



**ETUDE ET MISE EN ŒUVRE DU RENFORCEMENT ET DE
L'EXTENSION DU RESEAU ELECTRIQUE DE LA VILLE DE
BOUAKE – LOT 3 : CREATION DES DEPARTS HTA**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE
DE **MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE, OPTION : RESEAUX
ELECTRIQUES**

Présenté et soutenu publiquement le 16 Janvier 2019 par

Adama KEITA (2013 1016)

Travaux dirigés par :

M. Ahmed ZONGO
Enseignant à la Fondation 2iE

M. Jacob Adingra Kouadio GUIMERE
Directeur Technique GECl – Chef de Projet ENERGOS

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Ahmed BAGRE

Membres et correcteurs : M. Moussa KADRI
M. Ahmed ZONGO

Promotion [2017/2018]

I. DEDICACE

A ma mère et mon défunt père,

Pour tout l'amour et le soutien qu'ils m'ont offert, pour leurs conseils inestimables, symbole de tendresse profonde et permanente, ce mémoire est le fruit de leurs incommensurables sacrifices et leur amour éternel ;

A ma sœur Mariam Amadou CISSE pour son engagement, sa disponibilité et surtout son soutien. Celle qui est un modèle pour moi, qui m'a montré le chemin à suivre et qui m'a toujours soutenu.

A mes frères et sœurs, ceux-là qui ont toujours cru en moi. Vous êtes ma raison de continuer le combat quand tout semble s'écrouler, je vous aime très fort ;

Que ALLAH, Le Tout Puissant m'accorde le succès afin que vous soyez honorés.

II. REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier *Générale Electrique Côte d'Ivoire (GECI)* et particulièrement la Direction Technique / Service de projet ENERGOS, pour nous avoir accueilli et donné l'opportunité de découvrir les métiers d'Ingénieur en distribution HTA durant notre période de stage.

Nous avons une dette de reconnaissance intellectuelle toute particulière envers les auteurs des principaux ouvrages cités dans notre bibliographie.

Remerciements distingués à l'endroit du Directeur Général de GECI **M. Pascal Kouassi YAO**, du Directeur Technique et Chef de Projet ENERGOS **M. Jacob Adingra Kouadio GUIMERE**, ainsi que tous les autres membres du personnel pour leur collaboration et leur grande courtoisie.

Il m'est agréable d'exprimer ma gratitude à tout le personnel de la GECI, et à particulièrement à :

- **M. Jean Amon AMETCHI**, Responsable Bureau d'Etudes ;
- **M. Armand Adou ASSALE**, Conducteur des Travaux ;
- **M. Bakary KONE**, Chef d'Equipe ;
- **M. Joël Aristide Kouakou**, Ouvrier ;
- **M. Issa OUATTARA**, Chef de Projet Energos Bouaké ;

Une pensée envers **M. Ahmed ZONGO**, Enseignant à la Fondation 2iE pour son encadrement. Votre compréhension, vos conseils et encouragements au travail, votre promptitude mais surtout votre disponibilité m'ont amené à la réalisation de ce travail.

Nous témoignons également notre infini remerciement à l'endroit de tout le corps enseignant et administratif de 2iE et plus particulièrement à tous les professeurs du Département Génie Electrique, Energétique et Industriel.

Nous remercions également toute la famille **KEITA** et particulièrement :

- **Ahmed KEITA, Inza KEITA, Korotoumou KEITA et Abdoul-Karim KEITA,**
- **Mariam Amadou CISSE, Yacouba KOITA, Wango Mariam SAWADOGO.**

Que toutes les personnes non citées, qui nous ont soutenus et qui continuent de nous soutenir par leurs prières et leurs actions, trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

III. AVANT-PROPOS

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est un établissement d'Enseignement Supérieur et de recherche basé à Ouagadougou au Burkina Faso. Sa création en 2006, résulte de la fusion et restructuration des écoles inter-Etats EIER (Ecole d'Ingénieurs de l'Equipement Rural) et ETSHER (Ecole des Techniciens de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural), créées respectivement en 1968 et 1970 par 14 Etats d'Afrique de l'Ouest et Centrale pour former des Ingénieurs spécialisés dans les domaines de l'équipement et de l'hydraulique. Il s'agit d'un Partenariat Public Privé international entre les Etats Africains, des entreprises, des acteurs techniques et financiers et des organismes académiques et financiers et des organismes académiques et scientifiques. 2iE dispense une formation de pointe dans les domaines de l'Eau, de l'Energie, du Génie civil et de l'Environnement conformément au Processus de Bologne : Licence, Master, Doctorat ; en partenariat avec les meilleures universités du monde, offrant ainsi une grande mobilité aux étudiants.

En Afrique, les diplômes de 2iE sont reconnus par le Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur (CAMES). En Europe, ils sont labélisés EUR-ACE à travers l'accréditation par la Commission des Titres d'Ingénieur (Cti).

Dans un souci de former des Ingénieurs de Conception et des Techniciens Supérieurs hautement qualifiés et aptes à relever les challenges, les étudiants bénéficient d'une formation théorique et d'une formation pratique qui consiste en des travaux pratiques et visites sur site. Les formations pour le niveau Master sont sanctionnées par des stages de production en entreprise ou dans un laboratoire de recherche en vue de la rédaction d'un mémoire.

SOMMAIRE

I. DEDICACE	I
II. REMERCIEMENTS	I
III. AVANT-PROPOS	III
SOMMAIRE	IV
VI. LISTE DES ABREVIATIONS	VII
V. LISTE DES TABLEAUX	IX
VI. LISTE DES FIGURES	IX
VII. LISTE DES ANNEXES	IX
RESUME	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	14
1.1 Présentation de la structure d'accueil et de la zone du projet	
1.1.1 Historique...	14
1.1.2 Situation géographique	14
1.1.3 Principales activités	14
1.1.4 Organisation	14
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU THEME	15
2.2.2 Contexte et situation géographique du projet	15
2.2.2.1 Contexte du projet	15
2.2.2.2 Situation géographique du projet.....	15
2.2.3 Etat des lieux des ouvrages électriques de la ville de Bouaké	17
1.2.3.1 Description des postes sources.....	17
1.2.3.1.1 Description du poste source 90 kV de Bouaké 1	17
2.2.3.1.2 Description du poste source 225 kV de Bouaké 2	17
2.2.3.1.3 Schéma synoptique des postes sources	18

