \rho \times I_G}{L_s}$$

$K_i$  Facteur d'irrégularité du courant :  $K_i = 0,644 + 0,148 n$

$K_s$  Facteur géométrique d'espacement :  $K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \left( \frac{1+0,5^{n-2}}{D} \right) \right]$

$L_s$  Longueur totale des conducteurs enterrés :  $L_s = 0,75 \times L_C + 0,85 \times L_R$

$L_C$  la longueur totale des conducteurs de la grille, en m ;

$L_R$  la longueur totale des piquets de terre, en m ;

$n$  Facteur géométrique à calculer dans le paragraphe qui suit.

## 1.2.2.5.2. La tension de maille (tension de toucher réelle) :

La tension de maille est la tension de toucher maximale parcourant une maille de la grille, il est calculé grâce à l'équation suivante :

$$E_m = \frac{\rho_s K_m K_i I_G}{L_M}$$

$K_m$  Facteur géométrique d'espacement

$L_M$  la longueur total des conducteurs enfouis

Le facteur géométrique d'espacement est calculé par la formule suivante :

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left( \frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n - 1)} \right)$$

$K_h$  facteur de pondération pour la profondeur d'enfouissement  $K_h = \sqrt{1 + h}$

$K_{ii}$  facteur de pondération pour les piquets

Dans le cas d'une grille munie de piquets  $K_{ii}=1$ , sinon  $K_{ii} = \frac{1}{2n^{n/2}}$  avec n est un facteur géométrique qui se calcule de la façon suivante :

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = 2 \frac{L_c}{L_p}; n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}} \text{ ou } 1 \text{ si maille carré ;}$$

$$n_c = \left[ \frac{L_x L_y}{A} \right]^{0,7A} \text{ ou } 1 \text{ si maille rectangulaire ou carré}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \text{ ou } 1 \text{ si grille rectangulaire ou carré}$$

D distance entre les conducteurs de la terre, en m.

d diamètre du conducteur de terre, en m. .

h profondeur d'enterrement de la grille, en m.

$L_c$  longueur totale des conducteurs horizontaux dans la grille, en m,

$L_p$  longueur périphérique de la grille, en m,

A l'aire de la grille, en m<sup>2</sup>,

$L_x$  longueur maximale de la grille suivant l'axe des abscisses X, en m,

$L_y$  longueur maximale de la grille suivant l'axe des ordonnées Y, en m,

$D_m$  la distance maximale entre deux points quelconques de la grille, en m.

$L_M$  la longueur effective de la grille

$L_M = L_R + L_C$  Si la grille ne contient pas de piquets

$$\text{Sinon } L_M = L_C + \left[ 1,55 + 1,22 \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

$L_R$  est la longueur totale des piquets en m

$L_r$  est la longueur d'un seul piquet.

## Calcul de l'augmentation du potentiel de terre:

Normalement le réseau de terre est équipotentiel, mais en cas de défaut le courant parcourant la terre cause une différence de potentiel.

La différence de potentiel maximale est connue sous le nom de l'augmentation du potentiel de terre ou GPR (grounds potential rise).

Le GPR est calculé par la formule suivante :

$$GPR = I_G \times R_G$$

GPR augmentation du potentiel de terre

$I_G$  le courant maximal parcourant la grille

$R_g$  la résistance de la grille de terre

## Application au projet:

### Calcul du courant maximal parcourant la grille :

En cas de défaut le courant traversant la grille n'est pas égal au courant de défaut. Une partie de ce courant peut trouver d'autre chemin que la grille, ce phénomène est représenté par le coefficient  $S_f$  appelé coefficient de division du courant. Ainsi on trouve :

$$I_g = S_f \times I_d$$

$I_d$  le courant de défaut

$I_g$  Représente le courant symétrique de défaut, qui ne constitue qu'une partie du courant circulant dans la grille à  $I_g$  s'ajoute une composante continue.

L'effet de cette composante est représenté par le coefficient  $D_f$  appelé facteur de décrémentation, avec

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \left(1 - e^{-\frac{2t_f}{T_a}}\right)}$$

$T_a$  constante de temps de la composante continu  $T_a = \frac{X}{w \times R}$

$t_f$  Durée du courant de défaut

D'où la formule suivante :

$$I_G = D_f \times I_g$$

$I_G$  le courant maximal de défaut

### Pour notre projet :

Afin de déterminer le facteur  $S_f$ , il faut connaître le nombre des arrivés au poste A et le nombre des transformateurs dont le neutre sera lié au circuit terre B.

Pour le poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN, il y a deux arrivées et un seul départ, alors :  $A=2$  et  $B=1$ .

D'après le graphique ci-dessous (figure 23), et pour une résistance de terre  $=0.1\Omega \rightarrow S_f=80\%$

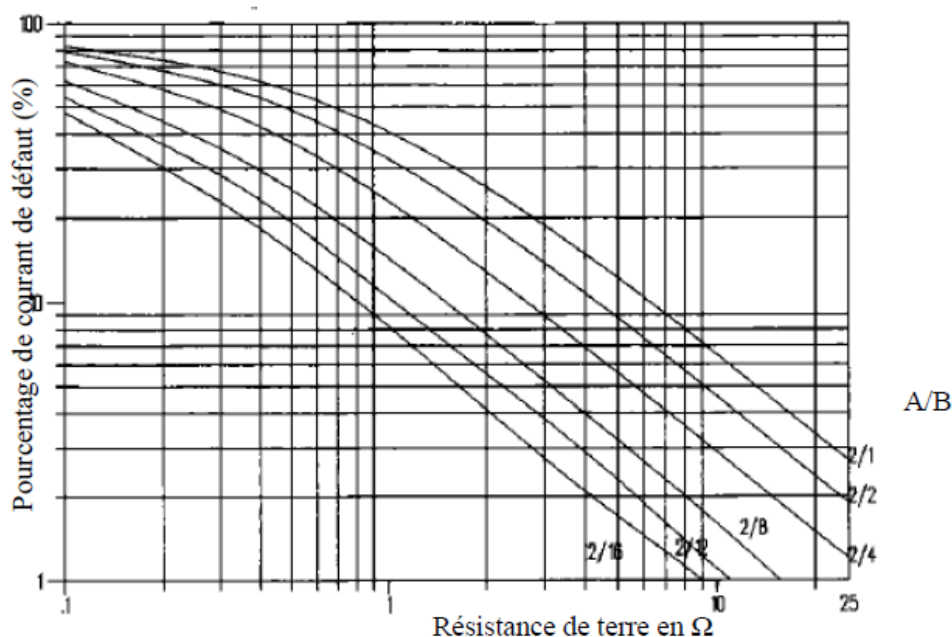


Figure 23: Courbes de Garrett & Patel

Quant au coefficient  $D_f$ , puisque la durée du défaut égale à 1 et  $T_a = \frac{X}{w \times R} = \frac{10}{60} = 0,16$ , donc :  $D_f=1,08$ .

D'où :

- L'augmentation du potentiel de terre est :  $GPR=3453,5 \text{ V}$
- La tension de toucher réelle est :  $E_m(\text{réelle})=295,52 \text{ V}$
- La tension de pas réelle est :  $E_{\text{pas}}(\text{réelle})=85 \text{ V}$

Jusqu'ici nous avons vu comment calculer la limite des tensions de toucher et de pas ainsi que les tensions réelles de toucher et de pas en cas de défaut. Il reste alors à comparer les valeurs réelles aux valeurs limites. Si les tensions réelles sont inférieures aux limites la conception répond exigences citées plus haut. Dans le cas contraire il faut changer la conception ou bien ajouter des piquets, et refaire les calculs précédents.

Et pour notre cas les tensions réelles sont inférieures aux valeurs limites acceptées, donc notre conception satisfait les contraintes de la norme IEEE 80-2000. Les calculs de cette partie concernent la maille la plus grande, afin de vérifier la totalité des mailles de notre conception, nous avons utilisé le logiciel ETAP Power Station.

### 1.2.3. Simulation du circuit de terre par le logiciel ETAP

Cette partie sera l'objet d'une simulation du circuit de terre du poste 226/60 kV de CHEFCHAOUEN en utilisant le logiciel ETAP Power Station.

### 1.2.3.1. Présentation du logiciel ETAP

ETAP est l'outil d'analyse le plus complet pour la conception et l'essai des systèmes de puissance qui peuvent exister dans la réalité. Grâce à ses modules standards de simulation, ETAP peut utiliser les données d'exploitation en temps réel pour la surveillance de pointe, la simulation en temps réel, l'optimisation ...etc.



#### • Interface du logiciel ETAP

Après avoir installé et lancé le logiciel ETAP, la fenêtre suivante apparaît

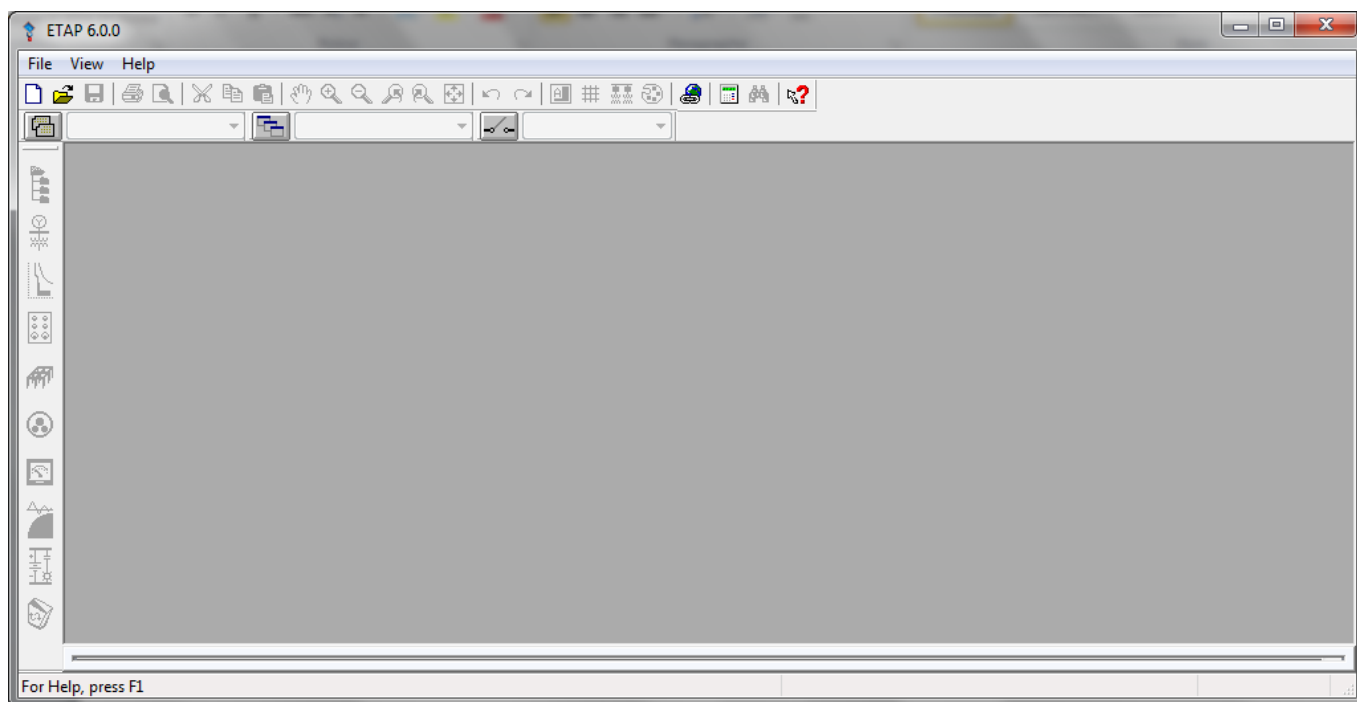


Figure 24: Interface du logiciel ETAP V6.0

### 1.3. Circuit de terre du poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN

Pour créer un nouveau projet : File> New Project

Après avoir choisi de créer un nouveau projet :

- 1 : saisir le nom du projet ;
- 2 : choisir l'emplacement du projet sur le disque dur du PC ;
- 3 : choisir le système d'unités.

#### Remarque :

Pour que notre simulation soit conforme avec notre étude théorique, nous devons choisir le système d'unités "**Metric**" (métrique).

- On saisit les informations de l'utilisateur ;
- Par la suite on s'intéresse à la création de circuit de terre du poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN

Le menu comporte les éléments à insérer pour créer le projet, et pour créer le circuit de terre on suit les étapes suivantes :

On insère l'élément **"Ground grid"** dans la fenêtre **"Edit mode"** en cliquant sur l'élément illustré sur la figure ci-dessous :

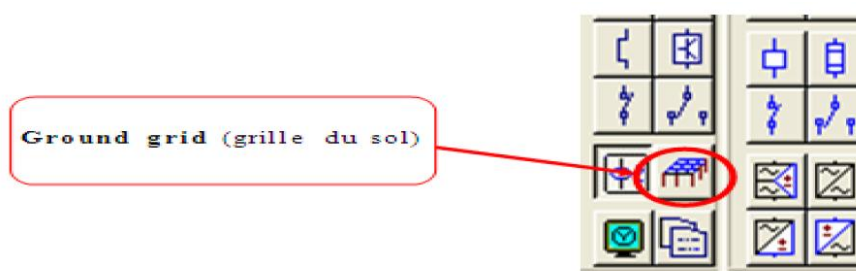


Figure 25: Fenêtre de création du nouveau projet de terre

On aura donc une grille qui s'affiche sur la fenêtre **"Edit mode"**

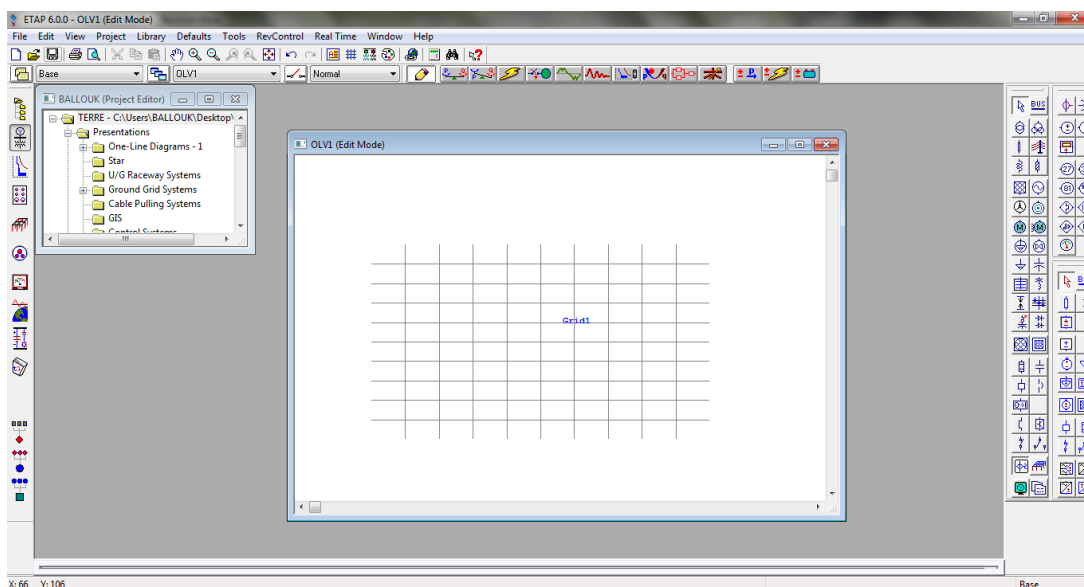


Figure 26: Insertion de la grille de terre

Avec un double clic sur la grille on accède au choix de la méthode de calcul du circuit de terre, deux méthodes sont disponibles : Méthode IEEE, Méthode des éléments finis (MEF).

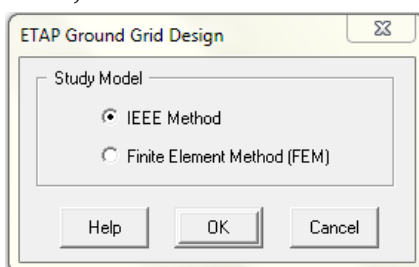


Figure 27: Choix de la méthode de calcul

Après avoir confirmé la méthode, la fenêtre suivante apparaît

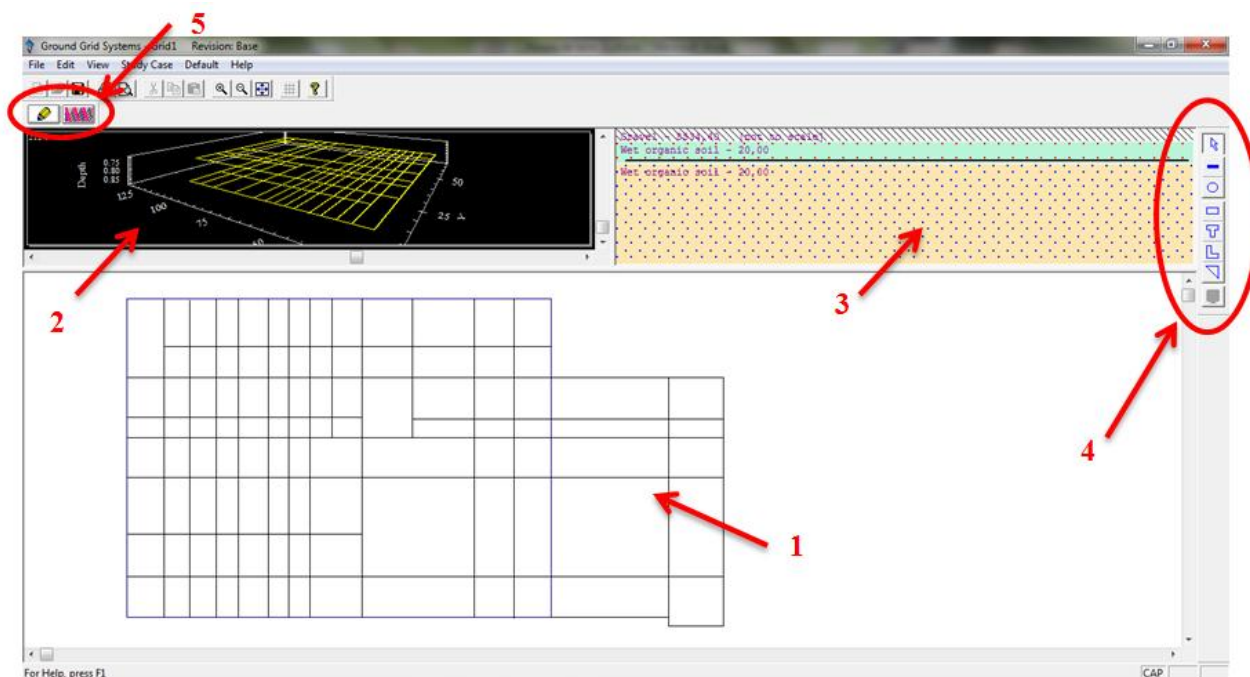


Figure 28: Insertion du circuit de terre du poste de CHEFCHAOUEN

- 1) la zone de dessin de circuit de terre : pour dessiner le circuit de terre on insère conducteur par conducteur en spécifiant les coordonnées (x,y,z) et la nature de chaque conducteur (**la grille qui est dessinée sur cette zone est celle du poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN**)
- 2) zone de l'aperçu de circuit de terre dessiné dans la zone de dessin 1.
- 3) zone de nature de sol sur lequel la grille est enterrée, un double clic sur cette zone nous permet de spécifier les caractéristiques du sol (nature et profondeur...etc.). Par exemple la zone de CHEFCHAOUEN a la configuration suivante : le matériau de surface est le gravier avec une épaisseur de 0,1m un sol humide (résistivité de 20  $\Omega.m$ )
- 4) la barre d'outil ; comporte les formes qu'on peut insérer pour dessiner le circuit de terre.
- 5) comporte deux boutons, à gauche, le bouton permettant d'être en mode d'insertion et de dessin de circuit de terre. A droite, le bouton qui nous permet de saisir les données de courant de défaut et de simuler le circuit de terre.

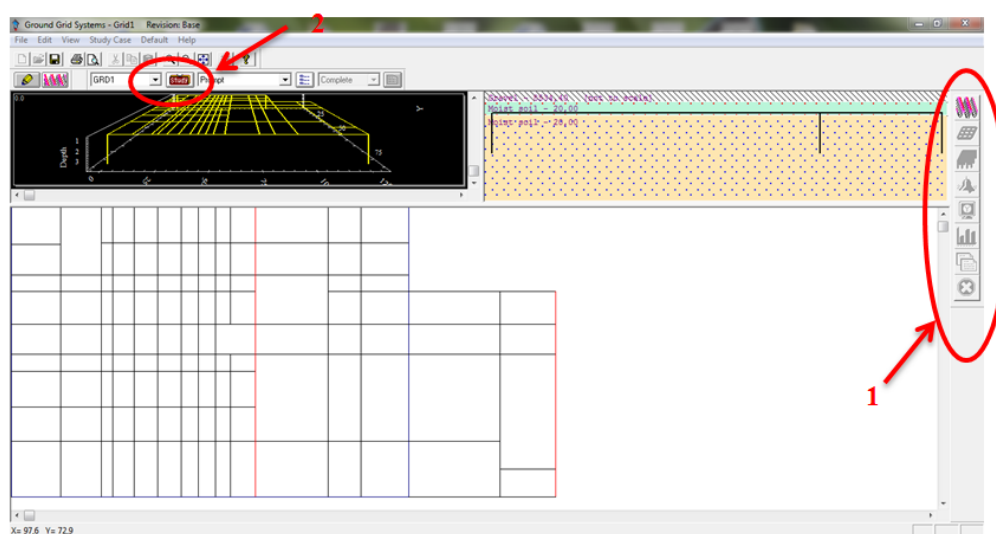


Figure 29: Illustration du bouton permettant de saisir les données de court-circuit

- 1) barre d'outils permettant d'avoir les différents résultats relatifs au circuit de terre.
- 2) bouton "Study" permet de saisir les données suivantes :

GRD Study Case Editor

Study Case

Study Case ID: CHEFCHAOUEN

Options: Weight: ☒ 50 kg, ☐ 70 kg; Ambient Temperature: 50 °C

Method: ☒ Finite Element, ☐ IEEE 80 - 2000, ☐ IEEE 80 - 1986, ☐ IEEE 665 - 1995

Reports & Plots: ☒ Auto Display Summary & Alert, ☐ Report Details; Plot Step: 1; Boundary Extension: 0

Update: ☐ # of Conductors and Rods (Optimization)

Fault Durations: tf: 1 sec., tc: 1 sec., ts: 1 sec.

Ground Short-Circuit Current: ☒ User Specified, Ifg: 40 kA, X/R: 10; ☐ Short-Circuit Study

Grid Current Factors: Sf: 70 %, Cp: 120 %

Remarks 2nd line

Buttons: < CHEFCHAOUEN >, Help, OK, Cancel

Figure 30: Données relatives au courant de défaut

Avec le premier bouton de la barre d'outils illustrée sur la figure 29 on simule le circuit de terre et on a les résultats suivants :

GRD Analysis Alert View for CHEFCHAOUEN

Summary and Alert

Result Summary

|       | Calculated Volts | Tolerable Volts | Location |        |
|-------|------------------|-----------------|----------|--------|
|       |                  |                 | X        | Y      |
| Touch | 851              | 1141,2          | 132,1    | 19,7 m |
| Step  | 349              | 4216,8          | 131,9    | 66,6 m |

GPR: 3879,5 Volts; Rg: 0,11 Ohm

Alarm & Warnings

Buttons: Close, Help

Figure 31: Résultat de simulation

### ➤ Interprétation des résultats

- On remarque bien que les deux tensions, de pas et de toucher, sont inférieures aux valeurs admissibles.
- La résistance de terre  $R_g$  est égale à 0,11  $\Omega$  donc la condition  $R_g < 1\Omega$  est satisfaite
- La simulation a donnée des résultats qui sont conforme avec celles obtenues dans la partie théorique.

- Le logiciel nous donne aussi la zone où les tensions de pas et de toucher sont importantes, cela constitue un point important car on peut améliorer les zones qui présentent le danger.

## ➤ Graphe de tension de pas et de toucher

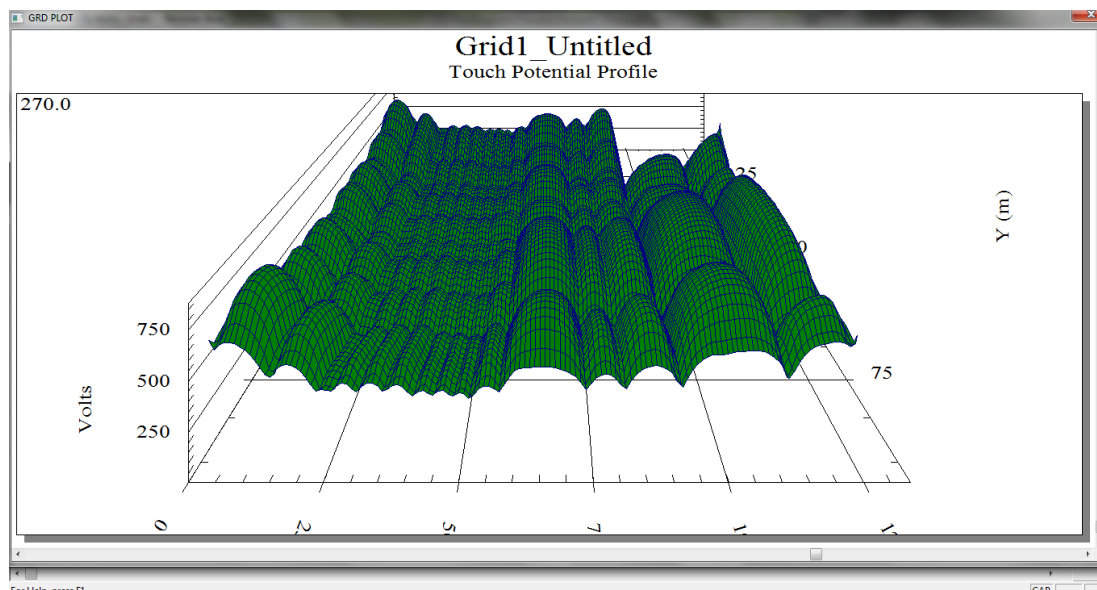


Figure 32: Evolution de tension de toucher

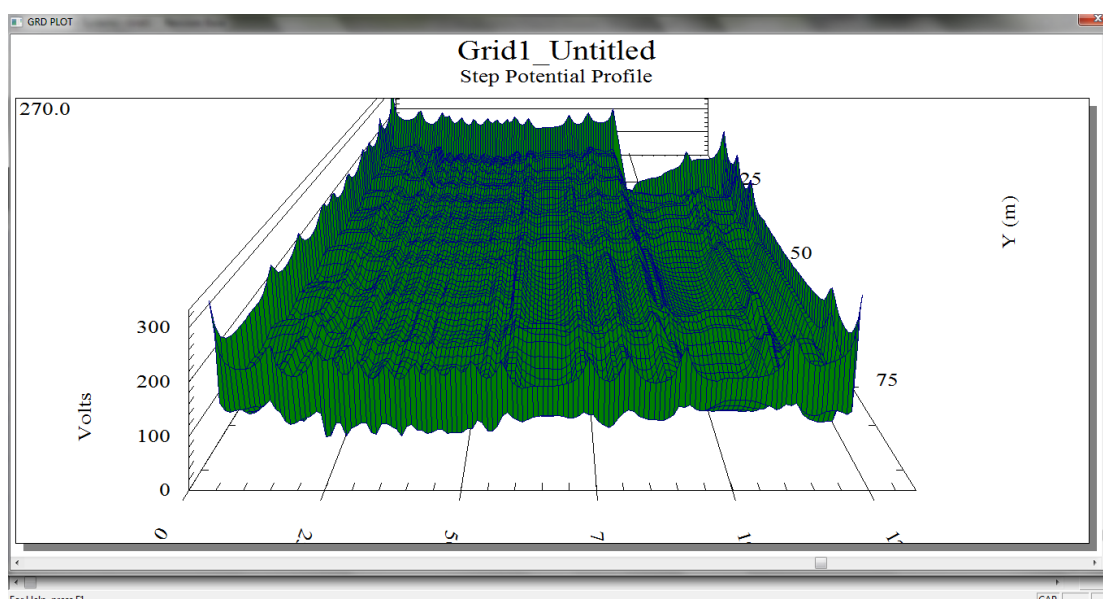


Figure 33: Evolution de tension de pas

## ➤ Interprétation

- Les pires valeurs de tension de toucher et de pas se produisent aux zones où la grille est moins serrée, notamment dans les grandes mailles qui sont aux extrémités de la grille, on déduit donc que l'espacement entre conducteur est un facteur, parmi d'autres, qui influence l'évolution de tension de toucher.
- Le logiciel donne les coordonnées de la zone où les tensions de pas et de toucher sont importantes. Cela constitue donc un point important de la simulation car on peut se baser sur ces coordonnées pour améliorer la grille.

#### 1.4. Conclusion

Dans cette partie nous avons dimensionné le circuit de terre du poste 225/60/11 kV de CHEFCHAOUEN, tout en respectant les données du cahier des charges posé par ONEE et les spécifications de la norme IEEE std 80-2000. Tout d'abord, Nous avons justifié la section du câble de terre, ensuite nous avons vérifié que les deux tensions de pas et de toucher sont inférieures à leurs valeurs admissibles, ce qui signifie que la conception du circuit de terre assure la sécurité des personnes et des biens.

Enfin nous avons passé à la simulation de la grille sur le logiciel ETAP, et les résultats trouvés sont satisfaisants.

## 2. Jeux de barres

### 2.1.Introduction :

La partie jeu de barres est constituée de deux parties : une partie principale en barres d'AGS et une partie secondaire en câble almélec (Alliage à base d'aluminium, magnésium et silicium) pour la liaison entre les barres et d'autres équipements du poste. Afin de dimensionner ces barres il faut s'assurer que les conducteurs doivent vérifier les conditions suivantes :

**Electrique :** Les sections des jeux de barres doivent être dimensionnés pour supporter le courant d'emploi et résister au courant de court-circuit.

**Mécaniques :** Les jeux de barres doivent présenter une résistance mécanique aux conditions imposées par leur emploi : effets électrodynamiques entre les conducteurs.

Pour cela nous nous sommes basés sur la norme IEC 60865-1.

#### Remarque :

Nous présenterons dans ce chapitre un ensemble de résultats. Ayant pour but la vérification de la conformité des jeux de barres à la norme IEC 60865-1. Pour les détails de calcul, il faut se référer à la feuille de calcul EXCEL à *l'annexe D, page 133*.



Figure 34: Jeu de barre 225 kV (à gauche) et 60 kV (à droite)

### 2.2.Dimensionnement des Jeux de barres :

#### 2.2.1. Contraintes Electriques dans les jeux barres:

##### 2.2.1.1. Section des barres :

Le courant nominal transitant dans les jeux de barres est le double de celui provenant d'une seule arrivée, si on suppose que les deux arrivées débitent simultanément dans le même jeu de barres, on trouve :

$$I_{JDB(THT)} = 2 * 2000 = 4000A$$

$$I_{JDB(HT)} = 2 * 1250 = 2500A$$

- Section 1 :

La section supportant le passage du courant nominal est : (d'après le tableau 21)

$$S_{1THT}=2815\text{mm}^2$$

$$S_{1HT}=1492\text{mm}^2$$

Tableau 19: Choix de la section des jeux de barres

| Diamètre (mm) | Section (mm <sup>2</sup> ) | Intensité admissible (A) |          | Portée maximale (m) |
|---------------|----------------------------|--------------------------|----------|---------------------|
|               |                            | tube AGS                 | tube AG3 |                     |
| 26/30         | 176                        | 590                      | 460      | 4,1                 |
| 22/30         | 327                        | 800                      | 620      | 4,75                |
| 30/40         | 550                        | 1160                     | 900      | 6,1                 |
| 40/50         | 707                        | 1250                     | 1120     | 7,33                |
| 54/60         | 537                        | 1330                     | 1030     | 7,45                |
| 50/60         | 864                        | 1700                     | 1320     | 8,35                |
| 64/70         | 631                        | 1540                     | 1200     | 8,37                |
| 60/70         | 1021                       | 1960                     | 1520     | 9,35                |
| 74/80         | 725                        | 1720                     | 1340     | 9,16                |
| 70/80         | 1178                       | 2000                     | 1720     | 10,25               |
| 80/90         | 1335                       | 2470                     | 1920     | 11,25               |
| 90/100        | 1492                       | 2500                     | 2110     | 12,1                |
| 104/120       | 2815                       | 4000                     | 3110     | 15                  |
| 184/200       | 4826                       | 6000                     |          | 21,2                |

• Section 2 :

Cette section est nécessaire pour la tenue thermique du jeu de barre en cas court-circuit triphasé :

La section du conducteur doit satisfaire la condition suivante :  $S_2 \geq \frac{I_{cc}}{k} \sqrt{t}$

- $I_{cc(THT)} \max = 40 \text{ kA}$ ;
- $I_{cc(HT)} \max = 31,5 \text{ kA}$  ;
- k dépend du matériau de utilisé (pour AGS k=104) ;
- t= 1s (temps de coupure maximales des appareils de protection de l'ONEE).

$$S_{2THT} = \frac{40000}{104} \sqrt{1} = 285,71 \text{ mm}^2$$

$$S_{2HT} = \frac{31500}{104} \sqrt{1} = 225 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$S_{THT} = \max(S1, S2) = 2815 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{tube aluminium 120/104 mm}$$

$$S_{HT} = \max(S1, S2) = 1492 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{tube aluminium 100/90 mm}$$

## 2.2.1.2. Effet thermique sur le jeu de barres :

### 2.2.1.2.1. Courant thermique équivalent de courte durée :

Le courant thermique équivalent de courte durée, doit être calculé à partir de la valeur efficace du courant de court-circuit et des facteurs m et n relatifs aux effets thermiques des composantes continues et alternatives du courant de court-circuit en fonction du temps.

Le court-circuit peut se produire à des intervalles rapprochés, donc Le courant thermique équivalent de courte durée est exprimé par la formule suivante :

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n}$$

m Facteur relatif à l'effet thermique de la composante continue :

$$m = \frac{1}{100 T_k \ln(\kappa - 1)} [e^{220 T_k \ln(\kappa - 1)} - 1]$$

$$\kappa = 1 + 0,98e^{-3\frac{R}{X}}$$

n Facteur relatif à l'effet thermique de la composante alternative : n=1 (d'après la norme ).

## 2.2.1.2.2. La résistance thermique au court-circuit :

Les conducteurs du jeu de barres s'échauffent lors d'un court-circuit. Cet échauffement dépend de la durée du court-circuit, de son amplitude et du matériel constitutif du conducteur.

