



**Construction d'un poste de distribution public et du  
réseau basse tension à Niamey.**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER D'INGENIERIE EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE  
OPTION : RESEAU ELECTRIQUE

\*\*\*\*\*

-----  
\*\*\*\*\*

Présenté et soutenu publiquement le 01/07/2019 par

**GUY LANDRY NASSET AMANI (20150112)**

**Directeur de mémoire /Encadrant : M. MOUSSA KADRI, Assistant de Recherche.**

**Maître de stage : M. KANDIA FAICAL /Directeur Technique Satel-Sa**

**STRUCTURE D'ACCUEIL DU STAGE : SATEL Sa**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Monsieur Justin Bassolé

Membres et correcteurs : Docteur SORO  
M. Moussa Kadri  
M. Justin Bassolé

**Promotion 2017/2018**



**Jusqu'au bout ...**

**On ira.**



## DEDICACES

Au Dieu tout puissant et de toutes puissances

À mon père ...

À ma mère...

À mon frère...

À mes sœurs ...

À ma chérie ...

À un ami que je n'oublierai jamais parti trop tôt

Tobi Boty



## REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont tout d'abord à **M ADAMA OUEDRAOGO** Président Directeur General de SATEL-SA qui nous a accordé sa confiance pour le stage.

**M NARE MOUNI** Président Directeur General de CGPS chef de file du groupement CGPS SATEL-SA groupement adjudicataire du projet sur lequel nous avons travaillé.

Merci à **Mr Moussa KADRI**, qui a bien voulu m'encadrer et me suivre dans ces travaux. Vous avez toujours été disponible pour répondre à mes questions à chaque fois que je faisais face à une difficulté. Votre assistance m'a permis de mener à bien mes travaux.

Mes remerciements à **M SAYDOU OUMINGA** ancien conseiller technique du Ministère de l'énergie et Chef de projet résident à Niamey pour tous ses conseils. Il m'a toujours accordé du temps malgré ses nombreuses occupations ;

Merci à **Mr Charles BAYERO, Ancien Directeur Général de SATEL SA** pour sa formation continue sur la gestion des projets et surtout pour le modèle qu'il est devenu pour moi.

Merci à **Mr Faïçal KANDIA, Ancien Directeur Technique de SATEL SA**. Vous avez bien voulu être mon maître de stage en entreprise, et me suivre dans la phase pratique de mon travail. Votre assistance technique m'a été d'une grande aide.

Mes remerciements à l'ensemble du personnel de 2iE pour tout leur apport au cours de ma formation, spécialement au département GEEL.

Merci à mes parents pour leur soutien de toute forme.



## RESUME

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet NELACEP financé par la banque mondiale et a pour objectif la densification et la réhabilitation des réseaux électriques de Niamey.

Notre étude porte sur l'Etude Technique et la réalisation de l'Alimentation électrique d'une partie d'un quartier de boukoki (Niamey) au profit de la NIGELEC et des populations. .

Ce mémoire a d'abord porté sur l'étude du réseau existant dans la zone d'implantation du poste à travers des travaux de terrains, en premier nous avons fait l'estimation des besoins, la vérification des chutes de tension en bout de ligne, la vérification des efforts de supports BT et proposé un carnet de piquetage pour la réalisation du réseau. En second nous avons fait le choix du type de poste de transformation de distribution publique : Un poste en simple dérivation comprenant une cellule arrivée type IS de chez energy transfo, une cellule protection type CIS du même fabricant que le premier, un TUR T4-800 et un transformateur de 400 KVA avec une tension primaire/secondaire de 20kV/ 400 V. Le génie civil du poste comprend deux compartiments, un local cellule et local transformateur . il a été fait par le maitre d'ouvrage . En troisième place nous avons mené l'étude électrique et mécanique de l'amener d'énergie (ligne aérienne) au poste qui nous a permis de déterminer la section de câble almelec de la liaison avec la ligne principale ( $54.6 \text{ mm}^2$ ) , de vérifier les efforts des supports PBA de 12 m proposé par le maitre d'ouvrage ainsi que la section du câble de descente aero-souterraine HTA ( câble HTA  $3*150 \text{ mm}^2$  âme en aluminium ).Pour terminer notre étude nous avons effectué une évaluation économique du projet. Le montant de 108 632 665 FRANCS CFA (Cent huit millions six cent trente-deux mille six cent soixante-cinq francs CFA TTC) a été retenu pour la réalisation du projet.

### Mots clés :

- Chute de tension
- carnet de piquetage
- Poste de transformation HTA/BT
- Amenées d'énergie aérienne
- Descente aéro-souterraine



## ABSTRACT

This study is part of the NELACEP project financed by the World Bank and aims at densification and rehabilitation of Niamey power grids.

Our study focuses on the Technical Study and the realization of the Power Supply of a part of a district of boukoki (Niamey) in favor of NIGELEC and the populations.

This thesis first focused on the study of the existing network in the area of implantation of the station through fieldwork, first we made the estimate of needs, verification of the voltage drops at the end of the line, the verification of BT media efforts and proposed a picket log for the realization of the network. Second, we chose the type of public distribution transformer substation: A single-derivation substation including an IS type incoming cell from energy transformer, a CIS type protection cell from the same manufacturer as the first, a TUR T4-800 and a 400 KVA transformer with a primary / secondary voltage of 20kV / 400 V. The civil engineering of the substation comprises two compartments, a local cell and local transformer. it was done by the owner. In third place we conducted the electrical and mechanical study of the energy supply (overhead line) at the substation which allowed us to determine the almelec cable section of the link with the main line (54.6 mm<sup>2</sup>), to check the efforts of the 12m PBA supports proposed by the client as well as the section of the aero-underground cable HTA (cable HTA 3 \* 150 mm<sup>2</sup> aluminum core). To complete our study, we have carried out an economic evaluation of the project. The amount of 108,632,665 FRANCS CFA (one hundred eight million six hundred and thirty-two thousand six hundred and sixty five CFA francs including tax) was retained for the realization of the project.

### **Keywords :**

- Pressure drop
- picket book
- MV / LV transformer station
- Aerial energy supply
- Aero-underground descent



## LISTE DES ABBREVIATIONS

<b>2iE:</b> Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	<b>°C:</b> Degré Celsius
<b>NIGELEC:</b> Société Nigérienne d'électricité	<b>TT :</b> Régime de neutre ,neutre a la terre masse a la terre
<b>NELACEP:</b> Projet d'Expansion de l'Accès a l'Electricité au Niger	<b>daN:</b> déca Newton (unité de mesure de force)
<b>NF:</b> Norme Française	<b>Ik3:</b> Courant de court-circuit triphasé
<b>HTA:</b> Haute tension catégorie A	<b>Ω:</b> ohm (unité de la résistance électrique)
<b>TUR :</b> tableau urbain de répartition	<b>Scc:</b> Puissance de court-circuit
<b>BT:</b> Basse tension	<b>Cosφ:</b> Facteur de puissance
<b>A:</b> Ampère (Unité d'intensité de courant électrique)	<b>P:</b> Puissance active
<b>V:</b> Volt (Unité de tension électrique)	<b>S:</b> Puissance apparente
<b>KV:</b> kilovolt	<b>Z:</b> Impédance électrique
<b>W:</b> Watt (Unité de la puissance active)	<b>ΔU/U:</b> Chute de tension
<b>MW:</b> Méga Watt	<b>Icc:</b> Courant de court-circuit
<b>KVA:</b> kilo Volt Ampère (unité de la puissance apparente)	<b>PBA :</b> Poteaux Béton Armé .
<b>MVA:</b> Méga Volt Ampère	<b>I<sub>z</sub> :</b> Courant fictif
<b>I<sub>r</sub> :</b> Courant de réglage	<b>U :</b> tension composé
<b>ML:</b> mètre linéaire (unité de longueur)	<b>FCFA:</b> Franc CFA
<b>km:</b> kilomètre	<b>AN:</b> Application numérique
<b>mm<sup>2</sup>:</b> millimètre carré	<b>TVA:</b> Taxe sur la valeur ajoutée
<b>PR:</b> Polyéthylène réticulé	<b>TTC:</b> Toute Taxe Comprise



## TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	iii
REMERCIEMENTS .....	iv
RESUME.....	v
ABSTRACT .....	vi
LISTE DES ABREVIATIONS .....	vii
LISTE DES TABLEAUX .....	x
LISTE DES FIGURES .....	xi
LISTE DES EQUATIONS.....	xi
I. INTRODUCTION .....	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL SATEL SA ET DU THEME.....	3
II.1 Présentation de la structure d'accueil .....	3
II.2 Présentation du thème.....	4
II.2.1 Contexte .....	4
II.2.2 Le cahier de charge.....	4
III. METHODOLOGIE ET ETUDE TECHNIQUE .....	6
III.1 Méthodologie de l'étude technique du réseau électrique de distribution basse tension à construire .....	6
III.1.1 Etude de la zone de travail .....	6
III.2 Etude technique du réseau électrique de distribution basse tension à construire. ....	7
III.2.1 Plan parcellaire de lotissement .....	7
III.2.2 Tracer du réseau : les différentes portes et nombre de supports. ....	7
III.2.3 Calcul de la puissance pondérée par tronçon .....	8
III.2.4 Calcul de la chute de tension.....	8
III.3 Étude technique du poste de distribution .....	10
III.3.1 Norme sur le dimensionnement des postes .....	10
III.3.2 Le poste de transformation.....	10
III.3.2.1 Génie civil du poste. ....	11
III.3.2.2 Partie électrique du poste .....	11
III.3.2.2.1 Choix des équipements HTA .....	12
III.3.2.2.1.1 Les cellules du poste.....	12
III.3.2.2.2 Choix des équipements basse tension (BT).....	15
III.3.2.2.2.1 Détermination des sections de câble .....	16
III.3.2.2.2.2 Choix du tableau basse tension.....	18
III.3.2.2.2.3 Choix des fusibles. ....	19



III.3.2.2.3	Les mises à la terre.....	19
III.3.2.2.4	Équipement auxiliaire du poste. ....	20
III.3.2.2.5	Équipements de sécurité du poste.....	20
III.3.2.3	Synoptique du poste.....	21
III.4	Étude du mini réseau HTA pour l'alimentation du poste HTA/BT. ....	21
III.4.1	Etude électrique : détermination du conducteur aérien pour le mini réseau .....	21
III.4.2	Etude mécanique du mini réseau.....	25
III.4.2.1	hypothèse de calcul.....	26
III.5	Détermination du conducteur pour la descente aero-souterraine.....	27
III.5.1	Vérifions que ce câble HTA aluminium de section 150 mm <sup>2</sup> respecte les conditions électriques pour cette utilisation .....	27
IV.	RESULTAT ET DISCUSSION .....	31
IV.1	calcul électrique du réseau basse tension.....	31
IV.1.1	vérification de la chute de tension .....	31
IV.2	le carnet de piquetage du lotissement.....	31
IV.3	Les besoins des armements. ....	31
IV.4	discussion sur les besoins du réseau bt.....	32
IV.5	poste de distribution publique .....	34
IV.6	alimentation du poste hta. ....	35
IV.7	calcul mécanique .....	35
IV.8	réalisation de la descente aero souterraine.....	36
V.	COÛT DU PROJET.....	38
V.1	Coût de la distribution basse tension.....	38
V.2	coût du poste de distribution.....	39
V.3	alimentation du poste .....	40
V.4	récapitulatif du coût du projet .....	41
VI.	CONCLUSION .....	42
VII.	BIBLIOGRAPHIE.....	43
VIII.	ANNEXES.....	44



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I:Quantité de support pour le poste P 1 boukoki .....	4
Tableau II: Répartition des abonnés selon la puissance souscrite .....	6
Tableau III: Coefficients de pondérations selon la NFC 14-100.....	8
Tableau IV: Quelques valeurs de la constante k en fonction du mode de pose du câble et de sa nature .....	10
Tableau V: Caractéristiques du Transformateur.....	12
Tableau VI: Caractéristiques de la cellule IS .....	13
Tableau VII: Caractéristique des cellules CIS.....	13
Tableau VIII : Tension d'isolement en fonction de la tension de service .....	13
Tableau IX : Intensité de court-circuit en fonction de la tension nominale.....	14
Tableau X:Choix de l'organe de coupure basse tension en fonction de la puissance du transformateur	16
Tableau XI: Choix du tableau urbain de répartition (TUR) .....	18
Tableau XII: Puissance de court-circuit en fonction de la tension .....	22
Tableau XIII: Choix des portés et paramètres sans vent .....	26
Tableau XIV: Conditions climatiques .....	26
Tableau XV: Les données d'entrée de camelec sont les suivants. ....	27
Tableau XVI : Courant admissible dans le câble en fonction du mode de pose et de l'âme du câble ...	28
Tableau XVII :Facteur de correction de la temperature .....	29
Tableau XVIII :Facteur de correction lié a la profondeur du sol .....	29
Tableau XIX :Tableau récapitulatif des besoins pour la distribution basse tension .....	32
Tableau XX :rappel tableau 1 .....	32
Tableau XXI :tableau des supports disponible sur la zone d'influence du poste .....	33
Tableau XXII :Besoin à fournir.....	33
Tableau XXIII : Génie civil du poste et équipement électrique .....	34
Tableau XXIV: Les résultats des efforts des supports canton 1 .....	35
Tableau XXV: Les résultats des efforts des supports canton 2 .....	36
Tableau XXVI : Descente aero-souterraine .....	37
Tableau XXVII : récapitulatif financier pour la distribution basse tension.....	38
Tableau XXVIII : Récapitulatif financier pour le poste de distribution.....	39
Tableau XXIX :Récapitulatif financier de l'alimentation du poste .....	40
Tableau XXX : Récapitulatif du cout du projet.....	41



## LISTE DES FIGURES

Figure 1: La carte de la ville de Niamey .....	2
Figure 2:synoptique du circuit de la terre des masses métalliques.....	19
Figure 3:synoptique de la terre de neutre .....	20
Figure 4:Illustration des composantes majeure du poste.....	21
Figure 5:Répartition du cout d'investissement pour la distribution basse tension. ....	39

## LISTE DES EQUATIONS

Équation 1:calcul de la chute de tension .....	8
Équation 2:formule de la puissance active en triphasé.....	9
Équation 3:formule de la chute de tension réécrite en % .....	9
Équation 4:puissance apparente en triphasé.....	14
Équation 5:calcul du courant de court-circuit au transformateur .....	15
Équation 6:la puissance totale dans 30 ans.....	21
Équation 7:calcul du courant de court-circuit .....	22
Équation 8:l'impédance de court-circuit.....	22
Équation 9:coefficient de correction de la température.....	23
Équation 10:l'impedance équivalente au point de raccordement.....	23
Équation 11:calcul du courant de court-circuit.....	24
Équation 12:section réelle du câble HTA.....	24
Équation 13: Calcul de la chute de tension .....	24



## I. INTRODUCTION

Le Niger est un pays d'Afrique de l'ouest, steppique situé entre l'Algérie, le Benin, le Burkina Faso, le Tchad, la Libye, le Mali, et le Nigeria. Il s'étend sur une superficie d'environ 1 267 000 Km<sup>2</sup>. Sa population est estimée à environ 19 866 231 habitants. Il fait partie de la CEDEAO (Communauté économique des états de l'Afrique de l'ouest). Sa capitale est Niamey. A l'instar de ses confrères de l'Afrique de l'ouest son taux d'accès à l'électricité est très faible d'environ 12.22% en 2017. L'accès à l'électricité est donc un défi majeur pour le pays qui projette avoir un taux réévalué à 80% en 2035. A cette problématique, l'état du Niger avec l'appui de la banque mondiale lance le projet NELACEP (Projet d'Expansion de l'Accès à l'Electricité au Niger) qui en est une réponse. L'une des composantes majeures de NELACEP est l'extension, la densification et le renforcement du réseau de distribution électrique de Niamey. La République du Niger, à travers la CGP (cellule grand projet) NIGELEC, a lancé un appel d'offre pour la réalisation des travaux liés à NELACEP. Le groupement d'entreprise CGPS/SATEL a été attributaire du lot 2 et doit construire plus de 100 postes H59 et H61 et réaliser les réseaux de distribution de plus de 250km HTA (haute tension catégorie A) et BT (basse tension). C'est dans le cadre de la réalisation de ce projet qu'il nous a été demandé de travailler sur la construction électrique du poste P 1 de distribution publique et la conception du réseau de distribution basse tension dans la localité de Boukoki à Niamey

Pour ce faire nous procéderons de la manière suivante :

- Définir la zone d'influence du poste et faire l'étude du réseau existant.
- Déterminer la puissance à installer pour les abonnés.
- Tracer le réseau, choisir la section de câbles, faire l'implantation des supports et le positionnement des terres.
- Déterminer la puissance du transformateur et le choix des équipements de protection.
- Réaliser une étude économique.