2.2.3.1.3.1 Schéma synoptique du poste 90 kV de Bouaké	18
2.2.3.1.3.2 Schéma synoptique du poste 225 kV de Bouaké 2	19
2.2.3.2 Description du réseau électrique moyenne tension HTA de la ville de Bouaké	20
2.2.3.3 Envergure et description des travaux à faire	20
2.2.3.3.1 Envergure et description des travaux à faire au poste source Bouaké 1 ...	20
2.2.3.3.2 Envergure et description des travaux au poste source de Bouaké 2.....	20
2.3.1 Objectif de l'étude	21
a)Objectif général	21
b)Objectif spécifique	21
c)Travail demandé	21
d)Résultats attendus.....	21
2.4 Les spécifications techniques définies par le Maître d'Œuvre	21
2.4.1 Les tracées des lignes	21
2.2.3.1. La portée (a)	24
2.2.3.2. La flèche (f).....	24
2.2.3.3. Le canton	24
2.2.3.4. Choix du type d'armements	24
2.2.3.5. Les Caractéristiques techniques des supports	25
2.2.3.6. La hauteur de surplomb des voies.....	25
2.2.3.7. Conditions climatiques.....	25
2.2.3.8. Paramètre de pose (P)	25
2.2.3.9. Distances aux obstacles latéraux	25
2.2.3.10. Coefficient de sécurité	26
2.2.4. Profondeur d'implantation des supports	26
2.2.5 Calcul de l'écartement minimal des conducteurs.....	27

2.5 Généralités sur les conceptions des lignes.....	28
2.5.1 Généralités sur les conceptions des lignes souterraines	28
2.5.2 Généralités sur les conceptions des lignes aériennes	32
2.6 Etude électrique.....	32
2.6.1 Puissance à installer.....	32
2.6.2 Méthodologie de dimensionnement des nouvelles lignes.....	33
2.7 Calcul mécanique	39
2.7.1 - Présentation du logiciel utilisé : CAMELIA.....	39
2.7.2 – Insertion des données climatiques dans CAMELIA	40
2.7.3 – Insertion des données de chaque support dans CAMELIA	40
2.7.4 Résultats des calculs mécaniques.....	41
2.8 Eude réalisation : Pose de Câble	41
2.9 Evaluation financière des nouveaux départs	43
BIBLIOGRAPHIE	XXIV

VI. LISTE DES ABREVIATIONS

GECI :	<i>Générale Electrique Côte d'Ivoire</i>
ENERGOS :	<i>Projet de renforcement et d'extension de réseau électrique</i>
HTA :	<i>Haute tension de catégorie A</i>
2iE :	<i>Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement</i>
GEEI :	<i>Génie Electrique, Energétique et Industriel</i>
EIER :	<i>Ecole d'Ingénieurs de l'Equipement rural</i>
ETSHER :	<i>Ecole des Techniciens de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural</i>
CAMES :	<i>Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur</i>
Cti :	<i>Commission des titres d'Ingénieurs</i>
CPI :	<i>Conducteur de type CPI</i>
UE :	<i>Union Européenne</i>
PURE :	<i>Programme d'Urgence de Réhabilitation du secteur de l'Electricité</i>
MPEDER :	<i>Ministère du Pétrole, de l'Energie et du développement des Energies renouvelables</i>
kV :	<i>Kilovolt</i>
TFO :	<i>Transformateur</i>
MVA :	<i>Megavolt Ampère</i>
BT :	<i>Basse tension</i>
NFC11-201 :	<i>Norme Française C 11-201</i>
AS :	<i>Arrêt simple</i>
SF	<i>Simple fixation</i>
AD :	<i>Arrêt double</i>
DA :	<i>Double ancrage</i>
ERAS :	<i>Ensemble de remontée aéro-souterraine</i>
BIS :	<i>Bras d'Isolateur suspendu</i>
MT :	<i>Moyenne tension</i>
CI-ENERGIES :	<i>Société des Energies de COTE D'IVOIRE</i>
CALEMIA :	<i>Calcul mécanique des lignes aériennes</i>
DTU :	<i>Document Technique Universel</i>
IACM :	<i>Interrupteur Aérien à Commande Manuelle</i>
PHS :	<i>Plan d'Hygiène et de Sécurité</i>
PAQ :	<i>Plan d'Assurance Qualité</i>
MdC :	<i>Mission de Contrôle</i>
X JB Y :	<i>Support jumelé de X m de type B et d'effort Y</i>

X A Y : *Support de X m de type A et d'effort Y*
X B Y : *Support de X m de type B et d'effort Y*
DAC : *Dispositif d'Allongement contrôlé*

V. LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les hypothèses climatiques (Source : Prescriptions techniques particulières)...	25
Tableau 2 : Les hypothèses pour le calcul des distances aux obstacles latéraux (source NFC 11-201).....	26
Tableau 3: Coefficients de sécurité à retenir suivant l'hypothèse considérée et pour les éléments constitutifs à dimensionner (source NFC 11-201)	26
Tableau 4 : La profondeur des fouilles (Source :	27
Tableau 5 : La profondeur des tranchées (NFC 11-201)	29
Tableau 6 : les types de conducteurs définies par le Maître d'Œuvre :.....	33
Tableau 7 : Caractéristiques des départs.....	34
Tableau 8 : Les puissances de court-circuit.....	36
Tableau 9 : Résistance linéique et réactance des conducteurs.....	38
Tableau 10 : Valeur des chutes de tension.....	39
Tableau 11 : Devis quantitatif du nouveau départ issu du poste source de Bouaké 1.....	43
Tableau 12 : Devis quantitatif du nouveau Broukro issu du poste source de Bouaké 2	44

VI. LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil	14
Figure 2 : Zone du projet.....	16
Figure 3 : Schéma du poste source 90 kV de Bouaké 1	18
Figure 4 : Schéma du poste source 225 kV de Bouaké 2.....	19
Figure 5: L'itinéraire du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1	22
Figure 6 : L'itinéraire du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké.....	23
Figure 7 :Schéma illustrant la portée et la flèche	24
Figure 9 : Coupe type terrain normal.....	42
Figure 10 : Coupe type traversée de voie	42