Pour vérifier la résistance à l'échauffement du conducteur il faut calculer la densité du courant de tenue de court de circuit

$$S_{th} = \frac{I_{th}}{A_s} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

Calcul de  $S_{thr}$  :

$$S_{thr} = \frac{K}{\sqrt{T_{kr}}} \quad K = \sqrt{\frac{\kappa_{20} c \rho}{\alpha_{20}} \ln \left( \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_n - 20^\circ C)}{1 + \alpha_{20}(\theta_b - 20^\circ C)} \right)}$$

- c chaleur spécifique du métal
- S section d'une barre
- n nombre de barre(s) par phase
- $I_{th}$  le courant de court-circuit THT
- $T_k$  durée du court-circuit
- $\rho_{20}$  résistivité du conducteur à 20°C
- $\delta$  masse volumique du métal
- $\kappa_{20}$  Conductivité à 20°C
- $\alpha_{20}$  Coefficient de dilatation des câbles
- $A_s$  Section du conducteur

Echauffement admissible :  $\theta = 100^\circ C$

Température ambiante :  $\theta_n = 50^\circ C$

Température pendant le passage de courant de court-circuit :

$$\Delta\theta_{cc} = \frac{0,24 \times \rho_{20} \times I_{th}^2 \times T_k}{(n \times S)^2 \times c \times \delta}$$

La température du conducteur après le court-circuit est :  $\theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc}$

## Application au projet :

|                                                      | Jeu de Barres<br>225kV | Jeu de Barres<br>60kV |
|------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Courant thermique équivalent (A)                     | 40619,80               | 31988,09              |
| Résistance thermique (A/mm <sup>2</sup> )            | 14,43                  | 21,44                 |
| Résistance thermique admissible (A/mm <sup>2</sup> ) | 60,49                  | 61,92                 |

## Interprétation :

Au passage du courant de court-circuit, la densité de courant thermique du jeu de barres est inférieure à la densité limite assignée. En d'autres termes la température du jeu de barres est très inférieure à la température limite de fusion.

## 2.2.2. Contraintes mécaniques dans les jeux de barres :

Les forces électrodynamiques sont induites dans les conducteurs par les courants qui les parcourent. Lorsque de telles forces agissent sur les conducteurs parallèles, elles provoquent des contraintes qui doivent être prises en compte dans le dimensionnement du jeu de barres.

### 2.2.2.1. Effet électrodynamique sur les jeux de barres THT et HT :

Les forces électrodynamiques induites par le courant parcourant les jeux de barres, expose les conducteurs à des flexions, tensions, des compressions et des déplacements. Ce qui nous pousse à prendre en compte les contraintes mécaniques dans le poste.

#### 2.2.2.1.1. Vérification des contraintes dans le jeu de barres

##### 2.2.2.1.1.1. Calcul des forces électrodynamiques :

On a une installation triphasée, les jeux de barres sont disposés avec les mêmes entraxes sur un même plan, la force maximale exercée sur le conducteur principale central pendant le court-circuit est donnée par la formule suivante :

$$F_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\sqrt{3}}{2} I_{p3}^2 \frac{l}{a_m}$$

- $I_{p3}$  la valeur crête du courant de court-circuit ;
- $l$  l'entraxe maximale des supports ;
- $a_m$  la distance entre les barres principaux ;
- $\mu_0$  Perméabilité dans le vide.

##### 2.2.2.1.1.2. Calcul des contraintes dans le jeu de barres

Vu que le conducteur est rigide, les forces axiales sont négligées. Nous ne prendrons donc en considération que les forces de flexion.

Ainsi nous considérerons que les contraintes dans les jeux de barres ne varient qu'en fonction du type et du nombre de supports. L'équation de la force de flexion entre les conducteurs principaux est :

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \frac{F_{m3} l}{8Z}$$

- $V_\sigma$  Rapport entre les contraintes dynamiques et statiques d'un conducteur principal ;
- $V_r$  Rapport entre les contraintes d'un conducteur principal avec et sans réenclenchement automatique tripolaire, avec  $V_\sigma \cdot V_r = 1,8$  d'après la norme;
- $\beta$  Facteur relatif à la contrainte d'un conducteur principal ;
- $Z$  le module de section du conducteur principal et doit être calculé selon la direction des forces entre conducteurs principaux.

Dans notre cas il s'agit d'un tube d'où :  $Z = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$

##### 2.2.2.1.1.3. Calcul de la contrainte admissible dans un conducteur :

Un conducteur seul peut supporter les forces qu'on a citées ci-dessus s'il vérifie la condition suivante:

$$\sigma_m \leq qR_{p0,2} \quad \text{Avec } \sigma_m \text{ défini précédemment}$$

Avec :

$$q = 1,7 \frac{1 - (1 - \frac{2s}{D})^3}{1 - (1 - \frac{2s}{D})^4}$$

- $R_{p0,2}$  la contrainte correspondant à la limite élastique ( $R_{p0,2}=180$  MPa) ;  
 $s$  Epaisseur de la paroi en m;  
 $D$  Diamètre extérieur du jeu de barres en m;  
 $q$  Facteur de plasticité en 1/m.

## Application au projet :

|                               | Jeu de Barres<br>225kV | Jeu de Barres<br>60kV |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Forces électromagnétiques (N) | 1187,69                | 736,55                |
| Contraintes réelle (MPa)      | 39,58                  | 23,04                 |
| Contrainte admissible (MPa)   | 260,73                 | 252,93                |

## Interprétation :

Pendant le passage du courant de court-circuit dans le jeu de barres, la contrainte maximale générée par le court-circuit ne dépasse pas la contrainte limite de rupture supportée par le conducteur, ainsi ce dernier satisfait à la première vérification, à savoir la contrainte due aux efforts électrodynamiques.

### 2.2.2.2. Forces exercées sur les supports des jeux de barres :

La force dynamique  $F_d$  exercée sur les supports des jeux de barres est calculée à partir de cette équation :

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3}$$

- $V_F$  Rapport entre les forces dynamiques et statiques exercées sur les supports ;  
 $V_r$  Rapport entre les contraintes d'un conducteur principal sans réenclenchement automatique tripolaire avec  $V_r \cdot V_F=2,7$  (d'après la norme) ;  
 $\alpha$  Facteur relatif à la force sur un support.

## Application au projet :

La force doit être appliquée, en tant que charge statique, à la structure, aux isolateurs et aux connecteurs :

- Jeu de Barres 225 kV :  $F_d = 3527,45$  N
- Jeu de Barres 60 kV :  $F_d = 2187,57$  N

## Interprétation :

Afin de répondre aux exigences de la norme, l'isolateur utilisé pour supporter les jeux de barres devrait supporter une charge d'au moins égale à  $F_d$ . Ainsi Nous choisirons les isolateurs suivants:

- Isolateur THT (C10-1050) ayant une force limite de rupture :  $F=10$  kN
- Isolateur HT (C10-325) ayant une force limite de rupture :  $F=10$  kN



Figure 35: Isolateurs jeu de Barre 60 kV et 225 kV

### 2.2.2.3. La fréquence propre appropriée :

Notre système mécanique « Jeu de barres » présente une oscillation, qui se caractérise par une fréquence propre. Cette dernière, doit être différente de la fréquence du réseau (50Hz) afin d'éviter la résonance.

La fréquence propre est calculée à partir de cette équation :

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m'}}$$

E Module de Young (E= 69GPa) ;

$\gamma$  Facteur relatif à l'estimation de la fréquence propre ;

$m'$  la masse d'un conducteur principal par unité de longueur en kg/m;

$l$  Entraxe maximal entre support en m,

J Moment quadratique de la section d'un conducteur dont l'expression est ci-dessous :

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

### Application au projet :

- Jeu de Barres 225 kV :  $f_c = 4,48 \text{ Hz}$
- Jeu de Barres 60 kV :  $f_c = 20,71 \text{ Hz}$

### Interprétation :

La fréquence propre est bien loin de la fréquence du réseau, ce qui assure que le jeu de barres est bien conforme à la norme en termes de fréquence propre.

## 2.3. Dimensionnement des Connexions secondaires:

La connexion entre les jeux de barres principaux (rigide) et les sectionneurs se fait soit par des connexions rigides soit par des connexions souples. Ces connexions sont appelées jeux de barres secondaires.

Les connexions utilisées sont de type souple en Almélec (d'après le cahier des charges).

### 2.3.1. Contraintes électrique sur l'almélec :

La vérification de l'effet thermique dans les câbles en almélec se fait de la même manière que pour les Jeux de barres Rigides. Il n'est donc pas nécessaire de réexpliquer la démarche.

### Application au projet :

|                                                     | Câbles en Almélec 225kV | Câbles en Almélec 60kV |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Courant thermique équivalent (A)                    | 40430,62                | 31839,12               |
| Résistance thermique (A/mm <sup>2</sup> )           | 70,93                   | 55,86                  |
| Résistance thermique Admissible(A/mm <sup>2</sup> ) | 77,02                   | 70,22                  |

### Interprétation :

Nous remarquons que le câble almélec vérifie aux conditions thermiques. Comme pour le conducteur Rigide.

## 2.3.2. Contraintes mécaniques sur les connexions:

### 2.3.2.1. Paramètres caractéristiques :

La force électrodynamique caractéristique sur les conducteurs principaux souples pour un réseau triphasé est :

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} 0,75 \frac{(I_{k3})^2}{a} \frac{l_c}{l}$$

- a l'entraxe entre les points centraux des conducteurs principaux ;
- $l_c$  la longueur à la corde du conducteur principal dans la portée ;
- l Entraxe entre deux support ;
- n nombre de conducteur.

Le rapport entre la force électrodynamique et la force de gravité lors d'un court-circuit est un paramètre important donné par :

$$r = \frac{F'}{nm'_s g_n}$$

Et qui donne la direction de la force résultante exercée sur le conducteur :  $\delta_1 = \arctan r$

La flèche statique équivalente du conducteur en milieu de portée est donnée par :

$$b_c = \frac{n m'_s g_n l^2}{8 \times F_{st}}$$

- $g_n$  l'accélération de la pesanteur ;
- $F_{st}$  Force de tension statique dans un conducteur.

La période T de l'oscillation du conducteur est donné par :  $T = 2\pi \sqrt{0,8 \frac{b_c}{g_n}}$

Il s'applique au cas de faibles angles d'oscillation sans passage de courant dans le conducteur.

Pendant le passage de courant de court-circuit la période résultante est donnée par la formule suivante :

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[ 1 - \frac{\pi^2}{64} \left[ \frac{\delta_1}{90^\circ} \right]^2 \right]}$$

### Application au projet :

|                    | Câbles en Almélec 225 kV | Câble en Almélec 60 kV |
|--------------------|--------------------------|------------------------|
| F' (N)             | 57,14                    | 99,23                  |
| r                  | 1,21                     | 2,1                    |
| $\delta_1$ (degré) | 50,42                    | 64,56                  |
| bc (m)             | 0,38                     | 0,2                    |
| T (s)              | 1,02                     | 0,79                   |
| Tres (s)           | 0,92                     | 0,56                   |

### 2.3.2.2. Force exercée sur les isolateurs supports :

La force exercée sur les isolateurs supports est égale au maximum des deux forces suivantes :

## 2.3.2.2.1. Force de tension $F_t$ :

Force de tension maximale due à l'oscillation atteinte pendant le court-circuit dans les conducteurs souples. Les conducteurs sont constitués de plusieurs faisceaux, donc selon la norme la force de tension  $F_t$  est donnée par la formule suivante :

$$F_t = 1,1F_{st}(1 + \varphi\psi)$$

$\varphi, \psi$  Facteurs relatifs à la force de tension ;

$F_{st}$  Force de tension statique.

## 2.3.2.2.2. Force de tension $F_f$ :

Force de tension maximale qui se produit après un court-circuit, lorsque la portée retombe après une oscillation du conducteur, la force de tension  $F_f$  est donnée par la formule suivante :

$$F_f = 1,2F_{st} \sqrt{1 + 8\zeta \frac{\delta_m}{180^\circ}}$$

$\zeta$  Le facteur de Contrainte ;

$\delta_m$  Angle d'oscillation maximal.

### Remarque :

-L'angle d'oscillation calculé  $\delta_m$ , est la valeur maximale qui peut se produire pour le cas le plus défavorable qui correspond à une durée de court-circuit inférieure ou égale à la durée indiquée de court-circuit  $T_{k1}$ .

-A la fin du court-circuit la portée oscille ou retombe. la valeur maximale  $F_f$  pour une portée à la fin de la chute n'est significative que pour  $r > 0,6$

### Application au projet :

|                            | Câbles en Almélec 225kV | Câbles en Almélec 60kV |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| Force de tension $F_t$ (N) | 4733,03                 | 3802,60                |
| Force de tension $F_f$ (N) | 7327,87                 | 4773,03                |
| Max( $F_t, F_f$ ) (N)      | 7327,87                 | 4773,03                |

### Interprétation :

L'isolateur utilisé a les caractéristiques suivantes:

- Isolateur THT (C10-1050) ayant une force limite de rupture :  $F=10$  kN
- Isolateur HT (C10-325) ayant une force limite de rupture :  $F=10$  kN

On remarque que les Forces limites de ruptures des Isolateurs est supérieure au forces de tensions calculées.

## 2.3.2.3. Déplacement de la portée $b_h$ et distance minimal dans l'air $a_{min}$

Le déplacement horizontal maximal  $b_h$  d'une portée, par suite d'un court-circuit, est donné par l'équation suivante :

$$b_h = C_F C_D b_c$$

Tel que :

$$C_F = 1,15$$

$$C_D = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left[ \frac{l}{b_c} \right]^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})} \quad \begin{cases} \varepsilon_{th} = c_{th} \left[ \frac{I_{k3}}{nA_s} \right]^2 \frac{T_{res}}{4} \text{ avec } c_{th} = 0,27 \cdot 10^{-18} \text{ m}^4 / (A^2 s) \\ \varepsilon_{ela} = N(F_t - F_{st}) \end{cases}$$

$C_D$  Facteur de dilatation ;

$C_F$  Facteur de forme ;

$I_k''$  Le courant de court-circuit.

## Application au projet :

- Câbles en Almélec 225 kV :  $b_h = 0,56m$
- Câbles en Almélec 60 kV :  $b_h = 0,37m$

La distance entre les conducteurs est :  $a_m = a - 2b_h$

- Câbles en Almélec 225 kV :  $a_m = 3,1m$
- Câbles en Almélec 60 kV :  $a_m = 0,8m$

## Interprétation :

La distance minimale entre deux conducteurs pendant le court-circuit est positive c'est à dire que les conducteurs ne s'entrechoquent pas.

## 2.4.Conclusion :

Dans cette partie nous avons vérifié des contraintes mécaniques et thermiques des jeux de barres ainsi les connexions en Almélec du poste 225/60/11 kV en exploitant les données du cahier de charges. Nous avons justifié tout d'abord les contraintes limites de ruptures des connexions proposées par l'ONEE, puis nous avons vérifié que la fréquence d'oscillation mécanique est loin de la fréquence du réseau électrique (la résonance). Et finalement, nous avons vérifié que les connexions vérifient la contrainte thermique.

### 3. Réducteurs de mesures et Plan de protection :

#### 3.1.Introduction :

Les dispositifs de protection surveillent en permanence l'état électrique des éléments d'un réseau et provoquent leur mise hors tension (par exemple l'ouverture d'un disjoncteur), lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable: court-circuit, défaut d'isolement, surtension,...etc. Le choix d'un dispositif de protection n'est pas le fruit d'une réflexion isolée, mais une des étapes les plus importantes de la conception d'un réseau électrique.

#### 3.2.Plan de protection :

Afin de limiter les dégâts que peuvent causer les défauts survenus sur un réseau électrique et d'éviter les répercussions que le maintien d'un défaut aurait sur le fonctionnement général du réseau (en particulier la stabilité), il est indispensable d'établir un plan de protection du poste, pour se faire nous nous sommes basés sur « le guide de protections des réseaux industriels », « le plan de protection du réseau de transport, de l'ONE » et sur d'autres documents.

##### 3.2.1. Fonction de protection

La fonction de protection est assurée par un ensemble d'appareillages, localisés dans les postes :

- Les transformateurs de mesure (TT et TC) fournissant les tensions (phase-neutre) et courant de chaque phase ainsi que le courant dans le neutre éventuellement ;
- Les relais de protection ;
- Les disjoncteurs.

Un relais de protection détecte l'existence des conditions anormales par la surveillance continue, et détermine quels disjoncteurs déclencher.

Une protection doit être :

- ✓ Sélective : n'éliminer que la partie en défaut.
- ✓ Sensible : notamment détecter les défauts très résistants.
- ✓ Rapide : réduire les conséquences des défauts.
- ✓ Fiable : éviter déclenchements intempestifs.
- ✓ Economiques : consommer moins d'énergie.
- ✓ Facile à mettre en œuvre et à maintenir.

Il existe plusieurs fonctions de protection, à savoir :

##### 3.2.1.1. Protection de distance (21):

La protection de distance est considérée comme l'une des principales protections, cette protection protège contre les défauts affectant des tronçons de lignes ou de câbles électriques. Elle se distingue par sa caractéristique (temps-distance) à cinq stades.

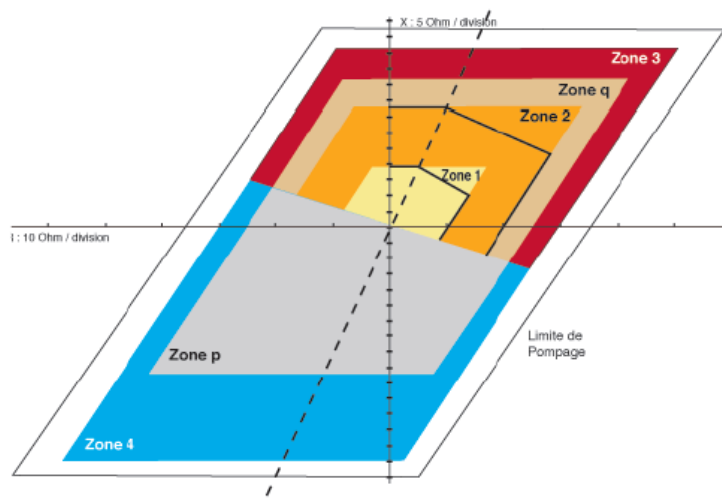


Figure 36: les cinq stades de fonctionnement de la protection de distance

Une protection de distance est constituée de :

- Un dispositif de mesure capable de préciser la position de défaut et transmettre un ordre de déclenchement lorsque le défaut se trouve dans la zone correspondante à son réglage.
- Un dispositif directionnel capable de situer le défaut à droite ou à gauche de la protection considérée et de transmettre un ordre de déclenchement lorsque ce défaut se trouve dans la zone de surveillance.
- Un dispositif de temporisation capable de créer un fonctionnement échelonné de la protection.

**Remarque :**

Pour assurer un bon niveau de sécurité et une parfaite sélectivité, il a été retenu d'équiper chaque départ de : Deux protections de distance comme protections principales pour assurer un secours mutuel en cas de défaillance de l'une d'entre elles. Les deux protections sont de principe et de constructeurs différents afin d'augmenter la fiabilité de l'élimination des défauts.

### 3.2.1.2. Localisateur de défaut (LD):

Il permet de mesurer, à partir des tensions et courants d'un départ, la réactance du tronçon de ligne situé entre ce départ et l'emplacement d'un court-circuit. Cette réactance étant proportionnelle à la distance, l'emplacement du défaut peut alors être déterminé.

Cet appareil permet à l'exploitant de localiser rapidement, dans les terrains d'accès difficile, les avaries telles que rupture de câble, rupture de manchon en ligne, ou ruine de pylône.

### 3.2.1.3. Protection de contrôle de synchronisme (25) :

Le contrôleur de synchronisme sert à autoriser le ré-enclenchement du disjoncteur, Il permet de vérifier que les écarts de tension en amplitude et en phase et les écarts de fréquence entre les circuits à coupler sont acceptables dans les limites prévues pour autoriser la fermeture des disjoncteurs.

### 3.2.1.4. Protection directionnelle de terre (32N) :

Les protections directionnelles de terre sont généralement requises lorsque l'on est confronté à des problèmes de courants capacitifs importants par rapport à la sensibilité du réglage que l'on souhaite adopter pour le relais de protection; l'objectif étant d'éliminer le plus rapidement possible et uniquement le départ en

défaut (principe de base de la sélectivité), tout en le protégeant, bien évidemment. Elle fonctionne en cas de dépassement de seuils de courant résiduels pour les protections (électromécaniques-statiques) et de courant résiduel de puissance résiduelle pour les protections numériques.

#### **3.2.1.5. Protection minimum de tension MU (27)**

A la suite de déclenchement dus aux protections contre les courts circuits, ou aux protections contre les situations anormales de réseau. Il peut arriver que des disjoncteurs se trouvent mis-en hors tension. Cette situation, qui correspond souvent à une coupure de clientèle, est prise en compte par des automates qui, généralement, dans un premier temps, font ouvrir le disjoncteur, et , dans un deuxième temps, utilisent le retour de tension sur l'une des bornes, ou sur les deux bornes, pour refermer les disjoncteurs.

#### **3.2.1.6. Protection maximum de tension (59)**

Cette protection est utilisée pour protéger les matériels contre une tension anormalement élevée. Elle peut aussi être utilisée :

- Pour la vérification d'une présence de tension suffisante afin d'effectuer un transfert d'alimentation, avec dans ce cas un seuil inférieur à  $U_n$ .
- Pour contrôler le fonctionnement du régulateur de tension.

#### **3.2.1.7. Protection Anti-pompage(APR) :**

Les perturbations affectant le réseau de transport peuvent être à l'origine des oscillations des grandeurs électriques. Ces oscillations provoquent des variations de phase et d'amplitude des tensions entre les parties oscillantes du réseau qui se traduisent par des fluctuations de l'impédance vue par la protection de distance. La fonction anti-pompage assure la stabilité des éléments de mesure de distance et évite les fonctionnements intempestifs lors de ces oscillations.

#### **3.2.1.8. Défaillance du disjoncteur (50 BF):**

Elle permet de palier au non ouverture d'un disjoncteur défaillant dont le déclenchement a cependant été commandé. Si le disjoncteur du départ siège du défaut n'est pas ouvert (confirmation par la circulation d'un courant dépassant  $20\%I_n$ ) suite à un ordre de déclenchement par protection, la défaillance disjoncteur émet après échéance après une temporisation TBF1 (50ms) un ordre de déclenchement monophasé à la bobine normale du disjoncteur pour une deuxième confirmation. Si ce dernier reste toujours fermé, un ordre de déclenchement triphasé après TBF2 (150ms) est émis à la bobine de secours de ce disjoncteur et aux disjoncteurs des départs issus du même jeu de barres.

#### **3.2.1.9. Réenclencheur (79):**

Pratiquement la plupart des défauts affectant les réseaux sont fugitifs et ne produisent pas une détérioration durable de l'isolant à l'endroit du court-circuit. Le réenclencheur monophasé dans lequel on ne déclenche et réenclenche que le pôle du disjoncteur de la phase atteinte par le court-circuit, est destiné à éliminer ces défauts fugitifs et semi-permanents de lignes aériennes en limitant au minimum le temps d'interruption de service. Il génère automatiquement des ordres de refermeture de disjoncteur pour réalimenter une ligne aérienne après défaut, et procède en plusieurs étapes :

- A l'apparition du défaut, déclenchement pour mise hors tension du circuit.
- Temporisation nécessaire à la reconstitution de l'isolement à l'endroit du défaut.
- Réalisation du circuit par réenclenchement.

## 3.2.1.10. Enregistreur de perturbations (EP):

Il est destiné à enregistrer et à restituer sur le même tracé graphique les quatre courants (les courants R, S, T de phase et le courant homopolaire) et les quatre tensions alternatives (les tensions R, S, T de phases et la tension homopolaire) ainsi que des signaux logiques et éventuellement les taux d'harmoniques des courants et des tensions. Ces enregistrements sont gardés en mémoire pendant quelques centaines de millisecondes et sont restitués sur imprimante. Les enregistrements effectués juste avant l'incident font bien entendu partie de la restitution, car c'est là l'intérêt essentiel de l'appareil.

## 3.2.1.11. Protection du transformateur :

### 3.2.1.11.1. Protections contre les défauts internes :

#### 3.2.1.11.1.1. Protection différentielle (87T)

Elle se base sur le principe de comparaison phase par phase des courants entrants et sortants du transformateur par un montage sensible à leur différence vectorielle.

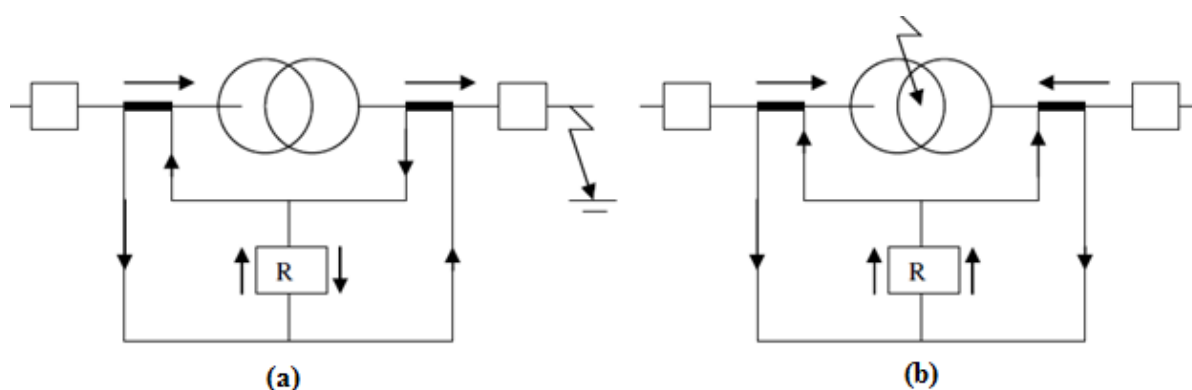


Figure 37:(a) TR sain ou défaut externe  $I_{relais} = 0$  (b) TR en défaut  $I_{relais}$  proportionnel à  $I_{cc}$

#### 3.2.1.11.1.2. Protection masse cuve (50/51)

Lorsqu'un défaut se produit entre les bobinages du transformateur et la cuve, on isole la cuve par rapport au sol par l'intermédiaire de plaques isolantes (au moins  $8\Omega$ ). Un transformateur de courant est placé en série avec la cuve et la terre par un conducteur en cuivre. Ce transformateur alimente un relais ampèremétrique qui provoque le déclenchement instantané des disjoncteurs encadrant le transformateur.

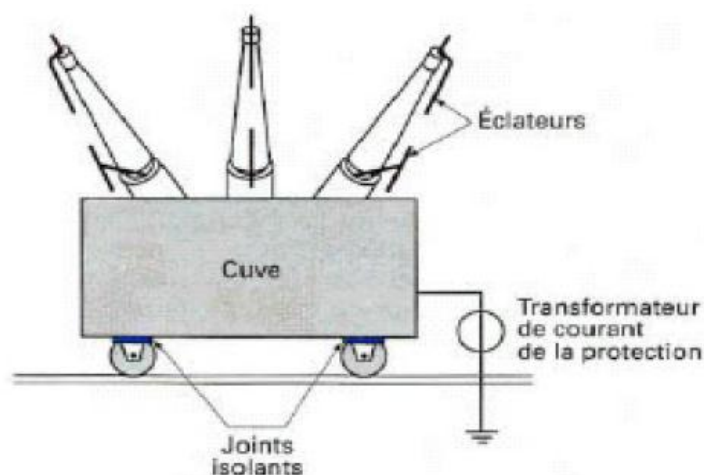


Figure 38: Protection de masse cuve

### **3.2.1.11.2. Protections contre les défauts externes :**

#### **3.2.1.11.2.1. Protection de surcharge (49)**

Elle peut être :

- Une protection par image thermique :  
Qui utilise une sonde à résistance chauffée par un courant proportionnel à celui du transformateur et placée dans l'huile de celui-ci.
- Un dispositif de contrôle de surcharge :  
Utilisant à la fois les informations sur la température de l'huile et sur l'amplitude de  $I_{\text{surcharge}}$ . Ce dispositif possède deux stades de fonctionnement : 1er stade : avec une temporisation de 20 minutes environ et permet une intervention « humaine » sur l'exploitation du réseau, à l'apparition de la signalisation de surcharge. 2ème stade : possède une temporisation de déclenchement de 10 secondes environ (ou instantanée). Elle peut également être à temps inverse.

#### **3.2.1.11.2.2. Protection de surtension : Eclateurs et parafoudres**

Deux moyens de protection contre les surtensions sont utilisés de manière large : les éclateurs et les parafoudres.

- Les éclateurs sont les dispositifs les moins coûteux et les plus rustiques. Ils sont utilisés exclusivement sur les réseaux aériens.
- Les parafoudres offrent une protection plus performante, mais pour un coût notablement plus élevé.

#### **3.2.1.11.2.3. Protection à maximum de courant phases :**

Ces protections ont pour opérande la mesure du courant de court –circuit. Selon son intensité et se basant sur des courbes de temps fixe, inverse ou indépendante elles donnent un ordre de déclenchement. Elles sont fortement utilisées pour la protection contre les surtensions et les courts-circuits.

### **3.2.2. Le plan de protection proposé du poste de CHEFCHAOUEN**

L'architecture du plan de protection que nous avons proposé se présente comme le montre les figures 41, 42 et 43 :

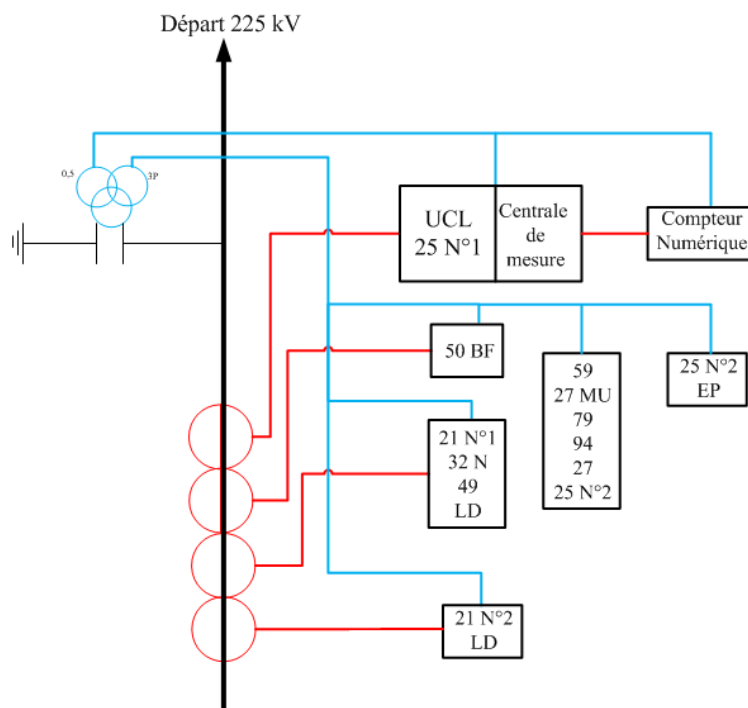


Figure 39: schéma synoptique de protection du départ 225KV.