(Source : villedeniamey.com)

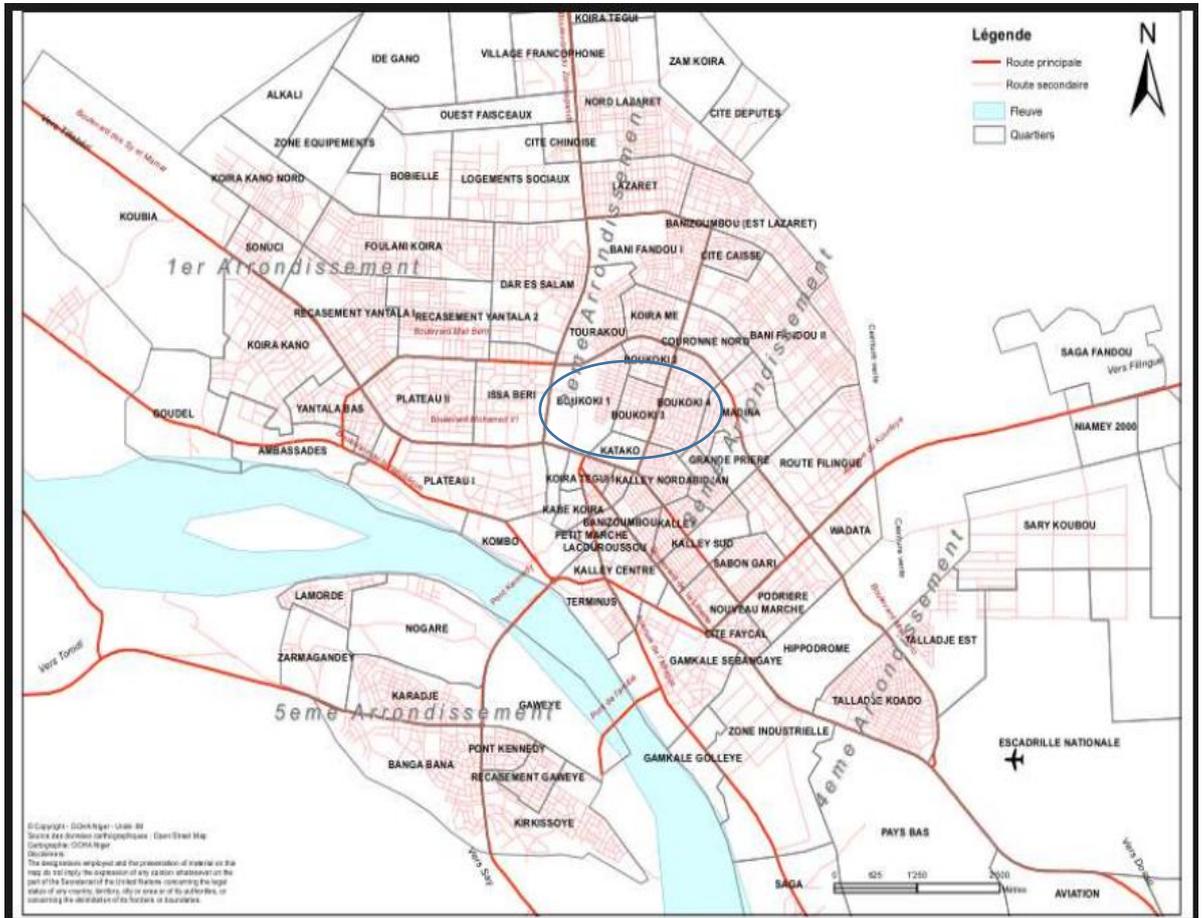


Figure 1: La carte de la ville de Niamey

L'image au-dessus nous présente le plan de masse de la ville de Niamey en nous montrant la localisation de notre zone d'étude.



## II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL SATEL SA ET DU THEME

### II.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

SATEL SA est une société d'ingénierie située sur le Boulevard TENSOPA, immeuble SOMDOUYA (ZAD2) OUAGADOUGOU (Burkina Faso). Intervenant dans les domaines de l'électricité, de l'énergie et de la télécommunication, elle a un capital de 124 000 000 de Francs CFA. Elle a été Créée le 06 septembre 2001, sous la forme d'entreprise Personnelle, puis elle voit son statut se modifier en 2014 pour devenir une société Anonyme, avec pour objet l'exécution des travaux dans ses domaines habituels d'activité.

Dans le but de mener à bien sa mission, la société SATEL dispose à son actif de nombreuses ressources matérielles et humaines. Entre autres :

- Un parc logistique d'une quinzaine de véhicules adaptés aux missions,
- Plusieurs autres équipements d'exécution, de tests, de mesure, de certification et de protection sécuritaire.

Elle compte dans ses rangs une équipe jeune, dynamique de cinquante (50) personnes permanentes réparties entre trois (03) Directions :

- **Direction Générale** constituée du Cabinet du Président Directeur Général, du Secrétariat Général, du Service des Ressources Humaines, du service Courriers ;
- **Direction Travaux** constituée de la section Courant fort et de la section courant faible ;
- **Direction Etude de Prix et Etude d'exécution** de la section des achats ;
- **Direction de l'Administration et des Finances** constituée du service du recouvrement, du service approvisionnement, du service comptable et financier, du service commercial et de la logistique.

La société SATEL SA est présente dans la sous-région OUEST Africaine à travers ses Succursales au Mali, au NIGER, au Benin, en Côte d'Ivoire. Elle intervient dans les projets de fourniture et installation d'équipements de centrales électriques ; Fourniture de matériels et installation de postes de transformation et de livraison ; Construction de lignes moyenne tension (MT) et basse tension (BT) ; Exécution de projets d'énergies renouvelables (Eclairage Public Solaire, Central solaire PV, audit énergétique) ; Electricité industrielle, minière et tertiaire.

Ses partenaires financiers sont entre autres **la Banque Atlantique de Burkina Faso (BABF), Bank OF Africa du Burkina Faso (BOA), Banque de l'Habitat du Burkina Faso (BHBF), Coris Bank International, Banque de l'Union (BDU),**



## II.2 PRESENTATION DU THEME

### II.2.1 CONTEXTE

Dans le cadre du projet d'extension de densification et de renforcement du réseau de distribution électrique de Niamey, La République du Niger à travers la CGP (cellule grand projet) NIGELEC a lancé un appel d'offre pour la réalisation de ses travaux. L'entreprise SATEL, a dépêché une équipe de techniciens dirigée par un chef de projet et un ingénieur d'étude pour la réalisation d'un lot de l'appel d'offre qu'elle a remportée. C'est dans le cadre de la réalisation de ce projet qu'il nous a été demandé de travailler sur le cas du poste P 1 de distribution publique et du réseau autour de celui-ci à Boukoki, Niamey.

Le poste P 1 est l'objet de notre étude. La zone d'étude délimitée était servie en énergie électrique par les postes P 2, P 3, P 4 qui sont des postes de puissance 250 KVA. Les taux de charge de ces différents postes, avec l'urbanisation galopante et l'élargissement de la ville qui entraînent plusieurs nouveaux branchements à la NIGELEC, tendent vers 100%.

C'est dans ce nouveau contexte que suite à l'appel d'offre remporté par l'entreprise SATEL, il nous a été demandé de mener les études de réseaux BT et d'installation du nouveau poste P 1. Ce nouveau poste permettra non seulement de soulager les postes P 2, P 3, P 4, mais aussi de donner l'accès à l'électricité à de nombreux nouveaux clients.

### II.2.2 LE CAHIER DE CHARGE

Le cahier des charges se décline comme suit :

- ✓ Réaliser toutes les études pour l'installation du poste de distribution (choix des cellules, du transformateur, du TUR, etc...)
- ✓ Réaliser toutes les études de raccordement du poste au réseau électrique.
- ✓ Tracer le réseau autour du poste

Pour la construction du nouveau réseau, le DAO nous propose les efforts des supports BT, la quantité de supports et d'armement et un certain métrage de câble pour le poste qui sont recensées dans le tableau suivant :

Tableau I:Quantité de support pour le poste P 1 boukoki

Type de supports	9-300	9-500	9-650	9-800
Quantités	37	25	4	3

La quantité de câble dédiés à la construction du réseau autour du poste est 4370 ml. Câble de 3 x 70 mm<sup>2</sup>+ N aérien, ainsi que du câble 3x150mm<sup>2</sup>+ N souterrain.



L'utilisation des supports se fera de la manière suivante

- 9/300 support de 9 m et d'effort 300 daN seront utilisés en alignement.
- 9/500 support de 9 m et d'effort 500 daN seront utilisés en arrêt.
- 9/650 support de 9 m et d'effort 650 daN seront utilisés pour les angles faibles.
- 9/800 support de 9m et d'effort 800 daN seront utilisés pour les angles forts.

Il a été convenu de déposer tous les supports bois.

Les quantités citées dans le cahier de Charges sont à titre indicatif.



### III. METHODOLOGIE ET ETUDE TECHNIQUE

#### III.1 METHODOLOGIE DE L'ETUDE TECHNIQUE DU RESEAU ELECTRIQUE DE DISTRIBUTION BASSE TENSION A CONSTRUIRE

##### III.1.1 ETUDE DE LA ZONE DE TRAVAIL

La tension de service des lignes HTA dans la zone de Niamey, plus précisément à boukoki est de 20 kV. Une ligne HTA passe à 170.86 ml (ml : mètre linéaire) de la zone choisie pour l'emplacement du poste.

Le régime de neutre utilisé sur le réseau est le TT. Le réseau existant est aérien pour la plupart en 4X16 mm<sup>2</sup> aluminium, en 3x35+50 aluminiums. Les supports sont en majorité en bois et vieillissant, on a aussi des supports PBA 9-200 ; PBA 9-300 et PBA 9-500. La majorité des terres de neutre ont été coupés sur le réseau.

Nous voyons sur la coupe « TRACER DES RESEAUX EXISTANTS AUTOUR DES POSTES P 2, P 3, P 4 » (annexe 1) les différents départs des postes ci-après qui desservent la zone de délimitation du nouveau poste P 1.

La NIGELEC propose plusieurs grilles de puissance pour ses abonnés.

Les différentes souscriptions de puissance sont ; **3kW ;6kW ;12 kW ;18kW et 30 kW.**

Les abonnés 3 et 6 kW sont des abonnés monophasés, les abonnés à partir de 12 kW sont triphasés. La répartition des abonnés selon les puissances souscrites dans la zone de boukoki est donnée dans le tableau suivant.

Tableau II: Répartition des abonnés selon la puissance souscrite

Puissance souscrit (kW)	Répartition des abonnés (%)
<b>3</b>	95
<b>6</b>	2
<b>12</b>	1
<b>18</b>	1
<b>30</b>	1

Le nombre total de parcelles est de 312 parcelles. Supposé égales aux nombres d'abonnés.

En considérant un cosinus  $\varphi$  ( $\cos \varphi=0.928$ ) (NFC 14-100, 2008, p. 37) [1] on peut calculer la puissance qu'il faut pour satisfaire tous les clients.



- La méthode de dimensionnement de réseau BT est donnée dans la NFC 14-100
- Les données nécessaires pour le dimensionnement des ouvrages basse tension d'un lotissement sont :
- Un plan parcellaire de lotissement avec les surfaces ou les besoins en énergie des différentes parcelles, qui permettra de déterminer la puissance de chaque branchement alimentant ces parcelles.
  - Un tracé du réseau électrique basse tension du lotissement avec les sections envisagées
  - Les puissances pondérées par tronçon ; pour cela on utilisera le coefficient de pondération
  - Les chutes de tension dans les tronçons

(NFC 14-100, 2008, p. 37)[1]

### **III.2 ETUDE TECHNIQUE DU RESEAU ELECTRIQUE DE DISTRIBUTION BASSE TENSION A CONSTRUIRE.**

#### **III.2.1 PLAN PARCELLAIRE DE LOTISSEMENT**

Le plan parcellaire du lotissement est donné en (annexe 2).

#### **III.2.2 TRACER DU RESEAU : LES DIFFERENTES PORTES ET NOMBRE DE SUPPORTS.**

Le nombre de supports est déterminé avec la formule :

$$N_s = \left( \left( \frac{L_T}{a} \right) + 1 \right)$$

On a

- $N_s$  : nombre de supports
- $L_T$  : longueur total de la ligne (m)
- $a$  : portée moyenne (m)

Pour les lignes BT urbaines, en général, on prend une portée moyenne de 45m. Dans notre cas le maître d'œuvre nous impose de respecter l'équilibrage des portées, la portée maximale ne devant pas dépasser les 55 ml (mètre linéaire)



### III.2.3 CALCUL DE LA PUISSANCE PONDEREE PAR TRONÇON

Nous émettons l'hypothèse de 4 départs. Chaque départ ne peut avoir une puissance supérieure à 180 kVA ( $S < 180 \text{ kVA}$ ) et le réseau doit être dimensionné de telle sorte que la chute de tension maximale ne soit pas supérieure à 5 %. (*Principes d'étude et de développement du réseau pour le raccordement des clients consommateurs et producteurs BT, 2010, p. 17*) [2]. Nous considérons que les abonnés 30A sont le collège public et le petit dispensaire.

Le bilan de puissance du lotissement se calcul en fonction du nombre de parcelle en aval du transformateur et pour chaque départ considérer en fonction du nombre de parcelle situé en aval de la section considérée. Un coefficient de pondération sera appliqué en fonction du nombre de parcelle considéré. Vu les installations électriques dans le quartier de boukoki nous avons appliqué un coefficient de 0.65 sur les puissances souscrites pour faire notre calcul.

Le calcul de bilan de puissance et de vérification de chute de tension en bout de ligne est donné en (annexe 3)

Tableau III: Coefficients de pondérations selon la NFC 14-100

Nombre d'utilisateurs situés en aval de la section considérée	Coefficient
2 à 4	1
5 à 9	0,78
10 à 14	0,63
15 à 19	0,53
20 à 24	0,49
25 à 29	0,46
30 à 34	0,44
35 à 39	0,42
40 à 49	0,41
50 et au-dessus	0,38

### III.2.4 CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION

La formule de la chute de tension retenue est la suivante.

Rappelons que l'expression générale de la chute de tension en triphasé est :

*Équation 1: calcul de la chute de tension*

$$\Delta U = \sqrt{3}(RI \cos \varphi + XI \sin \varphi)$$



avec  $X = L\omega$  (reactance )

Comme

Équation 2: formule de la puissance active en triphasé

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$$

On obtient

Équation 3: formule de la chute de tension réécrite en %

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right) \% = P \times D \times \frac{R_0 + X_0 \tan \varphi}{U^2} \times 100$$

Posons

$$k = \frac{R_0 + X_0 \tan \varphi}{U^2} \times 100$$

On obtient donc

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right) \% = P \times D \times k$$

Avec :

$R_0$  = Résistance linéique du tronçon en  $\Omega / \text{km}$

$X_0$  = Réactance linéique du tronçon en  $\Omega / \text{km}$

$\text{tg} \varphi$  = Tangente y moyenne supposée du réseau = 0.4013

$U$  = Tension composée du réseau en V

$P$  = Puissance transitant dans le tronçon en kW

$D$  = Distance du tronçon en km

Ce tableau ci-après nous donne quelques valeurs de  $k$  :



Tableau IV: Quelques valeurs de la constante k en fonction du mode de pose du câble et de sa nature

Nature	Section en mm <sup>2</sup>	Intensité admissible « A »	k en (kW.km) <sup>-1</sup> réseau 230/400 V	k en (kW.km) <sup>-1</sup> réseau 130/230 V
Câbles faisceau de distribution aérienne (autoporté)	3x25 + NP	112 A à 30 °C	0,99	2,97
	3 x 35 + NP	138 A à 30 °C	0,72	2,16
	3 x 50 + NP	168 A à 30 °C	0,54	1,62
	3 x 70 + NP	213 A à 30 °C	0,42	1,26
	3 x 150 + NP	344 A à 30 °C	0,23	0,69
Câbles souterrains norme UTE.NFC 33-210 (âme aluminium, isolant PR) PR) HN33.S.33	3 x 35 + N35	120 A à 20 °C	0,72	2,16
	3 x 50 + N50	140 A à 20 °C	0,54	1,62
	3 x 95 + N50	210 A à 20 °C	0,28	0,84
	3 x 150 + N70	280 A à 20 °C	0,20	0,60
	3 x 240 + N95	370 A à 20 °C	0,13	0,39
Aérien nu en cuivre	4 x 7	70 A	1,89	5,67
	4 x 10	80 A	1,35	4,05
	4 x 16	100 A	0,89	2,67
	4 x 25	130 A	0,62	1,86
	4 x 35	180 A	0,48	1,44
	4 x 38	200 A	0,45	1,35

Source : (COUR EIER ELECTRIFICATION RURAL TOME 8: Complement sur le calcul électrique des cables , 2006, p. 17 sur 24) [3]

### III.3 ÉTUDE TECHNIQUE DU POSTE DE DISTRIBUTION

#### III.3.1 NORME SUR LE DIMENSIONNEMENT DES POSTES

Les normes qui régissent l'étude des postes de transformation sont les suivantes.