VII. LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1: LES DONNEES ET RESULTATS SUR CAMELIA	49
ANNEXE 2: LES HAUTEURS DE SURPLOMB DES VOIES.....	XVI
ANNEXE 3: LES DIMENSIONS DES GRILLES DE PRISES D'AIR	XVII
ANNEXE 4: CIRCUIT DE PROTECTION ET DE MISE A LA TERRE.....	XVIII
ANNEXE 5: PRECAUTIONS REQUISES POUR LE CONDUCTEUR NEUTRE ET LES CIRCUITS AUXILIAIRES DU POSTE	XIX

ANNEXE 6: LE PLAN D'EXECUTION DU NOUVEAU DEPART 1 ISSU DU POSTE
SOURCE DE BOUAKE 1 XX

ANNEXE 7: LE PLAN ARCHITECTURAL ET STRUCTURAL DES POSTES DE
REFLEXION..... XXI

ANNEXE 8: LE PROFIL EN LONG HABILLE DU NOUVEAU DEPART
BROUKROISSU DU POSTE SOURCE DE BOUAKE 2XXII

ANNEXE 9 : PLANNING DU PROJET XXIII

RESUME

L'étude et le dimensionnement des liaisons électriques souterraines et aériennes permettent de mettre en évidence la complexité et l'intérêt de l'étude des lignes électriques.

Le présent document présente les méthodes et résultats utilisés pour la mise en œuvre du projet de renforcement et d'extension du réseau électrique de la ville de Bouaké. Notre travail a consisté à terminer le travail de la Société des Energies de Côte d'Ivoire en effectuant les calculs mécaniques et électriques de nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1 et Nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2.

Cela dit, le nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1, sur une distance de 2,8 km a été réalisé en ligne souterraine et le nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2, qui s'étend sur une longueur de 7,12 km, a été réalisé en ligne aérienne.

En plus pour un souci de continuité de service, les postes de réflexion maçonné 401 et Broukro village ont été construits sur ces deux départs.

Aussi, dans une phase pratique, l'on a élaboré les documents de suivi et de gestion du projet, et évaluer le coût du projet.

Mots clés :

- **Liaisons électriques ;**
- **Renforcement et extension ;**
- **Départ ;**
- **Poste de réflexion.**

ABSTRACT

The study and the dimensioning of the underground and aerial electrical connections make it possible to highlight the complexity of the interest of the study of the electrical lines.

This document presents the methods and results used for the implementation of the project to strengthen and extend the electricity network of the city of Bouaké. Our work consisted of finishing the work of CI-ENERGIES by performing the mechanical and electrical calculations of grids.

Also, in a practical phase, the monitoring and project management documents were developed and the cost of the project evaluated.

Grid starting from Bouaké, over a distance of 2.8 km, was carried out underground line and the new grid Broukro from station 2, which extends over a length of 7,12 km, was conducted by line. In addition to a concern for continuity of service, the 401 and Broukro village masonry stations were built on these two departures.

Key words:

- **Grid**
- **Reinforcement and extension**

INTRODUCTION GENERALE

L'accès à l'électricité représente un important levier de la croissance économique et participe au recul de la pauvreté. Par conséquent, l'énergie électrique joue un rôle majeur dans le développement social et économique ainsi que dans le bien-être de la société. L'économie des pays d'Afrique ne cessant de croître, il est légitime de se soucier des défis énergétiques. Cependant, le réseau électrique de la ville de Bouaké rencontre des problèmes techniques. Il s'agit de la vétusté de la capacité des ouvrages de distribution, la section et la nature (CPI) des conducteurs en exploitations, le vieillissement des équipements des réseaux électriques, l'absence des infrastructures de secours et l'absence d'organes télécommandés sur le réseau.

C'est dans cette optique que l'Etat ivoirien, conscient de la non fiabilité du réseau de distribution électrique de la ville de Bouaké, a initié le projet ENERGOS.

Le projet ENERGOS, projet financé par l'Union Européenne (UE), vise l'accroissement de l'accès aux services électriques par le renforcement et le développement des réseaux de distributions en milieu urbain et périurbain, la modernisation de la conduite du réseau, un appui aux branchements nouveaux, et un retour progressif à l'équilibre financier.

Chargée de la réalisation de ce projet, en tant qu'entreprise contractante du lot 3, il importe pour GECEI d'élaborer les études relatives au lot 3 et de procéder à la mise en œuvre de ces études.

A cet effet, il a été soumis à notre réflexion : « **ETUDE ET MISE EN ŒUVRE DU RENFORCEMENT ET DE L'EXTENSION DU RESEAU ELECTRIQUE DE LA VILLE DE BOUAKE –LOT 3 : CREATION DES DEPARTS HTA** ».

Il s'agit pour nous, durant la période de stage qui s'est déroulé du 31 août 2018 au 05 décembre 2018, de proposer une étude spécifique à la création de « **nouveau départ 1 Poste source Bouaké 1** » et « **nouveau départ Broukro Poste Source Bouaké 2** » et **d'élaborer un planning de réalisation des travaux.**

Pour mener à bien notre étude, le présent rapport de mémoire de stage s'articule d'abord autour d'une généralité qui situe le contexte général du projet. Ensuite, suit la méthodologie relative à la conception des différents ouvrages. Et, enfin, dans une phase plus pratique la politique de management du projet et l'évaluation financière du projet.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1.1 Présentation de la structure d'accueil et de la zone du projet

1.1.1 Historique

Générale Electrique Cote d'Ivoire (GECI) a été créé en novembre 1994. Elle est née de la volonté de M. Pascal Kouassi YAO, qui est en le Directeur Général. GECI est régie par les dispositions de la loi n° 70-633 du 5 novembre 1970 fixant le régime de l'entrepreneariat privé avec un capital d'un milliard (1.000 000 000) de FCFA.

1.1.2 Situation géographique

GECI a son siège social fixé à Abidjan, en République de Côte d'Ivoire et plus précisément dans la commune de Marcory SICOGL.

Son adresse est 05 BP 2732 Abidjan 05, téléphone : (+225) 21 35 33 83, Fax : (+225) 21 35 53 50.

1.1.3 Principales activités

La structure d'accueil est spécialisée dans la conception et la réalisation des réseaux électriques domestiques et industriels, des lignes électriques basse tension, moyenne tension et haute tension, de postes de transformation HTA/BT et de la vente des équipements électriques.