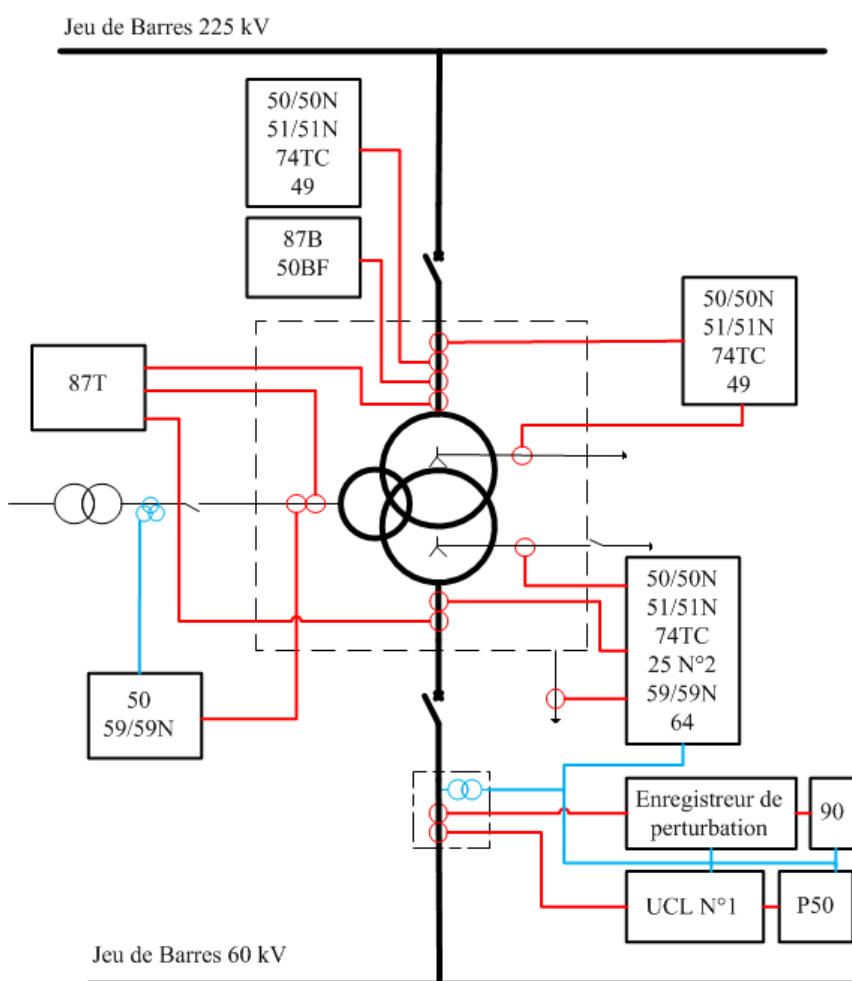


Figure 40: schéma synoptique de protection du transformateur

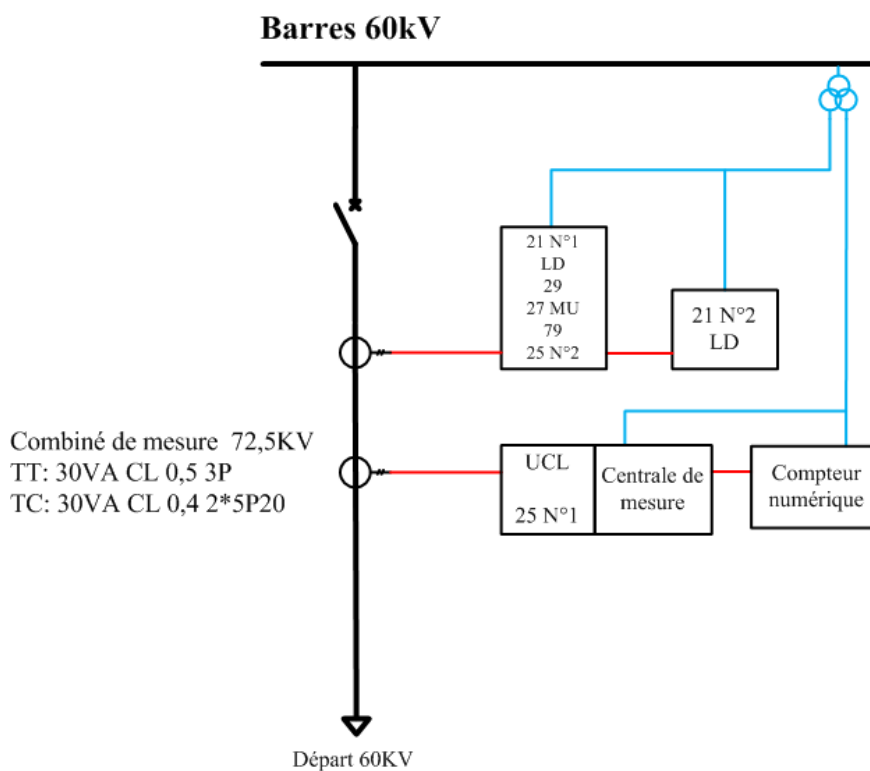


Figure 41: schéma synoptique de protection du départ 60KV

Les trois figures indiquent sur chaque emplacement les protections assurées par les différents relais installés sur le poste. Ce plan de protection proposé est réparti sous forme de tranches :

- Deux tranches départs 225 kV
- Tranche barre 225 kV
- Tranche transformateur 225/60/11 kV
- Tranche barre 60 kV
- Tranches départ 60 kV

Le tableau 23, montre les types de relais choisis :

Tableau 20: types de relais choisis pour chaque fournisseur

| Tranche                     | Code ANSI   | Type de protection                                                                        | Solution GE       |
|-----------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Départ 225 kV               | 25          | Contrôle de synchronisme N°1                                                              | D25               |
|                             | 21          | Protection distance N°1 avec localisateur de défaut                                       | D60               |
|                             | 32 N        | Protection directionnelle homopolaire Po à temps inverse                                  |                   |
|                             | 49          | Protection de surcharge thermique                                                         |                   |
|                             | 94          | la supervision des circuits de déclenchement                                              |                   |
|                             | 21          | Protection distance N°2 avec localisateur de défaut                                       | P444<br>Schneider |
|                             | 29          | Protection min de tension à 2 seuils temporisés chacun avec « ET » des 3 tensions simples | C60 N°2           |
|                             | 59          | Protection de surtension avec « ET » des 3 tensions simples                               |                   |
|                             | 27          | Protection manque de tension                                                              |                   |
|                             | 59          | Protection de tension homopolaire (contrôle TCT)                                          |                   |
|                             | 79          | Réencclencher                                                                             |                   |
|                             | 25          | Contrôle de synchronisme N°2                                                              |                   |
|                             | 94          | la supervision des circuits de déclenchement                                              |                   |
|                             | 50 BF/ 51BF | Protection défaillance disjoncteur                                                        | C60 N°1           |
|                             | EP          | Enregistreur de perturbations                                                             | D25 N°2           |
| Barre 225 kV                | ET          | Enregistrement de tension                                                                 | D25               |
|                             | 29          | protection minimum de tension                                                             | F650              |
| Transformateur 225/60/11 kV | 25          | Contrôle de synchronisme N°1                                                              | D25 N°1           |
|                             | 49          | Contrôle de charge                                                                        | F650 N°1          |
|                             | 51          | Protection max du courant coté 225 kV à 2 seuils                                          |                   |
|                             | 51N         | Protection max du courant neutre coté 225 kV à 2 seuils                                   |                   |
|                             | 94          | La supervision des circuits de déclenchement pour 225 kV                                  | F650 N°2          |
|                             | 49          | Protection de surcharge thermique                                                         |                   |
|                             | 51          | Protection max I phases 60 KV à 2 seuils                                                  |                   |
|                             | 51N         | Protection max I neutre 60 KV à 2 seuils                                                  |                   |
|                             | 64          | Protection masse cuve avec TC cuve spécifique                                             |                   |
|                             | 59          | Protection de surtension                                                                  |                   |
|                             | 59          | Protection voltométrique homopolaire coté 60 kV                                           | F650 N°3          |
|                             | 25          | Contrôle de synchronisme N°2                                                              |                   |
|                             | 94          | La supervision des circuits de déclenchement pour 60 kV                                   |                   |
|                             | 51MT        | Protection max I phases 11 kV                                                             | C60               |
|                             | 59          | Protection voltométrique homopolaire coté 11 kV                                           |                   |
|                             | 94          | La supervision des circuits de déclenchement pour 11 kV                                   | F650 N°4          |
|                             | 51BF        | Protection défaillance disjoncteur                                                        |                   |
|                             | 94          | La supervision des circuits de déclenchement pour 225 kV                                  | D25 N°2           |
|                             | EP          | Enregistreur de perturbations                                                             |                   |
|                             | 87          | Protection différentielle transformateur 3 branches                                       | T35               |
|                             | RU          | Régulateur de tension                                                                     | TAPCON            |
| Départ 60 kV                | 25          | Contrôle de synchronisme N°1                                                              | D25               |
|                             | 21          | Protection distance N°1 avec localisateur de défaut                                       | D60               |
|                             | 32 N        | Protection directionnelle homopolaire Po à temps inverse                                  |                   |
|                             | 29          | Protection de minimum de tension                                                          |                   |
|                             | 27          | Protection manque de tension                                                              |                   |
|                             | 79          | Réencclencher                                                                             |                   |
|                             | 25          | Contrôle de synchronisme N°2                                                              |                   |
|                             | 94          | la supervision des circuits de déclenchement                                              | P442<br>Schneider |
|                             | 21          | Protection distance N°2 avec localisateur de défaut                                       |                   |
| Barre 60 kV                 | ET          | Enregistrement des tensions barres                                                        | D25               |
|                             | 81          | Relais de minimum de fréquences                                                           | F650              |

Pour compléter notre système de protection, il faut Spécifier les transformateurs de mesure, capables de communiquer les bonnes informations aux relais de protection. Dans la suite, nous allons choisir les transformateurs de courant et de tension adéquatent à notre plan de protection.

### 3.3. Réducteurs de mesures :

En distribution électrique, les valeurs élevées de courant et de tension ne permettent pas leur utilisation directe par les unités de mesure ou protection. Des transformateurs de mesure sont nécessaires pour fournir des valeurs utilisables par ces dispositifs qui peuvent être:

- Des appareils analogiques, utilisant directement le signal fourni ;
- Des unités de traitements numériques à microprocesseur, après conversion analogique/numérique du signal en entrée.

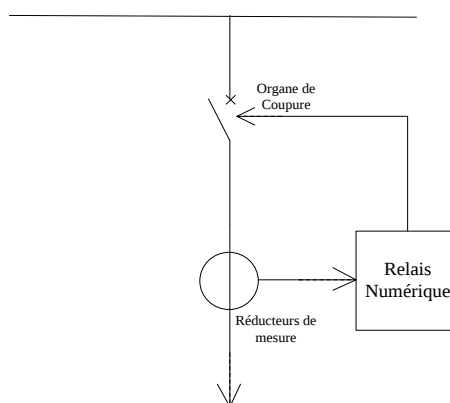


Figure 42: Principe de la protection

#### 3.3.1. Transformateurs de courant TC :

##### 3.3.1.1. Définitions :

Afin de dimensionner un transformateur de courant. Il est nécessaire de définir les paramètres suivant :

##### 3.3.1.2. Tension assignée du circuit primaire :

La tension assignée fixe le niveau d'isolement du matériel. Généralement, nous choisirons la tension assignée du TC à partir de la tension de service  $U$  de l'installation.

Pour la partie THT la tension d'isolement est : 245 kV

Pour la partie THT la tension d'isolement est : 72,5 kV

##### 3.3.1.3. Le Courant primaire assigné $I_p$ :

Egale au courant de service primaire du TC, qu'on trouvera grâce à l'équation suivante :

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Il est recommandé de choisir la valeur normalisée directement supérieure à  $I_p$ .

##### 3.3.1.4. Le Courant secondaire assigné $I_s$ :

Pour une utilisation en **local** :  $I_{sr} = 5 \text{ A}$

Pour une utilisation à **distance** :  $I_{sr} = 1 \text{ A}$

##### 3.3.1.5. La classe :

Elle définit les limites d'erreurs garanties sur le rapport de transformation dans des conditions spécifiées de puissance et de courant. Les classes de précisions sont relatives à l'application.

## Pour les TC de mesure :

Les classes de précision à choisir pour les TC de mesure sont :

- 0.5 pour les mesures industrielles et comptages statistiques/tarifaires ;
- 1 pour les indications de tableau et comptages statistiques ;
- 0.2 pour les mesures de laboratoire et comptages précis de facturation.

## Pour les TC de protection :

Les classes de précision des transformateurs destinés à la protection sont relatives aux types des protections utilisées.

- Protection ampèremétrique : classe 10P parfois 5P ;
- Protection différentielle : classe PX ;
- Protection homopolaire : classe 5P.

**Exemple :** La classe 5P20 signifie : le TC atteint 5% d'erreur à  $20I_n$ .

### 3.3.1.6. Tension de coude $V_{kp}$ :

La tension de coude est la tension maximale à ne pas dépasser pour ne pas saturer le TC, cette tension est déterminée par le point de la courbe [tension secondaire (courant magnétisant)] à partir duquel une augmentation de 10 % de la tension secondaire entraîne une augmentation de 50 % du courant magnétisant. Notion qui n'existe que pour la classe PX.

La formule de la tension de coude est :  $V_{kp} = R_t \times I$

- Calcul de  $R_t$ :

$$R_t = R_{TC} + R_L + R_P$$

$R_{TC}$  Résistance de l'enroulement secondaire Transformateur du courant ;

$R_L$  résistance de la ligne ;

$R_P$  Résistance d'entrée du Relais de protection.

- Calcul de  $I$ :

Protection max I:  $I = 1,5\min(I_s, I_f)$

- $I_s$  Paramètre de réglage de relais ;
- $I_f$  Courant de défaut secondaire.

Protection contre les Surintensités :  $I = 1,5\min(I_{ccmax}, I_f)$

- $I_{ccmax}$  Courant de court-circuit maximal.
- $I_f$  Courant de défaut secondaire.

Protection Distance n°1:  $I = K_{tf} \times I_{f1}$

- $I_{f1}$  Courant de défaut de la zone 1 ;
- $K_{tf}$  Facteur de surdimensionnement de TC, (pour la protection Distance  $K_{tf}=3$ ).

Protection Distance n°2:  $I = 0,6 \times I_{z1} \times (1 + \frac{x}{R})$

- $I_{z1}$  Courant de défaut de la zone 1 ;
- $\frac{X}{R}$  Constante de temps de la composante continu.

Différentiel Transformateur :  $I = K_{tf} \times I_f$

- $I_f$  Courant de défaut secondaire ;
- $K_{tf}$  Facteur de surdimensionnement de TC, (pour Différentiel Transformateur  $K_{tf}=6$ ).

Différentiel Jeu de Barres :  $I = K_{tf} \times I_f$

- $I_f$  Courant de défaut secondaire ;
- $K_{tf}$  Facteur de surdimensionnement de TC, (pour différentiel transformateur  $K_{tf}=8$ ).

### 3.3.1.7. La puissance de précision :

Elle indique la puissance que le secondaire peut délivrer en respectant la classe de précision nominale. Elle représente la consommation totale du circuit secondaire (hors TC) égale à la consommation de tous les appareils connectés ainsi que celle des fils de liaison.

Les valeurs normalisées de la puissance de précision sont : **2,5 - 5 - 10 - 15 - 30 VA.**

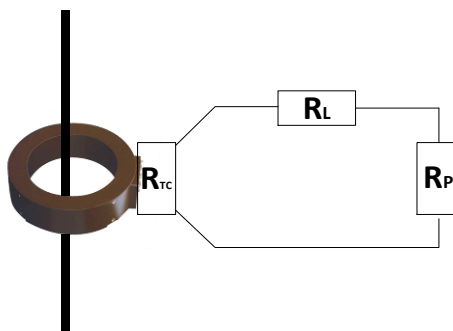


Figure 43: circuit secondaire du TC

La formule de la puissance de précision est :  $P = \left[ \frac{V_{kp}}{FLP \times I_n} - R_{TC} \right] I_n^2$

$V_{kp}$  Tension de coude ;

$I_n$  Courant nominal secondaire du TC ;

$R_{TC}$  Résistance interne secondaire de TC ;

$FLP$  Facteur limite de précision nominale de TC :  $FLP > 1,5 \min \left( \frac{I_s}{I_n}, \frac{I_f}{I_n} \right)$

$I_n$  Courant nominal secondaire.

$I_f$  Courant de défaut secondaire.

$I_s$  Paramètre de réglage de relais (secondaire).

### 3.3.2. Transformateurs de tension TT :

#### 3.3.2.1. Définitions :

Selon la norme CEI60044-2, et afin de dimensionner un TT (transformateur de tension), Il est nécessaire de définir :

- La classe de précision ;

- Limites de l'erreur de tension et du déphasage des transformateurs de tension pour mesures ;
- Les tensions primaires et secondaires assignés ;
- Puissance de précision.

### 3.3.2.2. La classe de précision :

#### Pour les TT de mesure :

Les classes de précision pour la mesure sont les mêmes que pour les transformateurs de courant elles sont des valeurs normalisées suivantes : **0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,0 – 3,0**.

#### Pour les TT de protection :

Pour les TT destinés à la protection les classes de précision les plus utilisés sont 3P et 6P.

### 3.3.2.3. Limite de l'erreur de tension et du déphasage :

L'erreur de tension et le déphasage à la fréquence assignée ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau ci-dessous à 5 % de la valeur assignée et au produit de la valeur assignée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9) et pour toute charge comprise entre 25 % et 100 % de la charge assignée avec un facteur de puissance de 0,8 inductif.

Tableau 21: Limite de l'erreur de tension et du déphasage

|                    | Classe de précision | Erreur de tension en % + ou – | Déphasage + ou – |              |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|--------------|
|                    |                     |                               | Minutes          | Centiradians |
| TT pour protection | 3P                  | 3                             | 120              | 3,5          |
|                    | 6P                  | 6                             | 240              | 7            |
| TT pour Mesures    | 0,1                 | 0,1                           | 5                | 0,15         |
|                    | 0,2                 | 0,2                           | 10               | 0,3          |
|                    | 0,5                 | 0,5                           | 20               | 0,6          |
|                    | 1                   | 1                             | 40               | 1,2          |
|                    | 3                   | 3                             | Pas spécifié     | Pas spécifié |

### 3.3.2.4. Tensions primaires et secondaires assignés :

#### ➤ Tension primaire assignée :

Les valeurs normales de la tension primaire assignée des transformateurs doivent être choisies parmi les valeurs des tensions assignées de réseaux. Pour les TT relié entre phases on prend la tension composée du réseau par contre les TT branchés entre phase et terre on prend la tension simple du réseau.

#### ➤ Tension secondaire assignée :

La tension secondaire assignée doit être choisie selon la pratique à l'endroit où le transformateur doit être utilisé. Les valeurs indiquées ci-dessous sont considérées comme des valeurs normales pour les transformateurs monophasés utilisés sur des réseaux monophasés ou montés entre phases de réseaux triphasés:

- 100 V et 110 V ;
- 200 V pour les circuits secondaires étendus ;
- 120 V pour les réseaux de distribution ;
- 115 V pour les réseaux de transport ;

- 230 V pour les circuits secondaires étendus.

Pour les transformateurs monophasés destinés à être montés en phase et terre dans les réseaux triphasés, pour lesquels la tension primaire assignée est un nombre divisé par  $\sqrt{3}$ , la tension secondaire assignée doit être l'une des valeurs mentionnées ci-dessus, divisée par  $\sqrt{3}$  de manière à conserver la valeur du rapport de transformation assigné.

### 3.3.3. Application au poste de CHEFCHAOUEN

#### 3.3.3.1. Exemple : Réducteur de mesure sur l'arrivé 225 kV :

##### Choix du TC :

Le calcul sera fait pour le Relais D60 du départ 225 kV :

##### ➤ Pour la protection :

- La classe de précision 5P.
- Courant primaire assigné  $I_p$  :

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = 180A \Rightarrow I_{np} = 200A$$

##### Remarque :

Le rapport de transformation normal que l'on devrait choisir, est de 200/1. Mais dans le cadre de l'extension que connaît le Maroc en terme de demande d'énergie. Les Rapports de transformation devront être surdimensionnés, de façon à ce que les équipements existants sur le poste puissent être exploitables même après une augmentation de la puissance. Nous prendrons donc dans ce cas un rapport de 1000/1.

- Courant secondaire:

Vu que le transformateur est prévu pour une exploitation à distance :  $I_{ns}=1A$ , ainsi on prendra un rapport de transformation de 1000/1

- Puissance de Précision et tension de saturation :

D'après les Documents du constructeur General Electric (exigences concernant les Transformateurs de courant) :

On a:

$$\begin{cases} \text{Tension de saturation: } V_{kp} = K_{TF} \times I_{f1} \times (R_{TC} + R_L + R_P) \\ \text{Puissance de precision: } P = \left[ \frac{V_{kp}}{FLP \times I_n} - R_{TC} \right] I_n^2 \end{cases}$$

Nous avons aussi:

|          |                                                                                 |                                     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| $R_p$    | Résistance du relai                                                             | $R_p = 0,2\Omega$                   |
| $R_{TC}$ | Résistance d'enroulement secondaire du TC                                       | $R_{TC} = 1,25\Omega$               |
| $R_L$    | Résistance de la ligne                                                          | $R_L = 0,27\Omega$                  |
| $I_{f1}$ | Courant de défaut au le secondaire                                              | $I_{f1} = 40kA \times 1/1000 = 40A$ |
| FLP      | Facteur limite de précision nominale de TC :                                    | $FLP = 90$                          |
| $K_{TF}$ | Facteur de surdimensionnement de TC, (pour la protection distance $K_{TF}=10$ ) |                                     |

Tension de coude :  $V_{kp}=98,88V$

Puissance de précision :  $P=3,49VA$

On prendra alors une puissance  $P=5VA$  (D'après les valeurs normalisées).

➤ **Pour la mesure :**

Les caractéristiques du TC de mesure sont similaires aux TC protection cités ci avant, ils se diffèrent par la classe de précision égale à 0,5 dans ce cas, puisque le TC est utilisé pour le comptage de l'énergie.

**Choix du TT :**

Tensions primaires et secondaires assignés :  $\frac{225 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}}$

Limite de l'erreur de tension et du déphasage :  $\pm 0,5$

Classe de Précision : 3P

**3.3.3.2. Résultats de calcul :** *Voir annexe E, page 141.*

**3.3.3.3. Conclusion :**

En général, une bonne sélection des transformateurs de mesures est requise pour fournir une sensibilité de panne adéquate et prévenir les opérations pour les pannes externes, qui pourraient résulter d'une saturation du transformateur de mesure. Dans ce chapitre, on a énuméré les différents critères de choix des transformateurs de mesures pour chaque type de protection suivant le fournisseur GENERAL ELECTRIC (GE) .

# PARTIE IV

---

## ÉSTIMATION DU COÛT DU PROJET

## 1. Introduction :

Après avoir élaboré les solutions et les choix techniques, nous avons conclu qu'il est indispensable de faire une étude économique afin d'estimer de la manière la plus objective possible les coûts relatifs à chaque solution proposée.

Cette étude se focalisera sur le gain apporté à la solution proposée.

Le chiffrage du poste doit en principe se faire de façon plus précise en introduisant toutes les charges y compris l'étude, la préparation du terrain (génie civil), le prix d'acquisition du matériel, son montage, la marge de gain... mais vu que nous avons traité que la partie électrique, on se limitera alors dans notre estimation du coût aux équipements électrique.

## 2. Coûts des équipements du poste 225/60/11kV:

Nous représentons dans les tableaux ci-dessous l'estimation de l'ensemble des équipements électriques du poste :

### 2.1. Matériel THT/HT/MT :

D'après le choix et les considérations économiques des différents appareils donnés par de divers fournisseurs, l'achat du matériel de l'installation haute tension du projet nécessite un investissement hors

Taxe de l'ordre de :

**17053,5 kDH**

Tableau 22: Matériel THT/HT/MT

| <i>Matériels THT/HT/MT</i>                                 | <i>Prix unitaire kDH</i> | <i>quantité</i> | <i>Prix Total kDH</i> |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| portique + charpente (tonnage ) (total du poste)           | 240 000 kg               | 0,019/kg        | 4560                  |
| Circuits bouchon mono-onde                                 | 130                      | 5               | 650                   |
| Chaînes d'isolateurs 2×14 éléments, avec éclateurs         | 1,5                      | 6               | 9                     |
| isolateur support C8-1050                                  | 500                      | 4               | 2000                  |
| isolateur support 245kv C10-1050                           | 180                      | 12              | 2160                  |
| Isolateurs support 24kv, C4-125                            | 10                       | 8               | 80                    |
| Chaînes d'isolateurs 1×8 éléments, sans éclateurs          | 7                        | 6               | 42                    |
| Colonnes isolantes 72,5kv C10-325                          | 10                       | 24              | 240                   |
| Chaînes d'isolateurs 2×8 éléments F160P, avec éclateurs    | 10                       | 3               | 30                    |
| Sectionneur tripolaire 245kv avec MALT                     | 270                      | 2               | 540                   |
| Sectionneur tripolaire 245kv sans MALT                     | 300                      | 3               | 900                   |
| Sectionneur tripolaire 72,5kv avec MALT                    | 110                      | 1               | 110                   |
| Sectionneur tripolaire 72,5kv sans MALT                    | 110                      | 2               | 220                   |
| Sectionneur unipolaire 36kv, sans MALT                     | 80                       | 1               | 80                    |
| Sectionneur tripolaire 24kv, sans MALT                     | 80                       | 1               | 80                    |
| Disjoncteur tripolaire 245kv                               | 320                      | 3               | 960                   |
| Disjoncteur tripolaire 72,5kv                              | 140                      | 2               | 280                   |
| Diviseurs de tension capacitifs                            | 150                      | 6               | 900                   |
| TC 5P20                                                    | 130                      | 7               | 910                   |
| TT inductif CL 0,5                                         | 120                      | 1               | 120                   |
| TT type extérieur 24kv                                     | 70                       | 3               | 210                   |
| Combinés de mesures 72,5kv                                 | 180                      | 6               | 1080                  |
| Condensateur d'attaque 72,5kv                              | 6                        | 1               | 6                     |
| Parafoudres ZnO 245kv.                                     | 80                       | 3               | 240                   |
| Parafoudres ZnO 72,5kv.                                    | 60                       | 3               | 180                   |
| Fusibles à liquide 1A de tension d'isolement 24kv          | 25                       | 3               | 75                    |
| Les connexions rigides en tube Cu 35/40(neutre 60 KV)      | 1,2/m                    | 3*25m           | 90                    |
| Les connexions rigides en barre cuivres de 2*(100*10)      | 0,8/m                    | 3*30m           | 72                    |
| Les connexions rigides en tube AGS de diamètre 90/100 mm   | 0,1/m                    | 3*45m           | 13,5                  |
| Les connexions souples en câble Almélec 570mm <sup>2</sup> | 0,9/m                    | 4*60m           | 216                   |
| <b>Total Prix équipement THT, HT et MT</b>                 |                          |                 | <b>17053,50</b>       |

## 2.2. Matériel basse tension :

Pour la partie basse tension du poste, elle est estimé à : **4276,82 kDH**

Tableau 23: Chiffrage des équipements BT

| <i>Matériels Basse tension</i>                                   | <i>Prix unitaire (kDhs)</i> | <i>quantité</i> | <i>Total (kDhs)</i> |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| Cellule préfabriquée arrivée 11Kv                                | 214,5                       | 1               | 214,5               |
| Cellule préfabriquée arrivée départ direct TSA                   | 20                          | 1               | 20                  |
| TSA 160KVA, Yzn11, ONAN                                          | 100                         | 3               | 300                 |
| Groupe électrogène 70KVA                                         | 600                         | 1               | 600                 |
| Lampes fluorescents de 2*36W                                     | 0,4                         | 23              | 9,2                 |
| hublots en argon 60W                                             | 0,35                        | 4               | 1,4                 |
| Tube fluorescents etanches demontables par le bas type exterieur | 0,02                        | 28              | 0,56                |
| lampe à hublot etanche fluorescent en argon                      | 0,02                        | 8               | 0,16                |
| Lampes fluorescents de 2*36W avec diffuseurs prismatiques        | 0,02                        | 15              | 0,3                 |
| Luminaire fluorescent 220 CA-400W                                | 1,5                         | 25              | 37,5                |
| candelabres decoratifs 250W                                      | 2                           | 8               | 16                  |
| Prises 25A                                                       | 0,15                        | 44              | 6,6                 |
| Prise 100A                                                       | 0,2                         | 1               | 0,2                 |
| Climatiseurs 24000 Btu                                           | 3                           | 14              | 42                  |
| Radiateur 1000W                                                  | 1                           | 1               | 1                   |
| Extracteur d'air 1650m3/m                                        | 1                           | 1               | 1                   |
| Extracteur d'air 1000m3/m                                        | 1                           | 1               | 1                   |
| Extracteur d'air 500m3/m                                         | 0,7                         | 2               | 1,4                 |
| Extracteur d'air 300m3/m                                         | 0,5                         | 1               | 0,5                 |
| Détection incendie                                               | 220                         | 1               | 220                 |
| Batterie 127 Vcc                                                 | 27                          | 2               | 54                  |
| Batterie 48 Vcc                                                  | 14                          | 1               | 14                  |
| chargeur 127 Vcc                                                 | 15                          | 3               | 45                  |
| chargeur 127 Vcc                                                 | 15                          | 2               | 30                  |
| ASI (UPS)                                                        | 35                          | 1               | 35                  |
| Motopompes de de 20 m3/h                                         | 100                         | 1               | 100                 |
| Motopompes de de 9 m3/h                                          | 100                         | 2               | 200                 |
| Disjoncteur compact débouchable                                  | 1,5                         | 23              | 34,5                |
| Disjoncteur modulaire                                            | 0,75                        | 208             | 156                 |
| Relais D25                                                       | 100                         | 11              | 1100                |
| Relais D60                                                       | 100                         | 3               | 300                 |
| Relais C60                                                       | 63                          | 3               | 189                 |
| Relais F650                                                      | 42                          | 6               | 252                 |
| Relais P444                                                      | 43                          | 1               | 43                  |
| Relais P442                                                      | 43                          | 1               | 43                  |
| Relais D400                                                      | 76                          | 1               | 76                  |
| Relais T35                                                       | 60                          | 1               | 60                  |
| Relais A1830                                                     | 20                          | 3               | 60                  |
| Relais TAPCON                                                    | 12                          | 1               | 12                  |
| <b>Total Prix BT</b>                                             |                             |                 | <b>4276,82</b>      |

## 2.3. Autres équipements :

Les tableaux ci-dessous exposent l'estimation du coût des autres équipements, à savoir les différentes armoires et coffrets utilisés dans le poste, et les câbles BT et ceux utilisés pour le réseau de terre.

Tableau 24: Armoires du poste CHEFCHAOUEN.

|        | Armoires                | nbr portes | Qté |
|--------|-------------------------|------------|-----|
| BdC    | 48 Vcc                  | 1          | 1   |
|        | 127 Vcc                 | 1          | 3   |
|        | 380 Vac réseau          | 2          | 1   |
|        | 380 Vac secours         | 1          | 1   |
|        | Permutation automatique | 1          | 1   |
|        | Eclairage&Prises        | 1          | 1   |
|        | Coffret extérieur       | 1          | 2   |
| CR n°1 | 48 Vcc                  | 1          | 1   |
|        | 127 Vcc                 | 1          | 2   |
|        | 380 Vac                 | 1          | 2   |
|        | Tranche transformateur  | 1          | 2   |
|        | Tranche départ 60KV     | 1          | 1   |
| CR n°2 | 48 Vcc                  | 1          | 1   |
|        | 127 Vcc                 | 1          | 2   |
|        | 380 Vac                 | 1          | 2   |
|        | Tranche départ 225 KV   | 1          | 1   |
|        | Tranche barre 225 KV    | 1          | 1   |
| CR n°3 | 48 Vcc                  | 1          | 1   |
|        | 127 Vcc                 | 1          | 2   |
|        | 380 Vac                 | 1          | 2   |
|        | Tranche barre 225 KV    | 1          | 1   |

|                                       | Une porte | Prix unitaire | Total (KDhs) |
|---------------------------------------|-----------|---------------|--------------|
| Armoire simple (une porte)            | 22        | 6000          | 132          |
| Armoire simple (deux porte)           | 1         | 11000         | 11           |
| Armoire contrôle-commande             | 8         | 22000         | 176          |
| Grand coffret                         | 7         | 3000          | 21           |
| Petit coffret                         | 6         | 800           | 4,8          |
| <b>Prix total des armoires (KDhs)</b> |           |               | <b>344,8</b> |

Tableau 25: Câbles BT

| Câble                               | Longueur (m) | Prix (Dh/m) | Total (kdhs) |
|-------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| 1*2,5mm²                            | 2367,896     | 6           | 14,21        |
| 1*4mm²                              | 455,058      | 10          | 4,55         |
| 1*6mm²                              | 373,273      | 13          | 4,85         |
| 1*10mm²                             | 1857,303     | 20          | 37,15        |
| 1*16mm²                             | 486,6        | 27          | 13,14        |
| 1*25mm²                             | 263,3        | 35          | 9,22         |
| 1*50mm²                             | 231,3        | 45          | 10,41        |
| 1*95mm²                             | 40           | 60          | 2,40         |
| 1*120mm²                            | 33           | 72          | 2,38         |
| <b>Prix total des câbles (KDhs)</b> |              |             | <b>98,29</b> |

Tableau 26: Equipement du réseau de terre.

| <i>Reseau de terre</i>                            |         |               |              |
|---------------------------------------------------|---------|---------------|--------------|
| Composants                                        | quntité | Prix unitaire | total (kDhs) |
| Câble en cuivre (section= 147,1 mm <sup>2</sup> ) | 1730m   | 250dhs/m      | 433          |
| Raccordement en C                                 | 340     | 130dhs        | 70,2         |
| Liaison entre gille et massif                     | 270     | 140dhs        | 66,64        |
| <b>Prix total du réseau de terre (KDhs)</b>       |         |               | <b>569</b>   |

### 3. Conclusion :

D'après le choix et les considérations économiques des différents appareils donnés par divers fournisseurs, l'achat du matériel de l'installation électrique du projet a nécessité un investissement hors Taxe

de l'ordre de :

**22342,41 kDH**

---

# Conclusion Générale:

---

Notre projet de fin des études, effectué au sein de SPIE Maroc, avait pour objectif de dimensionner les services auxiliaires, ainsi que les équipements THT/HT/MT, à savoir les réducteurs de mesures, les jeux de barres, et le réseau de terre.

Dans ce travail, nous avons respecté le cahier des charges qui nous a été proposé tout en intégrant à chaque fois, les orientations et les priorités de l'entreprise, ainsi que les remarques des professionnels du domaine électrique.

Durant la réalisation de ce projet, notre travail s'est résumé dans les phases suivantes :

- La collecte des données ;
- Le dimensionnement des services auxiliaires du poste ;
- Le dimensionnement des jeux de barres ;
- Le dimensionnement du réseau de terre ;
- Le dimensionnement des réducteurs de mesures ;
- L'élaboration d'un plan de protection du poste.

Il est nécessaire de citer que la contrainte du temps pesait lourd : les quatre mois du stage n'ont pas été assez suffisants pour terminer notre projet. C'est pour cette raison que nous avons opté à un rythme de travail accéléré dès le début.

Cependant, ce Projet de Fin des Etudes fut une opportunité d'enrichir nos compétences techniques, managériales et relationnelles. En effet, ce travail nous a permis de participer à la phase d'étude et d'ingénierie d'un projet de construction d'un ouvrage électrique, qui représente un supplément riche à notre formation, dont nous avons eu la chance de bénéficier.

Ce projet nous a permis également de découvrir et d'utiliser plusieurs outils informatiques dont : DIALUX, ETAP Power Station, CANECO BT, AUTOCAD et VISIO.

# Bibliographies

---

## Normes :

- IEEE- 80-2000 « Guide for safety in AC substation grounding »;
- IEEE Std 485-1997 «Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications »;
- IEC-60865-1 Définition et méthodes de calcul pour le dimensionnement des jeux de barres ;
- NF EN-61660-1 Courant de court-circuit dans les installations auxiliaires alimentées en courant continu dans les centrales et les postes ;
- CEI 600044-1, Transformateurs de mesure – Partie 1: Transformateurs de courant ;
- CEI 600044-2, Transformateurs de mesure – Partie 2: Transformateurs inductifs de tension ;
- La norme NFC 15 -100 ;
- La norme NFC 13-100.