La NFC 13-100, NFC 11-201, NFC 15-100 et la NFC 13-200. Ces normes nous serviront de guide dans notre étude technique.

#### III.3.2 LE POSTE DE TRANSFORMATION

Notre choix se portera sur un poste en cabine (H59) avec les appareillages HTA sous enveloppes métalliques. Nos motivations pour ce choix sont :

- La puissance élevée du transformateur à installer qui est de 400 KVA.
- La sécurité des riverains en cas de sinistre (explosions etc...).

Ce type de poste se divise en deux (2) parties. Une partie génie civil et une partie électricité. Ces deux parties doivent être soigneusement calculées afin d'assurer un bon fonctionnement de celui-ci.

Compte tenu de la forte chaleur à Niamey. Le génie civil du poste sera modifié afin de s'adapter à ces conditions.



### III.3.2.1 GENIE CIVIL DU POSTE.

Afin d'assurer un meilleur refroidissement du transformateur, le poste sera subdivisé en 2 compartiments.

Le premier compartiment qui accueille les cellules et le TUR, est fait en aggro creux de 20 cm d'épaisseur à 100% hormis les sous bassement. Son sol est recouvert d'un béton de propreté puis d'une charpente. Il est couvert par une dalle pleine étanche. Il est construit pour pouvoir accueillir au plus cinq (5) cellules. A l'intérieur de ce compartiment il sera creusé 2 regards donnant sur l'extérieur. Le premier regard servira à faire sortir les câbles basse tension (BT) quittant le TUR vers les premiers supports des différents départs. Le second regard servira à l'amener de l'énergie venant de la HTA pour alimenter les cellules.

Le second compartiment est fait en menuiserie métallique à 30%. La maçonnerie en aggro creux est élevée jusqu'à la dixième couche puis la menuiserie métallique grillagée la surplombe jusqu'à la toiture. Le portail est en menuiserie métallique grillagée ce qui permet une meilleure circulation de l'air. Le sol est recouvert de gravier. Le transformateur est porté par une dalle en béton armé d'épaisseur 40 cm.

Sur le mur de séparation des deux compartiments, il sera créé une ouverture qui servira à faire passer les câbles BT faisant la liaison entre le transformateur et le TUR. Un troisième regard souterrain reliant les deux compartiments sera construit afin d'assurer la liaison entre le transformateur et les cellules.

### III.3.2.2 PARTIE ELECTRIQUE DU POSTE

Le transformateur proposé est un transformateur à refroidissement a huile. Ce choix se justifie par des raisons de coûts comparés à ceux du refroidissement à l'air et aussi par la maîtrise de maintenance et d'entretien de ces premières cités par les agents de la NIGELEC.

Puissance : 400 KVA

Tension : 20KV/400V

Les caractéristiques du transformateur sont données dans le tableau suivant :



Tableau V: Caractéristiques du Transformateur

<b>N° de série</b>	<b>4002850</b>
<b>Année de fabrication</b>	2017
<b>Tension d'isolement</b>	24 kV
<b>Tension secondaire</b>	400 V
<b>Courant</b>	11.55A
<b>Couplage</b>	Dyn11
<b>Masse d'huile</b>	430 kG
<b>Masse totale</b>	1650 kG

### III.3.2.2.1 CHOIX DES EQUIPEMENTS HTA

Le choix des équipements HTA du poste se fait à partir des caractéristiques suivantes :

- La nature du réseau
- La tension du réseau
- Type de raccordement du poste
- Les caractéristiques du transformateur.
  
- Nature du réseau

Notre réseau est en alternatif triphasé.

- La tension du réseau

Niamey est bouclé par des lignes de 20 KV.

- Type de raccordement

Notre poste sera alimenté par une simple dérivation d'une ligne de 20 KV venant du poste source de NIAMEY 3 par l'intermédiaire d'une ligne aérienne d'environ 170 ml et d'une liaison aero-souterraine à construire.

#### III.3.2.2.1.1 LES CELLULES DU POSTE

Le poste accueillera deux cellules, une cellule arrivée type (IS) ( $I_r=400$  A) d'énergie transfo et une cellule de protection équipée d'interrupteur à coupure en charge sf6 de type (CIS) ( $I_r=400$  A) du même fabricant que le premier. Le poste étant en simple dérivation, le courant  $I_r$  de la cellule devrait être de 50 A. Pour des besoins d'extension de réseau, le maître d'ouvrage a demandé un courant nominal de 400 A. (NFC 13-100, AVRIL 2001, p. 24)[4].



Tableau VI: Caractéristiques de la cellule IS

<b>Cellule type</b>	<b>IS</b>
<b>N° de série</b>	I 5289/17
<b>Tension d'isolement</b>	24 kV
<b>Fréquence</b>	50 Hz
<b>Courant nominal</b>	400 A
<b>C de courte Durée de 3 second kA</b>	16 kA

Tableau VII: Caractéristique des cellules CIS

<b>Cellule type</b>	<b>CIS</b>
<b>N° de série</b>	C 2729/17
<b>Tension d'isolement</b>	24 kV
<b>Fréquence</b>	50 Hz
<b>Courant nominal</b>	200 A
<b>C de courte Durée de 3 second kA</b>	16 kA

La ligne étant du 20 KV les tensions d'isolement des matériels HTA est de 24 KV.

Tableau VIII : Tension d'isolement en fonction de la tension de service

<b>Tension nominale du réseau de distribution : U(KV)</b>	<b><math>U \leq 6.6</math></b>	<b><math>6.6 \leq U \leq 22</math></b>	<b><math>22 \leq U \leq 33</math></b>
<b>Tension la plus élevée pour le matériel à haute tension U(KV)</b>	7.2	24	36

Source : (NFC 13-100, AVRIL 2001, p. 23)

La tenue au courant de court-circuit des cellules doit être supérieure ou égale à 14 KA.

Cela tient compte de la valeur maximale entre le courant de court-circuit donné par la norme et le courant de court-circuit du transformateur.



Tableau IX : Intensité de court-circuit en fonction de la tension nominale

TENSION NOMINALE DU RESEAU DE DISTRIBUTION	INTENSITE DU COURANT MAXIMAL DE COURT- CIRCUIT (KA)
≤6.6	12.5 ou 25
10	12.5 ou 14.5
15	12.5
20	12.5
30	8

Source : (NFC 13-100, AVRIL 2001, p. 25)

Nos cellules choisies ont un courant de court-circuit de 16 KA.

- Calcul des calibres des fusibles de la cellule

La puissance du transformateur est 400 KVA.

*Équation 4:puissance apparente en triphasé*

$$s = \sqrt{3} * U * I$$

Avec

On a

$$I = \frac{s}{\sqrt{3} * U}$$

Ce qui nous donne

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} * 20}$$

$$I = 11.54 A$$

Le courant de base étant inférieur à 45 A, la protection par fusible se justifie. (NFC 13-100, AVRIL 2001, p. 60)[4]

Extrait de la NFC 13-100 page 63 donnant le calibre des fusibles en fonction de la tension du réseau et de la puissance du transformateur immergé est en annexe 15.

Notre transformateur sera protégé par des fusibles HTA de 43 A.

Le câble de liaison cellules transformateur est imposé par le maitre d'ouvrage qui demande un câble HTA isolé en 24 KV avec âme en cuivre et une section de 50 mm<sup>2</sup>.



### III.3.2.2.2 CHOIX DES EQUIPEMENTS BASSE TENSION (BT)

Il s'agit ici de déterminer la protection basse tension du transformateur, choisir les câbles à la sortie du transformateur jusqu'au TUR, de choisir le TUR et ses protections.

- Détermination de la protection basse tension du transformateur

La puissance du transformateur étant de 400 KVA.

On a

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

A.N

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} * 0.4}$$

$$I = 577.35 A$$

Le courant calculé est de 577.35 A par phase.

- Calcul du courant de court-circuit

Le courant de court-circuit triphasé immédiatement aux bornes BT du transformateur peut être donné par la formule suivante.

*Équation 5: calcul du courant de court-circuit au transformateur*

$$I_{K3max} = \frac{m * U_0 * C_{max}}{\sqrt{(R_T^2 + X_T^2)}}$$

Avec

$U_0$ = tension nominale entre phase et neutre en VOLT.

$R_T$ = résistance du transformateur.

$X_T$ = réactance du transformateur

$C_{max}$ = 1.05

$m$  =1.05



Le tableau ci-après nous donne les différentes valeurs des coefficients cités au-dessus en fonction de la puissance des transformateurs.

Source : (ABB Guide technique NFC 15-100-77, p. 9/66)

Tableau X: Choix de l'organe de coupure basse tension en fonction de la puissance du transformateur

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

A.N

$$I_{K3max} = \frac{1.05 * 230 * 1.05}{\sqrt{((5.5 * 5.5) + (16.8 * 16.8))}}$$

$$I_{K3max} = 14.344 \text{ kA}$$

Le calibre I<sub>N</sub> de l'organe de protection du transformateur coté BT à prendre en compte est le courant normalisé juste supérieur au courant I déterminé , I<sub>N</sub>=630 A. Le pouvoir de coupure doit être supérieur à I<sub>K3max</sub>=14.3 KA.

L'organe de protection que nous choisissons est un disjoncteur T6N630 ou E12B630 de chez ABB.

### III.3.2.2.1 DETERMINATION DES SECTIONS DE CABLE

Les câbles utilisés seront mono-conducteurs. La nature de l'isolant sera polyéthylène réticulé (PR). La température ambiante sera prise égale à 40°C. le neutre est non chargé.

➤ Calcul des courants fictifs

Le calibre du disjoncteur choisi est I<sub>N</sub>= 630 A. I<sub>Z</sub> représente l'intensité du courant fictif, qui est notre courant de calcul pour la détermination de la section de câble.

$$\text{On a } I_Z = \frac{I_N}{K}$$



Avec  $k = K_1 * K_2 * K_3$

- Facteur de correction  $K_1$  lié au mode de pose

Le facteur de correction lié au mode de pose et à la méthode de référence est donné par les tableaux des annexes 4 et 5.

La méthode de référence est donnée par le tableau de (annexe 4).

Source : (BASSOLE, JUSTIN Cour 2iE de dimensionnement des conducteur actif et choix des protection ., p. 3)

La méthode de référence choisie est « F ».

Le mode de pose est donné par ce tableau de (annexe 5).

Source : (NFC-15-100, pp. 197-198) [5] partie 5-52

Le mode de pose choisie est le « 13 F ».

Le facteur de correction est donné par le tableau (annexe 6).

Source : (NFC-15-100, p. 208) partie 5-52[5]

Le facteur de correction choisie est égal a «  $k_1 = 1$  »

- Facteur de correction  $K_2$  lié à l'influence de la température.

Le facteur de correction lié à l'influence de la température est donné par le tableau (annexe 7).

Source : (NFC-15-100, p. 213) partie 5-52[5]

Le facteur de correction lié à l'influence de la température est égal à «  $K_2 = 0.91$  ».

- Le facteur de correction  $K_3$  lié au nombre de circuit.

Le facteur de correction lié au nombre de circuit est donné par le tableau (annexe 8).

Source : (NFC-15-100, p. 215) partie 5-52[5]

Le facteur de correction lié au nombre de circuits est «  $K_3 = 0.77$  ». Le nombre de circuits considérés est de 4.

Le coefficient K est donc égal à  $k = 0.7007$ .

Le courant fictif  $I_Z = 899.10$  A est le courant admissible pour chaque phase.



L'abaque de l'annexe 9 nous donne la section de câble adapté à ce courant fictif .

Source : (NFC-15-100, p. 210)partie 5-52[5]

Nous prendrons alors 2 câbles de section 185 mm<sup>2</sup> d'âme cuivre pour chaque phase. Le courant admissible dans ce câble est 506 A.

- ✓ Calcul de la section du neutre.

Le taux d'harmonique étant inférieur à 15%. La section du conducteur du neutre sera réduite, la section de la phase divisée par 2.

$$S_N = \frac{S_{PH}}{2}$$

On prendra pour le neutre un câble de section 185 mm<sup>2</sup> âme en cuivre.

### III.3.2.2.2 CHOIX DU TABLEAU BASSE TENSION.

Les tableaux Basse Tension sont utilisés dans tous les postes MT/BT de distribution publique conventionnels. Placé en aval de l'organe de protection basse tension principale, Ils assurent et garantissent la protection des transformateurs de 100 à 1000 kVA ainsi que l'alimentation et la protection des différents départs de réseaux situés en aval du poste de transformation.

Le tableau suivant nous donne le calibre du TUR en fonction du courant nominal du transformateur.

Source : (CAHORS - Distribution publique tableau basse tension, p. 3) [6]

Tableau XI: Choix du tableau urbain de répartition (TUR)

**Choix du Tableau Basse Tension /  
Selection of the Low Voltage Board**

Transformateur / Transformer	Courant nominal du transformateur / Rated current of the transformer	Courant nominal du tableau BT / Rated current of the LV board
50 kVA	72 A	200 A
100 kVA	144 A	200 A
160 kVA	231 A	250 A
250 kVA	360 A	500 A
400 kVA	576 A	800 A
630 kVA	908 A	1200 A
1000 kVA	1440 A	1800 A

Nous choisissons donc un TUR de 800 A avec 4 départs. (T4-800A).



### III.3.2.2.3 CHOIX DES FUSIBLES.

Pour la protection des départs nous choisissons des fusibles NH gg/gl de 400V et 315 A. Les fusibles assurent la protection des câbles et protègent contre les courts-circuits et les surtensions.

### III.3.2.2.3 LES MISES A LA TERRE.

Pour le réseau de distribution publique le choix du régime du neutre est le TT. Le neutre à la terre et les masses métallique à la terre. Ces deux terres sont électriquement isolées l'une de l'autre et sont séparées d'une distance minimum de 15 mètres (15 m) pour des terrains de résistivité moyenne inférieure à 300 ohms et d'une trentaine de mètres pour des terrains de résistivité supérieure. Les terres des masses et du neutre doivent avoir des valeurs respectives de 30 ohms et 15 ohms.

Le circuit de terre des masses est constitué par des conducteurs en cuivre de section minimum de 29 mm<sup>2</sup>.

La norme (NFC 11-201, 1996, p. 60) ne prévoit pas de mise à la terre du neutre au poste lui-même. Mais directement sur le réseau. Le client exige une terre du neutre au poste une terre des masses et une terre des parafoudres.

Nous ferons alors une terre du neutre à partir du TUR avec la prise de terre éloignée de celle des masses et des parafoudres de 15 mètres (15m) étant donné que la zone a une résistivité moyenne inférieure à 300ohm.