1.1.4 Organisation

GECI est géré par un Directeur Général. Celui-ci collabore avec d'autres directeurs. Ainsi, au sein de GECI, nous avons :

- ✓ la Direction Technique ;
- ✓ la direction Financière et Comptable
- ✓ la Direction Logistique

Afin de mener à bien le projet ENERGOS, le service projet ENERGOS a été créé sous la tutelle de la Direction Technique.

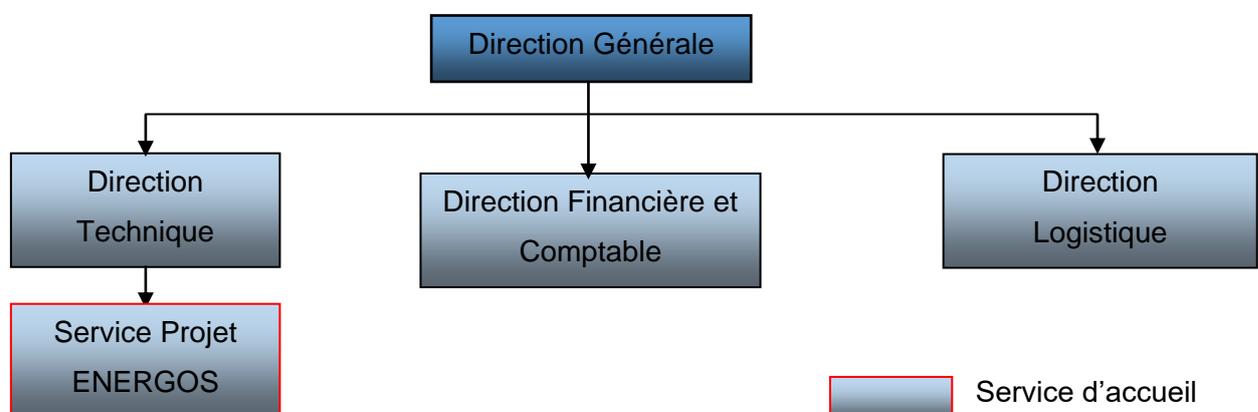


Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU THEME

2.1 Présentation du thème

2.1.1 Enoncé du thème

Le thème soumis à notre étude s'intitule : « **Etude et mise en œuvre du renforcement et de l'extension du réseau électrique de la ville de Bouaké – Lot 3 : Création des départs HTA** »

2.2.2 Contexte et situation géographique du projet

2.2.2.1 Contexte du projet

Dans l'optique de satisfaire les prévisions énergétiques, l'Etat ivoirien, par son Programme d'Urgence de Réhabilitation du Secteur de l'Electricité (PURE), avec pour maître d'ouvrage le Ministère du Pétrole, de l'Energie et du Développement des Energies Renouvelables (MPEDER), a lancé un projet de développement du réseau de transport et d'électrification rurale avec pour objectif le renforcement et l'extension des infrastructures de transport et de distribution d'énergie en vue de compléter les réseaux primaires et secondaires, d'en assurer la pérennité, de répondre dans le même temps à la demande énergétique.

La *CI-ENERGIES*, en charge d'assurer la planification, la maîtrise d'œuvre des projets relevant de l'Etat ivoirien en tant qu'autorité concédante, ainsi que le suivi de la gestion des mouvements d'énergie électrique, a lancé un appel d'offre pour la réalisation du projet ENERGOS, projet financé par l'Union Européenne, s'inscrit dans le cadre du Programme d'Urgence de Réhabilitation du Secteur de l'Electricité pour le cas spécifique de la ville de Bouaké.

A l'issue de cet appel d'offre, *GENERALE ELECTRIQUE COTE D'IVOIRE*, ayant soumissionné pour la réalisation du lot 3, a obtenu le marché de réalisation dudit lot. C'est dans ce cadre que GECI à travers sa Direction Technique et plus particulièrement son service de Projet ENERGOS s'est engagé à faire l'étude suivante : « **étude et mise en œuvre du renforcement et de l'extension du réseau électrique de la ville de Bouaké – Lot 3 : Création des départs HTA** »

2.2.2.2 Situation géographique du projet

Bouaké, appelée Gbékékro jusqu'en 1900, est une ville du centre de la Côte d'Ivoire, située à 350 km environ d'Abidjan. Chef-lieu du département homonyme et de la région du Gbêkê, avec une population d'environ 542 000 habitants, et environ 1,5 million d'habitants en comptant toutes les localités agglomérées qui y sont rattachées, c'est la deuxième ville la plus peuplée du pays après Abidjan.

Desservie par la ligne des chemins de fer Abidjan-Niger qui relie Abidjan à Ouagadougou au Burkina Faso, Bouaké constitue un carrefour commercial important, et abrite à cet effet un marché de gros de renommée sous-régionale. La ville s'est également rendue célèbre à

travers son carnaval, événement culturel fortement médiatisé jusqu'à une date récente. Le schéma présenté ci-dessous illustre l'étendu des travaux dans la ville de Bouaké.