## Cours/documentations:

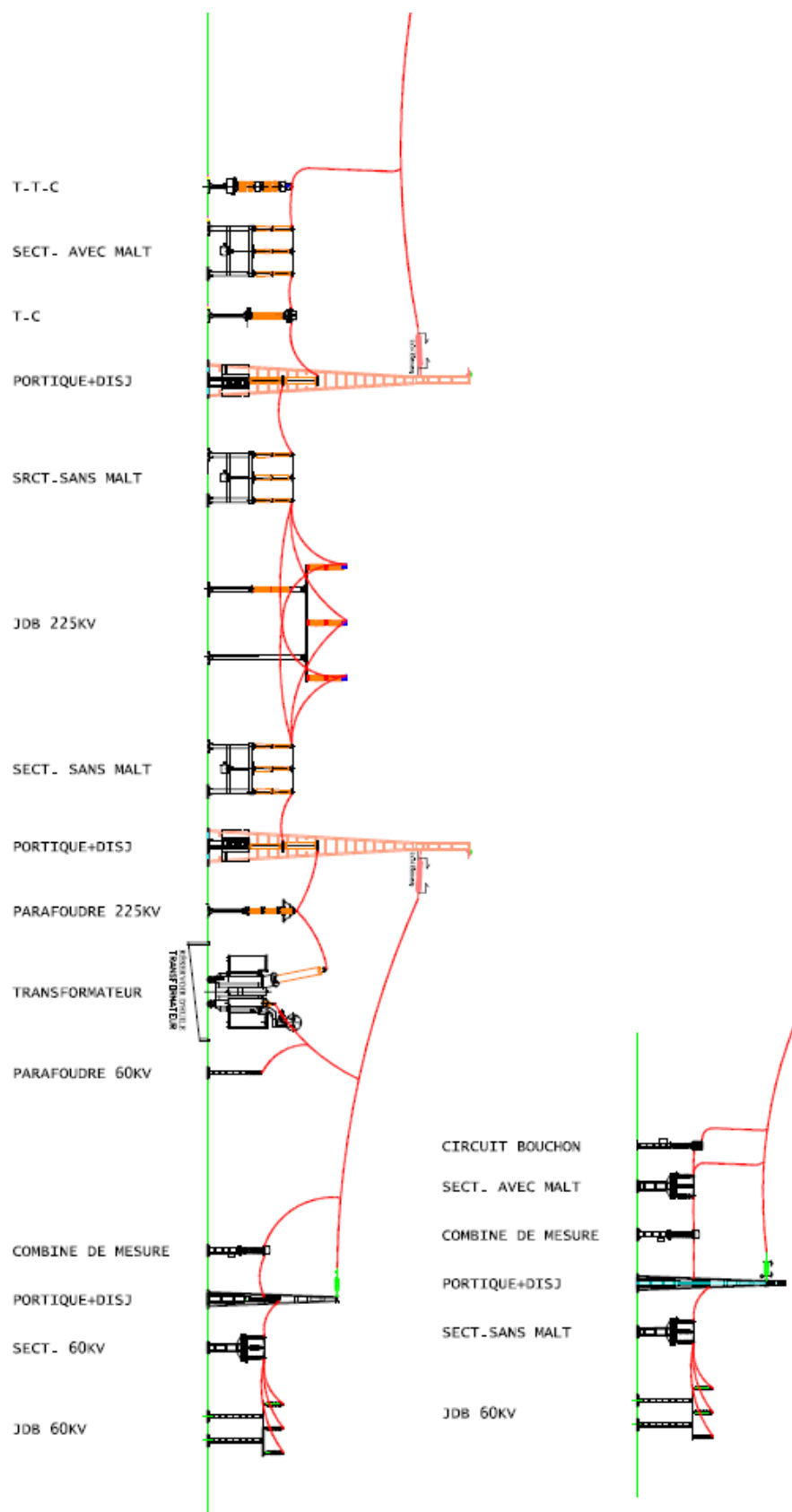
- Cahier des Spécifications Techniques particulières d'ONEE-Branche Electricité ;
- Transformateurs de Courant : comment les spécifier- Schneider Electric ;
- Cours d'appareillages et protections-3ème année GE à l'ENSEM de Mr. BELFQIH ;
- Cours d'installations électriques-2ème année GE à l'ENSEM de Mr. ELMARIAMI ;
- J.Schlabbach- Short-circuit Currents;
- Guide de conception MT-Merlin Gerin ;
- Guide de protections des réseaux industriels ;
- Plan de protection des réseaux HTA ;
- Techniques de l'ingénieur : D4570, D4572, D4574, D4576, D4591, D4600 et D4745 ;
- Protection et surveillance des réseaux de transport d'énergie électrique - Volume 1 ;
- Détermination des sections des conducteurs –Schneider Electric ;
- Documentation constructeur GENERAL ELECTRIC.

## Webographie

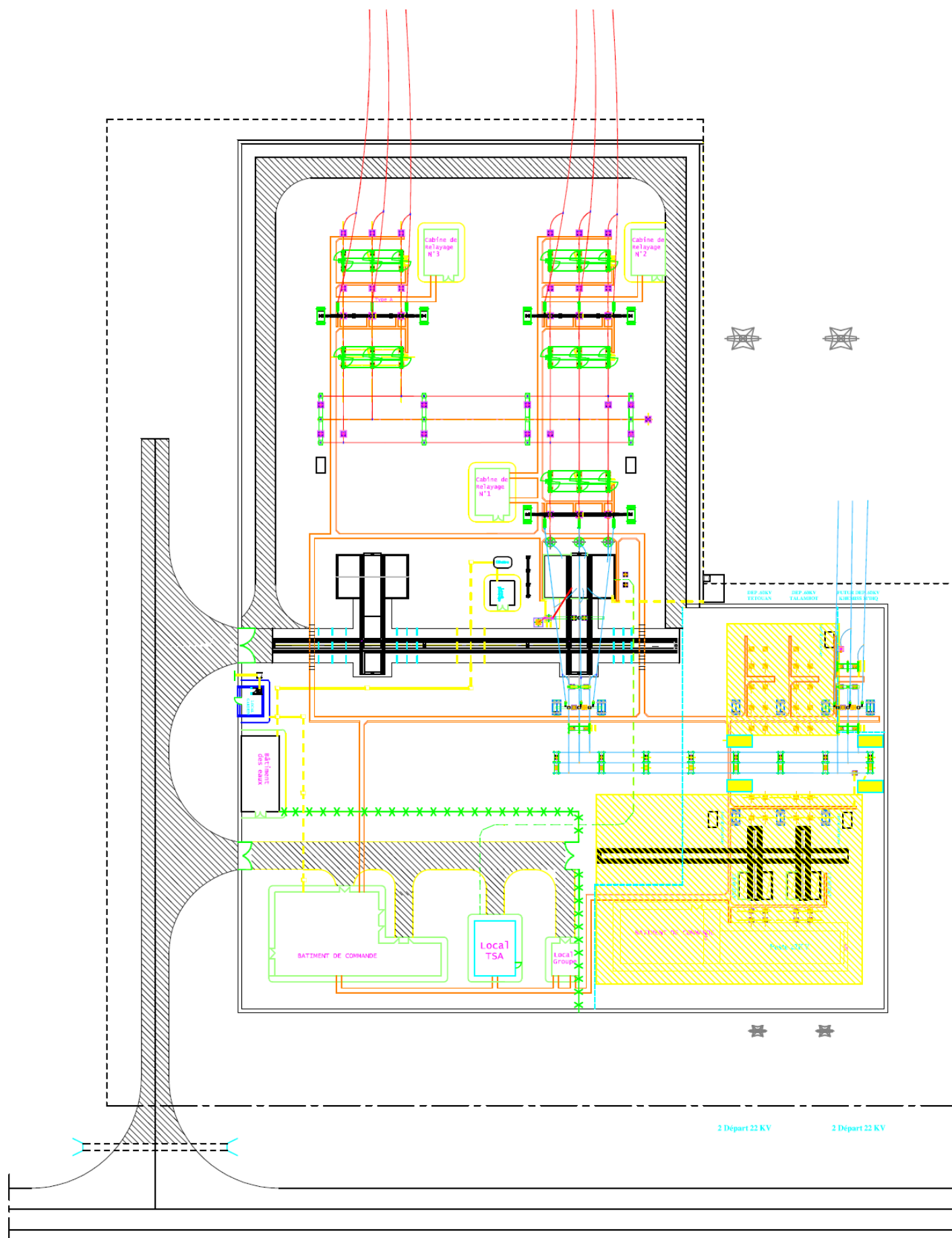
- <http://www.scribd.com>;
- <http://www.michel.lami.free.fr>;
- [http://www.openelectrical.org/wiki/index.php?title=Main\\_Page](http://www.openelectrical.org/wiki/index.php?title=Main_Page)

## ANNEXE A :Aspect général du projet

Annexe 1 : Coupe du poste



## Annexe 2 : Plan génie civil du poste



## ANNEXE B : Services auxiliaires du poste

Annexe 1 : Batteries 48 Vcc et 127 Vcc

### Batterie 48 Vcc

#### Calculs Préliminaires:

| Temp | Tension flottante cellule |
|------|---------------------------|
| 20   | 2,2                       |

|                     |      |
|---------------------|------|
| Max tension 127*1,1 | 52,8 |
| Min tension 127*0,9 | 43,2 |

|                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | • Float voltage setting:         |
|                                                                                   | Acceptable min/max: 2.15/2.22Vpc |
|                                                                                   | Recommended: 2.20Vpc             |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| Nombre de cellules      | 24  |
| Tension min par cellule | 1,8 |

**1,81**

#### Calculs des Charges non aléatoires

| Charge                        | Changement de charge | Durée de période(min) | Temps jusqu'à la fin de la section | Rt/Kt | Taille de la batterie |          |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|-------|-----------------------|----------|
|                               |                      |                       |                                    |       | positive              | negative |
| Si A2>A1 aller a la section 2 |                      |                       |                                    |       |                       |          |
| Section1                      | 70,83                | 70,83                 | 60                                 | 60    | 0,02                  | 1,69     |

#### Résultat

|                     |      |
|---------------------|------|
| taille non corrigée | 1,69 |
|---------------------|------|

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Coef.Temp                | 1,15        |
| Coef.Vieil               | 1,25        |
| Marge de fabr            | 1,1         |
| <b>Taille Cell final</b> | <b>2,67</b> |

**3**

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| <b>Nombre total de cellules</b> | <b>7</b> |
|---------------------------------|----------|

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| <b>Taille de la batterie</b> | <b>248Ah</b> |
|------------------------------|--------------|

Discharge Rates in Amperes\*\* to 1.81Vpc at 25°C (77°F)\*

|       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| EA-5  | 165 | 136 | 114 | 86  | 71  | 61  | 48  | 40  | 34  | 24  | 20 | 18 | 10 |
| EA-7  | 248 | 204 | 170 | 129 | 104 | 87  | 66  | 54  | 46  | 32  | 27 | 23 | 13 |
| EA-9  | 330 | 272 | 227 | 172 | 138 | 116 | 88  | 72  | 61  | 43  | 36 | 31 | 17 |
| EA-11 | 413 | 340 | 284 | 215 | 173 | 145 | 110 | 90  | 77  | 54  | 45 | 38 | 21 |
| EA-13 | 495 | 407 | 341 | 258 | 207 | 174 | 132 | 108 | 92  | 64  | 54 | 46 | 25 |
| EA-15 | 578 | 475 | 397 | 301 | 242 | 203 | 155 | 126 | 107 | 75  | 63 | 54 | 29 |
| EA-17 | 660 | 543 | 454 | 344 | 277 | 232 | 177 | 144 | 122 | 86  | 72 | 61 | 34 |
| EA-19 | 743 | 611 | 511 | 387 | 311 | 261 | 199 | 162 | 138 | 96  | 80 | 69 | 38 |
| EA-21 | 825 | 679 | 568 | 430 | 346 | 290 | 221 | 180 | 153 | 107 | 89 | 77 | 42 |

## Batterie 127 Vcc

### Calculs Préliminaires:

| Temp | Tension flotante cellule |
|------|--------------------------|
| 20   | 2,2                      |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Max tension 127*1,1 | 139,7 |
| Min tension 127*0,9 | 114,3 |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Nombre de cellules 139,7/2,25   | 63,5        |
| Tension min par cellule 114,3/6 | 1,8         |
|                                 | <b>1,81</b> |

\*

• Float voltage setting:  
Acceptable min/max: 2.15/2.22Vpc  
Recommended: 2.20Vpc



### Calculs des Charges non aléatoires

| Charge                        | Changement de charge | Durée de période(min) | Temps jusqu'à la fin de la section | Rt | Taille de la batterie positive | Taille de la batterie negative |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|----|--------------------------------|--------------------------------|
| Si A2>A1 aller a la section 2 |                      |                       |                                    |    |                                |                                |
| Section1                      | 44,937               | 44,94                 | 60                                 | 60 | 0,02                           | 1,07                           |

### Calculs des Charges aléatoires

|                                  |        |         |   |       |        |       |
|----------------------------------|--------|---------|---|-------|--------|-------|
| A2>A1 on passe à la section 2    |        |         |   |       |        |       |
| section1                         |        |         |   |       |        | 0     |
| A3>A2 on passe à la section 3 () |        |         |   |       |        |       |
| section2                         | 22,83  | 22,83   | 1 | 2     | 0,0125 | 0,29  |
|                                  | 246,50 | 223,66  | 1 | 1     | 0,0125 | 2,80  |
|                                  |        |         |   | total |        | 3,08  |
| A4>A3 on passe à la section 4 () |        |         |   |       |        |       |
| Section3                         | 22,83  | 22,83   | 1 | 3     | 0,0125 | 0,29  |
|                                  | 246,50 | 223,66  | 1 | 2     | 0,0125 | 2,80  |
|                                  | 61,62  | -184,87 | 1 | 1     | 0,0125 | -2,31 |
|                                  |        |         |   | Total |        | 0,77  |

|     |     | puissance | I(A)   | temps |
|-----|-----|-----------|--------|-------|
| THT | Pd  | 2400      | 18,90  | 1     |
|     | Pdm | 28800     | 226,77 | 1     |
|     | Pm  | 7200      | 56,69  | 1     |
| HT  | Pd  | 250       | 1,97   | 1     |
|     | Pdm | 2205      | 17,36  | 1     |
|     | Pm  | 551,25    | 4,34   | 1     |
| MT  | Pd  | 250       | 1,97   | 1     |
|     | Pdm | 300       | 2,36   | 1     |
|     | Pm  | 75        | 0,59   | 1     |
| Pv  |     | 5707      | 44,94  | 60    |
| Pd  |     | 2900      | 22,83  | 1     |
| Pdm |     | 31305     | 246,50 | 1     |
| Pm  |     | 7826,25   | 61,62  | 1     |

### Resultats

|                     |          |
|---------------------|----------|
| taille non corrigée | 4,15     |
| Coef.Temp           | 1        |
| Coef.Vieil          | 1,25     |
| Marge de fabr       | 1,1      |
| Taille Cell final   | 5,71     |
|                     | <b>6</b> |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Nombre total de cellules | <b>13</b> |
|--------------------------|-----------|

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| Taille de la batterie | <b>495 Ah</b> |
|-----------------------|---------------|

Avec :

Pdm :Puissance de démarrage du Moteur de disjoncteur  
Pm :Puissance du Moteur disjoncteur  
Pd :Puissance de déclenchement du disjoncteur  
Pv :Puissance permanente

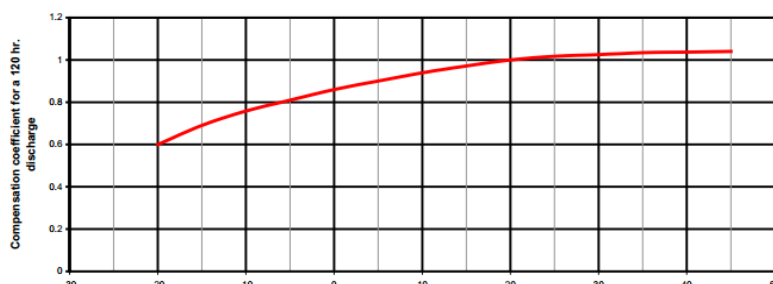
### Taille de batterie PowerSafe

Discharge Rates in Amperes\*\* to 1.81Vpc at 25°C (77°F)\*

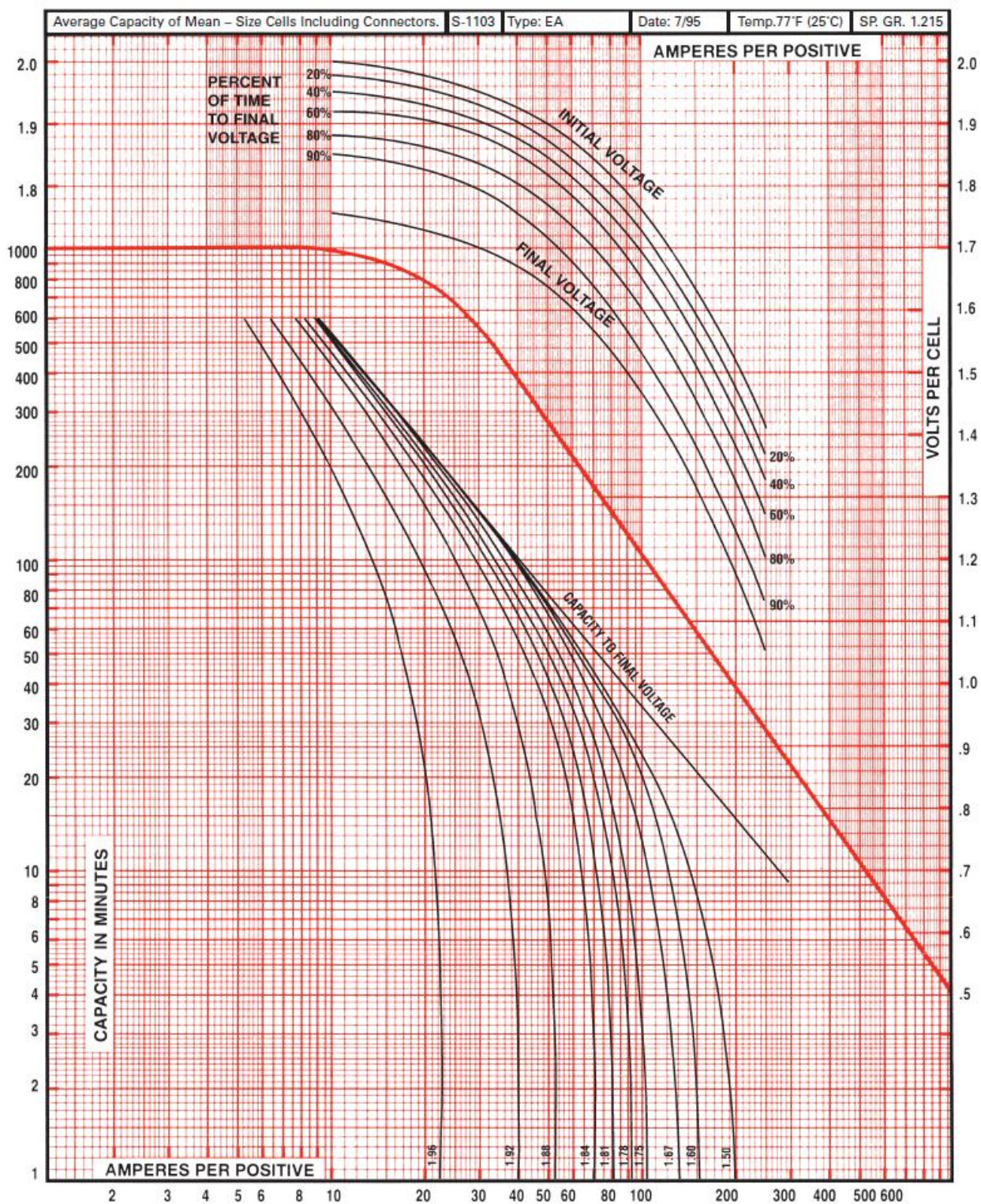
|       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| EA-5  | 165 | 136 | 114 | 86  | 71  | 61  | 48  | 40  | 34  | 24  | 20 | 18 | 10 |
| EA-7  | 248 | 204 | 170 | 129 | 104 | 87  | 66  | 54  | 46  | 32  | 27 | 23 | 13 |
| EA-9  | 330 | 272 | 227 | 172 | 138 | 116 | 88  | 72  | 61  | 43  | 36 | 31 | 17 |
| EA-11 | 413 | 340 | 284 | 215 | 173 | 145 | 110 | 90  | 77  | 54  | 45 | 38 | 21 |
| EA-13 | 495 | 407 | 341 | 258 | 207 | 174 | 132 | 108 | 92  | 64  | 54 | 46 | 25 |
| EA-15 | 578 | 475 | 397 | 301 | 242 | 203 | 155 | 126 | 107 | 75  | 63 | 54 | 29 |
| EA-17 | 660 | 543 | 454 | 344 | 277 | 232 | 177 | 144 | 122 | 86  | 72 | 61 | 34 |
| EA-19 | 743 | 611 | 511 | 387 | 311 | 261 | 199 | 162 | 138 | 96  | 80 | 69 | 38 |
| EA-21 | 825 | 679 | 568 | 430 | 346 | 290 | 221 | 180 | 153 | 107 | 89 | 77 | 42 |

### Facteur de correction de température

Effect of temperature on capacity



## Détermination de $R_t$



## Annexe 2 : Chargeurs

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| La capacité de batterie 127Vcc      | 495 Ah  |
| Le Facteur d'efficacité             | 1,1     |
| Le temps de recharge de la batterie | 10 h    |
| Le courant des charges continues    | 13,44 A |

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| Le courant délivré par le chargeur | 67,89 A |
|------------------------------------|---------|

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| Le courant exigé par le cahier des charges | 100 A |
|--------------------------------------------|-------|

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| La capacité de batterie 127Vcc      | 248 Ah  |
| Le Facteur d'efficacité             | 1,1     |
| Le temps de recharge de la batterie | 10 h    |
| Le courant des charges continues    | 70,83 A |

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| Le courant délivré par le chargeur | 98,11 A |
|------------------------------------|---------|

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| Le courant exigé par le cahier des charges | 100 A |
|--------------------------------------------|-------|

### Spécification technique

| Calibres (A)                                 | 35                                                                                                                                                                                                                                                    | 65 | 100 | 160 | 220 | 300 | 400 |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tension de sortie 24 VDC                     |                                                                                                                                                                                                                                                       |    | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| Tension de sortie 48 VDC                     |                                                                                                                                                                                                                                                       | ✓  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| Tension de sortie 110 / 125 VDC              | ✓                                                                                                                                                                                                                                                     | ✓  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| Tension de sortie 220 VDC                    | ✓                                                                                                                                                                                                                                                     | ✓  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| Entrée                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |    |     |     |     |     |     |
| Tension triphasée / tolérance                | 380 - 400 - 415 / +/-10% (autre tension sur demande)                                                                                                                                                                                                  |    |     |     |     |     |     |
| Gamme de fréquence                           | De 47 à 63 Hz                                                                                                                                                                                                                                         |    |     |     |     |     |     |
| Courant d'appel                              | < 8In                                                                                                                                                                                                                                                 |    |     |     |     |     |     |
| Facteur de puissance                         | 0.8                                                                                                                                                                                                                                                   |    |     |     |     |     |     |
| Sortie                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |    |     |     |     |     |     |
| Tension DC nominale                          | 24, 48, 110, 125, 220 VDC (autre tension sur demande)                                                                                                                                                                                                 |    |     |     |     |     |     |
| Calibres disponibles                         | Voir tableau ci-dessus                                                                                                                                                                                                                                |    |     |     |     |     |     |
| Régulation statique                          | 0.5%                                                                                                                                                                                                                                                  |    |     |     |     |     |     |
| Ondulation résiduelle (batterie déconnectée) | < 0,7%                                                                                                                                                                                                                                                |    |     |     |     |     |     |
| Tension de floating                          | De 0.70 Un à 1.47 Un                                                                                                                                                                                                                                  |    |     |     |     |     |     |
| Tension de charge                            | De 0.73 Un à 1.60 Un                                                                                                                                                                                                                                  |    |     |     |     |     |     |
| Tension d'égalisation                        | De 0.83 Un à 1.70 Un                                                                                                                                                                                                                                  |    |     |     |     |     |     |
| Batterie                                     |                                                                                                                                                                                                                                                       |    |     |     |     |     |     |
| Type                                         | Plomb ou Cadmium Nickel, ouvert ou à recombinaison                                                                                                                                                                                                    |    |     |     |     |     |     |
| Autonomie                                    | De quelques minutes à plusieurs heures                                                                                                                                                                                                                |    |     |     |     |     |     |
| Caractéristiques générales                   |                                                                                                                                                                                                                                                       |    |     |     |     |     |     |
| Rendement AC/DC                              | De 83% à 94% (selon modèle)                                                                                                                                                                                                                           |    |     |     |     |     |     |
| Température d'utilisation                    | De 0 à 45°C                                                                                                                                                                                                                                           |    |     |     |     |     |     |
| Température de stockage                      | De -20 à +70°C (hors batterie)                                                                                                                                                                                                                        |    |     |     |     |     |     |
| Humidité relative                            | < 95% sans condensation à 20°C                                                                                                                                                                                                                        |    |     |     |     |     |     |
| Altitude d'utilisation                       | 1000m (sans déclassement)                                                                                                                                                                                                                             |    |     |     |     |     |     |
| Refroidissement                              | Assisté par ventilateur                                                                                                                                                                                                                               |    |     |     |     |     |     |
| Degré de protection externe                  | IP 20                                                                                                                                                                                                                                                 |    |     |     |     |     |     |
| Bruit                                        | < 60 dB                                                                                                                                                                                                                                               |    |     |     |     |     |     |
| Isolation entrée / sortie                    | 2500 VAC / 1 minute                                                                                                                                                                                                                                   |    |     |     |     |     |     |
| Finition                                     | RAL 7035                                                                                                                                                                                                                                              |    |     |     |     |     |     |
| Dimensions                                   | Selon calibres et options (nous consulter)                                                                                                                                                                                                            |    |     |     |     |     |     |
| Options                                      |                                                                                                                                                                                                                                                       |    |     |     |     |     |     |
| Chargeur                                     | Diode de couplage<br>Diode FCEM<br>Détection de défaut de terre<br>Ultra faible ondulation résiduelle < 0.1%<br>Interface de communication isolée, RS 485, protocole Modbus<br>Panneau d'état à LEDs en face avant                                    |    |     |     |     |     |     |
| Batterie                                     | Protection contre les inversions de polarité sur le circuit batterie<br>Système de déconnexion sur tension basse batterie (LVD)<br>Batterie intégrée (sur plateau ou tiroir)<br>Sonde de température batterie pour compensation de charge             |    |     |     |     |     |     |
| Mécanique                                    | Degré de protection externe IP21, 23, 40, 41, 43, 55<br>Convection naturelle<br>Résistance de chauffe<br>Bornier de câblage entrée / sortie<br>Protection interne contre les chocs électriques, porte ouverte<br>Eclairage interne, anneaux de levage |    |     |     |     |     |     |
| Sortie                                       | Tableau de distribution (disjoncteurs avec ou sans contact de signalisation)                                                                                                                                                                          |    |     |     |     |     |     |
| Normes                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |    |     |     |     |     |     |
| Conformité                                   | CEM n°2004/108/CE - NF EN 61000-6-2 - NF EN 61000-6-4<br>DBT n°2006/95/CE - NF EN 60439-1<br>NFC 58-311<br>CEI 60146                                                                                                                                  |    |     |     |     |     |     |



|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Chargeur 127Vcc                |              |
| La puissance active de sortie  | 12700 W      |
| rendement                      | 0,83         |
| La puissance active d'entrée   | 15301,20 W   |
| La puissance réactive d'entrée | 12240,96 VAr |

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Chargeur 48Vcc                 |             |
| La puissance active de sortie  | 4800 W      |
| rendement                      | 0,83        |
| La puissance active d'entrée   | 5783,13 W   |
| La puissance réactive d'entrée | 4626,51 VAr |

## Annexe 3 : Court-circuit de l'installation alternative

|                      |               | Réseau Amont                        |          | Transfo |       | Liaison en câble N°0  |        |        |      |                   |           |            |              |                |       |
|----------------------|---------------|-------------------------------------|----------|---------|-------|-----------------------|--------|--------|------|-------------------|-----------|------------|--------------|----------------|-------|
|                      |               | R                                   | X        | R       | X     | Phase                 |        | Neutre |      |                   |           |            |              |                |       |
|                      |               | 0,1                                 | 1,5      | 12,3    | 37,8  | 6,2                   | 2,6    | 10,6   | 5,6  |                   |           |            |              |                |       |
|                      | N° de câble   | Destination                         | Longueur | Sph     | Sn    | Liaison En câbles N°1 |        |        |      | L'impédance Z(mΩ) | Icc en KA | Scc en mm² | Verification | Section finale |       |
|                      |               |                                     |          |         | Phase |                       | Neutre |        | Sph  |                   |           |            |              | Sn             |       |
|                      |               |                                     |          |         | R     | X                     | Rn     | Xn     |      |                   |           |            |              |                |       |
| TSA                  | DISJ TSA      | TSA vers JDB                        | 33       | 120     | 70    |                       |        |        |      | 45,89             | 5,29      | 20,56      | OUI          | 120,00         | 95,00 |
| Batiment de commande | DISJ R n°1    | Tranche General eclairage+chauffage | 10       | 2,5     | 2,5   | 90,0                  | 0,8    | 90,0   | 0,8  | 214,82            | 1,13      | 4,39       | NON          | 6,00           | 6,00  |
|                      | DISJ R n°2    | Tranche SA Eclairage+Chauffage      | 10       | 2,5     | 2,5   | 90,0                  | 0,8    | 90,0   | 0,8  | 303,14            | 0,80      | 3,11       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°3    | Départ Armoire Prises               | 6        | 10      | 10    | 13,5                  | 0,5    | 13,5   | 0,5  | 84,84             | 2,86      | 11,12      | NON          | 16,00          | 16,00 |
|                      | DISJ R p n°1  | Prise Salle de commande             | 16       | 10      | 10    | 36,0                  | 1,3    | 36,0   | 1,3  | 145,99            | 1,66      | 6,46       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°2  | Prise salle HF                      | 18       | 10      | 10    | 40,5                  | 1,4    | 40,5   | 1,4  | 121,12            | 2,00      | 7,79       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°3  | Prises locale interimaire           | 24       | 10      | 10    | 54,0                  | 1,9    | 54,0   | 1,9  | 232,87            | 1,04      | 4,05       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°4  | Prises bureau                       | 8        | 10      | 10    | 18,0                  | 0,6    | 18,0   | 0,6  | 162,63            | 1,49      | 5,80       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°5  | Prises SA                           | 26       | 10      | 10    | 58,5                  | 2,1    | 58,5   | 2,1  | 167,79            | 1,45      | 5,62       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°6  | Prise TSA                           | 33       | 10      | 10    | 74,3                  | 2,6    | 74,3   | 2,6  | 220,06            | 1,10      | 4,29       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°7  | Prise GE                            | 37,7     | 10      | 10    | 84,8                  | 3,0    | 84,8   | 3,0  | 245,20            | 0,99      | 3,85       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°8  | Prise locale gardien                | 27       | 10      | 10    | 60,8                  | 2,2    | 60,8   | 2,2  | 211,10            | 1,15      | 4,47       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°9  | Prise incendie                      | 103      | 10      | 10    | 231,8                 | 8,2    | 231,8  | 8,2  | 514,63            | 0,47      | 1,83       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°10 | Prise batiment des eaux             | 18       | 10      | 10    | 40,5                  | 1,4    | 40,5   | 1,4  | 176,00            | 1,38      | 5,36       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R p n°11 | Prises magasin                      | 12       | 10      | 10    | 27,0                  | 1,0    | 27,0   | 1,0  | 164,96            | 1,47      | 5,72       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R n°4    | Clim salle HF N1                    | 13       | 2,5     | 2,5   | 117,0                 | 1,0    | 117,0  | 1,0  | 351,47            | 0,69      | 2,68       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°5    | Clim salle HF N2                    | 18       | 2,5     | 2,5   | 162,0                 | 1,4    | 162,0  | 1,4  | 416,94            | 0,58      | 2,26       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°6    | Clim locale interimaire             | 25       | 2,5     | 2,5   | 225,0                 | 2,0    | 225,0  | 2,0  | 712,75            | 0,34      | 1,32       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°7    | Clim bureau                         | 7        | 2,5     | 2,5   | 63,0                  | 0,6    | 63,0   | 0,6  | 201,59            | 1,20      | 4,68       | NON          | 6,00           | 6,00  |
|                      | DISJ R n°8    | Clim SA N1                          | 12       | 2,5     | 2,5   | 108,0                 | 1,0    | 108,0  | 1,0  | 276,59            | 0,88      | 3,41       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°9    | Clim SA N2                          | 11       | 2,5     | 2,5   | 99,0                  | 0,9    | 99,0   | 0,9  | 347,64            | 0,70      | 2,71       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°10   | Clim salle de commande N1           | 7        | 2,5     | 2,5   | 63,0                  | 0,6    | 63,0   | 0,6  | 320,84            | 0,76      | 2,94       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°11   | Clim salle de commande N2           | 10       | 2,5     | 2,5   | 90,0                  | 0,8    | 90,0   | 0,8  | 436,90            | 0,56      | 2,16       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°12   | Eclairage abord                     | 9        | 25      | 16    | 8,1                   | 0,7    | 12,7   | 0,7  | 123,05            | 1,97      | 7,67       | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                      | DISJ R n°13   | Eclairage route                     | 9        | 2,5     | 2,5   | 81,0                  | 0,7    | 81,0   | 0,7  | 303,11            | 0,80      | 3,11       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°14   | Extracteur Salle des batterie       | 13       | 2,5     | 2,5   | 117,0                 | 1,0    | 117,0  | 1,0  | 365,51            | 0,66      | 2,58       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°15   | Extracteur cuisine                  | 19       | 2,5     | 2,5   | 171,0                 | 1,5    | 171,0  | 1,5  | 437,07            | 0,55      | 2,16       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°16   | Extracteur Locale interimaire       | 19       | 2,5     | 2,5   | 171,0                 | 1,5    | 171,0  | 1,5  | 463,90            | 0,52      | 2,03       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°17   | Extracteur Sanitaire                | 16       | 2,5     | 2,5   | 144,0                 | 1,3    | 144,0  | 1,3  | 329,07            | 0,74      | 2,87       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ R n°18   | Extracteur d'air TSA                | 42       | 2,5     | 2,5   | 378,0                 | 3,4    | 378,0  | 3,4  | 867,83            | 0,28      | 1,09       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°19   | Extracteur d'air ge                 | 45       | 2,5     | 2,5   | 405,0                 | 3,6    | 405,0  | 3,6  | 957,70            | 0,25      | 0,98       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°20   | radiateur                           | 45       | 10      | 10    | 101,3                 | 3,6    | 101,3  | 3,6  | 406,33            | 0,60      | 2,32       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R n°21   | chauffage+ecl ge                    | 45       | 2,5     | 2,5   | 405,0                 | 3,6    | 405,0  | 3,6  | 1011,61           | 0,24      | 0,93       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°22   | pompe 9                             | 37       | 6       | 6     | 138,8                 | 3,0    | 138,8  | 3,0  | 163,69            | 1,48      | 5,76       | OUI          | 6,00           | 6,00  |
|                      | DISJ R n°23   | pompe 20                            | 37       | 6       | 6     | 138,8                 | 3,0    | 138,8  | 3,0  | 163,69            | 1,48      | 5,76       | OUI          | 6,00           | 6,00  |
|                      | DISJ R n°24   | Cellule MT chauffage eclairage      | 42       | 2,5     | 2,5   | 378,0                 | 3,4    | 378,0  | 3,4  | 1191,37           | 0,20      | 0,79       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ R n°25   | CR1r                                | 100,3    | 50      | 25    | 45,1                  | 8,0    | 90,3   | 8,0  | 81,03             | 2,99      | 11,64      | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                      | DISJ R n°26   | CR2r                                | 112,1    | 10      | 10    | 252,2                 | 9,0    | 252,2  | 9,0  | 275,64            | 0,88      | 3,42       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ R n°27   | CR3r                                | 147,1    | 10      | 10    | 331,0                 | 11,8   | 331,0  | 11,8 | 353,75            | 0,69      | 2,67       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                      | DISJ S n°1    | Chargeurs 127Vcc N1                 | 12       | 25      | 16    | 10,8                  | 1,0    | 16,9   | 1,0  | 52,03             | 4,66      | 18,13      | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S n°2    | Chargeurs 127Vcc N2                 | 13       | 25      | 16    | 11,7                  | 1,0    | 18,3   | 1,0  | 52,61             | 4,61      | 17,93      | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S n°3    | Chargeurs 127Vcc N3                 | 14       | 25      | 16    | 12,6                  | 1,1    | 19,7   | 1,1  | 53,20             | 4,56      | 17,73      | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S n°4    | Chargeurs 48Vcc N1                  | 15       | 4       | 4     | 84,4                  | 1,2    | 84,4   | 1,2  | 111,70            | 2,17      | 8,44       | NON          | 16,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S n°5    | Chargeurs 48Vcc N2                  | 16       | 4       | 4     | 90,0                  | 1,3    | 90,0   | 1,3  | 116,94            | 2,07      | 8,07       | NON          | 16,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S n°6    | UPS                                 | 11       | 4       | 4     | 61,9                  | 0,9    | 61,9   | 0,9  | 91,21             | 2,66      | 10,34      | NON          | 16,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S n°7    | Armoire eclairage interieur         | 8        | 10      | 10    | 18,0                  | 0,6    | 18,0   | 0,6  | 91,02             | 2,66      | 10,36      | NON          | 16,00          | 16,00 |
|                      | DISJ S e n°1  | Salle de commande                   | 16       | 2,5     | 2,5   | 144,0                 | 1,3    | 144,0  | 1,3  | 333,51            | 0,73      | 2,83       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                      | DISJ S e n°2  | Local des batteries                 | 26,4     | 2,5     | 2,5   | 237,6                 | 2,1    | 237,6  | 2,1  | 590,98            | 0,41      | 1,60       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                      | DISJ S e n°3  | Salle HF                            | 18       | 2,5     | 2,5   | 162,0                 | 1,4    | 162,0  | 1,4  | 445,99            | 0,54      | 2,11       | OUI          | 2,50           | 2,50  |