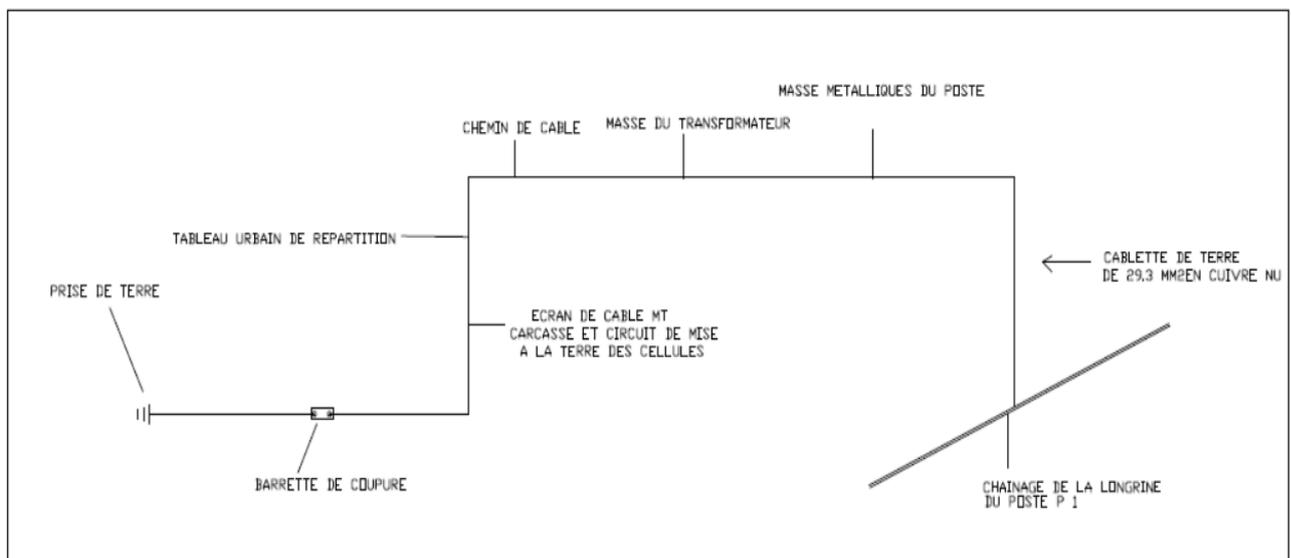


Figure 2:synoptique du circuit de la terre des masses métalliques

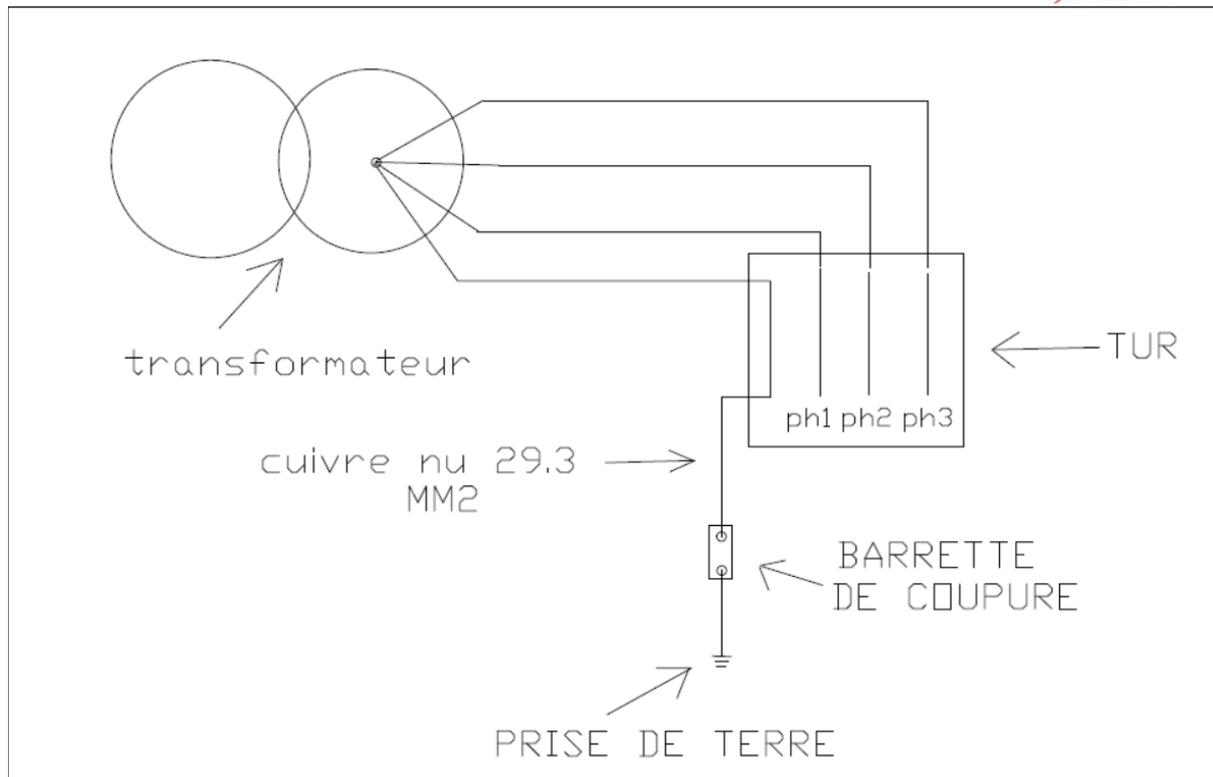


Figure 3:synoptique de la terre de neutre

#### III.3.2.2.4 ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE DU POSTE.

Pour des besoins de maintenance il sera installé un circuit auxiliaire qui comprend une prise 2P+T de 16 A et deux lampes de 36 W (watts) .La première sera placée dans le local cellule et l'autre dans le local transformateur. La prise 2P+T sera installée dans le local cellule. Ce circuit sera réalisé par un câble de section 2.5 mm<sup>2</sup> âme en cuivre rigide et protégé par un disjoncteur courbe C de 20 A.

#### III.3.2.2.5 ÉQUIPEMENTS DE SECURITE DU POSTE.

Les équipements de sécurité du poste sont :

- Un gant isolé en 24 kV.
- Une perche de sauvetage
- Un tabouret isolant 24 kV
- Un tapis isolant 24 KV.

En plus il sera posé à l'intérieur et à l'extérieur du poste des plaques de signalisation des conduites à tenir en cas de sinistre et des plaques de signalisation.

### III.3.2.3 SYNOPTIQUE DU POSTE.

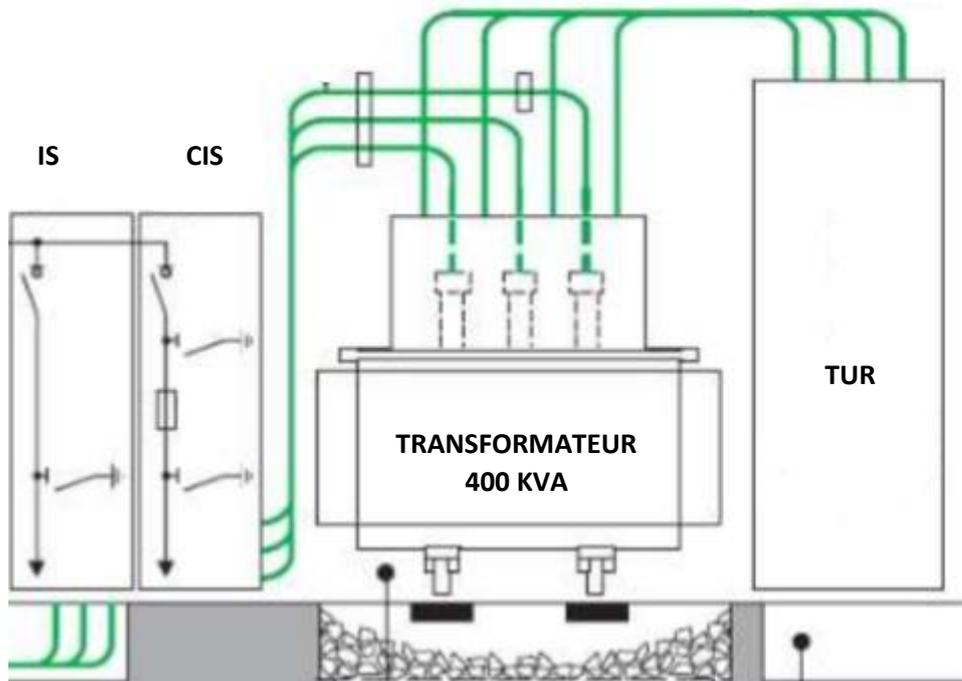


Figure 4: Illustration des composantes majeure du poste

### III.4 ÉTUDE DU MINI RESEAU HTA POUR L'ALIMENTATION DU POSTE HTA/BT.

Le réseau HTA sera construit sur une distance d'environ 170 m à partir d'une simple dérivation sur le réseau principal. La ligne principale est tirée en almelec de 117 mm<sup>2</sup> sur une distance d'environ 12 km jusqu'au point de dérivation. Ensuite on réalisera une descente aéro-souterraine afin d'alimenter le poste.

#### III.4.1 ETUDE ELECTRIQUE : DETERMINATION DU CONDUCTEUR AERIEN POUR LE MINI RESEAU

- Critère de courant nominal

Vérifions que le câble supporte le courant nominal sur toute sa durée de vie. La puissance circulant dans le câble après les 30 années d'utilisation est donnée par la relation suivante :

Équation 6: la puissance totale dans 30 ans

$$P_T = P_{depart}(1 + a)^T \quad [MW]$$

On a  $P_T = 1037 \text{ kW}$  avec  $a$  le taux d'accroissement pris égal à 4%.

Nous en déduisons le courant circulant alors dans chaque phase du câble :



$$I_{N,T} = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \quad [A]$$

On a  $I_N = 37.45$  A le courant au bout de 30 ans.

- Critère du courant de court-circuit

Nous déduisons le courant de court-circuit de la formule suivante :

*Équation 7: calcul du courant de court-circuit*

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad [A]$$

La puissance de court-circuit au niveau du jeu de barre est prise égale à : 350 MVA

Quelle puissance de court-circuit indicative en fonction de la tension.

Tableau XII: Puissance de court-circuit en fonction de la tension

Tension U [KV]	phase/phase	Puissance de court-circuit S <sub>cc</sub> [MVA]	Courant de court-circuit I <sub>cc</sub> [KA]
150		8000	30.8
70		2500	20.6
15		350	13.5
6		120	11.6

La puissance de court-circuit  $S_{cc}$  est fonction du réseau environnant la ligne étudiée.

- ✓ Déterminons le courant de court-circuit au point de raccordement

La méthode de calcul que nous utiliserons est celle des impédances.

L'impédance de court-circuit au jeu de barre est :

*Équation 8: l'impédance de court-circuit*

$$Z_{cc} = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

On a  $Z_{CC} = 1.14 \Omega$



- Déterminons  $R_{cc}$  et  $X_{cc}$

On a au jeu de barre.

$$\frac{R}{Z} = 0.2 \text{ et } X = \sqrt{(Z^2 - R^2)}$$

$$R_{cc} = 0.22 \Omega \text{ et } X_{cc} = 1.19 \Omega$$

- Calcul de la résistance linéique et de la réactance de la ligne.

On a  $r(20^\circ\text{C}) = 0.0330 \Omega \cdot 100 \text{mm}^2/\text{km}$  pour l'almélec.

A  $45^\circ\text{C}$  on a en appliquant le coefficient de correction de la température :

*Équation 9: coefficient de correction de la température*

$$K = [1 + \alpha (\theta - \theta_0)]$$

Avec

$$\alpha = 0.004$$

$\theta_0$  = température de référence est de  $20^\circ\text{C}$

$\theta$  = température de construction est  $45^\circ\text{C}$ .

A.N

$$r(45^\circ) = (1 + 0.004(45 - 20)) \cdot 0.033 = 0.0363 \Omega \cdot 100 \text{mm}^2/\text{km}$$

On a  $R = \frac{r \cdot L}{S}$  avec  $r = 0.0363 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  la résistivité linéique de l'almélec à  $45^\circ\text{C}$ .

$$R_L = 3.72 \Omega.$$

La réactance linéique est  $\frac{X}{L} = 0.3 \Omega/\text{Km}$  pour les lignes aériennes.

$$\text{On a } X_L = 3.6 \Omega$$

L'impédance au point de raccordement est :

*Équation 10: l'impédance équivalente au point de raccordement*

$$Z_{eq} = \sqrt{((R_{CC} + R_L)^2 + (X_{CC} + X_L)^2)}$$



On a  $Z_{eq} = 6.20 \Omega$

Le courant de court-circuit au point de raccordement est donné par la formule suivante :

*Équation 11: calcul du courant de court-circuit*

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{eq}}$$

On a  $I_{cc} = 1862.42 A$

Cette formule nous permet de déterminer la section minimale pouvant supporter le courant de court-circuit durant un temps  $t_{cc} = 3$  seconds.

*Équation 12: section réelle du câble HTA*

$$S = \frac{I_{cc} \sqrt{t_{cc}}}{a} \quad (\forall t \leq 5 s) \quad [mm]$$

Calculons la section de câble avec un temps de 3 s

On a  $S=42.22 \text{ mm}^2$  la section minimale prise doit être **de 54.6 mm<sup>2</sup>**

$a$  est un facteur dépendant du type de matériaux constituant le câble égal à 76.4 pour l'almélec.

- Critère de chute de tension

La chute de tension au point de raccordement est donnée par la NIGELEC.  $\frac{\Delta U}{U} = 0.54 \%$

La chute de tension est donnée par la formule suivante :

*Équation 13: Calcul de la chute de tension*

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_r = \frac{(R_0 + X_0 \times \tan\varphi) \times L \times P}{U^2}$$

$R_0$  =résistance linéique du conducteur en  $\Omega/\text{Km}$

$X_0$  = réactance linéique du conducteur en  $\Omega/\text{Km}$

$\tan\varphi$  = facteur de puissance .



U = tension de la ligne en kV

P= puissance en MW

L= longueur de la ligne en Km.

✓ Déterminons  $R_0$ .

$$R_0 = \frac{100 * 0.363}{54.6} = 0.664 \Omega/km$$

✓ Déterminons  $X_0$

La réactance  $X_0$  est prise égale à 0.3  $\Omega/km$  pour les lignes aériennes.

La chute de tension calculée au niveau du poste est égale a :

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_T = \left(\frac{\Delta U}{U}\right)_r + \frac{\Delta U}{U}$$

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_T = 0.00251 + 0.54$$

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_T = 0.54251 \%$$

$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_T$  est inférieur a 3% notre chute de tension au bout de 30 ans est bonne.

### III.4.2 ETUDE MECANIQUE DU MINI RESEAU

L'étude mécanique se fera avec le logiciel CAMELEC qui est un tableur Excel. Il s'agit ici de déterminer les efforts des supports PBA qui supporteront la ligne et les effets climatique.

Le maitre d'ouvrage propose des supports de 12-300 daN en alignements, de 12-800 daN pour les arrêts et angles et de 12-800 ou 12-1000 daN pour les descentes aero souterraine.

Notre travail consistera a infirmé ou a validé les efforts des supports proposés.

CAMELEC est basé sur des hypothèses assez simples pour préserver la vue d'ensemble.

CAMELEC suppose :

- Que les portées sont de la même longueur.
- Que le terrain d'implantation est plat, c'est-à-dire sans dénivèlement.



- Que les supports sont rigides
- Que le même paramètre de réglage est utilisé sur les deux côtés d'un support d'arrêt.

### III.4.2.1 HYPOTHESE DE CALCUL

Le paramètre sans vent est choisi en fonction du tableau suivant :

Tableau XIII: Choix des portées et paramètres sans vent

Portées (m)	Flèche de 2 m-poteaux de 12m		Flèche de 1,75 m-poteaux de 11m		
	Paramètre initial sans vent-P (m)	Effort initial sans vent (N)	Paramètre initial sans vent (m)	Effort initial sans vent-P (N)	
90	505	1600	578	1830	<b>Tension entre 4.8% et 8.6% de la limite de rupture</b>
100	625	1980	714	2226	
110	755	2390	865	2740	
120	900	2850	1030	3260	
130	1055	3340	1205	3810	<b>Tension entre 10% et 15% de la limite de rupture</b>
140	1228	3880	1400	4430	
150	1405	4440	1605	5080	
160	1600	5060	1825	5770	
170	1805	5710	2070	6550	<b>Tension limite de vibration 18% de la tension limite de rupture</b>

(Source : Rapport de mémoire de fin d'étude soutenu le 02-06-2015 par ALBACHIR HAMZA Ingénieur Technologique 2iE 2014-2015-conception technique et financière de la liaison interrurbaine HTA de 33 kV Zinder-Gouré au NIGER)

Les conditions climatiques sont données dans le tableau suivant :

Tableau XIV: Conditions climatiques

	Nature du vent	Vitesse du vent en m/s	Température	Pression du vent sur les conducteurs
<b>Hypothèse 1</b>	Vent normal	8	40	30
<b>Hypothèse 2</b>	Vent fort	20	33	200
<b>Hypothèse 3</b>	Vent extrême	34	25	585



Notre ligne est constituée de deux (2) cantons Le premier de 28.17 ml et le second de 135 ml. Pour le deuxième canton nous considérons des portés de 67m

Tableau XV: Les données d'entrée de camelec sont les suivants.