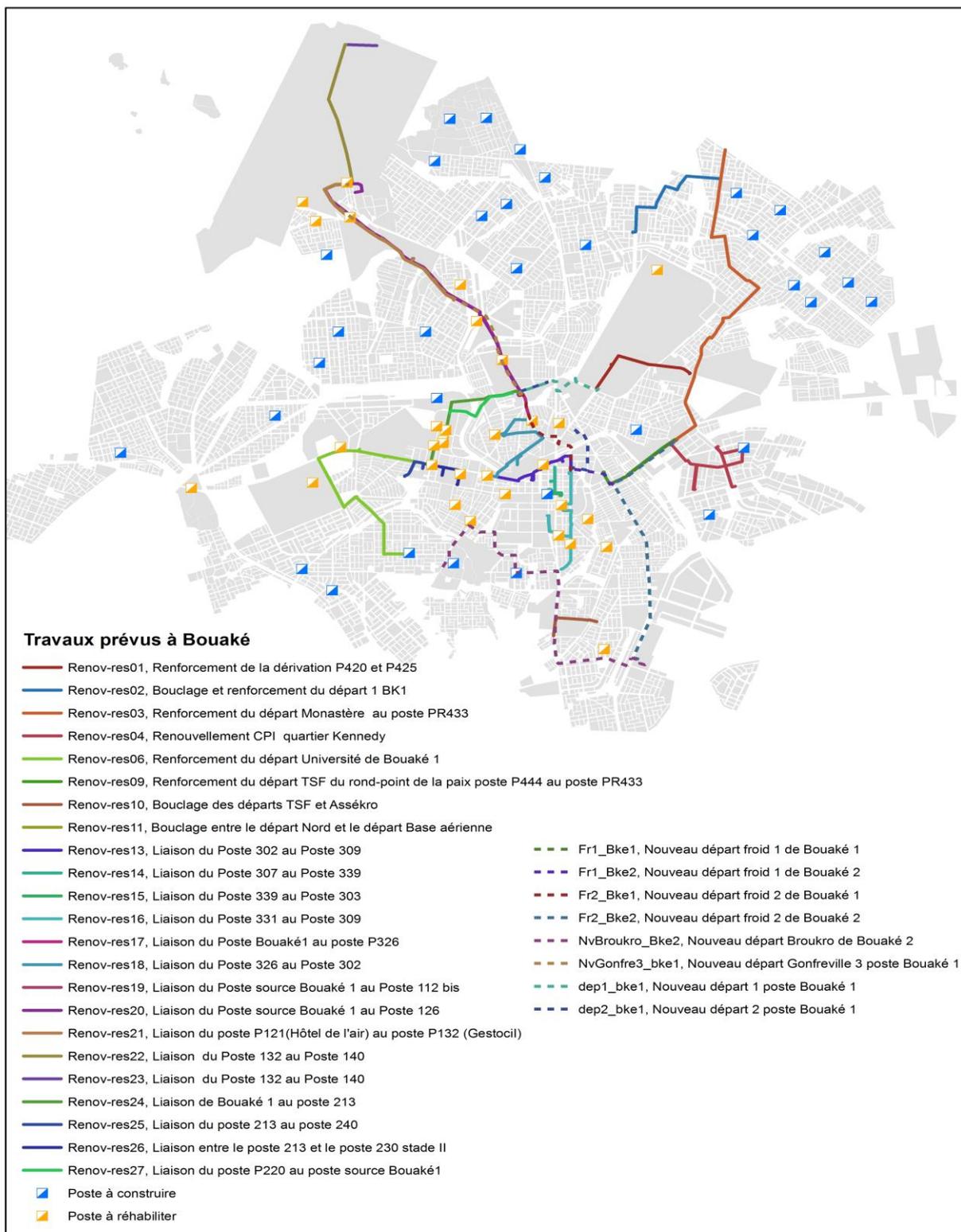


Figure 2 : Zone du projet

2.2.3 Etat des lieux des ouvrages électriques de la ville de Bouaké

1.2.3.1 Description des postes sources

1.2.3.1.1 Description du poste source 90 kV de Bouaké 1

Le poste source de Bouaké 1, en antenne, est alimenté à partir du poste 225/90/33 kV de la ville de Kossou par une ligne 90 kV. Il est situé au centre de la ville de Bouaké et supporte 75% de la charge de la ville.

Le poste est composé essentiellement :

- d'une (1) travée ligne 90 kV ;
- d'une (1) travée jeu de barres 90 kV ;
- de trois (3) travées transformateurs 90/HTA dont deux (2) travées TFO 90/16,5 kV – 36 MVA et une travée (1) 90/33 kV – 10 MVA ;
- d'un (1) bâtiment de commande compartimenté en salle spécialisées notamment, la salle HTA (16,5 kV et 33 kV) en technologie blindée, la salle HF, la salle de relayage (des auxiliaires, de commande), la salle d'atelier d'énergie, et une salle de commande ;
- de deux (2) logements d'exploitation et d'une (1) salle de repos.

2.2.3.1.2 Description du poste source 225 kV de Bouaké 2

Le poste source de Bouaké 2 comprend :

- Un (1) poste extérieur qui se compose de :
 - Un (1) jeu de barres rigides de 225 kV ;
 - Deux (2) travées lignes de 225 kV venant des villes de Kossou et de Ferkessédougou ;
 - Une (1) travée transformateur 225/90 kV, équipée d'un transformateur 225/90 kV de 65 MVA ;
 - un (1) jeu de barres rigides de 90 kV ;
 - deux (2) travées lignes de 90 kV venant de Sérébou et de Marabadiassa ;
 - deux (2) travées transformateurs 90/16,5 kV équipées de transformateurs de 90/16,5 kV de 36 MVA et 20 MVA.
- Un (1) poste intérieur qui se compose de :
 - Un (1) poste intérieur 15 kV en cellules blindées ;
 - Un bâtiment abritant les services auxiliaires, les systèmes de protection, de commande, de signalisation, de comptage et télétransmission.