|                      |               |                                          |       |     |     |        |      |        |      |         |      |       |     |       |       |
|----------------------|---------------|------------------------------------------|-------|-----|-----|--------|------|--------|------|---------|------|-------|-----|-------|-------|
| Batiment de commande | DISJ S e n°4  | Local SA                                 | 26    | 2,5 | 2,5 | 234,0  | 2,1  | 234,0  | 2,1  | 561,39  | 0,43 | 1,68  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S e n°5  | Local interimaire (sanitaire)            | 24    | 2,5 | 2,5 | 216,0  | 1,9  | 216,0  | 1,9  | 481,88  | 0,50 | 1,96  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S e n°6  | chambre interimaire                      | 24    | 2,5 | 2,5 | 216,0  | 1,9  | 216,0  | 1,9  | 607,31  | 0,40 | 1,55  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S e n°7  | Sanitaire                                | 22    | 2,5 | 2,5 | 198,0  | 1,8  | 198,0  | 1,8  | 664,69  | 0,36 | 1,42  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S e n°8  | Tube fluorescents etanches type extrieur | 110   | 16  | 16  | 154,7  | 8,8  | 154,7  | 8,8  | 504,73  | 0,48 | 1,87  | OUI | 16,00 | 16,00 |
|                      | DISJ S e n°9  | portes de Bdc                            | 22,31 | 2,5 | 2,5 | 200,8  | 1,8  | 200,8  | 1,8  | 666,64  | 0,36 | 1,41  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S e n°10 | porte du poste                           | 30    | 2,5 | 2,5 | 270,0  | 2,4  | 270,0  | 2,4  | 786,87  | 0,31 | 1,20  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S n°8    | Armoire eclaireage exterieur             | 8     | 16  | 16  | 11,3   | 0,6  | 11,3   | 0,6  | 80,67   | 3,01 | 11,69 | OUI | 16,00 | 16,00 |
|                      | DISJ S n°9    | CR1s                                     | 100,3 | 16  | 16  | 141,0  | 8,0  | 141,0  | 8,0  | 167,35  | 1,45 | 5,64  | OUI | 16,00 | 16,00 |
|                      | DISJ S n°10   | CR2s                                     | 112,1 | 2,5 | 2,5 | 1008,9 | 9,0  | 1008,9 | 9,0  | 1028,83 | 0,24 | 0,92  | OUI | 2,50  | 2,50  |
|                      | DISJ S n°11   | CR3s                                     | 147,1 | 2,5 | 2,5 | 1323,9 | 11,8 | 1323,9 | 11,8 | 1343,65 | 0,18 | 0,70  | OUI | 2,50  | 2,50  |

| Liaison entre BdC et CR1 |     |        |     | Liaison entre BdC et CR2 |      |        |      | Liaison entre BdC et CR3 |       |        |       |
|--------------------------|-----|--------|-----|--------------------------|------|--------|------|--------------------------|-------|--------|-------|
| Phase                    |     | Neutre |     | Phase                    |      | Neutre |      | Phase                    |       | Neutre |       |
| R                        | X   | R      | X   | R                        | X    | R      | X    | R                        | X     | R      | X     |
| 45,1                     | 8,0 | 90,3   | 8,0 | 252                      | 8,97 | 252,23 | 8,97 | 331,0                    | 11,77 | 331,0  | 11,77 |

|                       | N° de câble                  | Destination                                    | Longueur | Sph | Sn   | Liaison En câbles N°2 |      |        |        | L'impédance<br>Z(mΩ) | Icc en KA | Scc en mm² | Verification | Section finale |       |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------------------------|----------|-----|------|-----------------------|------|--------|--------|----------------------|-----------|------------|--------------|----------------|-------|
|                       |                              |                                                |          |     |      | Phase                 |      | Neutre |        |                      |           |            |              | Sph            | Sn    |
|                       |                              |                                                |          |     |      | R                     | X    | Rn     | Xn     |                      |           |            |              |                |       |
| Cabine de relayage N1 | DISJ R1 n°0                  | Alim Armoire Normale CR1                       | 1        | 50  | 25   | 0,5                   | 0,1  | 0,9    | 2,0    | 81,43                | 2,98      | 11,58      | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                       | DISJ R1 n°1                  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 21       | 2,5 | 2,5  | 189,0                 | 1,7  | 189,0  | 0,2    | 546,62               | 0,44      | 1,73       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°2                  | Armoire disjoncteur 245KV Chauffage eclaireage | 20       | 2,5 | 2,5  | 180,0                 | 1,6  | 180,0  | 0,2    | 528,74               | 0,46      | 1,78       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°3                  | Armoire sectionneur 36KV Chauffage eclaireage  | 19       | 2,5 | 2,5  | 171,0                 | 1,5  | 171,0  | 0,2    | 510,87               | 0,47      | 1,85       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°4                  | Armoire sectionneur 24KV Chauffage eclaireage  | 19       | 2,5 | 2,5  | 171,0                 | 1,5  | 171,0  | 0,2    | 510,87               | 0,47      | 1,85       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°5                  | aero trnsformateur pompes                      | 30       | 50  | 25   | 13,5                  | 2,4  | 27,0   | 2,0    | 216,15               | 1,12      | 4,36       | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                       | DISJ R1 n°6                  | aero trnsformateur ventilateurs                | 30       | 50  | 25   | 13,5                  | 2,4  | 27,0   | 2,0    | 216,15               | 1,12      | 4,36       | OUI          | 50,00          | 25,00 |
|                       | DISJ R1 n°7                  | aero trnsformateur eclaireage chauffage Prise  | 30       | 16  | 16   | 42,2                  | 2,4  | 42,2   | 1,3    | 257,98               | 0,94      | 3,66       | OUI          | 16,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R1 n°8                  | Armoire disjoncteur 60KV Chauffage eclaireage  | 35       | 2,5 | 2,5  | 315,0                 | 2,8  | 315,0  | 0,2    | 797,47               | 0,30      | 1,18       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°9                  | Armoire sectionneur 60KV Chauffage eclaireage  | 35       | 2,5 | 2,5  | 315,0                 | 2,8  | 315,0  | 0,2    | 797,47               | 0,30      | 1,18       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°10                 | Prises mono 25A interieur x6                   | 4        | 10  | 10   | 9,0                   | 0,3  | 9,0    | 0,8    | 236,68               | 1,02      | 3,99       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                       | DISJ R1 n°11                 | Prises triphasé 100A exterieur                 | 22       | 25  | 16   | 19,8                  | 1,8  | 30,9   | 1,3    | 98,30                | 2,47      | 9,60       | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R1 n°12                 | Tranche transfo Chauffage eclaireage           | 4        | 2,5 | 2,5  | 36,0                  | 0,3  | 36,0   | 0,2    | 288,87               | 0,84      | 3,27       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°13                 | Tranche barre 225kV Chauffage eclaireage       | 20       | 2,5 | 2,5  | 180,0                 | 1,6  | 180,0  | 0,2    | 573,41               | 0,42      | 1,64       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R1 n°14                 | Climatiseur N1                                 | 6        | 2,5 | 2,5  | 54,0                  | 0,5  | 54,0   | 0,2    | 324,10               | 0,75      | 2,91       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°15                 | Climatiseur N2                                 | 7        | 2,5 | 2,5  | 63,0                  | 0,6  | 63,0   | 0,2    | 341,78               | 0,71      | 2,76       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°16                 | Alim Armoire Secouru CR1                       | 1        | 16  | 16   | 1,4                   | 0,1  | 1,4    | 1,3    | 168,71               | 1,44      | 5,59       | OUI          | 16,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R1 n°17                 | Moteur sectionneur 245kV                       | 21       | 2,5 | 2,5  | 189,0                 | 1,7  | 189,0  | 0,2    | 352,52               | 0,69      | 2,68       | NON          | 4,00           | 4,00  |
|                       | DISJ R1 n°18                 | Aero TRS ventilateur                           | 30       | 50  | 25   | 13,5                  | 2,4  | 27,0   | 2,0    | 180,95               | 1,34      | 5,21       | OUI          | 50,00          | 25,00 |
| DISJ R1 n°19          | Eclairage cabine de relayage | 8                                              | 2,5      | 2,5 | 72,0 | 0,6                   | 72,0 | 0,2    | 504,49 | 0,48                 | 1,87      | OUI        | 2,50         | 2,50           |       |
| Cabine de relayage N2 | DISJ R2 n°0                  | Alim Armoire Normale CR2                       | 1        | 10  | 10   | 2,3                   | 0,1  | 2,3    | 0,8    | 277,86               | 0,87      | 3,39       | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R2 n°1                  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 31,4     | 2,5 | 2,5  | 282,6                 | 2,5  | 282,6  | 0,2    | 1241,70              | 0,20      | 0,76       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R2 n°2                  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 37,3     | 2,5 | 2,5  | 335,7                 | 3,0  | 335,7  | 0,2    | 1347,78              | 0,18      | 0,70       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R2 n°3                  | Armoire disjoncteur 245KV Chauffage eclaireage | 35,5     | 2,5 | 2,5  | 319,5                 | 2,8  | 319,5  | 0,2    | 1174,58              | 0,21      | 0,80       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R2 n°4                  | Prises mono 25A interieur x6                   | 4        | 10  | 10   | 9,0                   | 0,3  | 9,0    | 0,8    | 806,56               | 0,30      | 1,17       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                       | DISJ R2 n°5                  | Tranche depart 225kV Chauffage eclaireage      | 2        | 2,5 | 2,5  | 18,0                  | 0,2  | 18,0   | 0,2    | 824,44               | 0,29      | 1,14       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R2 n°6                  | Tranche barre 225kV Chauffage eclaireage       | 2        | 2,5 | 2,5  | 18,0                  | 0,2  | 18,0   | 0,2    | 824,44               | 0,29      | 1,14       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R2 n°7                  | Climatiseur N1                                 | 6        | 2,5 | 2,5  | 54,0                  | 0,5  | 54,0   | 0,2    | 896,25               | 0,27      | 1,05       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R2 n°8                  | Climatiseur N2                                 | 6        | 2,5 | 2,5  | 54,0                  | 0,5  | 54,0   | 0,2    | 896,25               | 0,27      | 1,05       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S2 n°0                  | Alim Armoire Secouru CR3                       | 1        | 2,5 | 2,5  | 9,0                   | 0,1  | 9,0    | 0,2    | 1037,82              | 0,23      | 0,91       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S2 n°1                  | Moteur sectionneur 245kV                       | 31,4     | 2,5 | 2,5  | 282,6                 | 2,5  | 282,6  | 0,2    | 1311,26              | 0,18      | 0,72       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S2 n°2                  | Moteur sectionneur 245kV                       | 37,3     | 2,5 | 2,5  | 335,7                 | 3,0  | 335,7  | 0,2    | 1364,34              | 0,18      | 0,69       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S2 n°3                  | Eclairage cabine de relayage                   | 8        | 2,5 | 2,5  | 72,0                  | 0,6  | 72,0   | 0,2    | 2444,06              | 0,10      | 0,39       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
| Cabine de relayage N3 | DISJ R3 n°0                  | Alim Armoire Normale CR3                       | 1        | 10  | 10   | 2,3                   | 0,1  | 2,3    | 0,8    | 355,98               | 0,68      | 2,65       | OUI          | 25,00          | 16,00 |
|                       | DISJ R3 n°1                  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 31,4     | 2,5 | 2,5  | 282,6                 | 2,5  | 282,6  | 0,2    | 2266,38              | 0,11      | 0,42       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R3 n°2                  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 37,3     | 2,5 | 2,5  | 335,7                 | 3,0  | 335,7  | 0,2    | 2372,54              | 0,10      | 0,40       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R3 n°3                  | Armoire disjoncteur 60KV Chauffage eclaireage  | 35,5     | 2,5 | 2,5  | 319,5                 | 2,8  | 319,5  | 0,2    | 2340,16              | 0,10      | 0,40       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R3 n°4                  | Prises mono 25A interieur x6                   | 4        | 10  | 10   | 9,0                   | 0,3  | 9,0    | 0,8    | 1042,56              | 0,23      | 0,90       | OUI          | 10,00          | 10,00 |
|                       | DISJ R3 n°5                  | Tranche depart 225kV Chauffage eclaireage      | 2        | 2,5 | 2,5  | 18,0                  | 0,2  | 18,0   | 0,2    | 1060,46              | 0,23      | 0,89       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R3 n°6                  | Climatiseur N1                                 | 6        | 2,5 | 2,5  | 54,0                  | 0,5  | 54,0   | 0,2    | 1132,33              | 0,21      | 0,83       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ R3 n°7                  | Climatiseur N2                                 | 6        | 2,5 | 2,5  | 54,0                  | 0,5  | 54,0   | 0,2    | 1132,33              | 0,21      | 0,83       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S3 n°0                  | Alim Armoire Secouru CR3                       | 1        | 2,5 | 2,5  | 9,0                   | 0,1  | 9,0    | 0,2    | 1352,64              | 0,18      | 0,70       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S3 n°1                  | Moteur sectionneur 245kV                       | 31,4     | 2,5 | 2,5  | 282,6                 | 2,5  | 282,6  | 0,2    | 1626,14              | 0,15      | 0,58       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S3 n°2                  | Moteur sectionneur 245kV                       | 37,3     | 2,5 | 2,5  | 335,7                 | 3,0  | 335,7  | 0,2    | 1679,23              | 0,14      | 0,56       | OUI          | 2,50           | 2,50  |
|                       | DISJ S3 n°3                  | Eclairage cabine de relayage                   | 8        | 2,5 | 2,5  | 72,0                  | 0,6  | 72,0   | 0,2    | 3152,73              | 0,08      | 0,30       | OUI          | 2,50           | 2,50  |

## Annexe 4 : Court-circuit de l'installation continue

| Rbatterie | Rchargeur | Rcâbles<br>Batterie | Rcâbles<br>Chargeur |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|
| 0,021     | 0,0277    | 0,0100              | 0,0063              |

|                        | N° de câble | Destination               | L (m)   | S (mm²) | Rcâbles | Z (Cas<br>Batterie) | Z (Cas<br>chargeur) | Icc en A<br>(Cas Batterie) | Icc en A(Cas<br>chargeur) | Icc     | Sec    | Vérification | Section<br>Finale |
|------------------------|-------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| ARMOIRE<br>SA 127<br>A | CIRC A1     | T1d T.G                   | 19,34   | 2,5     | 0,17    | 0,21                | 0,21                | 680,51                     | 671,56                    | 671,56  | 2,61   | NON          | 4,00              |
|                        | CIRC A2     | UCL T.G                   | 19,34   | 2,5     | 0,17    | 0,21                | 0,21                | 680,51                     | 671,56                    | 671,56  | 2,61   | NON          | 4,00              |
|                        | CIRC A3     | T1d T.SA                  | 18,46   | 2,5     | 0,17    | 0,20                | 0,20                | 707,82                     | 698,14                    | 698,14  | 2,71   | NON          | 4,00              |
|                        | CIRC A4     | UCL T.SA                  | 18,46   | 2,5     | 0,17    | 0,20                | 0,20                | 707,82                     | 698,14                    | 698,14  | 2,71   | NON          | 4,00              |
|                        | CIRC A5     | CR N°1                    | 125,40  | 70      | 0,04    | 0,07                | 0,07                | 1952,41                    | 1880,52                   | 1880,52 | 7,31   | OUI          | 70,00             |
|                        | CIRC A6     | CR N°2                    | 134,31  | 70      | 0,04    | 0,07                | 0,08                | 1877,28                    | 1810,72                   | 1810,72 | 7,04   | OUI          | 70,00             |
|                        | CIRC A7     | CR N°3                    | 95,81   | 70      | 0,03    | 0,06                | 0,06                | 2251,72                    | 2156,64                   | 2156,64 | 8,39   | OUI          | 70,00             |
|                        | CIRC A8     | UPS                       | 14,94   | 10      | 0,03    | 0,06                | 0,07                | 2154,01                    | 2066,84                   | 2066,84 | 8,04   | OUI          | 10,00             |
|                        | CIRC A9     | P1d Tab.MT                | 50,60   | 2,5     | 0,46    | 0,49                | 0,49                | 287,07                     | 285,46                    | 285,46  | 1,11   | OUI          | 2,50              |
|                        | CIRC A10    | T1d Tab.MT                | 50,60   | 2,5     | 0,46    | 0,49                | 0,49                | 287,07                     | 285,46                    | 285,46  | 1,11   | OUI          | 2,50              |
|                        | CIRC A11    | H.F                       | 20,44   | 6       | 0,08    | 0,11                | 0,11                | 1294,86                    | 1262,85                   | 1262,85 | 4,91   | OUI          | 6,00              |
|                        | CIRC A14    | Alim Batteries 127Vcc N°1 | 6,38    | 16      | 0,01    | 0,0402              | 0,0430              | 3473,64                    | 3252,42                   | 3252,42 | 12,65  | OUI          | 16,00             |
|                        | CIRC A15    | Alim Chargeur 127Vcc N°1  | 14,058  | 50      | 0,01    | 0,0376              | 0,0403              | 3718,25                    | 3465,92                   | 3465,92 | 13,48  | OUI          | 50,00             |
|                        | CIRC B1     | Alim Chargeur 127Vcc N°2  | 13,178  | 50      | 0,01    | 0,0372              | 0,0413              | 3757,86                    | 3382,10                   | 3382,10 | 13,15  | OUI          | 50,00             |
|                        | CIRC B2     | Alim Batteries 127Vcc N°2 | 5,28    | 16      | 0,01    | 0,0387              | 0,0428              | 3612,59                    | 3263,97                   | 3263,97 | 12,69  | OUI          | 16,00             |
| ARMOIRE<br>SA 127<br>B | CIRC B3     | T2d T.G                   | 19,338  | 2,5     | 0,17    | 0,2053              | 0,2094              | 680,51                     | 667,09                    | 667,09  | 2,59   | NON          | 4,00              |
|                        | CIRC B4     | T2d T.SA                  | 18,458  | 2,5     | 0,17    | 0,1974              | 0,2015              | 707,82                     | 693,31                    | 693,31  | 2,70   | NON          | 4,00              |
|                        | CIRC B5     | UPS                       | 14,938  | 10      | 0,03    | 0,0649              | 0,0690              | 2154,01                    | 2025,04                   | 2025,04 | 7,88   | OUI          | 10,00             |
|                        | CIRC B6     | P2d Tab.MT                | 50,6    | 2,5     | 0,46    | 0,4866              | 0,4908              | 287,07                     | 284,65                    | 284,65  | 1,11   | OUI          | 2,50              |
|                        | CIRC B7     | T2d Tab.MT                | 50,6    | 2,5     | 0,46    | 0,4866              | 0,4908              | 287,07                     | 284,65                    | 284,65  | 1,11   | OUI          | 2,50              |
|                        | CIRC B8     | H.F                       | 20,438  | 6       | 0,08    | 0,1079              | 0,1120              | 1294,86                    | 1247,12                   | 1247,12 | 4,85   | OUI          | 6,00              |
|                        | CIRC B11    | CR N°1                    | 125,4   | 16,0    | 0,18    | 0,208               | 0,212               | 672,96                     | 659,84                    | 659,84  | 2,566  | OUI          | 16,00             |
|                        | CIRC B12    | CR N°2                    | 134,3   | 16,0    | 0,19    | 0,220               | 0,224               | 634,66                     | 622,97                    | 622,97  | 2,423  | OUI          | 16,00             |
|                        | CIRC B13    | CR N°3                    | 95,8    | 2,5     | 0,86    | 0,894               | 0,898               | 156,35                     | 155,63                    | 155,63  | 0,605  | OUI          | 2,50              |
|                        | CIRC DJP    | Alim Chargeur 127 N°3     | 13,2    | 50,0    | 0,01    | 0,037               | 0,043               | 3757,86                    | 3271,41                   | 3271,41 | 12,722 | OUI          | 50,00             |
|                        | CIRC DJA    | Cummutation N1            | 2,2     | 50,0    | 0,00    | 0,032               | 0,038               | 4333,76                    | 3699,37                   | 3699,37 | 14,386 | OUI          | 50,00             |
|                        | CIRC DJB    | Cummutation N2            | 2,2     | 50,0    | 0,00    | 0,032               | 0,038               | 4333,76                    | 3699,37                   | 3699,37 | 14,386 | OUI          | 50,00             |
| ARMOIRE<br>SA 127 N°3  | CIRC DJB    | Cummutation N2            | 2,2     | 50,0    | 0,00    | 0,032               | 0,038               | 4333,76                    | 3699,37                   | 3699,37 | 14,386 | OUI          | 50,00             |
| COFFRET<br>CR N°1      | DISJ CA10   | Alim Coffret CR N°1 A     | 1,1     | 50,0    | 0,00    | 0,032               | 0,090               | 4401,34                    | 1557,67                   | 1557,67 | 6,057  | OUI          | 50,00             |
|                        | DISJ CA11   | Alim Compteur             | 1,0     | 2,5     | 0,01    | 0,040               | 0,098               | 3471,21                    | 1422,75                   | 1422,75 | 5,533  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA12   | T1d Disj 225kV            | 21,0    | 11,0    | 0,04    | 0,074               | 0,132               | 1882,75                    | 1057,17                   | 1057,17 | 4,111  | OUI          | 11,00             |
|                        | DISJ CA13   | P1d Disj 225kV            | 4,4     | 12,0    | 0,01    | 0,039               | 0,097               | 3537,13                    | 1433,70                   | 1433,70 | 5,575  | OUI          | 12,00             |
|                        | DISJ CA14   | UCL Disj 225kV            | 4,4     | 13,0    | 0,01    | 0,039               | 0,097               | 3594,89                    | 1443,10                   | 1443,10 | 5,612  | OUI          | 13,00             |
|                        | DISJ CA15   | Med Disj 225kV            | 4,4     | 14,0    | 0,01    | 0,038               | 0,096               | 3645,93                    | 1451,25                   | 1451,25 | 5,644  | OUI          | 14,00             |
|                        | DISJ CA16   | Md Disj 225kV             | 21,0    | 15,0    | 0,03    | 0,063               | 0,121               | 2226,46                    | 1157,51                   | 1157,51 | 4,501  | OUI          | 15,00             |
|                        | DISJ CA17   | T1d Disj 60kV             | 35,0    | 16,0    | 0,05    | 0,080               | 0,138               | 1736,18                    | 1009,33                   | 1009,33 | 3,925  | OUI          | 16,00             |
|                        | DISJ CA18   | Md Disj 60kV              | 35,0    | 16,0    | 0,05    | 0,080               | 0,138               | 1736,18                    | 1009,33                   | 1009,33 | 3,925  | OUI          | 16,00             |
|                        | DISJ CA19   | Mcpd Alim Regleur         | 43,8    | 2,5     | 0,39    | 0,425               | 0,483               | 328,50                     | 289,11                    | 289,11  | 1,124  | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CA110  | T1d T.Transfo             | 43,8    | 2,5     | 0,39    | 0,425               | 0,483               | 328,50                     | 289,11                    | 289,11  | 1,124  | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CA111  | P1d T.Transfo             | 4,4     | 2,5     | 0,04    | 0,071               | 0,129               | 1971,90                    | 1084,71                   | 1084,71 | 4,218  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA112  | UCL T.Transfo             | 4,4     | 2,5     | 0,04    | 0,071               | 0,129               | 1971,90                    | 1084,71                   | 1084,71 | 4,218  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA113  | Med T.Transfo             | 4,4     | 2,5     | 0,04    | 0,071               | 0,129               | 1971,90                    | 1084,71                   | 1084,71 | 4,218  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA114  | T1d T.Départ 60KV         | 43,8    | 2,5     | 0,39    | 0,425               | 0,483               | 328,50                     | 289,11                    | 289,11  | 1,124  | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CA115  | P1d T.Départ 60KV         | 4,4     | 2,5     | 0,04    | 0,071               | 0,129               | 1971,90                    | 1084,71                   | 1084,71 | 4,218  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA116  | UCL T.Départ 60KV         | 4,4     | 2,5     | 0,04    | 0,071               | 0,129               | 1971,90                    | 1084,71                   | 1084,71 | 4,218  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA117  | Med T.Départ 60KV         | 4,4     | 2,5     | 0,04    | 0,071               | 0,129               | 1971,90                    | 1084,71                   | 1084,71 | 4,218  | NON          | 6,00              |
|                        | DISJ CA120  | Bouclage N°1              | 129,00  | 50,00   | 0,06    | 0,09                | 0,15                | 1564,50                    | 948,80                    | 948,80  | 3,69   | OUI          | 50,00             |
|                        | DISJ CA121  | Bouclage N°2              | 76,67   | 50,00   | 0,03    | 0,07                | 0,12                | 2124,82                    | 1129,42                   | 1129,42 | 4,39   | OUI          | 50,00             |
|                        | DISJ CB10   | Alim Coffret N°1 B        | 1       | 6,00    | 0,00    | 0,03                | 0,24                | 3991,96                    | 581,02                    | 581,02  | 2,26   | OUI          | 6,00              |
|                        | DISJ CB11   | T2d Disj 225kV            | 21      | 2,50    | 0,19    | 0,22                | 0,43                | 634,29                     | 328,17                    | 328,17  | 1,28   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB12   | P2d Disj 225kV            | 4,4     | 2,50    | 0,04    | 0,07                | 0,28                | 1971,90                    | 505,63                    | 505,63  | 1,97   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB13   | T2d Disj 60kV             | 35      | 2,50    | 0,32    | 0,35                | 0,55                | 403,47                     | 253,22                    | 253,22  | 0,98   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB14   | T2d T.Transfo             | 43,78   | 2,50    | 0,39    | 0,43                | 0,63                | 328,50                     | 221,50                    | 221,50  | 0,86   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB15   | P2d T.Transfo             | 4,4     | 2,50    | 0,04    | 0,07                | 0,28                | 1971,90                    | 505,63                    | 505,63  | 1,97   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB16   | T2d T.Départ 60KV         | 43,78   | 2,50    | 0,39    | 0,43                | 0,63                | 328,50                     | 221,50                    | 221,50  | 0,86   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB17   | P2d T.Départ 60KV         | 4,4     | 2,50    | 0,04    | 0,07                | 0,28                | 1971,90                    | 505,63                    | 505,63  | 1,97   | OUI          | 2,50              |
|                        | DISJ CB110  | Alim Compteur             | 1       | 6,00    | 0,00    | 0,03                | 0,24                | 3991,96                    | 581,02                    | 581,02  | 2,26   | OUI          | 6,00              |
|                        | DISJ CB111  | Bouclage N°7              | 128,997 | 6,00    | 0,48    | 0,51                | 0,72                | 271,27                     | 193,91                    | 193,91  | 0,75   | OUI          | 6,00              |
|                        | DISJ CB112  | Bouclage N°8              | 76,67   | 4,00    | 0,43    | 0,46                | 0,67                | 302,04                     | 209,15                    | 209,15  | 0,81   | OUI          | 4,00              |

|                   |            |                          |         |        |       |         |          |          |         |        |      |     |       |
|-------------------|------------|--------------------------|---------|--------|-------|---------|----------|----------|---------|--------|------|-----|-------|
| COFFRET<br>CR N°2 | CIRC CA20  | Alim Coffret CR N°2 A    | 1,00    | 4,00   | 0,01  | 0,04    | 0,42     | 3788,96  | 335,74  | 335,74 | 1,31 | OUI | 4,00  |
|                   | CIRC CA21  | Alim Compteur            | 1,00    | 2,50   | 0,01  | 0,04    | 0,42     | 3471,21  | 333,04  | 333,04 | 1,30 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA22  | CIRC TD225 TETOUEN       | 50,05   | 16,00  | 0,07  | 0,10    | 0,48     | 1374,62  | 290,52  | 290,52 | 1,13 | OUI | 16,00 |
|                   | CIRC CA23  | T1d T.Départ 225 TETOUEN | 50,05   | 2,50   | 0,45  | 0,48    | 0,86     | 290,02   | 162,27  | 162,27 | 0,63 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA24  | P1d T.Départ 225 TETOUEN | 4,40    | 2,50   | 0,04  | 0,07    | 0,45     | 1971,90  | 310,40  | 310,40 | 1,21 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA25  | UCL T.Départ 225 TETOUEN | 4,40    | 2,50   | 0,04  | 0,07    | 0,45     | 1971,90  | 310,40  | 310,40 | 1,21 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA26  | Med T.Départ 225 TETOUEN | 4,40    | 2,50   | 0,04  | 0,07    | 0,45     | 1971,90  | 310,40  | 310,40 | 1,21 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA27  | P1d T.Barre 225          | 4,40    | 2,50   | 0,04  | 0,07    | 0,45     | 1971,90  | 310,40  | 310,40 | 1,21 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA28  | UCL T.Barre 225          | 4,40    | 2,50   | 0,04  | 0,07    | 0,45     | 1971,90  | 310,40  | 310,40 | 1,21 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA29  | Med T.Barre 225          | 4,40    | 2,50   | 0,04  | 0,07    | 0,45     | 1971,90  | 310,40  | 310,40 | 1,21 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA212 | Bouclage N°3             | 76,670  | 50,000 | 0,035 | 0,066   | 0,445    | 2124,818 | 313,952 | 313,95 | 1,22 | OUI | 50,00 |
|                   | CIRC CA213 | Bouclage N°4             | 174,680 | 50,000 | 0,079 | 0,110   | 0,489    | 1271,719 | 285,640 | 285,64 | 1,11 | OUI | 50,00 |
|                   | CIRC CB20  | Alim Coffret CR N°2 B    | 1       | 2,500  | 0,009 | 0,040   | 1,551    | 3471,213 | 90,066  | 90,07  | 0,35 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CB21  | Alim Compteur            | 1       | 2,500  | 0,009 | 0,040   | 1,551    | 3471,213 | 90,066  | 90,07  | 0,35 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CB22  | T2d T.Départ 225 TETOUEN | 4,400   | 2,500  | 0,040 | 0,071   | 1,582    | 1971,902 | 88,324  | 88,32  | 0,34 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CB23  | P2d T.Départ 225 TETOUEN | 4,400   | 2,500  | 0,040 | 0,071   | 1,582    | 1971,902 | 88,324  | 88,32  | 0,34 | OUI | 2,50  |
| COFFRET<br>CR N°3 | CIRC CB24  | P2d T.Barre 225          | 4,400   | 2,500  | 0,040 | 0,071   | 1,582    | 1971,902 | 88,324  | 88,32  | 0,34 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CB27  | Bouclage N°9             | 76,67   | 10     | 0,173 | 0,2038  | 1,7146   | 685,63   | 81,48   | 81,48  | 0,32 | OUI | 10,00 |
|                   | CIRC CB28  | Bouclage N°10            | 174,68  | 10     | 0,393 | 0,4243  | 1,9351   | 329,27   | 72,19   | 72,19  | 0,28 | OUI | 10,00 |
|                   | CIRC CA30  | Alim Coffret CR N°3 A    | 1       | 4      | 0,006 | 0,0369  | 0,5355   | 3788,96  | 260,88  | 260,88 | 1,01 | OUI | 4,00  |
|                   | CIRC CA31  | CIRC TD225 ALWAHDA       | 50,05   | 16     | 0,070 | 0,1016  | 0,6003   | 1374,62  | 232,73  | 232,73 | 0,91 | OUI | 16,00 |
|                   | CIRC CA32  | T1d T.Départ 225 ALWAHDA | 50,05   | 2,5    | 0,450 | 0,4817  | 0,9803   | 290,02   | 142,50  | 142,50 | 0,55 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA33  | P1d T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4     | 2,5    | 0,040 | 0,0708  | 0,5695   | 1971,90  | 245,31  | 245,31 | 0,95 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA34  | UCL T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4     | 2,5    | 0,040 | 0,0708  | 0,5695   | 1971,90  | 245,31  | 245,31 | 0,95 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA35  | Med T.Départ 225 ALWAHDA | 50,05   | 2,5    | 0,450 | 0,4817  | 0,9803   | 290,02   | 142,50  | 142,50 | 0,55 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA38  | Alim Compteur            | 1       | 2,5    | 0,009 | 0,0402  | 0,5389   | 3471,21  | 259,24  | 259,24 | 1,01 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CA39  | Bouclage N°5             | 174,68  | 50     | 0,079 | 0,1099  | 0,6085   | 1271,72  | 229,59  | 229,59 | 0,89 | OUI | 50,00 |
|                   | CIRC CA310 | Bouclage N°6             | 128,997 | 50     | 0,058 | 0,0893  | 0,5879   | 1564,50  | 237,61  | 237,61 | 0,92 | OUI | 50,00 |
|                   | CIRC CB30  | Alim Coffret CR N°3 B    | 1       | 4      | 0,006 | 0,0369  | 2,3156   | 3788,96  | 60,33   | 60,33  | 0,23 | OUI | 4,00  |
|                   | CIRC CB31  | T2d T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4     | 2,5    | 0,040 | 0,0708  | 2,3496   | 1971,90  | 59,46   | 59,46  | 0,23 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CB32  | P2d T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4     | 2,5    | 0,040 | 0,07085 | 2,349554 | 1971,90  | 59,46   | 59,46  | 0,23 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC CB35  | Alim Compteur            | 1       | 2,5    | 0,01  | 0,0402  | 2,3190   | 3471,21  | 60,24   | 60,24  | 0,23 | OUI | 2,50  |
| ARMOIRE<br>SA 48  | CIRC CB36  | Bouclage N°11            | 174,68  | 10     | 0,39  | 0,4243  | 2,7030   | 329,27   | 51,68   | 51,68  | 0,20 | OUI | 10,00 |
|                   | CIRC CB37  | Bouclage N°12            | 128,997 | 10     | 0,29  | 0,3215  | 2,6002   | 434,54   | 53,73   | 53,73  | 0,21 | OUI | 10,00 |
|                   | CIRC C1    | Tranche Générale         | 18,46   | 2,5    | 0,17  | 0,1974  | 0,3143   | 267,52   | 167,99  | 167,99 | 0,65 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C2    | Tranche Transfo          | 125,4   | 2,5    | 1,13  | 1,1598  | 1,2768   | 45,52    | 41,35   | 41,35  | 0,16 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C3    | Tranche Départ TETOUEN   | 134,31  | 2,5    | 1,21  | 1,2400  | 1,3570   | 42,58    | 38,91   | 38,91  | 0,15 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C4    | Tranche Départ ALWAHDA   | 95,81   | 2,5    | 0,86  | 0,8935  | 1,0105   | 59,09    | 52,25   | 52,25  | 0,20 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C5    | Tranche Barre 225KV      | 4,4     | 2,5    | 0,04  | 0,0708  | 0,1878   | 745,29   | 281,19  | 281,19 | 1,09 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C6    | Tranche Barre 60KV       | 4,4     | 2,5    | 0,04  | 0,0708  | 0,1878   | 745,29   | 281,19  | 281,19 | 1,09 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C7    | Tranche SA               | 18,458  | 2,5    | 0,17  | 0,1974  | 0,3143   | 267,52   | 167,99  | 167,99 | 0,65 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C8    | Salle HF                 | 20,438  | 25,0   | 0,02  | 0,0496  | 0,1666   | 1063,67  | 316,99  | 316,99 | 1,23 | OUI | 25,00 |
| ARMOIRE<br>SA 48  | CIRC C11   | Alim Compteur            | 1       | 2,5    | 0,009 | 0,0402  | 0,1572   | 1311,95  | 335,93  | 335,93 | 1,31 | OUI | 2,50  |
|                   | CIRC C12   | Alim Batteries 48Vcc     | 6,6     | 10     | 0,015 | 0,0461  | 0,1630   | 1145,45  | 323,88  | 323,88 | 1,26 | OUI | 10,00 |
|                   | CIRC C13   | Alim Chargeur 48Vcc N°1  | 10,54   | 50     | 0,005 | 0,0360  | 0,1529   | 1467,18  | 345,28  | 345,28 | 1,34 | OUI | 50,00 |
|                   | CIRC C14   | Alim Chargeur 48Vcc N°2  | 9,66    | 50     | 0,004 | 0,0356  | 0,1525   | 1483,50  | 346,18  | 346,18 | 1,35 | OUI | 50,00 |