Version 1.0, Août 2002				
<b>CAMELEC</b>				
Calculs Mécaniques de Lignes Aériennes pour la Distribution d'Énergie Électrique				
Date	Par	Control.	Nom du projet	
<b>Données de base</b>				
<b>Données climatiques</b>	Conducteurs et éléments travaillant à la traction	Supports BT (bois et poutrelles) et éléments travaillant en flexion	Supports MT (bois et poutrelles) et éléments travaillant en flexion	CAMELEC est facile à utiliser. Il suffit d'introduire vos propres valeurs dans les champs jaunes. Pour plus d'explications sur les fonctionnalités, les hypothèses utilisées et les limitations d'utilisations, veuillez consulter le manuel d'utilisation.
Vents normaux (m/sec)	8	6	8	Facteur de sécurité du fabricant de matériel
Pression (Pa)	30	60	90	
Temp. (oC)	15			Eléments travaillant en flexion
Coefficient de sécurité	3,0	2,1	2,1	
Vents forts (m/sec)	20	15	20	Poids armement d'alignement MT 3 conducteurs, kg
Pression (Pa)	200	380	505	Poids armement d'alignement MT 1 conducteur, kg
Temp. (oC)	25			Poids armement d'ancrage MT 3 conducteurs, kg
Coefficient de sécurité	2,3	1,6	1,6	Poids armement d'ancrage MT 1 conducteur, kg
Vents extrêmes (m/sec)	34	26	34	
Pression (Pa)	585	1 100	1 450	
Temp. (oC)	25			Tension maximale de fibres des poteaux bois
Coefficient de sécurité	1,0	1,0	1,0	MN/m <sup>2</sup>
				70

**III.5 DETERMINATION DU CONDUCTEUR POUR LA DESCENTE AERO-SOUTERRAINE**

La cellule grand projet de la NIGELEC impose que la descente aero-souterraine se fasse en câble aluminium de section 150 mm<sup>2</sup>.

**III.5.1 VERIFIONS QUE CE CABLE HTA ALUMINIUM DE SECTION 150 MM<sup>2</sup> RESPECTE LES CONDITIONS ELECTRIQUES POUR CETTE UTILISATION**

- Critère de courant admissible.

La norme NFC 13-205 nous donne des sections de câbles normalisés pour les critères suivants :

- ✓ Résistivité thermique du sol égale à 1 KmW
- ✓ Température de 20 °C
- ✓ Profondeur de 0.8 m

Les tables de cette norme feront l'objet de notre hypothèse d'étude.

Le courant admissible dans le câble de 150 mm<sup>2</sup> est égal à 335 A avec une température admissible sur l'âme en régime permanent égale à 90°C pour une pose en nappe. ((CDC), société nouvelle des cableries de charleroi)



Tableau XVI : Courant admissible dans le câble en fonction du mode de pose et de l'âme du câble

**U : 20 – 30 kV**

Section du conducteur [mm <sup>2</sup> ]	Section de l'écran [mm <sup>2</sup> ]	Conducteur en cuivre				Conducteur en aluminium			
		en terre		à l'air		en terre		à l'air	
		trèfle	Nappe	trèfle	nappe	trèfle	nappe	trèfle	nappe
35	16	190	200	205	230	145	155	160	175
50	16	220	235	240	275	175	185	190	215
70	16	270	290	305	340	210	225	235	265
95	16	325	345	365	415	250	270	285	320
120	16	370	385	420	475	285	305	330	370
150	25	410	425	480	530	320	335	370	415
185	25	465	475	545	600	360	375	425	470
240	25	535	540	645	705	420	435	505	560
300	25	605	600	735	800	475	485	575	635
400	35	680	655	855	905	540	540	675	730
500	35	760	725	975	1015	615	605	785	835
630	35	850	800	1110	1145	695	675	905	950
800	50	915	810	1215	1195	765	705	1010	1025
1000	50					845	770	1145	1140
1200	95					855	725	1180	1105
1400	95					900	755	1260	1165

Le courant transitant dans le câble est :  $I_N = 11.54 \text{ A}$

- Déterminons le courant fictif

Le courant fictif est déterminé par la formule suivante.

$$I_f = \frac{I_N}{F}$$

Avec  $F = F_1 + F_2 + F_3$

$F_1$  : Facteur de correction lié à la résistivité du sol

$F_2$  : Facteur de correction lié à la température

$F_3$  : Facteur de correction lié à la profondeur du sol

- o Facteur de correction lié à la résistivité

Le sol étant un terrain dit normal sa résistivité est de 0.85 avec un facteur de correction de 1.06.

$F_1 = 1.06$

- o Facteur de correction lié à la température

La température étant prise égale à 45°C le facteur de correction  $F_2$  est égale à 0.79



Tableau XVII :Facteur de correction de la temperature

Température du sol °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Facteur de correction	1,10	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,89	0,85	0,79

- Facteur de correction lié à la profondeur du sol.

La tranchée a été creusée avec une profondeur de 0.8 et une largeur de 0.6. Le facteur de correction choisi sera celui d'une tranchée de 1 m.  $F_3=1$ .

Tableau XVIII :Facteur de correction lié a la profondeur du sol

Profondeur d'enfouissement [m]	U = 10 à 15 kV	U = 20 à 70 kV	U = 70 kV
0,5	1,03	1,06	1,10
0,7	1	1,03	1,06
1	0,96	1	1,02
1,2	0,93	0,98	1
1,5	0,91	0,95	0,97
2	0,88	0,92	0,94
2,5	0,86	0,90	0,92

On a F égale alors a :  $F= 0.84$

Le courant fictif calculé est de :

$$I_f = \frac{11.54}{0.84} = 13.738 A$$

- Critère de courant de court-circuit.

Calculons le courant de court-circuit  $I_{cc}$  et vérifions que le câble de  $150 \text{ mm}^2$  y est adapté.

Calcul de l'impédance au point de jonction entre le câble almélec et le câble HTA souterrain.

- Déterminons  $R_j$ . (Résistance linéique du câble  $54.6 \text{ mm}^2$ )

$$R_j = \frac{r \cdot L}{S} = \frac{0.0363 \cdot 171}{54.6} = 0.113 \Omega$$

- Déterminons  $X_j$  (la réactance linéique est prise égale à  $0.3 \Omega/\text{km}$ )

$$X_j = 0.3 \cdot 0.171 = 0.0513 \Omega$$



- L'impédance équivalente au point de jonction est :

$$Z_{eq} = \sqrt{((R_{CC} + R_L + R_j)^2 + (X_{CC} + X_L + X_j)^2)}$$

$$Z_{eq} = 6.31 \Omega$$

- Calcul du courant de court-circuit

$$I_{cc} = 1829 A$$

- Calcul de la section adapté.

$$S = \frac{I_{cc} \times \sqrt{t_{cc}}}{a}$$

Le coefficient  $a$  de l'aluminium est pris égal à 55.07 avec  $t_{cc} = 3$  s on a

$$S = 57.52 \text{ mm}^2$$

La section calculée est inférieure à  $150 \text{ mm}^2$ .

- Critère de chute de tension

Les caractéristiques du câble aluminium de section  $150 \text{ mm}^2$  posé en nappe sont données dans l'annexe.  $R_0 = 0.265 \Omega/\text{km}$  (à  $90^\circ\text{C}$  voir annexe).

La réactance linéique est égale à  $0.15 \Omega/\text{Km}$  (Pour les câbles mono conducteurs).

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_c = \frac{(R_0 + X_0 \times \tan\phi) \times L \times P}{U^2}$$

On prendra une longueur de câble égale à 25 ml.

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_c = \frac{(0.265 * 0.025 + 0.15 * 0.025 \times 0.48) \times 0.025 \times 1.038}{20^2}$$

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_c = 5.4710^{-7} \%$$

La somme des chutes de tension reste inférieure à 3%.



## **IV. RESULTAT ET DISCUSSION**

### **IV.1 CALCUL ELECTRIQUE DU RESEAU BASSE TENSION**

#### **IV.1.1 VERIFICATION DE LA CHUTE DE TENSION**

Après une enquête sur le terrain et des habitudes en consommation électrique des populations dans la zone, nous avons appliqué un coefficient de foisonnement de 0.65 sur l'ensembles des puissances souscrites. Les résultats du calcul des chutes de tension et des courants sont donnés dans l'annexe 3. Nous ne constatons qu'aucune des chutes de tension n'est supérieure à 5%. Le calcul de la chute de tension pour le réseau est donc vérifié.

#### **IV.2 LE CARNET DE PIQUETAGE DU LOTISSEMENT.**

Le schéma de distribution publique comprenant :

Les différentes portées

Les efforts des supports

La section des câbles

Les terres du neutre.

Ainsi que le carnet de piquetage sont donnés respectivement en annexe 10 et 11.

#### **IV.3 LES BESOINS DES ARMEMENTS.**

La quantité totale des armements, des supports des différents efforts des terres et des câbles 70 et 150 mm<sup>2</sup> aluminium est reportée dans le tableau suivant :



Tableau XIX :Tableau récapitulatif des besoins pour la distribution basse tension .

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE
<b>1</b>	SUPPORT		
	9-800	UNITE	3
	9-650	UNITE	9
	9-500	UNITE	38
	9-300	UNITE	71
<b>2</b>	CABLE		
	3*70+54,6	ML	5350
	3*150+70	ML	357
<b>3</b>	ARMEMENT		
	PINCE D'ALIGNEMENT	UNITE	84
	PINCE D'ARRET	UNITE	34
	PINCE DE DOUBLE ANCRAGE	UNITE	12
	BOULON 14/250 MM + ECROU	UNITE	130
	RONDELLE	UNITE	260
<b>4</b>	TERRE DU NEUTRE		
	PIQUET DE TERRE + COSSE	UNITE	15
	CABLE CUIVRE NU DE 29 MM2	ML	225
	GRIFFE BLOC	UNITE	30
	ENRICHISSEMENT DE LA TERRE	UNITE	15
	FOUILLE	UNITE	15
<b>5</b>	ACCESSOIRE		
	COLLIER COLSON	UNITE	500
	CONNECTEUR CM60+CAPOT	UNITE	200

#### IV.4 DISCUSSION SUR LES BESOINS DU RESEAU BT

Les besoins formulés par la cellule grands projets sont les suivants :

Tableau XX :rappel tableau 1

Type de supports	9-300	9-500	9-650	9-800
Quantités	37	25	4	3

Nous constatons une différence au niveau des quantités proposées par le projet et notre étude.

Afin de pouvoir combler ce gap et réduire le coût des besoins au niveau du poste, nous avons proposé à la cellule grand projet de réutiliser une partie des supports 9-200 et 9-500 présents sur la surface d'influence du poste.

Nous avons pu décompter alors.



Tableau XXI :tableau des supports disponible sur la zone d'influence du poste

	<b>supports BT</b>			
	<b>9-200</b>	<b>9-300</b>	<b>9-500</b>	<b>9-800</b>
<b>Unités</b>	U	U	U	U
<b>Quantité totale</b>	18	1	18	0

Après ce réajustement nous avons toujours un gap que la cellule grand projet devra fournir afin d'exécuter le projet dans de bonnes conditions.

Tableau XXII : Besoin à fournir

	<b>Supports BT</b>				<b>Câbles</b>	
	<b>9-300</b>	<b>9-500</b>	<b>9-650</b>	<b>9-800</b>	<b>3*70+54,6</b>	<b>3*150+70</b>
<b>Unités</b>	U	U	U	U	Ml	Ml
<b>Quantité totale</b>	15	0	5	0	1350	0



#### IV.5 POSTE DE DISTRIBUTION PUBLIQUE

Après notre étude les résultats qui en découlent sont les suivants :

Tableau XXIII : Génie civil du poste et équipement électrique

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE
1	GENIE CIVIL DU POSTE	U	1
2	TRANSFORMATEUR 400 KVA	U	1
3	CELLULE IS	U	1
4	CELLULE CIS AVEC 3 FUSIBLES DE 43 A	U	1
5	CABLE MT EN CUIVRE DE SECTION 50 MM <sup>2</sup>	U	21
6	T4-800A	U	1
7	DISJONCTEUR BT T6N630 DE CHEZ ABB	U	1
8	FUSIBLES BT NHGG/GLDE 315 A	U	12
9	CABLE CUIVRE PR DE 185 MM <sup>2</sup>	ML	28
10	CABLETTE CUIVRE NU DE 29,3 MM <sup>2</sup>	ML	60
11	BARRETTE DE COUPURE	U	2
12	PRISES DE TERRE	U	2
13	PIQUET DE TERRE EN CUIVRE	U	2
14	COSSES BE2	U	6
15	GRIFFE BLOC	U	2
16	BOITE D'EXTREMITE INTERIEUR	U	2
17	GANT MT	U	1
18	PERCHE ISOLANTE	U	1
19	TABOURET ISOLANT	U	1
20	TAPIS ISOLANT	U	1
21	PRISE 2P+T	U	1
22	INTERRUPTEUR ETANCHE	U	2
23	REGLETTE ETANCHE	U	2
24	CABLE 3X2,5 MM <sup>2</sup> CUIVRE	ML	20
25	TUBE PVC PRESSION	ML	6



Ces résultats nous montrent ce qu'il faut comme équipements pour ce poste. Nous constatons qu'à l'exécution du projet à la place du câble  $2 \times 185 \text{ mm}^2$  la cellule grand projet de la NIGELEC a préféré utiliser un câble de  $300 \text{ mm}^2$  cuivre par phase plus le neutre.

La raison à cela serait peut-être économique. En effet, un câble de  $300 \text{ mm}^2$  sur 5 ML, est beaucoup moins onéreux qu'un câble de  $185 \text{ mm}^2$  sur 10 ML.

Malgré tout cela se tient, mais une bonne mise en œuvre des différents équipements reste primordiale pour son bon fonctionnement.

#### IV.6 ALIMENTATION DU POSTE HTA.

Le câble d'alimentation choisi pour le réseau aérien est du câble almélec de  $54.6 \text{ mm}^2$ .

Nous constatons que le câble HTA  $3 \times 150 \text{ mm}^2$  aluminium souterrain respecte tous les critères pour être utilisé dans la réalisation de la descente aero-souterraine.

#### IV.7 CALCUL MECANIQUE

Le logiciel nous donne les résultats suivants :

Tableau XXIV: Les résultats des efforts des supports canton 1

Supports	Alignement		Arrêt simple	Double arrêt sans angle	Double arrêt à l'angle introduit par le concepteur	
	Poutrelles	Bois			Arrêt canton	Sans arrêt canton
Système	Pnom.	diam.	Pnom.	Pnom.	Pnom.	Pnom.
	daN	Mm.	daN	daN	daN	daN
3-cond.	93	245	703	703	1 426	908
1-cond.	78	170	272	274	505	503

Pour un support d'arrêt simple l'effort le plus défavorable est de 703 daN , la flèche sans vent a  $40^\circ \text{C}$  est de 0.19 m. pour un double arrêt avec canton on a 908 daN.

Les résultats du calcul sont donnés en (annexe 10).



Tableau XXV: Les résultats des efforts des supports canton 2

<b>Supports</b>	<b>Alignement</b>		<b>Arrêt simple</b>	<b>Double arrêt sans angle</b>	<b>Double arrêt à l'angle introduit par le concepteur</b>	
	<b>Poutrelles</b>	<b>Bois</b>		<b>Arrêt canton</b>	<b>Sans arrêt canton</b>	<b>Arrêt canton</b>
<b>Système</b>	<b>Pnom.</b>	<b>diam.</b>	<b>Pnom.</b>	<b>Pnom.</b>	<b>Pnom.</b>	<b>Pnom.</b>
	<b>daN</b>	<b>Mm.</b>	<b>daN</b>	<b>daN</b>	<b>daN</b>	<b>daN</b>
3-cond.	125	331	495	508	752	734
1-cond.	89	230	287	294	281	553

Pour un support d'arrêt simple l'effort le plus défavorable est de 495 daN, la flèche sans vent est de 1.14.