2.2.3.1.3 Schéma synoptique des postes sources

2.2.3.1.3.1 Schéma synoptique du poste 90 kV de Bouaké

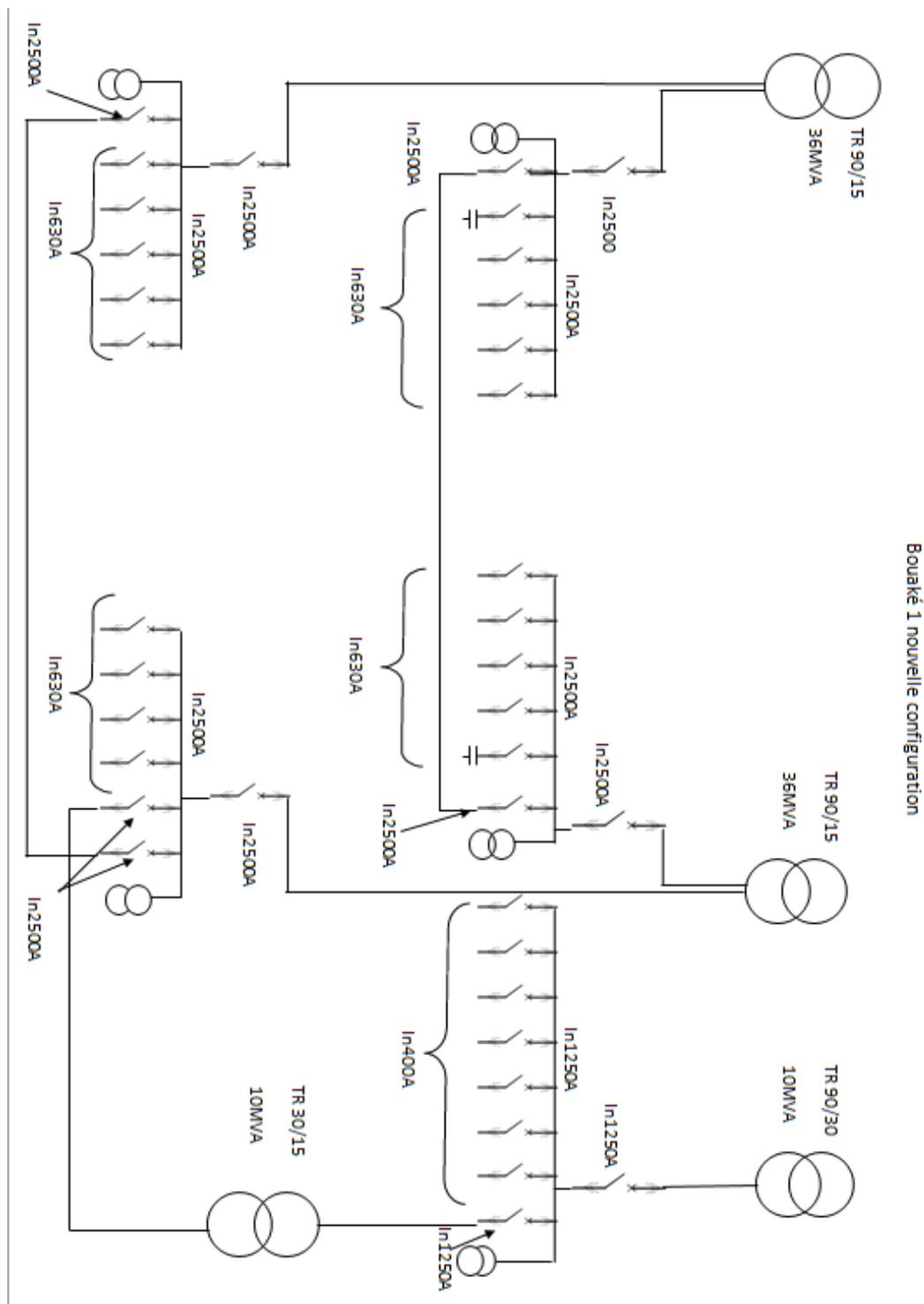


Figure 3 : Schéma du poste source 90 kV de Bouaké 1

2.2.3.1.3.2 Schéma synoptique du poste 225 kV de Bouaké 2

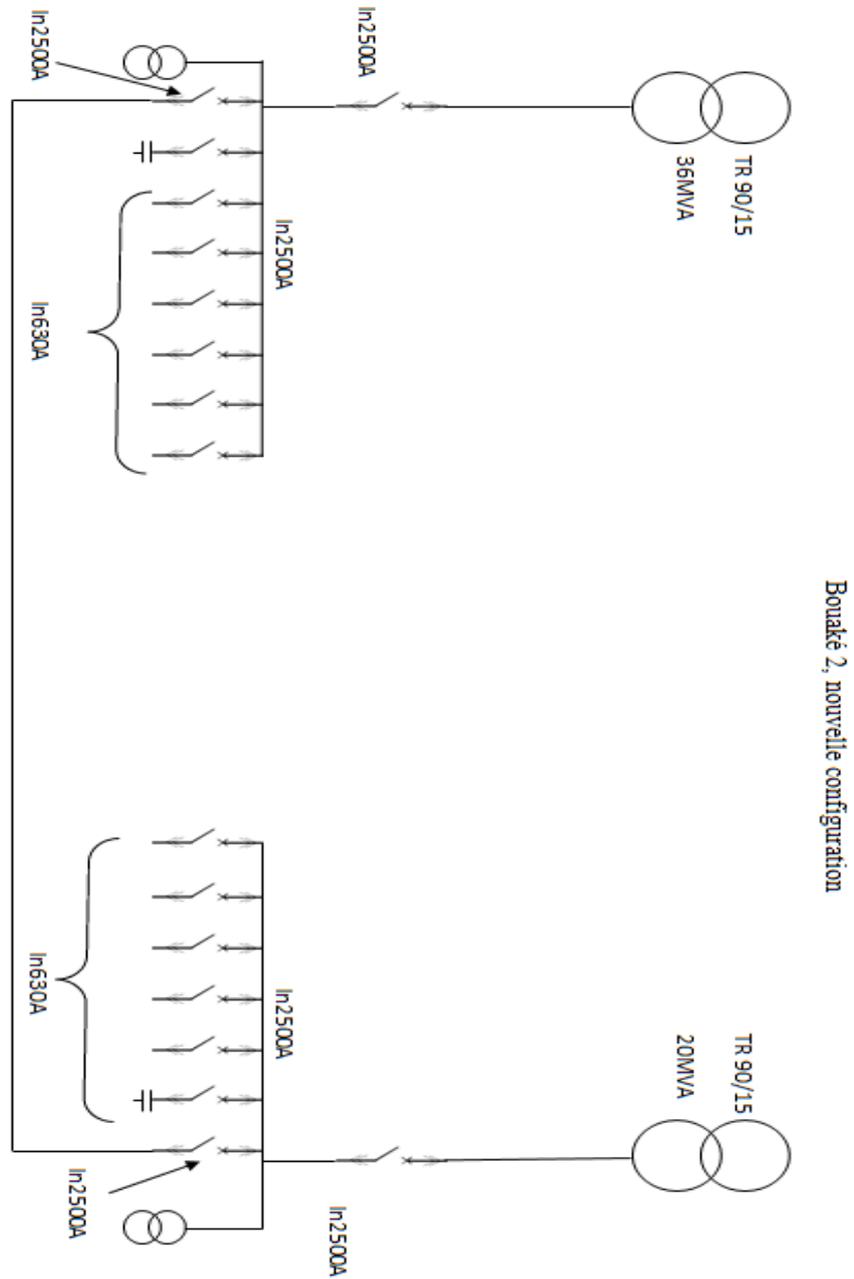


Figure 4 : Schéma du poste source 225 kV de Bouaké 2

2.2.3.2 Description du réseau électrique moyenne tension HTA de la ville de Bouaké

La ville de Bouaké est alimentée par les postes sources de Bouaké 1 et de Bouaké 2. Du poste source de Bouaké 1 sont issus neuf (9) départs en 15 kV et quatre (4) départs en 30 kV. Aussi, quatre (4) départs sont issus du poste source de Bouaké 2.