## Annexe 5 : Protection installation alternative

|            | N° de câble   | Destination                         | In en A | Courbe | Pdc (kA) | Type de Disj  |
|------------|---------------|-------------------------------------|---------|--------|----------|---------------|
| <b>TSA</b> | DISJ TSA      | TSA vers JDB                        | 250     | C      | 36       | NS250N TM250C |
| <b>GE</b>  | DISJ GE       | GE vers JDB                         | 125     | C      | 36       | NS250N TM250C |
| <b>BdC</b> | DISJ R n°1    | Tranche General éclairage+chauffage | 1       | C      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°2    | Tranche SA Eclairage+Chauffage      | 1       | C      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°3    | prises                              | 32      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°1  | Prise Salle de commande             | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°2  | prise salle HF                      | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°3  | prises locale interimaire           | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°4  | prises bureau                       | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°5  | prises SA                           | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°6  | Prise TSA                           | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°7  | Prise GE                            | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°8  | Prise locale gardien                | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°9  | Prise incendie                      | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°10 | Prise batiment des eaux             | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R p n°11 | prises magasin                      | 40      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°4    | clim salle HF N1                    | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°5    | clim salle HF N2                    | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°6    | clim locale interimaire             | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°7    | clim bureau                         | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°8    | clim SA N1                          | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°9    | clim SA N2                          | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°10   | clim salle de commande N1           | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°11   | clim salle de commande N2           | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°12   | Eclairage abord                     | 50      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°13   | Eclairage route                     | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°14   | Extracteur Salle des batterie       | 1       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°15   | Extracteur cuisine                  | 1       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°16   | Extracteur Locale interimaire       | 1       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°17   | Extracteur Sanitaire                | 1       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°18   | Extracteur d'air TSA                | 1       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°19   | Extracteur d'air ge                 | 1       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°20   | radiateur                           | 6       | D      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°21   | chauffage+ecl ge                    | 1       | C      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°22   | pompe 9                             | 3       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°23   | pompe 20                            | 4       | D      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°24   | Cellule MT chauffage éclairage      | 1       | C      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ R n°25   | CR1r                                | 63      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°26   | CR2r                                | 20      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°27   | CR3r                                | 20      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°28   | RESERVE                             | 50      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ R n°29   | RESERVE                             | 50      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°1    | Chargeurs 127Vcc N1                 | 32      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°2    | Chargeurs 127Vcc N2                 | 32      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°3    | Chargeurs 127Vcc N3                 | 32      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°4    | Chargeurs 48Vcc N1                  | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°5    | Chargeurs 48Vcc N2                  | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°6    | UPS                                 | 10      | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S n°7    | Armoire éclairage interieur         | 5       | C      | 10       | IC60N         |
|            | DISJ S e n°1  | Salle de commande                   | 2       | C      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ S e n°2  | Local des batteries                 | 1       | C      | 50       | IC60N         |
|            | DISJ S e n°3  | Salle HF                            | 1       | C      | 50       | IC60N         |

|            |               |                                  |    |   |    |       |
|------------|---------------|----------------------------------|----|---|----|-------|
| <b>BdC</b> | DISJ S e n°4  | Local SA                         | 3  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S e n°5  | Local interimaire (sanitaire)    | 1  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S e n°6  | chambre interimaire              | 1  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S e n°7  | Sanitaire                        | 1  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S e n°8  | Tube fluorescents type exterieur | 10 | C | 10 | IC60N |
|            | DISJ S e n°9  | portes de Bdc                    | 1  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S e n°10 | porte du poste                   | 1  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S n°8    | Armoire eclaireage exterieur     | 10 | C | 10 | IC60N |
|            | DISJ S n°9    | CR1s                             | 25 | C | 10 | IC60N |
|            | DISJ S n°10   | CR2s                             | 3  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S n°11   | CR3s                             | 3  | C | 50 | IC60N |
|            | DISJ S n°12   | RESERVE                          | 32 | C | 10 | IC60N |
|            | DISJ S n°13   | RESERVE                          | 32 | C | 10 | IC60N |

|               |              |                                                |    |   |    |               |
|---------------|--------------|------------------------------------------------|----|---|----|---------------|
| <b>CR n°1</b> | DISJ R1 n°0  | Alim Armoire Normale CR1                       | 63 | C | 10 | NS250N TM250C |
|               | DISJ R1 n°1  | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°2  | Armoire disjoncteur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°3  | Armoire sectionneur 36KV Chauffage eclaireage  | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°4  | Armoire sectionneur 24KV Chauffage eclaireage  | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°5  | aero trnsformateur pompes                      | 16 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°6  | aero trnsformateur ventilateurs                | 16 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°7  | aero trnsformateur eclaireage chauffage prise  | 20 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°8  | Armoire disjoncteur 60KV Chauffage eclaireage  | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°9  | Armoire sectionneur 60KV Chauffage eclaireage  | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°10 | prises mono 25A interieur x6                   | 32 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°11 | prises triphasé 100A exterieur                 | 63 | D | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°12 | Tranche transfo Chauffage eclaireage           | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°13 | Tranche barre 225kV Chauffage eclaireage       | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°14 | Climatiseur N1                                 | 10 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R1 n°15 | Climatiseur N2                                 | 10 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ S1 n°0  | Alim Armoire Secourue CR1                      | 25 | C | 10 | NS250N TM250C |
|               | DISJ S1 n°1  | Moteur sectionneur 245kV                       | 2  | D | 50 | IC60N         |
|               | DISJ S1 n°2  | Aero TRS ventilateur                           | 16 | D | 10 | IC60N         |
|               | DISJ S1 n°3  | Eclairage cabine de relaying                   | 1  | C | 50 | IC60N         |

|               |             |                                                |    |   |    |               |
|---------------|-------------|------------------------------------------------|----|---|----|---------------|
| <b>CR n°2</b> | DISJ R1 n°0 | Alim Armoire Normale CR2                       | 20 | C | 10 | NS250N TM250C |
|               | DISJ R2 n°1 | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°2 | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°3 | Armoire disjoncteur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°4 | prises mono 25A interieur x6                   | 32 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°5 | Tranche depart 225kV Chauffage eclaireage      | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°6 | Tranche barre 225kV Chauffage eclaireage       | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°7 | Climatiseur N1                                 | 10 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R2 n°8 | Climatiseur N2                                 | 10 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ S2 n°0 | Alim Armoire Secourue CR2                      | 3  | C | 50 | NS250N TM250C |
|               | DISJ S2 n°1 | Moteur sectionneur 245kV                       | 2  | D | 50 | IC60N         |
|               | DISJ S2 n°2 | Moteur sectionneur 245kV                       | 1  | D | 50 | IC60N         |
|               | DISJ S2 n°3 | Eclairage cabine de relaying                   | 1  | C | 50 | IC60N         |

|               |             |                                                |    |   |    |               |
|---------------|-------------|------------------------------------------------|----|---|----|---------------|
| <b>CR n°3</b> | DISJ R1 n°0 | Alim Armoire Normale CR3                       | 20 | C | 10 | NS250N TM250C |
|               | DISJ R3 n°1 | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R3 n°2 | Armoire sectionneur 245KV Chauffage eclaireage | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R3 n°3 | Armoire disjoncteur 60KV Chauffage eclaireage  | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R3 n°4 | prises mono 25A interieur x6                   | 32 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R3 n°5 | Tranche depart 225kV Chauffage eclaireage      | 1  | C | 50 | IC60N         |
|               | DISJ R3 n°6 | Climatiseur N1                                 | 10 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ R3 n°7 | Climatiseur N2                                 | 10 | C | 10 | IC60N         |
|               | DISJ S3 n°0 | Alim Armoire Secourue CR3                      | 3  | C | 50 | NS250N TM250C |
|               | DISJ S3 n°1 | Moteur sectionneur 245kV                       | 2  | D | 50 | IC60N         |
|               | DISJ S3 n°2 | Moteur sectionneur 245kV                       | 1  | D | 50 | IC60N         |
|               | DISJ S3 n°3 | Eclairage cabine de relaying                   | 1  | C | 50 | IC60N         |

## Annexe 6 : Protection installation continue

|                    | N° de câble | Destination               | In en A | Courbe | Pdc en kA | Type          |
|--------------------|-------------|---------------------------|---------|--------|-----------|---------------|
| ARMOIRE SA 127 A   | DISJ A1     | T1d T.G                   | 2       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A2     | UCL T.G                   | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A3     | T1d T.SA                  | 2       | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A4     | UCL T.SA                  | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A5     | CR N°1                    | 100     | C      | 36        | NS100N TM100C |
|                    | DISJ A6     | CR N°2                    | 100     | C      | 36        | NS100N TM100C |
|                    | DISJ A7     | CR N°3                    | 100     | C      | 36        | NS100N TM100C |
|                    | DISJ A8     | UPS                       | 32      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A9     | P1d Tab.MT                | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A10    | T1d Tab.MT                | 2       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | CIRC A11    | Md Tab.MT                 | 1       | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A11    | H.F                       | 25      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A12    | RESEVE                    | 25      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A13    | RESEVE                    | 25      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A14    | Alim Batteries 127Vcc N°1 | 50      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ A15    | Alim Chargeur 127Vcc N°1  | 100     | C      | 25        | NS100N TM100C |
| ARMOIRE SA 127 B   | DISJ B1     | Alim Chargeur 127Vcc N°2  | 100     | C      | 25        | NS100N TM100D |
|                    | DISJ B2     | Alim Batteries 127Vcc N°2 | 50      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B3     | T2d T.G                   | 2       | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B4     | T2d T.SA                  | 2       | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B5     | UPS                       | 32      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B6     | P2d Tab.MT                | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B7     | T2d Tab.MT                | 2       | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B8     | H.F                       | 25      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B9     | RESEVE                    | 32      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B10    | RESEVE                    | 32      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B11    | CR N°1                    | 10      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B12    | CR N°2                    | 10      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ B13    | CR N°3                    | 4       | C      | 6         | IC60N         |
| ARMOIRE SA 127 N°3 | DISJ DJP    | Alim Chargeur 127 N°3     | 100     | C      | 25        | NS100N TM100C |
|                    | DISJ DJA    | Cummutation N1            | 100     | C      | 25        | NS100N TM100C |
|                    | DISJ DJB    | Cummutation N2            | 100     | C      | 25        | NS100N TM100C |
| COFFRET CR N°1     | DISJ CA10   | Alim Coffret N°1 A        | 100     | C      |           | NS100N TM100C |
|                    | DISJ CA11   | Alim Compteur             | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA12   | T1d Disj 225kV            | 4       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA13   | P1d Disj 225kV            | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA14   | UCL Disj 225kV            | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA15   | Med Disj 225kV            | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA16   | Md Disj 225kV             | 32      | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA17   | T1d Disj 60kV             | 4       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA18   | Md Disj 60kV              | 4       | D      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA19   | Mcpd Alim Regleur         | 4       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA110  | T1d T.Transfo             | 4       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA111  | P1d T.Transfo             | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA112  | UCL T.Transfo             | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA113  | Med T.Transfo             | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA114  | T1d T.Départ 60KV         | 3       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA115  | P1d T.Départ 60KV         | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA116  | UCL T.Départ 60KV         | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA117  | Med T.Départ 60KV         | 1       | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA118  | RESEVE                    | 32      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA119  | RESEVE                    | 32      | C      | 6         | IC60N         |
|                    | DISJ CA120  | Bouclage N°1              | 63      | C      | 36        | NS100N TM100C |
|                    | DISJ CA121  | Bouclage N°2              | 63      | C      | 36        | NS100N TM100C |

|                  |            |                          |     |   |    |               |
|------------------|------------|--------------------------|-----|---|----|---------------|
| COFFRET CR N°1   | DISJ CB10  | Alim Coffret N°1 B       | 16  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB11  | T2d Disj 225kV           | 4   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB12  | P2d Disj 225kV           | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB13  | T2d Disj 60kV            | 4   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB14  | T2d T.Transfo            | 4   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB15  | P2d T.Transfo            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB16  | T2d T.Départ 60KV        | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB17  | P2d T.Départ 60KV        | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB18  | RESEVE                   | 4   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB19  | RESEVE                   | 4   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB110 | Alim Compteur            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB111 | Bouclage N°7             | 20  | C | 6  | IC60N         |
| COFFRET CR N°2   | DISJ CA20  | Alim Coffret N°2 A       | 100 | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA21  | Alim Compteur            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA22  | Md Disj TD225 TETOUEN    | 32  | D | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA23  | T1d T.Départ 225 TETOUEN | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA24  | P1d T.Départ 225 TETOUEN | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA25  | UCL T.Départ 225 TETOUEN | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA26  | Med T.Départ 225 TETOUEN | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA27  | P1d T.Barre 225          | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA28  | UCL T.Barre 225          | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA29  | Med T.Barre 225          | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA210 | RESEVE                   | 32  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA211 | RESEVE                   | 32  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA212 | Bouclage N°3             | 63  | C | 36 | NS100N TM100C |
|                  | DISJ CA213 | Bouclage N°4             | 100 | C | 36 | NS100N TM100C |
|                  | DISJ CB20  | Alim Coffret N°2 B       | 16  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB21  | Alim Compteur            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB22  | T2d T.Départ 225 TETOUEN | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB23  | P2d T.Départ 225 TETOUEN | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB24  | P2d T.Barre 225          | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB25  | RESEVE                   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB26  | RESEVE                   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB27  | Bouclage N°9             | 20  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB28  | Bouclage N°10            | 20  | C | 6  | IC60N         |
| COFFRET CR N°3   | DISJ CA30  | Alim Coffret N°3 A       | 100 | C | 5  | 0,00          |
|                  | DISJ CA31  | Md Disj TD225 ALWAHDA    | 32  | D | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA32  | T1d T.Départ 225 ALWAHDA | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA33  | P1d T.Départ 225 ALWAHDA | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA34  | UCL T.Départ 225 ALWAHDA | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA35  | Med T.Départ 225 ALWAHDA | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA36  | RESEVE                   | 32  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA37  | RESEVE                   | 32  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA38  | Alim Compteur            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA39  | Bouclage N°5             | 63  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CA310 | Bouclage N°6             | 63  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB30  | Alim Coffret N°3 B       | 16  | C | 5  | IC60N         |
|                  | DISJ CB31  | T2d T.Départ 225 ALWAHDA | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB32  | P2d T.Départ 225 ALWAHDA | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB33  | RESEVE                   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB34  | RESEVE                   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB35  | Alim Compteur            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB36  | Bouclage N°11            | 20  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ CB37  | Bouclage N°12            | 20  | C | 6  | IC60N         |
| ARMOIRE SA 48Vcc | DISJ C1    | Tranche Générale         | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C2    | Tranche Transfo          | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C3    | Tranche Départ TETOUEN   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C4    | Tranche Départ ALWAHDA   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C5    | Tranche Barre 225KV      | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C6    | Tranche Barre 60KV       | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C7    | Tranche SA               | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C8    | Salle HF                 | 63  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C9    | RESEVE                   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C10   | RESEVE                   | 3   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C11   | Alim Compteur            | 1   | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C12   | Alim Batteries 48Vcc     | 32  | C | 6  | IC60N         |
|                  | DISJ C13   | Alim Chargeur 48Vcc N°1  | 100 | C | 25 | NS100N TM100C |
|                  | DISJ C14   | Alim Chargeur 48Vcc N°2  | 100 | C | 25 | NS100N TM100C |

## Annexe 7 : Sélectivité de l'installation alternative

Sélectivités pour la partie 380Vac :

| DISJ TSA et les autres disj de BdC |               |         |         |                                 |                                   |
|------------------------------------|---------------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Repère                             | Calibre In(A) | Ir1/Ir2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=63A,Im=500)     |                                   |
|                                    |               |         |         | ampèremétrique<br>IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique<br>Icc1/Icc2 > 1,5 |
| DISJ R n°1                         | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°2                         | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°3                         | 32            | 7,8125  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°1                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°2                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°3                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°4                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°5                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°6                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°7                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°8                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°9                       | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°10                      | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R p n°11                      | 40            | 6,25    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°4                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°5                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°6                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°7                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°8                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°9                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°10                        | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°11                        | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°12                        | 50            | 5       | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°13                        | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°14                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°15                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°16                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°17                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°18                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°19                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°20                        | 6             | 41,667  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°21                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°22                        | 3             | 83,333  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°23                        | 4             | 62,5    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°24                        | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°25                        | 63            | 3,9683  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°26                        | 20            | 12,5    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°27                        | 20            | 12,5    | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°28                        | 63            | 3,9683  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ R n°29                        | 63            | 3,9683  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°1                         | 32            | 7,8125  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°2                         | 32            | 7,8125  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°3                         | 32            | 7,8125  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°4                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°5                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°6                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°7                         | 5             | 50      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°1                       | 2             | 125     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°2                       | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°3                       | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°4                       | 3             | 83,333  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°5                       | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°6                       | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°7                       | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°8                       | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°9                       | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S e n°10                      | 1             | 250     | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°8                         | 10            | 25      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°9                         | 25            | 10      | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°10                        | 3             | 83,333  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°11                        | 3             | 83,333  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°12                        | 32            | 7,8125  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |
| DISJ S n°13                        | 32            | 7,8125  | 312,5   | vérifié                         | vérifié                           |

| DISJ R n°25 et les autres disj CR1 |               |         |         |                                 |                                |
|------------------------------------|---------------|---------|---------|---------------------------------|--------------------------------|
| Repère                             | Calibre In(A) | Ir1/Ir2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=63A,Im=500)     |                                |
|                                    |               |         |         | ampèremétrique<br>IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique Icc1/Icc2 > 1,5 |
| DISJ R1 n°1                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°2                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°3                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°4                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°5                        | 16            | 4       | 4       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°6                        | 16            | 4       | 4       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°7                        | 20            | 3       | 3       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°8                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°9                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°10                       | 32            | 2       | 2       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°11                       | 63            | 1       | 1       | non vérifié                     | non vérifié                    |
| DISJ R1 n°12                       | 1             | 63      | 125     | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°13                       | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°14                       | 10            | 6       | 6       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R1 n°15                       | 10            | 6       | 6       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S1 n°1                        | 2             | 32      | 31      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S1 n°2                        | 16            | 4       | 4       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S1 n°3                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |

| DISJ R n°26 et les autres disj CR2 |               |         |         |                                 |                                |
|------------------------------------|---------------|---------|---------|---------------------------------|--------------------------------|
| Repère                             | Calibre In(A) | Ir1/Ir2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=63A,Im=500)     |                                |
|                                    |               |         |         | ampèremétrique<br>IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique Icc1/Icc2 > 1,5 |
| DISJ R2 n°1                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°2                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°3                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°4                        | 32            | 1,97    | 2       | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°5                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°6                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°7                        | 10            | 6,3     | 6,3     | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R2 n°8                        | 10            | 6,3     | 6,3     | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S2 n°1                        | 2             | 31,5    | 31      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S2 n°2                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S2 n°3                        | 1             | 63      | 63      | vérifié                         | vérifié                        |

| DISJ R n°27 et les autres disj CR3 |               |         |         |                                 |                                |
|------------------------------------|---------------|---------|---------|---------------------------------|--------------------------------|
| Repère                             | Calibre In(A) | Ir1/Ir2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=63A,Im=500)     |                                |
|                                    |               |         |         | ampèremétrique<br>IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique Icc1/Icc2 > 1,5 |
| DISJ R3 n°1                        | 1             | 63,0    | 62,5    | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R3 n°2                        | 1             | 63,0    | 62,5    | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R3 n°3                        | 1             | 63,0    | 62,5    | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R3 n°4                        | 32            | 2,0     | 2,0     | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R3 n°5                        | 1             | 63,0    | 62,5    | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R3 n°6                        | 10            | 6,3     | 6,3     | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ R3 n°7                        | 10            | 6,3     | 6,3     | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S3 n°1                        | 2             | 31,5    | 31,3    | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S3 n°2                        | 1             | 63,0    | 62,5    | vérifié                         | vérifié                        |
| DISJ S3 n°3                        | 1             | 63,0    | 62,5    | vérifié                         | vérifié                        |

## Annexe 8 : Sélectivité de l'installation continue

Disj chargeur 127Vcc N°1 et Armoire SA A

| Repère   | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In100A,Im=800A)  |                              |
|----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|          |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ A1  | 2             | 50,00   | 50,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A2  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A3  | 2             | 50,00   | 50,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A4  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A5  | 100           | 1,00    | 2,00    | non vérifié                   | vérifié                      |
| DISJ A6  | 100           | 1,00    | 2,00    | non vérifié                   | vérifié                      |
| DISJ A7  | 100           | 1,00    | 2,00    | non vérifié                   | vérifié                      |
| DISJ A8  | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A9  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A10 | 2             | 50,00   | 50,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| CIRC A11 | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A11 | 25            | 4,00    | 4,00    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A12 | 25            | 4,00    | 4,00    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A13 | 25            | 4,00    | 4,00    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ A14 | 50            | 2,00    | 2,00    | vérifié                       | vérifié                      |

Disj chargeur 127Vcc N°2 et Armoire SA B

| Repère   | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In100A,Im=800A)  |                              |
|----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|          |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ B2  | 50            | 2,00    | 2,00    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B3  | 2             | 50,00   | 50,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B4  | 2             | 50,00   | 50,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B5  | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B6  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B7  | 2             | 50,00   | 50,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B8  | 25            | 4,00    | 4,00    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B9  | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B10 | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B11 | 10            | 10,00   | 10,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B12 | 10            | 10,00   | 10,00   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ B13 | 4             | 25,00   | 25,00   | vérifié                       | vérifié                      |

Disj Alim Coffret N°2 A et Armoire CR N°2

| Repère     | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=100A,Im=800A) |                              |
|------------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|            |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ CA21  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA22  | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA23  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA24  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA25  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA26  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA27  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA28  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA29  | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA210 | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA211 | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |

Disj Alim Coffret N°1 B et Armoire CR N°1

| Repère     | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=16A,Im=190A)  |                              |
|------------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|            |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ CB11  | 4             | 4,00    | 5,94    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB12  | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB13  | 4             | 4,00    | 5,94    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB14  | 4             | 4,00    | 5,94    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB15  | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB16  | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB17  | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB18  | 4             | 4,00    | 5,94    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB19  | 4             | 4,00    | 5,94    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB110 | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |

Disj Alim Coffret N°3 A et Armoire CR N°3

| Repère    | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=100A,Im=800A) |                              |
|-----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|           |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ CA31 | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA32 | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA33 | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA34 | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA35 | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA36 | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA37 | 32            | 3,13    | 3,13    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CA38 | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |

Disj Alim Coffret N°2 B et Armoire CR N°2

| Repère    | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=16A,Im=190A)  |                              |
|-----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|           |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ CB21 | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB22 | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB23 | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB24 | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB25 | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB26 | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |

Disj Alim Coffret N°3 B et Armoire CR N°3

| Repère    | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=16A,Im=190A)  |                              |
|-----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|           |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ CB31 | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB32 | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB33 | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB34 | 3             | 5,33    | 7,92    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ CB35 | 1             | 16,00   | 23,75   | vérifié                       | vérifié                      |

Disj chargeur 127Vcc N°3 et Armoire SA N°3

| Repère   | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In100A,Im=800A)  |                              |
|----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|          |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ DJA | 100           | 1,00    | 2,00    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ DJB | 100           | 1,00    | 25,00   | vérifié                       | vérifié                      |

Disj chargeur 48Vcc et Armoire SA 48Vcc

| Repère   | Calibre In(A) | IR1/IR2 | Im1/Im2 | sélectivité (In=100A,Im=800A) |                              |
|----------|---------------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|
|          |               |         |         | ampère métrique IR1/IR2 > 1,6 | chronométrique IR1/IR2 > 1,5 |
| DISJ C1  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C2  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C3  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C4  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C5  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C6  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C7  | 3             | 33,33   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C8  | 63            | 1,61    | 1,59    | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C9  | 3             | 33,35   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C10 | 3             | 33,35   | 33,33   | vérifié                       | vérifié                      |
| DISJ C11 | 1             | 100,00  | 100,00  | vérifié                       | vérifié                      |

## Annexe 9 : Canalisation alternative

|            | N° de câble   | Destination                            | L (m) | Ib (A) | Cosφ | In (A) | Facteurs de Correction |      |      |     | I'z    | Sph (mm²) | Chute % | Sn (mm²) |
|------------|---------------|----------------------------------------|-------|--------|------|--------|------------------------|------|------|-----|--------|-----------|---------|----------|
|            |               |                                        |       |        |      |        | f0                     | f1   | f4   | f5  |        |           |         |          |
| <b>TSA</b> | CIRC TSA      | TSA vers JDB380                        | 33    | 243,09 | 0,80 | 250,00 | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 352,11 | 150,00    | 0,62    | 95,00    |
| <b>GE</b>  | CIRC GE       | GE vers JDB381                         | 40    | 106,35 | 0,80 | 125,00 | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 176,06 | 95,00     | 0,47    | 50,00    |
| <b>BdC</b> | CIRC R n°1    | Tranche General<br>eclairage+chauffage | 6     | 0,59   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,02    | 2,50     |
|            | CIRC R n°2    | Tranche SA<br>Eclairage+Chauffage      | 6     | 0,59   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,02    | 2,50     |
|            | CIRC R n°3    | Armoire prises                         | 6     | 106,40 | 0,80 | 100,00 | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 140,85 | 50,00     | 0,14    | 35,00    |
|            | CIRC R p n°1  | Prise Salle de commande                | 16    | 26,00  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 45,07  | 10,00     | 0,41    | 10,00    |
|            | CIRC R p n°2  | prise salle HF                         | 18    | 26,00  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 45,07  | 10,00     | 0,47    | 10,00    |
|            | CIRC R p n°3  | prises locale interimaire              | 24    | 26,00  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 45,07  | 10,00     | 0,62    | 10,00    |
|            | CIRC R p n°4  | prises bureau                          | 8     | 26,00  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 45,07  | 10,00     | 0,21    | 10,00    |
|            | CIRC R p n°5  | prises SA                              | 26    | 26,00  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 45,07  | 10,00     | 0,67    | 10,00    |
|            | CIRC R p n°6  | Prise TSA                              | 33    | 26,00  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 45,07  | 10,00     | 0,85    | 10,00    |
|            | CIRC R p n°7  | Prise GE                               | 37,7  | 22,00  | 0,80 | 25,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 35,21  | 6,00      | 1,36    | 6,00     |
|            | CIRC R p n°8  | Prise locale gardien                   | 27    | 22,00  | 0,80 | 25,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 35,21  | 6,00      | 0,97    | 6,00     |
|            | CIRC R p n°9  | Prise batiment des eaux                | 18    | 22,00  | 0,80 | 25,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 35,21  | 6,00      | 0,65    | 6,00     |
|            | CIRC R p n°10 | prises magasin                         | 12    | 22,00  | 0,80 | 25,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 35,21  | 6,00      | 0,43    | 6,00     |
|            | CIRC R n°4    | clim salle HF N1                       | 13    | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,54    | 2,50     |
|            | CIRC R n°5    | clim salle HF N2                       | 18    | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,75    | 2,50     |
|            | CIRC R n°6    | clim locale interimaire                | 25    | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 1,04    | 2,50     |
|            | CIRC R n°7    | clim bureau                            | 7     | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,29    | 2,50     |
|            | CIRC R n°8    | clim SA N1                             | 12    | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,50    | 2,50     |
|            | CIRC R n°9    | clim SA N2                             | 11    | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,46    | 2,50     |
|            | CIRC R n°10   | clim salle de commande N1              | 7     | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,29    | 2,50     |
|            | CIRC R n°11   | clim salle de commande N2              | 10    | 10,65  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 1    | 1   | 14,08  | 2,50      | 0,42    | 2,50     |
|            | CIRC R n°12   | Eclairage abord                        | 9     | 45,45  | 1,00 | 50,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,8  | 1   | 88,03  | 25,00     | 0,20    | 16,00    |
|            | CIRC R n°13   | Eclairage route                        | 9     | 9,09   | 1,00 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,8  | 1   | 17,61  | 2,50      | 0,40    | 2,50     |
|            | CIRC R n°14   | Extracteur Salle des batterie          | 13    | 0,51   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,03    | 2,50     |
|            | CIRC R n°15   | Extracteur cuisine                     | 19    | 0,51   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,04    | 2,50     |
|            | CIRC R n°16   | Extracteur Locale interimaire          | 19    | 0,51   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,04    | 2,50     |
|            | CIRC R n°17   | Extracteur Sanitaire                   | 16    | 0,51   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,03    | 2,50     |
|            | CIRC R n°18   | Extracteur d'air TSA                   | 42    | 0,51   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,08    | 2,50     |
|            | CIRC R n°19   | Extracteur d'air ge                    | 45    | 0,51   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,09    | 2,50     |
|            | CIRC R n°20   | radiateur                              | 45    | 5,68   | 0,80 | 6,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 42,25  | 10,00     | 0,25    | 10,00    |
|            | CIRC R n°21   | chauffage+ecl ge                       | 45    | 0,59   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,13    | 2,50     |
|            | CIRC R n°22   | pompe 9                                | 37    | 2,64   | 0,80 | 3,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 21,13  | 4,00      | 0,24    | 16,00    |
|            | CIRC R n°23   | pompe 20                               | 37    | 3,13   | 0,80 | 4,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 28,17  | 6,00      | 0,19    | 16,00    |
|            | CIRC R n°24   | Cellule MT chauffage eclaireage        | 42    | 0,59   | 0,80 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,10    | 2,50     |
|            | CIRC R n°25   | CR1r                                   | 100,3 | 53,45  | 0,80 | 63,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,7  | 1   | 126,76 | 50,00     | 1,02    | 35,00    |
|            | CIRC R n°26   | CR2r                                   | 112,1 | 18,51  | 0,81 | 20,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,7  | 1   | 40,24  | 10,00     | 1,81    | 16,00    |
|            | CIRC R n°27   | CR3r                                   | 147,1 | 18,51  | 0,81 | 20,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,7  | 1   | 40,24  | 10,00     | 2,37    | 16,00    |
|            | CIRC S n°1    | Chargeurs 127Vcc N1                    | 12    | 29,06  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,55 | 1   | 81,95  | 25,00     | 0,12    | 16,00    |
|            | CIRC S n°2    | Chargeurs 127Vcc N2                    | 13    | 29,06  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,55 | 1   | 81,95  | 25,00     | 0,13    | 16,00    |
|            | CIRC S n°3    | Chargeurs 127Vcc N3                    | 14    | 29,06  | 0,80 | 32,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,55 | 1   | 81,95  | 25,00     | 0,15    | 16,00    |
|            | CIRC S n°4    | Chargeurs 48Vcc N1                     | 15    | 10,98  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,55 | 1   | 25,61  | 4,00      | 0,35    | 16,00    |
|            | CIRC S n°5    | Chargeurs 48Vcc N2                     | 16    | 10,98  | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,55 | 1   | 25,61  | 4,00      | 0,37    | 16,00    |
|            | CIRC S n°6    | ASI (UPS)                              | 11    | 7,60   | 0,80 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,55 | 1   | 25,61  | 4,00      | 0,18    | 16,00    |
|            | CIRC S n°7    | Armoire eclaireage interieur           | 8     | 11,99  | 1,00 | 16,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 112,68 | 35,00     | 0,03    | 25,00    |
|            | CIRC S e n°1  | Salle de commande                      | 16    | 1,96   | 1,00 | 2,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 14,08  | 2,50      | 0,15    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°2  | Local des batteries                    | 26,4  | 0,65   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,08    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°3  | Salle HF                               | 18    | 0,65   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,06    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°4  | Local SA                               | 26    | 2,95   | 1,00 | 3,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 21,13  | 2,50      | 0,37    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°5  | Local interimaire (sanitaire)          | 24    | 0,82   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,10    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°6  | chambre interimaire                    | 24    | 0,33   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,04    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°7  | Sanitaire                              | 22    | 0,82   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,09    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°8  | Tube fluorescents type exterieur       | 110   | 7,64   | 1,00 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 70,42  | 16,00     | 0,64    | 16,00    |
|            | CIRC S e n°9  | portes de Bdc                          | 22,31 | 0,65   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,07    | 2,50     |
|            | CIRC S e n°10 | porte du poste                         | 30    | 0,65   | 1,00 | 1,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 7,04   | 2,50      | 0,10    | 2,50     |
|            | CIRC S n°8    | Armoire eclaireage exterieur           | 8     | 8,62   | 1,00 | 10,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,4  | 0,5 | 70,42  | 16,00     | 0,05    | 16,00    |
|            | CIRC S n°9    | CR1s                                   | 100,3 | 21,41  | 0,80 | 25,00  | 0,95                   | 0,71 | 0,7  | 1   | 50,30  | 16,00     | 1,35    | 16,00    |
|            | CIRC S n°10   | CR2s                                   | 112,1 | 2,22   | 0,80 | 3,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,7  | 1   | 6,04   | 2,50      | 0,97    | 16,00    |
|            | CIRC S n°11   | CR3s                                   | 147,1 | 2,22   | 0,80 | 3,00   | 0,95                   | 0,71 | 0,7  | 1   | 6,04   | 2,50      | 1,28    | 16,00    |