Pour un support d'alignement simple on a un effort défavorable de 125 daN.

Pour un double arrêt avec canton on retient un effort de 734 daN.

On retient les efforts suivant pour notre ligne.

#### **Support de descente aero-souterraine PBA 12-800**

#### **Support d'alignement PBA 12-300**

#### **Support d'angle avec arrêt canton PBA 12-1000**

### **IV.8 REALISATION DE LA DESCENTE AERO SOUTERRAINE.**

Les éléments cités ci-dessous rentrent en compte dans la réalisation d'une descente aero-souterraine.



Tableau XXVI : Descente aero-souterraine

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE
1	SUPPORT D'ARRET 12-800	U	1
2	HERSE D'ARRET EN FER U DE 100 DE 3 M	U	1
3	CONTRE HERSE DE 1 M	U	1
4	TIGE FILETE	U	4
5	FERRURE DE SUPPORT DE CABLE	U	1
6	ATTACHE	U	3
7	CABLE DE 150 MM SOUTERRAIN	ML	25
8	JEU DE 3 PARAFoudre	U	1
9	TERRE DE PARAFoudre	U	1
10	BOITE D'EXTREMITE EXTERIEUR EN MILIEU POLLUE	U	1
11	CABLETTE DE TERRE EN CUIVRE NU DE 29 MM2	ML	16
12	COSSE ASSERTIR DE 150	U	6
13	GRIFE BLOC	U	2
14	TUBE PVC PRESSION	ML	3
15	FEUILLARD +COLLIER	ML	10

Le conducteur aérien se fera avec un câble almélec de 54.6 mm<sup>2</sup> de longueur 590 ml.



## V. COUT DU PROJET

Dans cette partie nous essayerons d'évaluer financièrement le projet.

### V.1 COUT DE LA DISTRIBUTION BASSE TENSION

Le cout de la distribution basse tension est donnée dans le tableau suivant.

Tableau XXVII : récapitulatif financier pour la distribution basse tension

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
<b>1</b>	<b>SUPPORT</b>				31 672 900
	9-800	UNITE	3	395 000	1 185 000
	9-650	UNITE	9	285 500	2 569 500
	9-500	UNITE	38	275 250	10 459 500
	9-300	UNITE	71	245 900	17 458 900
<b>2</b>	<b>CABLE</b>				45 545 690
	3*70+54,6	ML	5350	6 500	34 775 000
	3*150+70	ML	357	30 170	10 770 690
<b>3</b>	<b>ARMEMENT</b>				1 528 600
	PINCE D'ALIGNEMENT	UNITE	84	7 150	600 600
	PINCE D'ARRET	UNITE	34	10 300	350 200
	PINCE DE DOUBLE ANCRAGE	UNITE	12	15 650	187 800
	BOULON 14/250 MM + ECROU	UNITE	130	2 500	325 000
	RONDELLE	UNITE	260	250	65 000
<b>4</b>	<b>TERRE DU NEUTRE</b>				1 082 625
	PIQUET DE TERRE + COSSE	UNITE	15	6 000	90 000
	CABLE CUIVRE NU DE 29 MM2	ML	225	2 545	572 625
	GRIFFE BLOC	UNITE	30	1 500	45 000
	ENRICHISSEMENT DE LA TERRE	UNITE	15	10 000	150 000
	FOUILLE	UNITE	15	15 000	225 000
<b>5</b>	<b>ACCESSOIRE</b>				900 000
	COLIER COLSON	UNITE	500	200	100 000
	CONNECTEUR CM60+CAPOT	UNITE	200	4 000	800 000
<b>TOTAL</b>					<b>80 729 815</b>

La facture de la distribution Basse tension est de **80 729 815** Francs CFA.

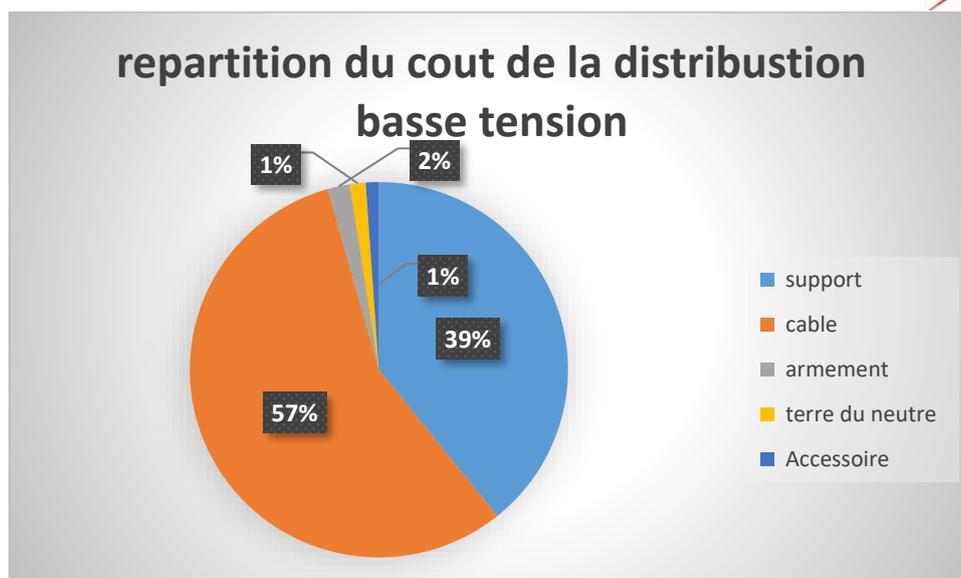


Figure 5: Répartition du cout d'investissement pour la distribution basse tension.

Nous constatons dans ce graphe que 39% des dépenses de la basse tension est occupé par les supports. L'utilisation des supports 9-200 et 9-500 de la zone d'influence du poste se justifie afin de baisser le coût du projet.

## V.2 COUT DU POSTE DE DISTRIBUTION.

Tableau XXVIII : Récapitulatif financier pour le poste de distribution

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
1	GENIE CIVIL DU POSTE	U	1	6 500 000	6 500 000
2	TRANSFORMATEUR 400 KVA	U	1	7 000 000	7 000 000
3	CELLULE IS	U	1	2 000 000	2 000 000
4	CELLULE CIS AVEC 3 FUSIBLES DE 43 A	U	1	3 500 000	3 500 000
5	CABLE MT EN CUIVRE -24 KV SECTION 50 MM2	ML	24	24 000	576 000
6	T4-800A	U	1	2 350 000	2 350 000
7	DISJONCTEUR BT T6N630 DE CHEZ ABB	U	1	750 350	750 350
8	FUSIBLES BT NHGG/GLDE 315 A	U	12	10 350	124 200
9	CABLE CUIVRE PR DE 185 MM2	ML	28	30 500	854 000
10	CABLETTE CUIVRE NU DE 29,3 MM2	ML	60	2 540	152 400
11	BARRETTE DE COUPURE	U	2	1 750	3 500
12	PRISES DE TERRE	U	2	15 000	30 000
13	PIQUET DE TERRE EN CUIVRE	U	2	6 000	12 000
14	COSES BE2	U	6	1 500	9 000
15	GRIFFE BLOC	U	2	1 500	3 000
16	BOITE D'EXTREMITE INTERIEUR	U	2	250 000	500 000
17	GANT MT	U	1	15 000	15 000
18	PERCHE ISOLANTE	U	1	25 000	25 000
19	TABOURET ISOLANT	U	1	27 000	27 000
20	TAPIS ISOLANT	U	1	25 000	25 000



<b>21</b>	PRISE 2P+T	U	1	1 500	1 500
<b>22</b>	INTERRUPTEUR ETANCHE	U	2	1 500	3 000
<b>23</b>	REGLETTE ETANCHE	U	2	7 500	15 000
<b>24</b>	CABLE 3X2,5 MM2 CUIVRE	ML	20	500	10 000
<b>25</b>	TUBE PVC PRESSION	ML	6	6 000	36 000
<b>TOTAL</b>					<b>24 521 950</b>

La facture du poste de distribution publique est **24 521 950** Francs CFA.

### V.3 ALIMENTATION DU POSTE

Nous avons évalué dans cette partie le coût du câble almélec 54.6mm<sup>2</sup> et la réalisation de la descente aero-souterraine.

Tableau XXIX : Récapitulatif financier de l'alimentation du poste.

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
<b>1</b>	SUPPORT D'ARRET 12-800	U	1	700 000	700 000
<b>2</b>	HERSE D'ARRET EN FER U DE 100 DE 3 M	U	1	115 000	115 000
<b>3</b>	CONTRE HERSE DE 1 M	U	1	50 000	50 000
<b>4</b>	TIGE FILETE	U	4	1 000	4 000
<b>5</b>	FERRURE DE SUPPORT DE CABLE	U	1	17 000	17 000
<b>6</b>	ATTACHE	U	3	200	600
<b>7</b>	CABLE DE 150 MM SOUTERRAIN	ML	25	50 000	1 250 000
<b>8</b>	JEU DE 3 PARAFONDRE	U	1	172 000	172 000
<b>9</b>	TERRE DE PARAFONDRE	U	1	100 000	100 000
<b>10</b>	BOITE D'EXTREMITE EXTERIEUR EN MILIEU POLLUE	U	1	258 000	258 000
<b>11</b>	CABLETTE DE TERRE EN CUIVRE NU DE 29 MM2	ML	16	2 500	40 000
<b>12</b>	COSSE ASSERTIR DE 150	U	6	5 550	33 300
<b>13</b>	GRIFE BLOC	U	2	1 500	3 000
<b>14</b>	TUBE PVC PRESSION	ML	3	6 000	18 000
<b>15</b>	FEUILLARD +COLLIER	ML	10	1 000	10 000
<b>16</b>	CABLE ALMELEC 54,6 MM2	ML	590	1 000	590 000
<b>TOTAL</b>					<b>3 360 900</b>

La facture de l'alimentation du poste est de **3 360 900** Francs CFA.



#### V.4 RECAPITULATIF DU COUT DU PROJET

Tableau XXX : Récapitulatif du cout du projet

<b>DESIGNATION</b>	<b>COUT Frs CFA</b>
<b>RESEAU DE DISTRIBUTION BT</b>	80 729 815
<b>POSTE DE DISTRIBUTION PUBLIQUE</b>	24 541 950
<b>ALIMENTATION DU POSTE</b>	3 360 900
<b>TOTAL COUT DU PROJET</b>	108 632 665

La facture de ce projet est évaluée à 108 632 665 frs CFA TTC. (Cent huit millions six cent trente-deux mille six cent soixante-cinq francs CFA TTC)



## VI. CONCLUSION

L'accès à l'électricité est un enjeu majeur dans le développement des sociétés, comme le dit l'adage l'électricité précède le développement. Le projet d'extension à l'accès à l'électricité au Niger (NELACEP) est un projet de grande importance pour l'état nigérien dans sa politique d'électrification et de densification du réseau électrique. Il permettra un accès plus facile à l'électricité à une importante tranche de la population nigérienne non encore couverte par le réseau de distribution aussi donnera une meilleure qualité de l'électricité servi dans les foyers de Niamey, Agadez et Tahoua. La zone de boukoki retenue pour la construction du poste P1 est une zone a forte démographie car faisant partie de l'ancien NIAMEY. Elle concentre la plupart des foyers modeste et /ou à revenus faible. La construction de ce poste permettra de soulager les populations qui ne sont pas encore cliente de la NIGELEC et de décharger les postes P2, P3, P4 qui sont surchargés.

Au cours de notre stage nous avons vécu le chantier. Nous avons pu apprendre chaque étape de la réalisation d'un projet sur le plan administrative, financier, technique et stratégique.

Notre étude technique nous a donné de pouvoir faire ressortir les différentes étapes pour l'alimentation d'un quartier.

Ce sont :

- Définir la zone d'influence du poste et faire l'étude du réseau existant.
- Déterminer la puissance à installer pour les abonnés.
- Tracer le réseau, choisir la section de câbles, faire l'implantation des supports et le positionnement des terres.
- Déterminer la puissance du transformateur et le choix des équipements de protection.

Le montant estimatif du projet est d'environ 109 000 000 francs CFA.



## VII. BIBLIOGRAPHIE

1. (cdc), société nouvelle des câbleries de Charleroi. (S.d.). Charleroi.
2. (S.d.). abb guide technique NFC 15-100-77.
3. bassole, justin cour 2ie de dimensionnement des conducteur actif et choix des protection . (s.d.).
4. Cahors. (s.d.). Cahors - distribution publique tableau basse tension.
5. Cour eier électrification rural tome 8 : complément sur le calcul électrique des câbles. (2006, 12 29).
6. edf -la distribution électrique .
7. NFC 11-201. (1996).
8. NFC 13-100. (Avril 2001).
9. NFC 14-100. (2008, février).
10. NFC-15-100. (S.d.).
11. Principes d'étude et de développement du réseau pour le raccordement des clients consommateurs et producteurs bt. Strasbourg électricité réseaux. (2010, juillet 01).
12. Étude technique de l'alimentation hta/bt de l'usine burkina coton à kossodo . Rapport de mémoire de fin d'étude AYOUBA MALAN RACHID 2ie promotion 2017/2018
13. Rapport de mémoire de fin d'étude MAHAMADOU SOUMANA 2ie promotion 2011/2012. Étude détaillée de l'électrification des villages de réinstallation de kandadji, sangille et alsilame .
14. Rapport de mémoire de fin d'étude soutenu le 02-06-2015 par ALBACHIR HAMZA Ingénieur Technologique 2IE 2014-2015-conception technique et financière de la liaison interurbaine HTA de 33 kV Zinder-Gouré au NIGER)



## VIII. ANNEXES

Annexe 1 : Tracer des réseaux électriques

Annexes 2 : Plan parcellaire

Annexe 3 : Calcul de bilan de puissance et vérification chute de tension

Annexe 4 : Tableau choix de la méthode de référence BT

Annexe 5 : Choix du mode de pose

Annexe 6 : Facteur de correction lié au mode de pose

Annexe 7 : Choix du facteur de correction lié à la température

Annexe 8 : Facteur de correction lie au nombre de circuit

Annexe 9 : Choix de la section de câble

Annexe 10 : Schéma de la distribution BT

Annexe 11 : carnet de piquetage

Annexe 12 : Résultats calcul canton 1

Annexe 13 : Résultats calcul canton 2.

Annexe 14 : plaque signalétique respectivement du transformateur de 400 kVA, de la cellule IS et de la cellules CIS.