La plupart de ces départs sont en limite de capacité, depuis la reprise des activités, après la période de crise qu'a connue la Cote d'Ivoire et qui a secoué particulièrement cette zone du pays. A cela, s'ajoute la vétusté et la dégradation de certains ouvrages dues au retard d'investissement dans le secteur électrique.

Aussi, la configuration actuelle du réseau HTA réduit la flexibilité d'exploitation. En effet, dans certains quartiers, à la suite d'un incident sur le réseau HTA, les clients sont privés d'électricité parce qu'il n'y a pas de possibilité de les alimenter autrement.

2.2.3.3 Envergure et description des travaux à faire

2.2.3.3.1 Envergure et description des travaux à faire au poste source Bouaké 1

Il est prévu cinq (5) nouveaux départs HTA qui seront alimentés à partir du poste source de Bouaké 1. Deux (2) de ces nouveaux départs seront des départs « froid », ils serviront de secours.

Des cellules vont devoir être ajoutées. Pour tenir compte de l'état des cellules en place, les cellules de ce poste vont être renouvelées, l'ensemble des cellules du poste, 15 kV et 30 kV, sera changé.

Le schéma de ce poste sera modifié et des cellules secours seront ajoutées afin de permettre des évolutions futures. Dans les installations nouvelles, il y aura trente et deux (32) cellules 15 kV et dix (10) cellules 30 kV. Un autotransformateur 30/15 kV 10 MVA sera installé pour permettre un secours inter-rame.

2.2.3.3.2 Envergure et description des travaux au poste source de Bouaké 2

De ce poste, trois (3) nouveaux départs sont à créer. Afin de pouvoir répondre à la demande future deux (2) cellules sont installées et mises en réserve. Pour normaliser le poste, il sera également installé deux (2) cellules comptage et deux (2) cellules condensateur.

Compte tenu des incidents rencontrés dans ce poste, il a été retenu de renouveler l'ensemble des cellules du poste afin d'améliorer la qualité de service. Avec l'installation de nouvelles cellules, la répartition des départs sur chaque demi (1/2) rame sera revue.

2.3 Cahier des charges

Il nous est demandé de réaliser les études d'exécutions des « **nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1** » et « **nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2** »

2.3.1 Objectif de l'étude

a) Objectif général

L'étude vise à concevoir les nouveaux départs tels que les « **nouveau départ 1 Poste source Bouaké 1** » et « **nouveau départ Broukro Poste source 2** ».

b) Objectif spécifique

L'objectif poursuivi par ce stage est d'élaborer une étude technico-économique des départs HTA.

c) Travail demandé

Pour la réalisation de l'étude, il nous est demandé de :

- concevoir et dimensionner les différents départs, objet de notre étude à savoir les « **nouveau départ 1 Poste source Bouaké 1** » et « **nouveau départ Broukro Poste source 2** » ;
- faire une étude financière d'exécution des différents départs ;

d) Résultats attendus

Les résultats attendus à l'issue de cette étude sont :

- fournir les notes de calcul, les schémas et les plans d'exécution des travaux des différents départs ;
- fournir les devis quantitatifs des travaux ;

2.4 Les spécifications techniques définies par le Maître d'Œuvre

2.4.1 Les tracées des lignes

✚ Le tracé du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1

Ce nouveau départ issu du poste source de Bouaké 1 est créé pour réduire la charge sur le départ Monastère et le secourir en cas de problème.

Ce nouveau départ s'étend sur 2,8 km, du poste source de Bouaké 1 jusqu'au 3^e Bataillon, doit être réalisé en ligne souterraine.

Le tracé de ce départ a été imposé CI-ENERGIES et est présenté ci-dessous :