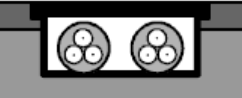
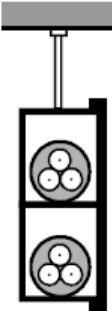
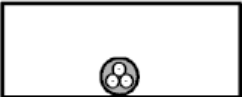
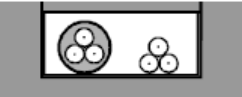
|        |              |                                                   |      |       |      |       |      |      |     |     |        |       |      |       |
|--------|--------------|---------------------------------------------------|------|-------|------|-------|------|------|-----|-----|--------|-------|------|-------|
| CR n°1 | CIRC R1 n°1  | Armoire sectionneur 245KV<br>Chauffage eclaireage | 21   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,05 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°2  | Armoire disjoncteur 245KV<br>Chauffage eclaireage | 20   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,05 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°3  | Armoire sectionneur 36KV<br>Chauffage eclaireage  | 19   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,04 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°4  | Armoire sectionneur 24KV<br>Chauffage eclaireage  | 19   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,04 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°5  | aero trnsformateur pompes                         | 30   | 13,96 | 0,80 | 16,00 | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 112,68 | 50,00 | 0,08 | 35,00 |
|        | CIRC R1 n°6  | aero trnsformateur ventilateurs                   | 30   | 12,82 | 0,80 | 16,00 | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 112,68 | 50,00 | 0,07 | 35,00 |
|        | CIRC R1 n°7  | aero trnsformateur eclaireage<br>chauffage prise  | 30   | 10,06 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 70,42  | 16,00 | 0,16 | 16,00 |
|        | CIRC R1 n°8  | Armoire disjoncteur 60KV<br>Chauffage eclaireage  | 35   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,08 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°9  | Armoire sectionneur 60KV<br>Chauffage eclaireage  | 35   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,08 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°10 | Prise locale incendie x2                          | 22   | 40,63 | 0,80 | 40,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 0,8 | 70,42  | 16,00 | 0,56 | 16,00 |
|        | CIRC R1 n°12 | prises mono 25A                                   | 4    | 22,50 | 0,80 | 25,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 0,8 | 44,01  | 10,00 | 0,09 | 10,00 |
|        | CIRC R1 n°13 | prises triphasé 100A exterieur                    | 22   | 60    | 0,8  | 63    | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 88,73  | 35,00 | 0,40 | 25,00 |
|        | CIRC R1 n°14 | Tranche transfo Chauffage<br>eclaireage           | 4    | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,01 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°15 | Tranche barre 225kV Chauffage<br>eclaireage       | 20   | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,05 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°16 | Climatiseur N1                                    | 6    | 10,65 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50  | 0,25 | 2,50  |
|        | CIRC R1 n°17 | Climatiseur N2                                    | 7    | 10,65 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50  | 0,29 | 2,50  |
| CR n°2 | CIRC S1 n°1  | Moteur sectionneur 245kV                          | 21   | 1,58  | 0,80 | 2,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 14,08  | 2,50  | 0,11 | 16,00 |
|        | CIRC S1 n°2  | Aero TRS ventilateur                              | 30   | 12,82 | 0,80 | 16,00 | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 112,68 | 50,00 | 0,07 | 35,00 |
|        | CIRC S1 n°3  | Eclairage cabine de relayage                      | 8    | 0,98  | 1,00 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,04 | 2,50  |
|        | CIRC R2 n°1  | Armoire sectionneur 245KV                         | 31,4 | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,07 | 2,50  |
|        | CIRC R2 n°2  | Armoire sectionneur 245KV<br>Chauffage eclaireage | 37,3 | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,09 | 2,50  |
|        | CIRC R2 n°3  | Armoire disjoncteur 245KV<br>Chauffage eclaireage | 35,5 | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,08 | 2,50  |
|        | CIRC R2 n°4  | prises mono 25A interieur x6                      | 4    | 30,00 | 0,80 | 32,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 0,8 | 56,34  | 10,00 | 0,12 | 10,00 |
|        | CIRC R2 n°5  | Tranche depart 225kV<br>Chauffage eclaireage      | 2    | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,00 | 2,50  |
|        | CIRC R2 n°6  | Tranche barre 225kV Chauffage<br>eclaireage       | 2    | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,00 | 2,50  |
|        | CIRC R2 n°7  | Climatiseur N1                                    | 6    | 10,65 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50  | 0,25 | 2,50  |
| CR n°3 | CIRC R2 n°8  | Climatiseur N2                                    | 6    | 10,65 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50  | 0,25 | 2,50  |
|        | CIRC S2 n°1  | Moteur sectionneur 245kV                          | 31,4 | 1,58  | 0,80 | 2,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 14,08  | 2,50  | 0,17 | 16,00 |
|        | CIRC S2 n°2  | Moteur sectionneur 245kV                          | 37,3 | 0,53  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,07 | 16,00 |
|        | CIRC S2 n°3  | Eclairage cabine de relayage                      | 8    | 0,98  | 1,00 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,04 | 2,50  |
|        | CIRC R3 n°1  | Armoire sectionneur 245KV<br>Chauffage eclaireage | 31,4 | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,07 | 2,50  |
|        | CIRC R3 n°2  | Armoire sectionneur 245KV<br>Chauffage eclaireage | 37,3 | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,09 | 2,50  |
|        | CIRC R3 n°3  | Armoire disjoncteur 60KV<br>Chauffage eclaireage  | 35,5 | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,08 | 2,50  |
|        | CIRC R3 n°4  | prises mono 25A interieur x6                      | 4    | 30,00 | 0,80 | 32,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 0,8 | 56,34  | 10,00 | 0,12 | 10,00 |
|        | CIRC R3 n°6  | Tranche depart 225kV<br>Chauffage eclaireage      | 2    | 0,59  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,00 | 2,50  |
|        | CIRC R3 n°7  | Climatiseur N1                                    | 6    | 10,65 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50  | 0,25 | 2,50  |
|        | CIRC R3 n°8  | Climatiseur N2                                    | 6    | 10,65 | 0,80 | 10,00 | 0,95 | 0,71 | 1   | 1   | 14,08  | 2,50  | 0,25 | 2,50  |
|        | CIRC S3 n°1  | Moteur sectionneur 245kV                          | 31,4 | 1,58  | 0,80 | 2,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 14,08  | 2,50  | 0,17 | 16,00 |
|        | CIRC S3 n°2  | Moteur sectionneur 245kV                          | 37,3 | 0,53  | 0,80 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,07 | 16,00 |
|        | CIRC S3 n°3  | Eclairage cabine de relayage                      | 8    | 0,98  | 1,00 | 1,00  | 0,95 | 0,71 | 0,4 | 0,5 | 7,04   | 2,50  | 0,04 | 2,50  |

## Canalisation Continue :

|                        | N° de câble | Destination                    | L (m)   | P (VA)  | Ib (A) | In (A) | Facteurs de Correction |      |    |    | I'z (A) | Sph (mm²) | Chute % |
|------------------------|-------------|--------------------------------|---------|---------|--------|--------|------------------------|------|----|----|---------|-----------|---------|
|                        |             |                                |         |         |        |        | f0                     | f1   | f4 | f5 |         |           |         |
| ARMOIRE<br>SA 127<br>A | CIRC A1     | T1d Tranche générale           | 19,34   | 135     | 1,06   | 2      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 2,82    | 2,5       | 0,55    |
|                        | CIRC A2     | UCL Tranche générale           | 19,34   | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,27    |
|                        | CIRC A3     | T1d Tranche service auxiliaire | 18,46   | 135     | 1,06   | 2      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 2,82    | 2,5       | 0,52    |
|                        | CIRC A4     | UCL Tranche service auxiliaire | 18,46   | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,26    |
|                        | CIRC A5     | CR N°1                         | 125,4   | 10304,4 | 81,14  | 81     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 114,08  | 35        | 10,28   |
|                        | CIRC A6     | CR N°2                         | 134,31  | 10304,4 | 81,14  | 81     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 114,08  | 35        | 11,01   |
|                        | CIRC A7     | CR N°3                         | 95,81   | 10304,4 | 81,14  | 81     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 114,08  | 35        | 7,86    |
|                        | CIRC A8     | UPS                            | 14,94   | 4000    | 31,50  | 32     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 45,07   | 10        | 1,69    |
|                        | CIRC A9     | P1d Tableau MT                 | 50,60   | 8       | 0,06   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,72    |
|                        | CIRC A10    | T1d Tableau MT                 | 50,60   | 250     | 1,97   | 2      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 2,82    | 2,5       | 1,43    |
|                        | CIRC A11    | Md Tableau MT                  | 50,60   | 75      | 0,59   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,72    |
|                        | CIRC A12    | Salle H.F                      | 20,44   | 3000    | 23,62  | 25     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 35,21   | 6         | 3,02    |
|                        | CIRC A15    | Alim Batteries 127Vcc N°1      | 6,4     | 6350    | 50     | 50     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 70,42   | 16        | 0,71    |
|                        | CIRC A16    | Alim Chargeur 127Vcc N°1       | 14,1    | 12700   | 100    | 100    | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 140,85  | 50        | 1,00    |
|                        | CIRC B1     | Alim Chargeur 127Vcc N°2       | 13,178  | 12700   | 100    | 100    | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 140,85  | 50        | 0,93    |
|                        | CIRC B2     | Alim Batteries 127Vcc N°2      | 5,28    | 6350    | 50     | 50     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 70,42   | 16        | 0,58    |
| ARMOIRE<br>SA 127<br>B | CIRC B3     | T2d Tranche générale           | 19,338  | 135     | 1,06   | 2      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 2,82    | 2,5       | 0,55    |
|                        | CIRC B4     | T2d Tranche générale           | 18,458  | 135     | 1,06   | 2      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 2,82    | 2,5       | 0,52    |
|                        | CIRC B5     | UPS                            | 14,938  | 4000    | 31,50  | 32     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 45,07   | 10        | 1,69    |
|                        | CIRC B6     | P2d Tableau MT                 | 50,6    | 8       | 0,06   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,72    |
|                        | CIRC B7     | T2d Tableau MT                 | 50,6    | 250     | 1,97   | 2      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 2,82    | 2,5       | 1,43    |
|                        | CIRC B8     | H.F                            | 20,438  | 3000    | 23,62  | 25     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 35,21   | 6         | 3,02    |
|                        | CIRC B11    | CR N°1                         | 125,4   | 1341    | 10,56  | 16     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 22,54   | 6         | 11,85   |
|                        | CIRC B12    | CR N°2                         | 134,31  | 1341    | 10,56  | 16     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 22,54   | 6         | 12,69   |
|                        | CIRC B13    | CR N°3                         | 95,81   | 453     | 3,57   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 5,43    |
| ARMOIRE<br>SA 127 N°3  | CIRC DJP    | Alim Chargeur 127 N°3          | 13,178  | 12700   | 100,00 | 100    | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 140,85  | 50        | 0,93    |
|                        | CIRC DJA    | Cummutation N1                 | 2,2     | 12700   | 100,00 | 100    | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 140,85  | 50        | 0,16    |
|                        | CIRC DJB    | Cummutation N2                 | 2,2     | 12700   | 100,00 | 100    | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 140,85  | 50        | 0,16    |
| COFFRET<br>CR N°1      | DISJ CA10   | Alim Coffret CR N°1 A          | 125,4   | 10304,4 | 81,14  | 100    | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 140,85  | 50        | 8,89    |
|                        | DISJ CA11   | Alim Compteur                  | 1       | 3       | 0,02   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,01    |
|                        | DISJ CA12   | T1d Disj 225kV                 | 21      | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 1,19    |
|                        | DISJ CA13   | P1d Disj 225kV                 | 4,4     | 35      | 0,28   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA14   | UCL Disj 225kV                 | 4,4     | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA15   | Med Disj 225kV                 | 4,4     | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA16   | Md Disj 225kV                  | 21      | 3600    | 28,35  | 32     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 45,07   | 10        | 2,38    |
|                        | DISJ CA17   | T1d Disj 60kV                  | 35      | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 1,98    |
|                        | DISJ CA18   | Md Disj 60kV                   | 35      | 450     | 3,54   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 1,98    |
|                        | DISJ CA19   | Mcpd Alim Regleur              | 43,78   | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 2,48    |
|                        | DISJ CA110  | T1d T.Transfo                  | 43,78   | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 2,48    |
|                        | DISJ CA111  | P1d T.Transfo                  | 4,4     | 35      | 0,28   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA112  | UCL T.Transfo                  | 4,4     | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA113  | Med T.Transfo                  | 4,4     | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA114  | T1d T.Départ 60KV              | 43,78   | 380     | 2,99   | 3      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 4,23    | 2,5       | 1,86    |
|                        | DISJ CA115  | P1d T.Départ 60KV              | 4,4     | 35      | 0,28   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA116  | UCL T.Départ 60KV              | 4,4     | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA117  | Med T.Départ 60KV              | 4,4     | 65      | 0,51   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CA120  | Bouclage N°1                   | 128,997 | 6960,4  | 54,806 | 63     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 88,73   | 25        | 11,52   |
|                        | DISJ CA121  | Bouclage N°2                   | 76,67   | 6960,4  | 54,806 | 63     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 88,73   | 25        | 6,85    |
|                        | DISJ CB10   | Alim Coffret CR N°1 B          | 125,4   | 1712,6  | 13,49  | 16     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 22,54   | 6         | 11,85   |
|                        | DISJ CB11   | T2d Disj 225kV                 | 21      | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 1,19    |
|                        | DISJ CB12   | P2d Disj 225kV                 | 4,4     | 35      | 0,28   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CB13   | T2d Disj 60kV                  | 35      | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 1,98    |
|                        | DISJ CB14   | T2d T.Transfo                  | 43,78   | 400     | 3,15   | 4      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 5,63    | 2,5       | 2,48    |
|                        | DISJ CB15   | P2d T.Transfo                  | 4,4     | 35      | 0,28   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CB16   | T2d T.Départ 60KV              | 43,78   | 380     | 2,99   | 3      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 4,23    | 2,5       | 1,86    |
|                        | DISJ CB17   | P2d T.Départ 60KV              | 4,4     | 35      | 0,28   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 2,5       | 0,06    |
|                        | DISJ CB110  | Alim compteur                  | 1       | 3       | 0,02   | 1      | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 1,41    | 6         | 0,01    |
|                        | DISJ CB111  | Bouclage N°7                   | 128,997 | 2173    | 17,11  | 20     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 28,17   | 6         | 15,24   |
|                        | DISJ CB112  | Bouclage N°8                   | 76,67   | 2173    | 17,11  | 20     | 0,95                   | 0,71 | 1  | 1  | 28,17   | 4         | 13,58   |

|                   |            |                          |        |         |       |     |      |      |   |   |        |     |       |
|-------------------|------------|--------------------------|--------|---------|-------|-----|------|------|---|---|--------|-----|-------|
| COFFRET<br>CR N°2 | CIRC CA20  | Alim Coffret CR N°2 A    | 134,31 | 10755,4 | 84,69 | 100 | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 140,85 | 6   | 79,32 |
|                   | CIRC CA21  | Alim Compteur            | 1      | 3       | 0,02  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,01  |
|                   | CIRC CA22  | Disj TD225 TETOUEN       | 50,05  | 3600    | 28,35 | 32  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 45,07  | 10  | 5,67  |
|                   | CIRC CA23  | T1d T.Départ 225 TETOUEN | 50,05  | 380     | 2,99  | 3   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 4,23   | 2,5 | 2,13  |
|                   | CIRC CA24  | P1d T.Départ 225 TETOUEN | 4,4    | 70      | 0,55  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA25  | UCL T.Départ 225 TETOUEN | 4,4    | 65      | 0,51  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA26  | Med T.Départ 225 TETOUEN | 4,4    | 65      | 0,51  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA27  | P1d T.Barre 225          | 4,4    | 35      | 0,28  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA28  | UCL T.Barre 225          | 4,4    | 65      | 0,51  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA29  | Med T.Barre 225          | 4,4    | 65      | 0,51  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA212 | Bouclage N°3             | 76,67  | 6960,4  | 54,81 | 63  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 88,73  | 25  | 6,85  |
|                   | CIRC CA213 | Bouclage N°4             | 174,68 | 10876   | 85,64 | 100 | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 140,85 | 50  | 12,38 |
|                   | CIRC CB20  | Alim Coffret CR N°2 B    | 134,31 | 1712,6  | 13,49 | 16  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 22,54  | 6   | 12,69 |
|                   | CIRC CB21  | Alim Compteur            | 1      | 3       | 0,02  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,01  |
|                   | CIRC CB22  | T2d T.Départ 225 TETOUEN | 4,4    | 380     | 2,99  | 3   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 4,23   | 2,5 | 0,19  |
|                   | CIRC CB23  | P2d T.Départ 225 TETOUEN | 4,4    | 70      | 0,55  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CB24  | P2d T.Barre 225          | 4,4    | 35      | 0,28  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CB27  | Bouclage N°9             | 76,67  | 2173    | 17,11 | 20  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 28,17  | 4   | 13,58 |
|                   | CIRC CB28  | Bouclage N°10            | 174,68 | 2173    | 17,11 | 20  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 28,17  | 10  | 12,38 |
| COFFRET<br>CR N°3 | CIRC CA30  | Alim Coffret CR N°3 A    | 95,81  | 10755,4 | 84,69 | 100 | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 140,85 | 4   | 84,87 |
|                   | CIRC CA31  | Disj TD225 ALWAHDA       | 50,05  | 3600    | 28,35 | 32  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 45,07  | 10  | 5,67  |
|                   | CIRC CA32  | T1d T.Départ 225 ALWAHDA | 50,05  | 380     | 2,99  | 3   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 4,23   | 2,5 | 2,13  |
|                   | CIRC CA33  | P1d T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4    | 70      | 0,55  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA34  | UCL T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4    | 65      | 0,51  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CA35  | Med T.Départ 225 ALWAHDA | 50,05  | 65      | 0,51  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,71  |
|                   | CIRC CA38  | Alim Compteur            | 1      | 3       | 0,02  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,01  |
|                   | CIRC CA39  | Bouclage N°5             | 174,68 | 6960,4  | 54,81 | 63  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 88,73  | 25  | 15,60 |
|                   | CIRC CA310 | Bouclage N°6             | 129    | 6960,4  | 54,81 | 63  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 88,73  | 25  | 11,52 |
|                   | CIRC CB30  | Alim Coffret CR N°3 B    | 95,81  | 1712,6  | 13,49 | 16  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 22,54  | 4   | 13,58 |
|                   | CIRC CB31  | T2d T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4    | 380     | 2,99  | 3   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 4,23   | 2,5 | 0,19  |
|                   | CIRC CB32  | P2d T.Départ 225 ALWAHDA | 4,4    | 70      | 0,55  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,06  |
|                   | CIRC CB35  | Alim Compteur            | 1      | 3       | 0,02  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,01  |
|                   | CIRC CB36  | Bouclage N°11            | 174,68 | 2173    | 17,11 | 20  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 28,17  | 10  | 12,38 |
|                   | CIRC CB37  | Bouclage N°12            | 129    | 2173    | 17,11 | 20  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 28,17  | 6   | 15,24 |
| JDB48             | CIRC C1    | Tranche Générale         | 18,46  | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,69  |
|                   | CIRC C2    | Tranche Transfo          | 125,4  | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 4,70  |
|                   | CIRC C3    | Tranche Départ TETOUEN   | 134,31 | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 5,04  |
|                   | CIRC C4    | Tranche Départ ALWAHDA   | 95,81  | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 3,59  |
|                   | CIRC C5    | Tranche Barre 225KV      | 4,4    | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,17  |
|                   | CIRC C6    | Tranche Barre 60KV       | 4,4    | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,17  |
|                   | CIRC C7    | Tranche SA               | 18,46  | 100     | 0,79  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,69  |
|                   | CIRC C8    | Salle HF                 | 20,44  | 3000    | 23,62 | 25  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 35,21  | 6   | 7,98  |
|                   | CIRC C11   | Alim Compteur            | 1      | 3       | 0,02  | 1   | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 1,41   | 2,5 | 0,04  |
|                   | CIRC C12   | Alim Batteries 48Vcc     | 6,6    | 1440    | 11,34 | 16  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 22,54  | 2,5 | 3,96  |
|                   | CIRC C13   | Alim Chargeur 48Vcc N°1  | 10,54  | 4800    | 37,80 | 40  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 56,34  | 10  | 3,95  |
|                   | CIRC C14   | Alim Chargeur 48Vcc N°2  | 9,66   | 4800    | 37,80 | 40  | 0,95 | 0,71 | 1 | 1 | 56,34  | 10  | 3,62  |

## Annexe 10 : Mode de poste et coefficients de correction

| Exemple                                                                            | Description                                                                           | N°  | Lettre de sélection | Facteurs de correction |             |       |       |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|------------------------|-------------|-------|-------|----|
|                                                                                    |                                                                                       |     |                     | $f_0$                  | à appliquer |       |       |    |
|   | Câbles mono ou multi-conducteurs dans des goulottes encastrées dans des planchers     | 33A | B                   | 0,9                    | $f_1$       | $f_4$ | $f_5$ | -- |
|   | Câble mono ou multi-conducteurs dans des goulottes suspendues                         | 34A | B                   | 0,9                    | $f_1$       | $f_4$ | $f_5$ | -- |
|   | Câbles multiconducteurs dans des caniveaux fermés, en parcours horizontal ou vertical | 41  | B                   | 0,95                   | $f_1$       | $f_4$ | $f_5$ | -- |
|  | Câbles mono ou multi-conducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés               | 43  | B                   | 1                      | $f_1$       | $f_4$ | $f_5$ | -- |

### Modes de pose pour la lettre de sélection B

| Températures ambiantes (°C) $\theta_0$ | Isolation                                             |                                  |                                        |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
|                                        | Elastomères (caoutchouc)<br>$\theta_p = 60\text{ °C}$ | PVC<br>$\theta_p = 70\text{ °C}$ | PR et EPR<br>$\theta_p = 90\text{ °C}$ |
| 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                                   |
| 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                                   |
| 65                                     | -                                                     | -                                | 0,65                                   |
| 70                                     | -                                                     | -                                | 0,58                                   |
| 75                                     | -                                                     | -                                | 0,50                                   |
| 80                                     | -                                                     | -                                | 0,41                                   |
| 85                                     | -                                                     | -                                | -                                      |
| 90                                     | -                                                     | -                                | -                                      |
| 95                                     | -                                                     | -                                | -                                      |

Facteur de correction pour des températures ambiantes différentes de 30°C

| N° des modes de pose                                      | Nombre de câbles multiconducteurs ou groupes de câbles monoconducteurs jointifs |      |      |      |      |      |      |      |      |                                                                  |      |      |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------------------------------------------|------|------|
|                                                           | 1                                                                               | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 12                                                               | 16   | 20   |
| 21, 22A, 23A, 24A, 25, 31, 31A, 32, 32A, 33A, 34A, 41, 43 | 1,00                                                                            | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45                                                             | 0,40 | 0,40 |
| 11, 12                                                    | 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 |      |      |
| 11A                                                       | 1,00                                                                            | 0,85 | 0,76 | 0,72 | 0,69 | 0,67 | 0,66 | 0,65 | 0,64 |                                                                  |      |      |
| 13                                                        | 1,00                                                                            | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 |                                                                  |      |      |
| 14, 16                                                    | 1,00                                                                            | 0,88 | 0,82 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 |                                                                  |      |      |

## Facteurs de correction pour groupement de câbles multiconducteurs ou groupes de câbles monoconducteurs jointifs

|                              |      |      |        |       |           |
|------------------------------|------|------|--------|-------|-----------|
| Nombre de couches            | 2    | 3    | 4 ou 5 | 6 à 8 | 9 et plus |
| Facteurs de correction $f_5$ | 0,80 | 0,73 | 0,70   | 0,68  | 0,66      |

## Facteurs de correction pour groupement de câbles multiconducteurs ou groupes de câbles monoconducteurs disposés en plusieurs couches

| Lettre de sélection     | Isolant et nombre de conducteurs chargés |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| B                       | PVC 3                                    | PVC 2 |       | PR 3  |       | PR 2  |      |      |      |
| C                       |                                          | PVC 3 |       | PVC 2 | PR 3  |       | PR 2 |      |      |
| E                       |                                          |       | PVC 3 |       | PVC 2 | PR 3  |      | PR 2 |      |
| F                       |                                          |       |       | PVC 3 |       | PVC 2 | PR 3 |      | PR 2 |
| Section (mm²)<br>Cuivre |                                          |       |       |       |       |       |      |      |      |
| 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  |      | 1083 |
| 630                     |                                          |       |       |       | 855   | 1005  | 1088 |      | 1254 |

Tableau du choix des câbles

## ANNEXE C : Réseau de terre

A DONNÉES DE CONCEPTION GÉNÉRALES

|   |                                                |   |        |       |
|---|------------------------------------------------|---|--------|-------|
| 1 | Résistivité du sol $\rho$                      | : | 20     | Ohm-M |
| 2 | Résistivité du gravier, $\rho_s$               | : | 8534,4 | Ohm-M |
| 3 | Courant de court-circuit Symétrique, $I_{eff}$ | : | 40000  | A     |
| 4 | Durée de courant de défaut terre, $t_s$        | : | 1      | Sec   |
| 5 | Température maximale admissible du conducteur. | : | 1084   | ° C   |
| 6 | Température ambiante                           | : | 50     | ° C   |
| 7 | Épaisseur de gravier, $h_s$                    | : | 0,1    | m     |
| 8 | Profondeur de la Grille, $h$                   | : | 0,8    | m     |
| 9 | Profondeur de référence de la grille, $h_o$    | : | 1      | m     |

Normes utilisées

IEEE Guide pour la sécurité dans la terre IEEE - 80 2000

B TAILLE DE CONDUCTEUR DE TERRE:

$$A_{mm^2} = \frac{I}{\sqrt{\left( \frac{TCAP \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \right) \ln \left( \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

Eqn.: 40 Page : 43  
IEEE Std. 80 - 2000

Où

Matériel proposé

Cuivre, dur commerciale - établi ▼

|            |                                                                                       |                 |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $\alpha_r$ | = Résistivité du matériau conducteur                                                  | 0,00381 Ohm - M |
| $\rho_r$   | = Coefficient thermique de résistivité à la température de référence $T_r$ en 1 / ° C | 1,78            |
| $T_m$      | = Max. Température admissible en ° C                                                  | 1084 °C         |
| $T_a$      | = Température ambiante en ° C                                                         | 40 °C           |
| $K_0$      | = $1/\alpha_0$ or $1/\alpha_r - T_r$ in °C                                            | 242             |
| $I_{eff}$  | = courant efficace en KA                                                              | 40 KA           |
| $t_c$      | = Durée de courant en s                                                               | 1 Sec.          |
| TCAP       | = la capacité thermique par unité de volume dans le tableau 1                         | 3,42 J/(cm³°C)  |
| $A_{mm^2}$ | = Section du conducteur en mm²                                                        | 143,16 mm²      |

$A_{mm^2}$  = 143,16 mm²

## LA TAILLE DU CONDUCTEUR CHOISIE

= 13,5 mm

Diamètre du conducteur de grille,  $d$   
Arrondie

= 0,01350 m.  
= 0,01 m.

CRITÈRES DE TENSION DE CONTACT & PAS

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

Eqn. 21, Page 21, IEEE 80 2000

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2hs + 0.09}$$

- $K$  = Facteur de réflexion entre les résistivités de matériaux différents
- $\rho$  = Résistivité de la terre au-dessous du matériau de surface en  $\Omega \cdot m$
- $\rho_s$  = résistivité de surface de matériau en  $\Omega \cdot m$
- $hs$  = Épaisseur du matériau de surface en m (gravier)
- $C_s$  = facteur de couche de surface déclassement

$$K = -1,00$$

$$C_s = 0,69$$

$$E_{pas70} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

Eqn. 30, Page 27, IEEE 80 2000

Ou

$$E_{pas70} = \text{Tension de pas pour un poids de 70 kg}$$

$$E_{pas70} = 5707,26 \text{ Volts}$$

$$E_{toucher70} = (1000 + 1,5C_s \times \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

Eqn. 33, Page 27, IEEE 80 2000

Ou

$$E_{toucher70} = \text{Tension de contact pour un poids de 70 kg}$$

$$E_{toucher70} = 1544,57 \text{ Volts}$$

## C INITIALE HYPOTHÈSES

Disposition préliminaire de la grille

| longueur | largeur |
|----------|---------|
| 127      | 68      |

$n$  = Nombre de conducteurs parallèles

$$= 27$$

$D$  = Espacement de conducteur

$$= 22,2$$

$h$  = Profondeur d'enfouissement de la grille

$$= 0,8 \text{ m}$$

$$L_T = 2 \times Na \times L$$

$L_p$  = Longueur du conducteur dans le périmètre

$$= 303 \text{ m}$$

$N_r$  = Nombre de piquets de terre

$$= 0$$

$L_r$  = Longueur de piquets de terre

$$= 10 \text{ m}$$

$L_R$  = La longueur totale de piquets de terre

$$= 0 \text{ m}$$

$LT1$  = La longueur totale du conducteur enterré

$$= 2056 \text{ m}$$

$LT$  = a longueur totale des conducteurs enterrés et piquets

$$= 2056 \text{ m}$$

$L_x$  = Longueur maximale du conducteur dans l'axe X

$$= 127$$

$L_y$  = Longueur maximale du conducteur dans l'axe Y

$$= 68$$

## D Résistance de la grille

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

Ou

A = Aire de grille = 10404 m<sup>2</sup>

$R_g$  = résistance de la grille

$$R_g = 0,10 \, \Omega$$

## E COURANT MAXIMUM DANS GRILLE

$$I_G = D_f \times I_g$$

Ou

$I_g$  = Courant de grille maximale en A 36000 A

$D_f$  = Facteur de décrémentation pour toute la durée de la faute, en s 1

$$I_G = 36000 \, A$$

## F Potentiel de terre

$$GPR = 3453,5 \, V$$

### VÉRIFICATION DE LA SÉCURITÉ HUMAINE

La sécurité du personnel est spécifiée par la norme IEEE 80, ce qui nécessite de limiter le développement de potentiel électrique dangereux pendant le courant de défaut terre.