Annexe 15 : Choix de l'organe de remplacement en fonction de la tension assignée et de la puissance du transformateur



Annexe 1 : Tracer des réseaux électriques existant autour des postes P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>



Annexes 2 : Plan parcellaire



Annexe 3 : Calcul de bilan de puissance et vérification chute de tension

depart	Troncon	distance en m	nombre de parcelle alimentés	puissance des troncons	k coefficient de ponderation	puissance apparente ponderée en K en kVA	lB pondéré en A	section en mm2	chute de tension %	cumul chute de tension %	verification chute de tension	verification puissance du depart
A	A-1	15	88	212,224138	0,38	80,6451724	112,194005	150 s	0,22451616			VRAI
	A-2	151	82	197,75431	0,38	75,1466379	108,464829	150 s	2,10602962	2,33054578		
	A-3	456	20	48,2327586	0,49	23,6340517	34,1128153	70	4,20049325	6,53103902	VRAI	
	A-2-1	71	62	149,521552	0,38	56,8181897	82,0099927	70	1,57232749			
	A-2-1-1	200	28	67,5258621	0,46	31,0618966	44,8339858	70	2,42133696	6,32421023	VRAI	
	A-2-2	69	34	81,9956897	0,44	36,0781034	52,0742568	70	0,97026431			
	A-2-2-1	165	13	31,3512931	0,63	19,7513147	28,5085671	70	1,27021495	6,14335252	VRAI	
	A-2-3	77	21	50,6443966	0,49	24,8157543	35,8184561	150 s	0,35464691			
	A-2-4	235	9	21,7047414	0,78	16,9296983	24,4359146	150	0,84916658	6,07695106	VRAI	
A-2-3-1	172	12	28,9396552	0,63	18,2319828	26,3156004	70	1,22224879	6,45003327	VRAI		
B	B-1	15	100	241,163793	0,38	91,6422414	127,493187	150 s	0,255132			VRAI
	B-2	71	92	221,87069	0,38	84,3108621	117,293732	70	2,33313111	2,58826311		
	B-3	78	66	159,168103	0,38	60,4838793	84,1455036	70	1,83878735	4,42705046		
	B-4	65	40	96,4655172	0,36	34,7275862	48,3132078	70	0,87980256	5,30685302		
	B-5	72	14	33,762931	0,56	18,9072414	26,3038576	70	0,53058862	5,83744164		
	B-2-1	127	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,86904942	3,45731253	VRAI	
	B-2-2	138	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,94432141	3,53258453	VRAI	
	B-3-1	127	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,86904942	5,29609988	VRAI	
	B-3-2	138	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,94432141	5,37137188	VRAI	
	B-4-1	127	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,86904942	6,17590244	VRAI	
	B-4-2	138	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,94432141	6,25117444	VRAI	
	B-5-1	127	7	16,8814655	0,75	12,6610991	17,6141904	70	0,62671833	6,46415997	VRAI	
B-5-2	138	7	16,8814655	0,75	12,6610991	17,6141904	70	0,68100102	6,51844266	VRAI		
C	C-1	15	85	204,989224	0,34	69,6963362	96,961924	150 s	0,1940346			VRAI
	C-2	123	79	190,519397	0,34	64,7765948	90,1175529	150 s	1,47877193	1,67280653		
	C-3	179	10	24,1163793	0,56	13,5051724	18,7884697	70	0,9422159	2,61502243	VRAI	
	C-2-1	63	63	151,93319	0,34	51,6572845	71,8658966	70	1,26843842	2,94124495		
	C-2-2	89	41	98,8771552	0,36	35,5957759	49,521038	70	1,23476905	4,176014		
	C-2-3	65	39	94,0538793	0,37	34,799353	48,4138603	70	0,88163548	5,05764949		
	C-2-4	68	23	55,4676724	0,43	23,8510991	33,1817795	70	0,6321419	5,68979139		
	C-2-5	168	7	16,8814655	0,75	12,6610991	17,6141904	70	0,82904472	6,51883611	VRAI	
	C-2-1-1	210	20	48,2327586	0,43	20,7400862	28,8537213	70	1,69756776	4,63881271	VRAI	
	C-2-2-1	132	6	14,4698276	0,75	10,8523707	15,0978774	70	0,55833624	4,73435024	VRAI	
	C-2-3-1	102	14	33,762931	0,56	18,9072414	26,3038576	70	0,75166721	5,8093167	VRAI	
	C-2-4-1	102	13	31,3512931	0,56	17,5567241	24,4250106	70	0,6979767	6,38776808	VRAI	
D	D-1	15	60	144,698276	0,34	49,1974138	68,4437111	150 s	0,1369656			VRAI
	D-2	92	60	144,698276	0,34	49,1974138	68,4437111	70	1,76411693	1,90108253		
	D-3	71	42	101,288793	0,36	36,4639655	50,7288682	70	1,00906586	2,91014839		
	D-4	70	14	33,762931	0,56	18,9072414	26,3038576	70	0,51585005	3,42599844		
	D-2-1	128	9	21,7047414	0,75	16,278556	22,6468162	50	1,04416128	2,94524381	VRAI	
	D-2-2	137	9	21,7047414	0,75	16,278556	22,6468162	50	1,11757887	3,0186614	VRAI	
	D-3-1	128	14	33,762931	0,56	18,9072414	26,3038576	50	1,21277399	4,12292238	VRAI	
	D-3-2	137	14	33,762931	0,56	18,9072414	26,3038576	50	1,29804716	4,20819555	VRAI	
D-4-1	128	7	16,8814655	0,75	12,6610991	17,6141904	50	0,81212544	4,23812388	VRAI		
D-4-2	137	7	16,8814655	0,75	12,6610991	17,6141904	50	0,86922801	4,29522645	VRAI		



Annexe 4 : Tableau choix de la méthode de référence BT

METHODE DE REFERENCE	MODES DE POSE	CONSTITUTION DE CIRCUIT					
		Câble uni		Conducteur		Câble multi	
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sous conduit profilé en apparent ou encastré</li> <li>Sous vide de construction, faux plafonds</li> <li>Sous caniveaux</li> </ul>						
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En apparent contre mur ou plafond</li> <li>Sur chemin de câble ou tablette non perforée</li> </ul>						
<b>E</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sur échelles, chemin de câble perforé</li> </ul>						
<b>F</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixé en apparent, espacé de la paroi</li> <li>Câble suspendu</li> </ul>						

Annexe 5 : Choix du mode de pose

Exemple	Description	N°	Lettre de sélection	
	Câbles mono ou multiconducteurs avec ou sans armure :	11	C	
	- fixés sur un mur			
	- fixés à un plafond	11A	C	
	- sur des chemins de câbles ou tablettes non perforés	12	C	
			câbles	
	- sur des chemins de câbles ou tablettes perforés en parcours horizontal ou vertical	13	E	F
			multi-conducteurs	mono-conducteurs
	- sur des corbeaux	14	E	F
	- sur des échelles à câbles	16	E	F



## Annexe 6 : Facteur de correction lié au mode de pose

	Mode de pose (numéro de référence du Tableau 52C)	Méthode de référence	Facteur de correction Kl	Remarques
Conduits	1	B	0,77	(*) Pour des câbles dans les conduits (modes de pose 3A, 4A et 5A ) appliquer un facteur de 0,9
	2	B	0,7	
	3	B	(*)	
	4	B	(*)	
	5	B	(*)	
Câbles	11			(*) Pour les poses sous-plafonds, appliquer un facteur de 0,95
	12	C	(*)	Parcours horizontal ou vertical  E = Multi F = Uni
	13	E,F		
	14	E,F		
	15	E,F		
	16	E,F		
	17	E,F		
18	C	1,21		
Vide de construction	21	B	0,95	(*) Pour des câbles dans le vide de construction (modes de pose 22A, 23A et 24A) appliquer un facteur de 0,865
	22	B	0,95 (*)	
	23	B	0,95 (*)	
	24	B	0,95 (*)	
	25	B	0,95	
Goulottes	31	B	(*)	(*) Pour des câbles dans des goulottes (modes de pose 31A, 32A 33A et 34A) appliquer un facteur de 0,9
	32	B	(*)	
	33	B	(*)	
	34	B	(*)	
Caniveaux	41	B		
	42	B	0,95	
	43	B		
Encastrés	51	B		
	52	C	0,77	
	53	C		
Moulures	71	B		(*) Pour des câbles multiconducteurs, appliquer un facteur de 0,9
	72	B	(*)	
	73	B	(*)	
	74	B	(*)	
Immergé	81			A l'étude



Annexe 7 : Choix du facteur de correction lié à la température

Température ambiante  (°C)	Elastomère (caoutchouc)	ISOLATION			
		PVC	PR / EPR	Minérale*	
				Gaine en PVC ou câble nu et accessible 70°C	Câble nu et inaccessible 105°C
10	1,29	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,22	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,15	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,07	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,93	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,71	0,79	0,87	0,77	0,88
50	0,58	0,71	0,82	0,67	0,84
55		0,61	0,76	0,57	0,80
60		0,50	0,71	0,45	0,75
65			0,65		0,70
70			0,58		0,65
75			0,50		0,60
80			0,41		0,54
85					0,47
90					0,40
95					0,32

UTILISATION EXCLUE

Annexe 8 : Facteur de correction lie au nombre de circuit

DISPOSITION DE CIRCUITS OU DE CÂBLES JOINTIFS	FACTEURS DE CORRECTION												Méthodes de référence	Modes de pose
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Encastré ou noyé dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	B,C	1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A, 21, 22, 22A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 31, 31A, 32, 32A, 33, 33A, 34, 34A, 41, 42, 43, 71
Simple couche sur les murs ou sur les plancher ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles	C	11, 12		
Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64		E, F	11A		
Simple couche sur les tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72		E, F	13		
Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			14, 15, 16, 17		



## Annexe 9 : Choix de la section de câble

MÉTHODE DE RÉFÉRENCE	ISOLANT ET NOMBRE DE CONDUCTEURS CHARGÉS								
	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
S (mm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>CUIVRE</b>									
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
<b>ALUMINIUM</b>									
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

NOTES -

- 1 les valeurs des courants admissibles indiquées dans ce tableau sont applicables aux câbles souples utilisés dans les installations fixes.
- 2 les conducteurs et câbles dont la température admissible sur âme est inférieure à 70 °C (par exemple HO7RN-F, voir [tableau 52A](#)) doivent être considérés du point de vue du courant admissible comme étant de la "famille PVC".



Annexe 10 : schéma distribution basse tension



Annexe 11 : Carnet de piquetage

CARNET DE PIQUETAGE POSTE P1											
numero des supports	Effort existants	Portée	Cable BT/portée	Supports BT à implanté				Pince d'Alignement	Simple Ancrage	Double Ancrage	TERRE DU NEUTRE
				9-800	9-650	9-500	9-300				
Depart 01			3*70 + 54,6	9-800	9-650	9-500	9-300				
01/001						1			1		1
01/002		40	40				1		1		
01/003	9-500	47	47					1	1		
01/004	9-200	36	36					1			
01/005	9-500	35	35					1			
01/006	9-200	36	36					1			
01/007	9-500	28	28						1		
		222	222	0	0	1	1	5	3	0	1
01/003									1		
01/008		47	47				1		1		
01/009		47	47				1		1		
01/010		47	47			1			1		
		141	141	0	0	1	2	2	1	0	0
01/003									1		
01/023		43	43				1		1		
01/024		43	43				1		1		
01/025		43	43			1			1		1
		129	129	0	0	1	2	2	1	0	1
01/005									1		
01/011		41	41				1		1		
01/012		50	50				1		1		
01/013		50	50			1			1		1
		141	141	0	0	1	2	2	1	0	1
01/005									1		
01/020		43	43				1		1		
01/021		43	43				1		1		
01/022		43	43			1			1		
		129	129	0	0	1	2	2	1	0	0
01/007									1		
01/014		38	38				1		1		
01/015	HEA	41	41					0	2		
01/016	HEA	53	53						1		
		132	132	0	0	0	1	1	3	0	0
01/007											
01/017		41	41				1		1		
01/018		41	41				1		1		
01/019		41	41			1			1		1
		123	123	0	0	1	2	2	1	0	1

CARNET DE PIQUETAGE POSTE P1											
numero des supports	Effort existants	Portée	Cable BT/portée	Supports BT à implanté				Pince d'Alignement	Simple Ancrage	Double Ancrage	TERRE DU NEUTRE
				9-800	9-650	9-500	9-300				
Depart 02			3*70 + 54,6	9-800	9-650	9-500	9-300				
02/001	9-500									1	1
02/002	9-200	41	41						1		
02/003	9-200	33	33						1		
02/004	9-200	43	43						1		
02/005		40	40	1						1	1
02/006		32	32				1		1		
02/007		39	39			1			1		
02/008	12/300	38	38						1		
02/009		38	38			1			1		
02/010	12/300	39	39						1		
02/011	12/800	41	41						1		
02/012	12/1000	32	32							2	
02/013		32	32	1						1	1
02/014		40	40				1		1		
02/015		42	42				1		1		
02/016		37	37				1		1		
02/017		48	48	1						1	
		615	615	3	0	2	4	12	3	3	3
02/007									1		
02/018		38	38				1		1		
02/019		38	38				1		1		
02/020		38	38		1					1	
02/021		45	45			1			1		
02/022		45	45		1					1	
02/023		42	42				1		1		
02/024		43	43			1			1		
02/025		34	34				1		1		
02/17		32	32								1
		355	355	0	2	1	5	6	1	2	1
02/009									1		
02/026		41	41				1		1		
02/027		41	41		1					1	
02/029		32	32		1					1	
02/030		51	51			1				1	
		165	165	0	2	1	1	1	1	2	0
02/011									1		
02/032		49	49				1		1		
02/030		49	49			1			1		
02/031		35	35				1		1		
02/024		35	35							1	1
		168	168	0	0	1	2	3	1	0	1
02/005										1	
02/033	9-200	40	40						1		
02/034	9-200	49	49						1		
02/035		46	46							1	
		135	135	0	0	0	0	2	1	0	0

CONSTRUCTION DU POSTE P 1 ET DU RESEAU BASSE TENSION



CARNET DE PIQUETAGE POSTE P1											
numero des supports	Effort existants	Portée	Cable BT/portée	Supports BT à implanté				Pince d'Alignement	Simple Ancrage	Double Ancrage	TERRE DU NEUTRE
				9-800	9-650	9-500	9-300				
Depart 03			3*70 + 54,6								
03/001	9/500								1		
03/002	9-200	34	34					1			
03/003	9/500	34	34					1			
03/004	9-200	38	38					1			
03/005	9/500	42	42					1			
03/006		33	33				1				
03/007		38	38			1		1			
03/008		32	32				1				
03/009		34	34			1		1			1
		285	285	0	0	2	2	7	2	0	1
03/003									1		
03/010		48	48				1	1			
03/011		48	48				1	1			
03/012		48	48			1		1			1
		144	144	0	0	1	2	2	1	0	1
03/003									1		
03/014	9-200	39	39					1			
03/011	9-200	45	45					1			
04/007	9-500	45	45			1		1			
		129	129	0	0	1	0	2	1	0	0
03/005									1		
03/013	9-200	55	55				1	1			
03/014	9-200	52	52				1	1			
03/015		31	31			1		1			1
		138	138	0	0	1	2	2	1	0	1
03/005									1		
03/016	9-200	48	48					1			
03/015	9-200	37	37					1			
04/009	9-500	40	40					1			
		125	125	0	0	0	0	2	1	0	0
03/007									1		
03/016	9-200	17	17					1			
03/017	9-200	50	50					1			
03/018	9-500	45	45			1		1			1
		112	112	0	0	1	0	2	1	0	1
03/007									1		
03/019	9-200	39	39					1			
03/018	9-300	29	29					1			
04/017	9-300	39	39					1			
		107	107	0	0	0	0	2	1	0	0
03/009								1	1		
03/019	9-300	19	19					1			
03/020	9-300	53	53					1			
03/021	9-500	53	53					1			
		125	125	0	0	0	0	2	1	0	0
03/009									1		
03/022	9-300	47	47					1			
03/023	9-300	38	38					1			
04/024	9-500	36	36					1			
		121	121	0	0	0	0	2	1	0	0

CARNET DE PIQUETAGE POSTE P1											
numero des supports	Effort existants	Portée	Cable BT/portée	Supports BT à implanté				Pince d'Alignement	Simple Ancrage	Double Ancrage	TERRE DU NEUTRE
				9-800	9-650	9-500	9-300				
Depart 04			3*70 + 54,6								
04/001	9-500								1		1
04/002	9-300	29	29					1			
04/003	9-300	50	50					1			
04/004		41	41			1				1	
04/005		17	17			1				1	
04/006	9-300	27	27					1			
04/007		30	30					1			
04/008	9-300	37	37					1			
04/009		42	42					1			
04/010	9-300	37	37					1			
04/011	9-300	41	41					1			
04/012	9-500	50	50						1		
		401	401	0	2	0	0	8	1	2	0
04/009									1		
04/042	9-300	40	40					1			
04/043	9-500	44	44					1			
04/044		30	30				1	1			
04/045		34	34				1	1			
04/046	9-650	31	31							1	
04/047	9-500	40	40					1			
04/048	9-650	34	34						1	1	
04/049		33	33					1			
04/050		36	36					1			
04/051		36	36				1	1			1
		148	148	0	0	1	1	4	0	0	0
04/043									1		
04/058	9-300	35	35					1			
04/059		41	41					1			
04/060		41	41				1	1			
		117	117	0	0	1	1	2	1	0	0
04/0045									1		
04/055		39	39					1			
04/056		37	37					1			
04/057		37	37				1	1			1
		113	113	0	0	1	2	2	1	0	1
04/047									1		
04/052		37	37					1			
04/053		37	37					1			
04/054		27	27				1	1			
		101	101	0	0	1	2	2	1	0	0