Le règlement stipule les paramètres suivants à l'intérieur de la limite permise

- a) Tension de Pas (Pied à Pied Contact)
- b) Tension de contact (Main à Pied Contact)

### Calcul de tension de pas et de contact

## A la tension de maille

$$Em(Conception) = \frac{\rho \times I_G \times K_m \times K_i}{L_C + \left[ 1,55 + 1,22 \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \times L_R}$$

Eqn. 80, Page 91,  
IEEE 80, 2000

$K_i$  = Facteur de correction pour irrégularité de courant

$$K_i = 0,644 + 0,148 \, n$$

Ou

$$n = n_a \times n_b \times n_c \times n_d$$

$$n_a = \frac{2 \times L_T}{L_P}$$

$$n_a = 13,6$$

$$n_b = 1 \text{ pour des grilles carrées} = 0,86$$

$$n_c = 1 \text{ pour des grilles carrées ou rectangulaires} = 0,623$$

$$n_d = 1 \text{ pour des grilles carrées, rectangulaires et en forme de L} = 0,14$$

$$n = 1,03$$

$$K_i = 0,80$$

$$K_m = \text{Facteur d'espacement pour la tension de maille} \quad \text{Eqn. 68 Page 113 IEEE 80}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left[ \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left[ \frac{8}{\pi(2n-1)} \right] \quad \text{Eqn. 81, Page 93 IEEE 80, 2000}$$

Where

$$K_{ii} = \text{Facteur de pondération corrective qui ajuste l'effet de conducteurs internes sur le maillage coin}$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \times n)^{\frac{2}{n}}}$$

$$K_{ii} = 0,74$$

$$K_{ii} = 1,00 \text{ Avec Piquets}$$

$$K_h = \text{Facteur de pondération corrective que souligner la profondeur de grille}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

Ou

$$h_o = \text{Profondeur de référence de la grille} = 1$$

$$h = \text{Profondeur du conducteur de grille dans la terre} = 0,8$$

$$K_h = 1,34$$

$$K_m = 1,06$$

$$E_m (\text{Conception}) = 295,52 \text{ Volts}$$

**Tension de maille calculée est inférieure à la tension de contact admissible. Donc vous êtes en sécurité**

## B Tension de pas

Tension développée pour pas selon le système de mise à la terre proposée lors de défaut à la terre entière de courant

$$E_{pas} (\text{Conception}) = \frac{[(K_s \times K_i \times \rho \times I_G)]}{[0,75 \times L_C + 0,85 \times L_R]} \quad \text{Eqn. 92, Page 94 IEEE 80, 2000}$$

Ou

$$K_s = \text{Facteur d'espacement pour tension de pas}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \left( \frac{1 - 0,5^{n-2}}{D} \right) \right] \quad \text{Eqn. 94, Page 94, IEEE 80, 2000}$$

$$K_s = 0,23$$

$$K_i = 0,644 + 0,148n \quad K_i = 0,80$$

$$E_{pas} (\text{Conception}) = 84,53 \text{ Volts}$$

$$E_{pas} (\text{Conception}) = 85 \text{ Volts}$$

**Tension de pas calculée est inférieure à la tension de contact admissible. Donc vous êtes en sécurité**

## ANNEXE D : Jeux de barres

### Annexe 1 : Jeux de barres rigides

#### Jeu de barres THT & HT



##### A DONNÉES DE CONCEPTION GÉNÉRALES

|   |                                                   | THT        | HT         |
|---|---------------------------------------------------|------------|------------|
| 1 | Courant de court-circuit Symétrique, Ik3          | 40000 A    | 31500 A    |
| 2 | Entraxe maximal entre support l                   | 15 m       | 6,4 m      |
| 3 | Durée de courant de court-circuit                 | 1 s        | 1 s        |
| 4 | Entraxes des Conducteurs am                       | 3,5 m      | 1,5 m      |
| 5 | Masse totale d'un jeu de pièces de la liaison m's | 7,65 kg/m  | 4,03 kg/m  |
| 6 | Section d'un conducteur As                        | 5,7E-04 m² | 5,7E-04 m² |

##### Normes utilisées

INTERNATIONAL STANDARD

IEC 60865-1

##### B Effet électromagnétique sur les jeux de barres THT et HT

forces électromagnétiques :

$$F_{m3} = \frac{\mu_0 \sqrt{3}}{2\pi} \frac{l}{2} I_{p3}^2 \frac{l}{a_m}$$

Eqn.: 2 Page : 24  
IEC 60865-1

|                                                    |   |           |
|----------------------------------------------------|---|-----------|
| Effet électromagnétique sur les jeux de barres THT | = | 1187,69 N |
| Effet électromagnétique sur les jeux de barres HT  | = | 736,55 N  |

Contraintes dans le jeu de barres

$$Z = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$$

|                                                         |       |   |                   |
|---------------------------------------------------------|-------|---|-------------------|
| Diamètre Extérieur du jeu de barres THT                 | D     | = | 0,12 m            |
| Diamètre Intérieur du jeu de barres THT                 | d     | = | 0,104 m           |
| Diamètre Extérieur du jeu de barres HT                  | D     | = | 0,1 m             |
| Diamètre Intérieur du jeu de barres HT                  | d     | = | 0,09 m            |
| Rapport entre les contraintes dynamiques et statique Vσ | Vσ.Vr | = | 1,8 m             |
| Rapport entre les contraintes d'un conducteur Vr        |       |   |                   |
| Facteur relatif à la contrainte d'un conducteur         | β     | = | 0,73              |
| Module de section du Jeu de Barre THT                   | Z     | = | 7,39372E-05 m³/m² |
| Module de section du Jeu de Barre HT                    | Z     | = | 3,37623E-05 m³/m² |

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \frac{F_{m3} l}{8Z}$$

Eqn.: 9 Page : 28  
IEC 60865-1

|                                       |            |   |           |
|---------------------------------------|------------|---|-----------|
| Contraintes dans le jeu de barres THT | $\sigma_m$ | = | 39,58 MPa |
| Contraintes dans le jeu de barres HT  | $\sigma_m$ | = | 23,04 MPa |

Contrainte admissible dans un conducteur :

$$\sigma_m \leq q R_{p0,2}$$

Eqn.: 11 Page : 30  
IEC 60865-1

|                                                        |       |   |         |
|--------------------------------------------------------|-------|---|---------|
| Contrainte admissible de la repture de la jeu de barre | Rp0,2 | = | 180 MPa |
|--------------------------------------------------------|-------|---|---------|

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - \frac{2s}{D}\right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2s}{D}\right)^4}$$

|                               |   |   |         |
|-------------------------------|---|---|---------|
| Epaisseur du jeu de barre THT | s | = | 0,016 m |
| Epaisseur du jeu de barre HT  | s | = | 0,01 m  |

|                           |   |   |          |
|---------------------------|---|---|----------|
| Facteur de plasticité THT | q | = | 1,45 1/m |
| Facteur de plasticité HT  | q | = | 1,41 1/m |

|                                                  |   |            |
|--------------------------------------------------|---|------------|
| Contraintes admissible dans le jeu de barres THT | = | 260,73 Mpa |
| Contraintes admissible dans le jeu de barres HT  | = | 252,93 Mpa |

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Contraintes dans le jeu de barres THT | la contrainte est vérifiée |
| Contraintes dans le jeu de barres HT  | la contrainte est vérifiée |

Les forces exercées sur les supports de jeu de barres :

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3}$$

Eqn.: 15 Page : 32  
IEC 60865-1

Rapport entre les forces dynamiques et statiques exercées sur les supports  
Rapport entre les contraintes d'un conducteur principal

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| V <sub>F</sub>                 |       |
| V <sub>r</sub>                 |       |
| V <sub>r</sub> .V <sub>F</sub> | = 2,7 |
| α                              | = 1,1 |

|                                                           |   |           |
|-----------------------------------------------------------|---|-----------|
| Les forces exercées sur les supports de jeu de barres THT | = | 3527,45 N |
| Les forces exercées sur les supports de jeu de barres HT  | = | 2187,57 N |

la fréquence propre appropriée :

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

|                                                                      |      |   |                                            |
|----------------------------------------------------------------------|------|---|--------------------------------------------|
| Moment quadratique de la section du Jeu de Barre THT                 | : J  | = | 8,87246E-06 m <sup>2</sup> *m <sup>2</sup> |
| Moment quadratique de la section du Jeu de Barre HT                  | : J  | = | 3,37623E-06 m <sup>2</sup> *m <sup>2</sup> |
| Facteur relatif à l'évaluation de la fréquence propres appropriée: γ |      | = | 3,56                                       |
| la masse du jeu de barre THT par unité de longueur                   | : m' | = | 7,65 kg/m                                  |
| la masse du jeu de barre HT par unité de longueur                    | : m' | = | 4,03 kg/m                                  |
| Module de Young                                                      | : E  | = | 69000000000 N/m <sup>2</sup>               |

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m'}}$$

Eqn.: 16 Page : 34  
IEC 60865-1

|                                                     |   |          |
|-----------------------------------------------------|---|----------|
| la fréquence propre appropriée du jeu de barres THT | = | 4,48 Hz  |
| la fréquence propre appropriée du jeu de barres HT  | = | 20,71 Hz |

## C Effet thermique sur les jeux de barres THT et HT

Calcule du courant thermique équivalent de courte durée

$$I_{th} = \sqrt{\frac{1}{T_k} \sum_{i=1}^n I_{thi}^2 T_{ki}}$$

Eqn.: 64 Page : 58  
IEC 60865-1

$$T_k = \sum_{i=1}^n T_{ki}$$

Eqn.: 65 Page : 58  
IEC 60865-1

$$I_{thi} = I_{ki}'' \sqrt{m + n}$$

$$m = \frac{1}{100 T_k \ln(\kappa - 1)} [e^{220 T_k \ln(\kappa - 1)}]$$

$$\kappa = 1 + 0,98 e^{-\frac{R}{X}}$$

|                                                                             |                 |   |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|---|-------|
| Le rapport                                                                  | R/X             | = | 0,1   |
| Facteur relatif au calcul de la valeur de crête du courant de court-circuit | k               | = | 1,726 |
| Facteur relatif à l'effet thermique de la composante continue               | m               | = | 0,031 |
| Facteur relatif à l'effet thermique de la composante alternative            | n               | = | 1     |
| Durée de courant de court-circuit                                           | T <sub>k</sub>  | = | 1 s   |
| Durée d'ième passage de courant de court-circuit                            | T <sub>ki</sub> | = | 1 s   |

|                                                           |   |            |
|-----------------------------------------------------------|---|------------|
| Courant thermique équivalent de courte durée pour JDB THT | = | 40619,80 A |
| Courant thermique équivalent de courte durée pour JDB HT  | = | 31988,09 A |

Calcul de la résistance thermique au court-circuit

$$S_{th} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

Eqn.: 67 Page : 60  
IEC 60865-1

|                                                                          |                  |   |     |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---|-----|
| densité de courant thermique équivalent de courte durée                  | A/m <sup>2</sup> |   |     |
| densité de courant de tenue de courte durée assignée pendant une seconde | A/m <sup>2</sup> |   |     |
| Durée de courant de court-circuit                                        | Tk               | = | 1 s |
| courte durée assignée                                                    | Tkr              | = | 1 s |

Calcul de Str :

$$\Delta\theta_{cc} = \frac{0,24 \times \rho_{20} \times I_{th}^2 \times T_k}{(n \times S)^2 \times c \times \delta}$$

|                                      |                     |   |                          |
|--------------------------------------|---------------------|---|--------------------------|
| chaleur spécifique du métal          | c                   | = | 0,212 Kcal/daN°C         |
| section d'une barre THT              | S                   | = | 28,15 cm <sup>2</sup>    |
| section d'une barre HT               | S                   | = | 14,92 cm <sup>2</sup>    |
| nombre de barre(s) par phase         | n                   | = | 1                        |
| le courant de court-circuit THT      | Ith                 | = | 40000 A                  |
| le courant de court-circuit HT       | Ith                 | = | 31500 A                  |
| durée du court-circuit               | Tk                  | = | 1 s                      |
| résistivité du conducteur à 20°C     | $\rho_{20}$         | = | 2,6 $\mu\Omega\text{cm}$ |
| masse volumique du métal             | $\delta$            | = | 2,7 g/cm <sup>3</sup>    |
| échauffement dû au court-circuit     | $\Delta\theta_{cc}$ | = | 2,3 °C                   |
| échauffement dû au court-circuit     | $\Delta\theta_{cc}$ | = | 5,0 °C                   |
| Conductivité à 20°C                  | k20                 | = | 3,48E+07 1/(Ωm)          |
| Coéfficient de dilatation des câbles | $\alpha_{20}$       | = | 0,004 1/°C               |

Echauffement admissible :  $\theta - \theta_n = 50^\circ\text{C}$

Température ambiante :  $\theta_n = 50^\circ\text{C}$

La température du conducteur après le court-circuit JDB THT :  $\theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} = 102,27^\circ\text{C}$

La température du conducteur après le court-circuit JDB HT :  $\theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} = 105,01^\circ\text{C}$

densité de courant de tenue de courte durée assignée

$$S_{thr} = \frac{K}{\sqrt{T_{kr}}}$$

Avec :

$$K = \sqrt{\frac{\kappa_{20} c \rho}{\alpha_{20}} \ln \left( \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_e - 20^\circ\text{C})}{1 + \alpha_{20}(\theta_b - 20^\circ\text{C})} \right)}$$

Eqn.: 1 et 2 Page : 112  
IEC 60865-1

|                                                          |      |   |                        |
|----------------------------------------------------------|------|---|------------------------|
| densité de courant de tenue de courte durée assignée THT | Sthr | = | 60,5 A/mm <sup>2</sup> |
| densité de courant de tenue de courte durée assignée HT  | Sthr | = | 61,9 A/mm <sup>2</sup> |

|                                                                               |   |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
| Densité de courant thermique équivalent de courte durée pour Jeu de Barre THT | = | 14,43 A/mm <sup>2</sup> |
| Densité de courant thermique équivalent de courte durée pour Jeu de Barre HT  | = | 21,44 A/mm <sup>2</sup> |

|                  |                                                         |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| Jeu de Barre THT | La résistance thermique au court-circuit est suffisante |
| Jeu de Barre HT  | La résistance thermique au court-circuit est suffisante |

### CONNEXION EN ALMELEC



#### A DONNÉES DE CONCEPTION GÉNÉRALES

|    |                                                                     | THT                    | HT                     |
|----|---------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1  | Courant de court-circuit Symétrique, $I_{k3}$                       | 40000 A                | 31500 A                |
| 2  | la longueur à la corde du conducteur principal dans la portée $l_c$ | 11,5 m                 | 6 m                    |
| 3  | Entraxe maximal entre support $l$                                   | 11,5 m                 | 6,0 m                  |
| 4  | nombre de conducteur $n$                                            | 3                      | 3                      |
| 5  | l'entraxe entre les points centraux des conducteurs principaux $a$  | 4,2 m                  | 1,5 m                  |
| 6  | Masse d'un conducteur $m_s$                                         | 1,58 kg/m              | 1,58 kg/m              |
| 7  | Force de tension statique $F_{st}$                                  | 2070 N                 | 1080 N                 |
| 8  | Module de Young $E$                                                 | 69 GPa                 | 69 GPa                 |
| 9  | Constante d'élasticité $S$                                          | 100000 N/m             | 100000 N/m             |
| 10 | Section d'un conducteur $A_s$                                       | 0,00057 m <sup>2</sup> | 0,00057 m <sup>2</sup> |

#### Normes utilisées

INTERNATIONAL STANDARD

IEC 60865-1

#### B Effet sur les conducteurs principal :

##### Dimensionnement et paramètres caractéristiques :

##### Forces électromagnétiques :

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} 0,75 \frac{(I_{k3})^2}{a} \frac{l_c}{l}$$

Eqn.: 19 Page : 38  
IEC 60865-1

|                                                      |    |   |         |
|------------------------------------------------------|----|---|---------|
| Effet électromagnétique sur connexion en Almélec THT | F' | = | 57,14 N |
| Effet électromagnétique sur connexion en Almélec HT  | F' | = | 99,23 N |

##### Le rapport entre la force électromagnétique et la force de gravité :

Eqn.: 20 Page : 38  
IEC 60865-1

|                               |                |   |                     |
|-------------------------------|----------------|---|---------------------|
| nombre de conducteur          | n              | = | 3                   |
| Masse d'un conducteur m's THT | m's'           | = | 1,58 kg             |
| Masse d'un conducteur m's HT  | m's'           | = | 1,58 kg             |
| Accélération de la pesanteur  | g <sub>n</sub> | = | 10 m/s <sup>2</sup> |

|                                                   |   |   |      |
|---------------------------------------------------|---|---|------|
| Le rapport $r$ pour les connexions en Almélec THT | r | = | 1,21 |
| Le rapport $r$ pour les connexions en Almélec HT  | r | = | 2,10 |

##### La direction de la force résultante exercé sur le conducteur :

$$\delta_1 = \arctan r$$

Eqn.: 21 Page : 38  
IEC 60865-1

force résultante exercé sur le conducteur  $\delta_1$

|                                               |            |   |         |
|-----------------------------------------------|------------|---|---------|
| Force résultante exercé sur le conducteur THT | $\delta_1$ | = | 50,42 ° |
| Force résultante exercé sur le conducteur HT  | $\delta_1$ | = | 64,56 ° |

##### La flèche statique :

$$b_c = \frac{n m'_s g_n l^2}{F_{st}}$$

Eqn.: 22 Page : 38  
IEC 60865-1

|                                     |     |   |                     |
|-------------------------------------|-----|---|---------------------|
| Nombre de conducteur                | n   | = | 3                   |
| Masse d'un conducteur m's THT       | ms' | = | 1,58 kg             |
| Masse d'un conducteur m's HT        | ms' | = | 1,58 kg             |
| Accélération de la pesenteur        | gn  | = | 10 m/s <sup>2</sup> |
| Entraxe maximal entre support l THT | l   | = | 11,5 m              |
| Entraxe maximal entre support l HT  | l   | = | 6,0 m               |

|                                                           |    |   |        |
|-----------------------------------------------------------|----|---|--------|
| Les forces exercées sur les supports de jeu de barres THT | bc | = | 0,38 m |
| Les forces exercées sur les supports de jeu de barres HT  | bc | = | 0,20 m |

La période T de l'oscillation du conducteur :

$$T = 2\pi \sqrt{0,8 \frac{b_c}{g_n}}$$

Eqn.: 23 Page : 38  
IEC 60865-1

|                                           |    |   |                     |
|-------------------------------------------|----|---|---------------------|
| La période d'oscillation du conducteur    | T  |   |                     |
| Flèche statique équivalente du barres THT | bc | = | 0,38 m              |
| Flèche statique équivalente du barres HT  | bc | = | 0,20 m              |
| Accélération de la pesenteur              | gn | = | 10 m/s <sup>2</sup> |

|                                                 |   |   |        |
|-------------------------------------------------|---|---|--------|
| La période T de l'oscillation du conducteur THT | T | = | 1,09 s |
| La période T de l'oscillation du conducteur HT  | T | = | 0,79 s |

Pendant le passage de courant de court-circuit la période résultante :

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[ 1 - \frac{\pi^2}{64} \left[ \frac{\delta_1}{90^\circ} \right]^2 \right]}$$

Eqn.: 24 Page : 40  
IEC 60865-1

|                                                     |            |   |         |
|-----------------------------------------------------|------------|---|---------|
| La fréquence propre appropriée du jeu de barres THT | T          | = | 1,09 s  |
| La fréquence propre appropriée du jeu de barres HT  | T          | = | 0,79 s  |
| Le rapport r pour les connexions en Almélec THT     | r          | = | 1,21    |
| Le rapport r pour les connexions en Almélec HT      | r          | = | 2,10    |
| Force résultante exercé sur le conducteur THT       | $\delta_1$ | = | 50,42 ° |
| Force résultante exercé sur le conducteur HT        | $\delta_1$ | = | 64,56 ° |

|                                                               |      |   |        |
|---------------------------------------------------------------|------|---|--------|
| la période résultante Tres de l'oscillation du conducteur THT | Tres | = | 0,92 s |
| la période résultante Tres de l'oscillation du conducteur HT  | Tres | = | 0,56 s |

Force de tension  $F_t$  :

$$F_t = 1,1 F_{st} (1 + \varphi \psi)$$

Eqn.: 34 Page : 42  
IEC 60865-1

|                                                           |                                |  |                                   |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| Facteur relatif à la force de tension dans un conducteur: | $\varphi = (\sqrt{1+r^2} - 1)$ |  |                                   |
|                                                           |                                |  | Eqn.: 32 Page : 42<br>IEC 60865-1 |

|                                           |               |   |      |
|-------------------------------------------|---------------|---|------|
|                                           | THT $\varphi$ | = | 1,7  |
|                                           | HT $\varphi$  | = | 4,0  |
| Facteur relatif à la force de tension THT | $\psi$        | = | 0,63 |
| Facteur relatif à la force de tension HT  | $\psi$        | = | 0,55 |

Le facteur de Contrainte  $\zeta$  du conducteur principal

$$N = \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nE_s A_s}$$

Eqn.: 25 Page : 40  
IEC 60865-1

$$\zeta = \frac{(ng_s m'_s l)^2}{24 F_{st}^3 N}$$

Eqn.: 28 Page : 40  
IEC 60865-1

|     |         |   |          |
|-----|---------|---|----------|
| THT | $\zeta$ | = | 1,55     |
| HT  | $\zeta$ | = | 1,57     |
| THT | N       | = | 8,98E-07 |
| HT  | N       | = | 1,69E-06 |

Calcul de facteur de YOUNG Es

$$E_s = E \left[ 0,3 + 0,7 \sin \left( \frac{F_{st}}{n A_s \sigma_{fin}} 90^\circ \right) \right]$$

Eqn.: 26 Page : 40  
IEC 60865-1

|                           |    |   |          |
|---------------------------|----|---|----------|
| facteur de YOUNG Es THT : | Es | = | 2,07E+10 |
| facteur de YOUNG Es HT :  | Es | = | 2,07E+10 |

|                                       |    |   |           |
|---------------------------------------|----|---|-----------|
| La force de tension Ft pour Câble THT | Ft | = | 4733,03 N |
| La force de tension Ft pour Câble HT  | Ft | = | 3802,60 N |

Force de tension Ff :

$$F_f = 1,2 F_{st} \sqrt{1 + 8 \zeta \frac{\delta_m}{180^\circ}}$$

Eqn.: 35 Page : 44  
IEC 60865-1

|                                                                          |                           |   |          |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---|----------|
| Angle d'oscillation à la fin du passage de courant de court-circuit THT: | $\delta k = 2 * \delta l$ | = | 100,84 ° |
| Angle d'oscillation à la fin du passage de courant de court-circuit HT:  | $\delta k = 2 * \delta l$ | = | 129,11 ° |

$$\chi = 1 - r$$

Eqn.: 30 Page : 42  
IEC 60865-1

|                                                         |  |   |          |
|---------------------------------------------------------|--|---|----------|
| Quantité pour l'angle Maximal d'oscillation THT: $\chi$ |  | = | -0,209   |
| Quantité pour l'angle Maximal d'oscillation HT : $\chi$ |  | = | -1,099   |
| Agle maximale d'oscillation THT : $\delta m$            |  | = | 112,04 ° |
| Agle maximale d'oscillation HT : $\delta m$             |  | = | 180 °    |

|                                       |    |   |          |
|---------------------------------------|----|---|----------|
| La force de tension Ff pour Câble THT | Ff | = | 7327,9 N |
| La force de tension Ff pour Câble HT  | Ff | = | 4773,0 N |

Déplacement horizontal de la portée bh :

Le déplacement horizontal maximal d'une portée :

$$b_h = C_F C_D b_c$$

Eqn.: 40 Page : 46  
IEC 60865-1

|                                 |                     |                    |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|
| Facteur de forme pour Câble THT | $C_F = 0,97 + 0,1r$ | Eqn.: 39 Page : 44 |
| Facteur de forme pour Câble HT  | $C_F = 1,15$        | IEC 60865-1        |

|        |   |      |
|--------|---|------|
| THT CF | = | 1,09 |
| HT CF  | = | 1,15 |

Facteur de délatation :

$$C_D = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left[ \frac{l}{b_c} \right]^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})}$$

|                        |                                                                                     |                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Extension Elastique :  | $\varepsilon_{ela} = N(F_t - F_{st})$                                               | Eqn.: 36;37 Page : 44 |
| Dilatation thermique : | $\varepsilon_{th} = c_{th} \left[ \frac{l_{k3}}{n A_s} \right]^2 \frac{T_{res}}{4}$ | IEC 60865-1           |

Constante du matériaux :

|     |                     |   |          |
|-----|---------------------|---|----------|
|     | $\varepsilon_{ele}$ | = | 0,0024   |
| THT | $\varepsilon_{th}$  | = | 3,38E-05 |
|     | CD                  | = | 1,3577   |
|     | $\varepsilon_{ele}$ | = | 0,0046   |
| HT  | $\varepsilon_{th}$  | = | 1,29E-05 |
|     | CD                  | = | 1,6155   |

|                                        |    |   |        |
|----------------------------------------|----|---|--------|
| Déplacement horizontal de la portée bh | bh | = | 0,56 m |
| Déplacement horizontal de la portée bh | bh | = | 0,37 m |

La distance minimal entre les conducteurs :

$$a_m = a - 2b_h$$

Eqn.: 42 Page : 46  
IEC 60865-1

|                                               |    |   |       |
|-----------------------------------------------|----|---|-------|
| La distance minimal entre les conducteurs THT | am | = | 3,1 m |
| La distance minimal entre les conducteurs HT  | am | = | 0,8 m |

## Calcul du courant thermique équivalent de courte durée

$$I_{th} = \sqrt{\frac{1}{T_k} \sum_{i=1}^n I_{thi}^2 T_{ki}}$$

Eqn.: 64 Page : 58  
IEC 60865-1

$$T_k = \sum_{i=1}^n T_{ki}$$

Eqn.: 65 Page : 58  
IEC 60865-1

$$I_{thi} = I_{ki}'' \sqrt{m+n}$$

$$m = \frac{1}{100 T_k \ln(\kappa - 1)} [e^{220 T_k \ln(\kappa - 1)}]$$

$$\kappa = 1 + 0,98 e^{-\frac{R}{X}}$$

|                                                                             |     |   |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|---|------|
| Le rapport                                                                  | R/X | = | 0,1  |
| Facteur relatif au calcul de la valeur de crête du courant de court-circuit | k   | = | 1,73 |
| Facteur relatif à l'effet thermique de la composante continue               | m   | = | 0,02 |
| Facteur relatif à l'effet thermique de la composante alternative            | n   | = | 1    |
| Durée de courant de court-circuit                                           | Tk  | = | 1 s  |
| Durée d'ième passage de courant de court-circuit                            | Tki | = | 1 s  |

|                                                           |   |            |
|-----------------------------------------------------------|---|------------|
| Courant thermique équivalent de courte durée pour JDB THT | = | 40430,62 A |
| Courant thermique équivalent de courte durée pour JDB HT  | = | 31839,12 A |

## Calcul de la résistance thermique au court-circuit

$$S_{th} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

|                                                                          |      |   |     |
|--------------------------------------------------------------------------|------|---|-----|
| densité de courant thermique équivalent de courte durée                  | A/m² |   |     |
| densité de courant de tenue de courte durée assignée pendant une seconde | A/m² |   |     |
| Durée de courant de court-circuit                                        | Tk   | = | 1 s |
| courte durée assignée                                                    | Tkr  | = | 1 s |

Calcul de Str :

$$\Delta\theta_{cc} = \frac{0,24 \times \rho_{20} \times I_{th}^2 \times T_k}{(n \times S)^2 \times c \times \delta}$$

|                                      |                     |   |                    |
|--------------------------------------|---------------------|---|--------------------|
| chaleur spécifique du métal          | c                   | = | 0,225 Kcal/daN°C   |
| section du câble THT                 | S                   | = | 5,7 cm²            |
| section du câble HT                  | S                   | = | 5,7 cm²            |
| nombre de barre(s) par phase         | n                   | = | 1                  |
| le courant de court-circuit THT      | Ith                 | = | 40000 A            |
| le courant de court-circuit HT       | Ith                 | = | 31500 A            |
| durée du court-circuit               | Tk                  | = | 1 s                |
| résistivité du conducteur à 20°C     | $\rho_{20}$         | = | 2,6 $\mu\Omega$ cm |
| masse volumique du métal             | $\delta$            | = | 2,7 g/cm³          |
| échauffement dû au court-circuit     | $\Delta\theta_{cc}$ | = | 50,6 °C            |
| échauffement dû au court-circuit     | $\Delta\theta_{cc}$ | = | 31,4 °C            |
| Conductivité à 20°C                  | k20                 | = | 3,03E+07 1/(Ωm)    |
| Coefficient de dilatation des câbles | $\alpha_{20}$       | = | 0,004 1/°C         |

Echauffement admissible :  $\theta - \theta_n = 50^\circ C$

Température ambiante :  $\theta_n = 50^\circ C$

La température du conducteur après le court-circuit JDB THT :  $\theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} = 150,58^\circ C$

La température du conducteur après le court-circuit JDB HT :  $\theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} = 131,37^\circ C$

densité de courant de tenue de courte durée assignée

$$S_{thr} = \frac{K}{\sqrt{T_{kr}}}$$

Avec :

$$K = \sqrt{\frac{\kappa_{20} c \rho}{\alpha_{20}} \ln \left( \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_e - 20^\circ C)}{1 + \alpha_{20}(\theta_b - 20^\circ C)} \right)}$$

|                                                          |                  |   |            |
|----------------------------------------------------------|------------------|---|------------|
| densité de courant de tenue de courte durée assignée THT | S <sub>thr</sub> | = | 77,0 A/mm² |
| densité de courant de tenue de courte durée assignée HT  | S <sub>thr</sub> | = | 70,2 A/mm² |

|                                                                               |   |             |
|-------------------------------------------------------------------------------|---|-------------|
| Densité de courant thermique équivalent de courte durée pour Jeu de Barre THT | = | 70,93 A/mm² |
| Densité de courant thermique équivalent de courte durée pour Jeu de Barre HT  | = | 55,86 A/mm² |

|            |                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------|
| Câbles THT | La résistance thermique au court-circuit est suffisante |
| Câbles HT  | La résistance thermique au court-circuit est suffisante |

## ANNEXE E : Plan de protection

## TRANSFORMATEURS DE COURANT

|                                     | Ric                         | Rp            | RL           | Equation                                                                   | Classe | I <sub>p</sub> max | Calibre | Is/I <sub>p</sub> | Courant Isf | V <sub>kmin</sub> relais | V <sub>kmin</sub> TC | In | FLP | P   | P normal |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------|----------------------|----|-----|-----|----------|
| Tranche de départ 225kV n°1 & n°2   | TC Mesure N°1               | D25<br>2      | 0,2<br>0,27  |                                                                            | 0,5    | 40000              | 1000/1  | 0,001             | 40          |                          |                      | 1  | 15  | 2,7 | 3        |
|                                     | A1830                       | 0,2           |              |                                                                            | 0,5    | 40000              | 1000/1  | 0,001             | 40          |                          |                      |    | 15  | 2,7 |          |
|                                     | TC Protection n°1           | F650<br>2     | 0,04<br>0,27 | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | SP20   | 40000              | 1000/1  | 0,001             | 40          | 138,6                    | 138,6                | 1  | 60  | 0,3 | 2,5      |
|                                     | TC Protection n°2           | P444<br>2     | 0,04<br>0,27 | $V_{kp} = 0,6 \times I_{x1} \times (1 + \frac{X}{R}) (R_{TC} + R_L + R_p)$ | SP20   | 40000              | 1000/1  | 0,001             | 12          | 182,95                   | 182,952              | 1  | 18  | 8,2 | 10       |
|                                     | D25                         | 0,2           |              |                                                                            | SP20   | 40000              | 1000/1  | 0,001             | 40          |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     | TC Protection n°3           | D60<br>2      | 0,2<br>0,27  | $V_{kp} = K_{TP} \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                   | SP20   | 40000              | 1000/1  | 0,001             | 12          | 88,92                    | 88,92                | 1  | 18  | 2,9 | 3        |
|                                     | T35                         | 0,04          |              |                                                                            | SP20   | 40000              | 200/1   | 0,005             | 200         | 849,27                   | 849,27               | 1  | 90  | 7,4 | 10       |
|                                     | TAPCON                      | 0,009         | 0,27         | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | PX     | 40000              | 200/1   | 0,005             | 200         | 107,73                   |                      |    |     |     |          |
|                                     | F650 N°1                    | 0,04          |              | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | SP20   | 31500              | 800/1   | 0,0013            | 39,4        | 136,43                   |                      |    |     |     |          |
|                                     | D25 n°1                     | 0,2           | 0,27         |                                                                            | SP20   | 31500              | 800/1   | 0,0013            | 39,4        |                          |                      |    |     |     |          |
| Tranche transformateur 225/60/11 kV | TC Coté 60kV Protection N°1 | D25 n°2<br>2  | 0,2<br>0,27  |                                                                            | 0,5    | 31500              | 800/1   | 0,0013            | 39,4        |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     | T35                         | 0,04          |              | $V_{kp} = K_{TP} \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                   | PX     | 16000              | 1500/1  | 0,0007            | 10,7        | 147,84                   | 147,84               | 1  | 16  | 7,2 | 10       |
|                                     | F650 n°3                    | 0,04          |              | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | PX     | 16000              | 1500/1  | 0,0007            | 10,7        | 37,6                     |                      |    |     |     |          |
|                                     | F650 n°2                    | 0,04          |              | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | SP20   | 40000              | 200/1   | 0,005             | 200         | 755,73                   |                      |    |     |     |          |
|                                     | TAPCON                      | 0,009         | 0,27         |                                                                            | SP20   | 40000              | 200/1   | 0,005             | 200         |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     | D25                         | 0,2           |              |                                                                            | SP20   | 40000              | 200/1   | 0,005             | 200         |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     | TC Terre Coté 225kV         | F650 n°1<br>2 | 0,2<br>0,27  | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | SP20   | 40000              | 200/1   | 0,005             | 200         | 741,00                   | 741,00               | 1  | 300 | 0,5 | 2,5      |
|                                     | F650 n°2                    | 0,2           |              | $V_{kp} = 1,5 \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                      | SP20   | 31500              | 800/1   | 0,0013            | 39,4        | 158,23                   |                      |    |     |     |          |
|                                     | TAPCON                      | 0,009         | 0,27         |                                                                            | SP20   | 31500              | 800/1   | 0,0013            | 39,4        |                          | 158,23               | 1  | 59  | 0,7 | 2,5      |
|                                     | D25                         | 0,2           |              |                                                                            | SP20   | 31500              | 800/1   | 0,0013            | 39,4        | 27,76                    |                      |    |     |     |          |
| Tranches départ 60 kV               | TC Coté Mesure 60kV         | D25<br>2      | 0,2<br>0,27  |                                                                            | SP20   | 31500              | 2000/1  | 0,0005            | 15,8        |                          |                      | 1  | 24  | 5,5 | 10       |
|                                     | A1830                       | 3             |              |                                                                            | 0,5    | 31500              | 2000/1  | 0,0005            | 15,8        |                          |                      | 1  | 24  | 3,5 | 5        |
|                                     | TC Coté Protection 60 kV    | T35<br>2      | 0,04<br>0,27 | $V_{kp} = K_{TP} \times I_x \times (R_{TC} + R_L + R_p)$                   | PX     | 31500              | 2000/1  | 0,0005            | 15,8        | 54,57                    | 54,57                | 1  | 24  | 2,3 | 2,5      |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |
|                                     |                             |               |              |                                                                            |        |                    |         |                   |             |                          |                      |    |     |     |          |

## Transformateurs de Tension

|                                               | Classe        | V <sub>pn</sub> | V <sub>sn</sub>     |
|-----------------------------------------------|---------------|-----------------|---------------------|
| Tranche de départ 225 kV n°1 & n°2            | TT Mesure     | D25<br>0,5      | 225000/√3<br>110/√3 |
|                                               | A1830         | 0,5             | 225000/√3<br>110/√3 |
|                                               | P444          | 3P              | 225000/√3<br>110/√3 |
|                                               | TT Protection | C60<br>3P       | 225000/√3<br>110/√3 |
| Tranche Jeu de barres 225 kV                  | TT Mesure     | D25<br>0,5      | 225000/√3<br>110/√3 |
|                                               | TT Protection | D25<br>3P       | 225000/√3<br>110/√3 |
|                                               | C60           | 3P              | 225000/√3<br>110/√3 |
|                                               | D60           | 3P              | 225000/√3<br>110/√3 |
| Tranche transformateur 225/60/11 kV n°1 & n°2 | TT Protection | D25<br>3P       | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | TT mesure     | F650<br>0,5     | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | TAPCON        | 0,5             | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | TT Protection | F650<br>3P      | 11000/√3<br>110/√3  |
| Tranche Tranche Barres 60 Kv                  | TT mesure     | D25<br>0,5      | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | TT protection | D25<br>3P       | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | F650          | 3P              | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | D25           | 0,5             | 60000/√3<br>110/√3  |
| Tranche Départ 60 kV                          | TT Mesure     | A1830<br>0,5    | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | D60           | 3P              | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               | TT Protection | P442<br>3P      | 60000/√3<br>110/√3  |
|                                               |               |                 |                     |