Annexe 12 : Résultats calcul canton 1

Version 1.0, Août 2002															
<p><b>CAMELEC</b> <i>MT - Almelec 54,6 mm<sup>2</sup></i></p> <p>Calculs Mécaniques de Lignes Aériennes pour la Distribution d'Énergie Électrique</p>															
Date	Par	Control.	Nom du projet												
<b>Almelec 54,6 mm<sup>2</sup></b>															
<b>Données de base</b>															
Section nom.	Section réel.	Diamètre	Masse linéique	Force gravitaire	Masse linéique gravitaire	Module d'élasticité	Coéff. de dilatation	Charge de rupture	Charge de rupture câble	Portée	Paramètre initial sans vent Tension/masse grav. m	Tension de réglage N <sub>0</sub> kN	Tension de réglage N/mm <sup>2</sup>	Hauteur hors sol du support m	Résistance électrique à 20°C Ohms/km
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	m/sec <sup>2</sup>	N/m	N/mm <sup>2</sup>	α [C <sup>-1</sup> ]	N/mm <sup>2</sup>	daN						
54,6	54,55	9,45	0,149	9,82	1,46318	62 000	0,000023	324	1 755	27,50	505	0,74	13,5	10,3	0,603
											°C				
											40				
<b>Recapitulatif</b>															
<b>Conducteurs</b>								<b>Supports</b>							
Charge de rupture	Charges						<b>Calculez</b>	Alignement			Arrêt simple	Double arrêt sans angle	Double arrêt à l'angle introduit par le concepteur		
	Vents normaux		Vents forts		Vents extrêmes			Verification Solveur zéro	0,000000	Poutrelles			Bois	Arrêt canton	Sans arrêt canton
N/mm <sup>2</sup>	Charge calc. N/mm <sup>2</sup>	Charge max. N/mm <sup>2</sup>	Charge calc. N/mm <sup>2</sup>	Charge max. N/mm <sup>2</sup>	Charge calc. N/mm <sup>2</sup>	Charge max. N/mm <sup>2</sup>	Flèche sans vent à 40 °C m	Système	Pnom.	diam.	Pnom.	Pnom.	Pnom.	Pnom.	Pnom.
324	42	108	31	141	40	324	0,19	3.cond.	93	245	703	703	703	1 426	908
								1.cond.	78	170	272	274	274	505	503





Vents extrêmes															
Supports	Alignement		Arrêt simple			Arrêt double sans angle			Poutrelles	Arrêt double à angle					
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Phlongit. Nom.	Angle de piquetage	Pheffort bissectrice + Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Coeff. De l'effort transversal support	Pnom. support arrêt canton	Pnom support axe plus grande inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom support axe plus petite inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom support Pheffort bissectrice divisé par Coeff. de l'effort transversal support
	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	degrés	daN	τ	daN	daN	daN	τ
3 conducteurs	36	93	33	214	386	36	225	386	0	225	0,35	643	1 103	386	643
	Pnom support	93	Pnom support		441	Pnom support arrêt canton		447							
1 conducteur	2	78	1	207	176	0	210	176		210		503	503	176	601
	Pnom support	78	Pnom support		272	Pnom support arrêt canton		274							
Arme-ments charges unifilaires	Alignement		Arrêt												
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.										
	N	N	N	N	N										
	19	72	10	36	1 050										
Diam. Poteau teck alignement à la base (niveau du sol) mm															
3 conducteurs 245															
1 conducteur 170															

Flèche de pose en mètres															
Tension de réglage 13,5 N/mm <sup>2</sup>															
Température de réglage sans vent 40 °C															
Notes:															
Portée	Température en °C						Calculer tableau de pose	e 5	Verification Solveur	-0,000016					
	15	20	25	30	35	40									
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
150	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
350	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									



Supports et armements															
Vents normaux															
Supports	Poutrelles														
	Alignement		Arrêt simple			Arrêt double sans angle			Angle de piquetage	Pheffort bissectrice + Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Coeff. De l'effort transversal support	Arrêt double à angle			
Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Phlongit. Nom.	Pnom. support				Pnom. support axe plus grande inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom. support axe plus petite inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom. support Pheffort bissectrice divisé par Coeff. de l'effort transversal support	
daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	degrés	daN	daN	daN	daN	daN	
3 conducteurs	42	12	36	28	702	42	29	702	168	1 426	0,35	908	908	2 069	4 074
	Pnom support	12	Pnom support			Pnom support arrêt canton									
1 conducteur	4	10	2	27	240	4	27	240	168	505	0,35	311	311	708	1 443
	Pnom support	10	Pnom support			Pnom support arrêt canton									
Arme-ments charges unifilaires	Alignement		Arrêt			Distance minimale entre phases (33 kV) Toutes conditions climatiques					Diam. Poteau teck alignement à la base (niveau du sol) mm				
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.	NV - NV suspendu	NV - arrêt horizontal suspendu	Drapeau rigide	Alterne rigide	Drapeau rigide - arrêt					
	N	N	N	N	N	m	m	m	m	m					
	40	8	20	4	2 310	0,72	0,72	0,49	0,49	0,49				3 conducteurs	119
														1 conducteur	83



Annexe 13 : Résultats calcul canton 2

Version 1.0, Août 2002															
<b>CAMELEC</b> <i>MT - Almelec 54,6 mm<sup>2</sup></i>															
Calculs Mécaniques de Lignes Aériennes pour la Distribution d'Énergie Électrique															
Date	Par	Control.	Nom du projet												
<b>Almelec 54,6 mm<sup>2</sup></b>															
Données de base															
Section nom.	Section réel.	Diamètre	Masse linéique	Force gravitaire	Masse linéique gravitaire	Module d'élasticité	Coéffic. de dilatation	Charge de rupture	Charge de rupture câble	Portée	Paramètre initial sans vent Tension/masse grav. m	Tension de réglage N <sub>0</sub> kN	Tension de réglage N/mm <sup>2</sup>	Hauteur hors sol du support m	Résistance électrique à 20°C Ohms/km
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	m/sec <sup>2</sup>	N/m	N/mm <sup>2</sup>	α [C <sup>-1</sup> ]	N/mm <sup>2</sup>	daN	68,00	m	0,74	13,5	10,3	0,603
54,6	54,55	9,45	0,149	9,82	1,46318	62 000	0,000023	324	1 755		505				
											°C				
											40				
Recapitulatif															
Charge de rupture	Conducteurs							Supports							
	Charges							Alignement			Arrêt simple	Double arrêt sans angle	Double arrêt à l'angle introduit par le concepteur		
	Vents normaux		Vents forts		Vents extrêmes		Verification Solveur zéro	0,000000	Poutrelles	Bois			Arrêt canton	Sans arrêt canton	Arrêt canton
N/mm <sup>2</sup>	Charge calc. N/mm <sup>2</sup>	Charge max. N/mm <sup>2</sup>	Charge calc. N/mm <sup>2</sup>	Charge max. N/mm <sup>2</sup>	Charge calc. N/mm <sup>2</sup>	Charge max. N/mm <sup>2</sup>	Flèche sans vent à 40 °C m		Système	Pnom.	diam.	Pnom.	Pnom.	Pnom.	Pnom.
324	22	108	25	141	47	324	1,14		3-cond.	daN 125	Mm. 331	daN 495	daN 508	daN 752	daN 734
									1-cond.	89	230	287	294	281	553



Conducteurs														
Vents normaux					Vents forts					Vents extrêmes				
Changement de la charge et de la température					Changement de la charge et de la température					Changement de la charge et de la température				
État initial					État initial					État initial				
Portée	Tension de réglage	Flèche	Changem. angle	Longueur approx. chaînette	Portée	Tension de réglage	Flèche	Changem. angle	Longueur approx. chaînette	Portée	Tension de réglage	Flèche	Changem. angle	Longueur approx. chaînette
l [m]	N <sub>0</sub> [kN]	f <sub>0</sub> [m]	β [grade]	l <sub>50</sub> (simp) [m]	l [m]	N <sub>0</sub> [kN]	f <sub>0</sub> [m]	β [grad]	l <sub>50</sub> (simp) [m]	l [m]	N <sub>0</sub> [kN]	f <sub>0</sub> [m]	β [grad]	l <sub>50</sub> (simp) [m]
68	0,74	1,14	3,9	68,051	68	0,74	1,14	3,9	68,051	68	0,74	1,14	3,9	68,051
Changement apporté					Changement apporté					Changement apporté				
Charge verticale ajoutée	Charge de vent (horizontale) ajoutée	Charge résultante	Changement température	Solver	Charge verticale ajoutée	Charge de vent (horizontale) ajoutée	Charge résultante	Changement température	Solver	Charge verticale ajoutée	Charge de vent (horizontale) ajoutée	Charge résultante	Changement température	Solver
p [N/m]	v [N/m]	q <sub>res</sub> [N/m]	T <sub>1</sub> -T <sub>0</sub> [C]	0,00000	p [N/m]	v [N/m]	q <sub>res</sub> [N/m]	T <sub>1</sub> -T <sub>0</sub> [C]	0,00000	p [N/m]	v [N/m]	q <sub>res</sub> [N/m]	T <sub>1</sub> -T <sub>0</sub> [C]	0,00000
0	0,28	1,49	-25,0		0	1,89	2,39	-15,0		0	5,53	5,72	-15,0	
État final					État final					État final				
Flèche inclinée	L'angle du conducteur avec le plan vertical	Balancement horizontale	Flèche verticale	Nouvelle tension	Flèche inclinée	L'angle du conducteur avec le plan vertical	Balancement horizontale	Flèche verticale	Nouvelle tension	Flèche inclinée	L'angle du conducteur avec le plan vertical	Balancement horizontale	Flèche verticale	Nouvelle tension
f <sub>φ</sub> [m]	φ [grad]	f <sub>φ, hor</sub> [m]	f <sub>φ, vert</sub> [m]	N <sub>1</sub> [kN]	f <sub>φ</sub> [m]	φ [grad]	f <sub>φ, hor</sub> [m]	f <sub>φ, vert</sub> [m]	N <sub>1</sub> [kN]	f <sub>φ</sub> [m]	φ [grad]	f <sub>φ, hor</sub> [m]	f <sub>φ, vert</sub> [m]	N <sub>1</sub> [kN]
0,73	11,0	0,14	0,72	1,2	1,02	52,3	0,80	0,62	1,4	1,29	75,2	1,24	0,33	2,6
		Paramètre état final (m)		789			Paramètre état final (m)		569			Paramètre état final (m)		450



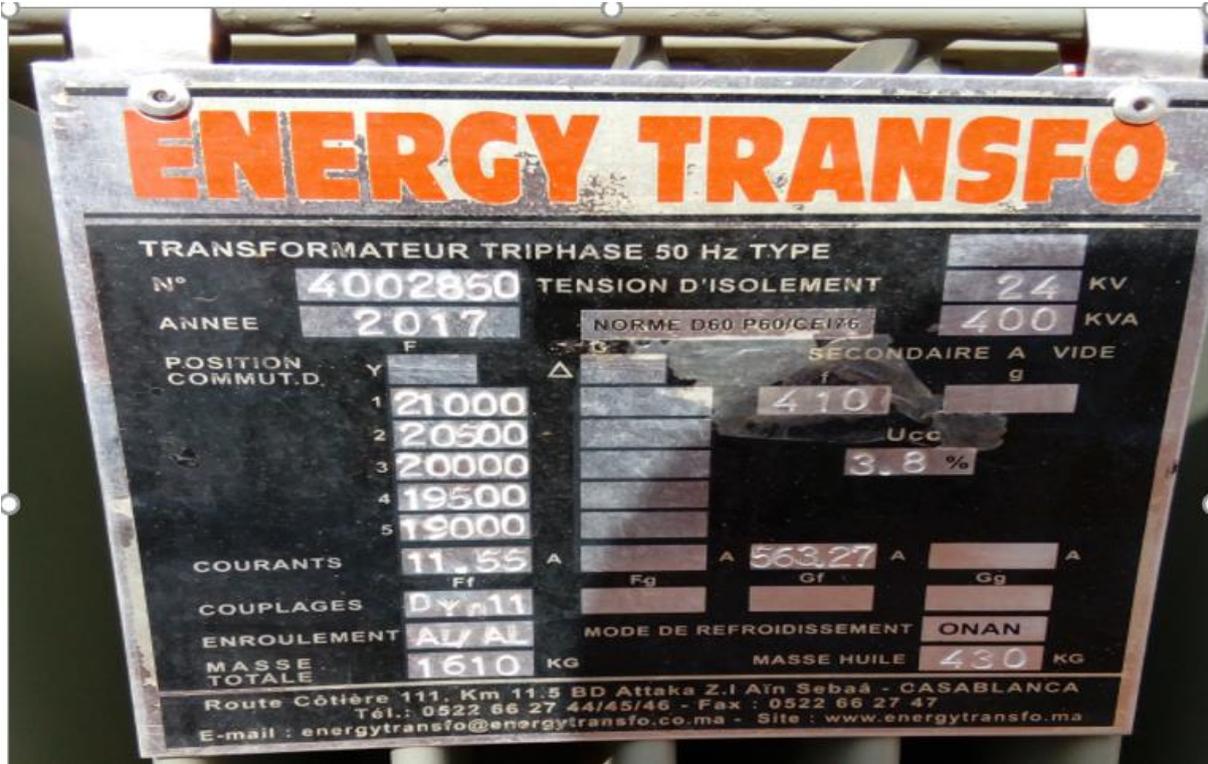
Supports et armements															
Vents normaux															
Supports	Alignement					Poutrelles					Arrêt double à angle				
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Phlongit. Nom.	Angle de piquetage	Pheffort bissectrice + Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Coeff. De l'effort transversal support	Pnom. support arrêt canton	Pnom support axe plus grande inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom support axe plus petite inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom support Pheffort bissectrice divisé par Coeff. de l'effort transversal support
	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	degrés	daN	τ	daN	daN	daN	τ
3 conducteurs	60	15	45	29	362	60	32	362	168	752	0,35	468	468	1 067	2 150
	Pnom support	15	Pnom support		363	Pnom support arrêt canton		363		281		164	164	374	802
1 conducteur	10	11	5	27	127	10	28	127							
	Pnom support	11	Pnom support		130	Pnom support arrêt canton		130							
Arme-ments charges unifilaires	Alignement					Arrêt					Distance minimale entre phases (33 kV) Toutes conditions climatiques				
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.	NV - NV suspendu	NV - arrêt horizontal suspendu	Drapeau rigide	Alterne rigide	Drapeau rigide - arrêt	Diam. Poteau teck alignement à la base (niveau du sol) mm				
	N	N	N	N	N	m	m	m	m	m					
	99	19	50	10	1 176	1,07	1,07	0,95	0,95	0,95					
											3 conducteurs	162	1 conducteur	112	

Vents forts															
Supports	Alignement					Poutrelles et bois					Arrêt double à angle				
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Phlongit. Nom.	Angle de piquetage	Pheffort bissectrice + Phtransv. Nom. = Pnom. support sans arrêt canton	Coeff. De l'effort transversal support	Pnom. support arrêt canton	Pnom support axe plus grande inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom support axe plus petite inertie dans bissectrice d'angle piquet.	Pnom support Pheffort bissectrice divisé par Coeff. de l'effort transversal support
	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	degrés	daN	τ	daN	daN	daN	τ
3 conducteurs	53	69	41	128	351	53	143	351	0	143	0,35	407	1 002	351	407
	Pnom support	69	Pnom support		373	Pnom support arrêt canton		379		123		351	409	143	351
1 conducteur	8	49	4	118	143	8	123	143							
	Pnom support	49	Pnom support		186	Pnom support arrêt canton		189							
Arme-ments charges unifilaires	Alignement					Arrêt					Diam. Poteau teck alignement à la base (niveau du sol) mm				
	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Pv Nom.	Phtransv. Nom.	Phlongit. Nom.										
	N	N	N	N	N										
	76	98	38	49	1 037										
											3 conducteurs	272	1 conducteur	188	





Annexe 14 : plaque signalétique respectivement du transformateur de 400 kVA ,de la cellule IS et de la cellules CIS





Annexe 15 : Choix de l'organe de remplacement en fonction de la tension assignée et de la puissance du transformateur

433.2 Protection par fusibles

Lorsque le poste alimente un seul transformateur, le courant assigné de l'élément de remplacement du fusible est choisi conformément aux indications du tableau 43B ou aux indications du constructeur de l'appareillage.

TABLEAU 43B

Courants assignés des éléments de remplacement des fusibles à haute tension (en ampères)

TENSION NOMINALE DU RESEAU D'ALIMENTATION (KV)	PUISSANCE NOMINALE DU TRANSFORMATEUR (KVA)																
	25	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250
5,5	6,3	16	16	16	32	32	32	63	63	63	63	63					
10	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	32	32	32	63	63	63	63			
15	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63	
20	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63
30	à l'étude																