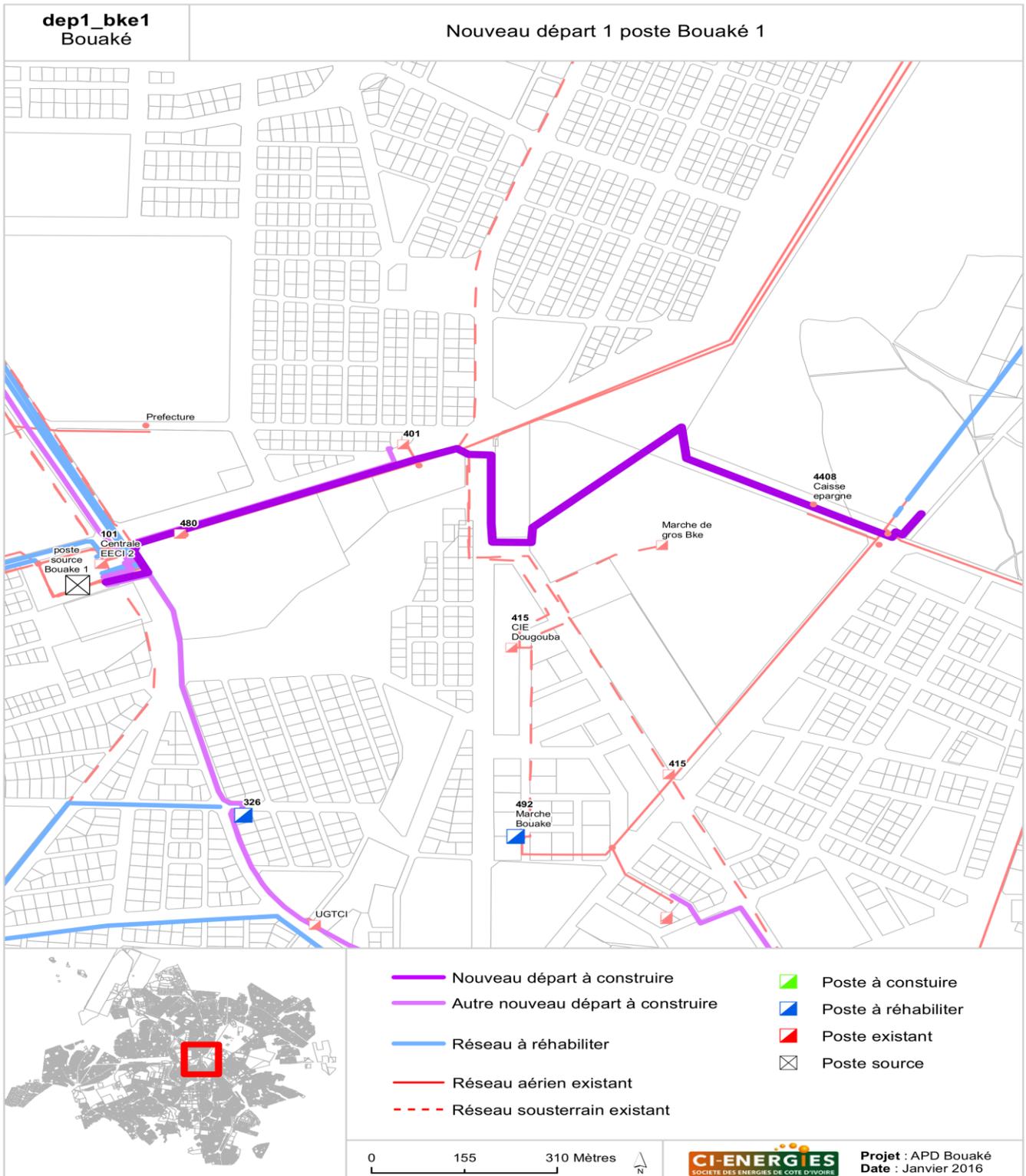


Figure 5: L'itinéraire du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1

✚ Le tracé du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2

Ce nouveau départ issu du poste source de Bouaké 2 est créé pour secourir le départ Université et alimenter les grandes zones d'extension vers le quartier Broukro. Ce nouveau départ est une ligne mixte (aérienne et souterraine) d'une distance de 7,1 km. La partie aérienne part du point B01 à B26 et de B27 à BS110. La partie souterraine quant à elle se situe entre B26 et B27. Il faut noter que ce tracé a été définie par le Maître d'Œuvre. Voici présenté ci-dessous, l'itinéraire du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2 :

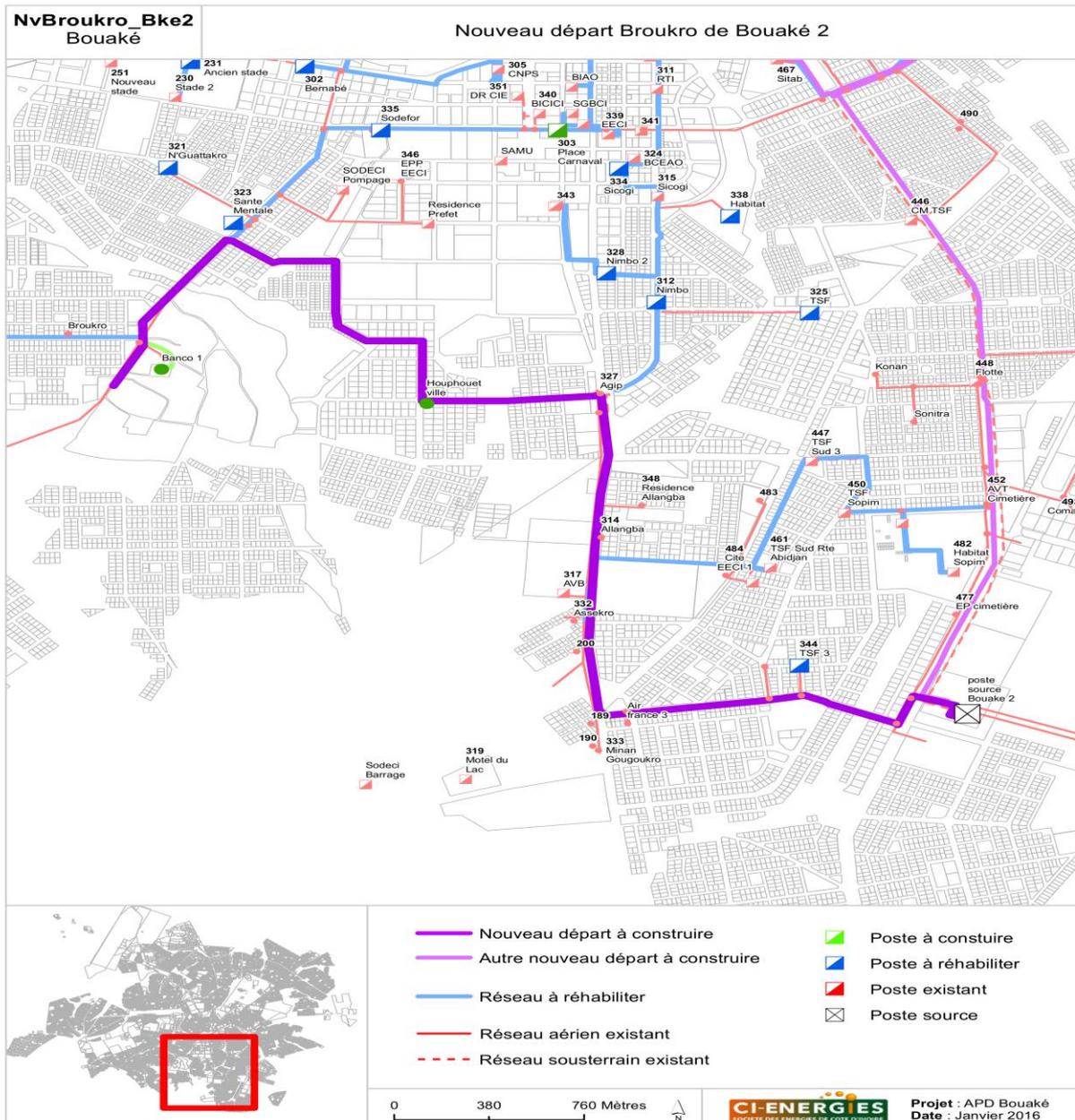


Figure 6 : L'itinéraire du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2

2.2.3. Exigences des paramètres (les hypothèses de calcul)

2.2.3.1. La portée (a)

La portée est la distance horizontale « a » comprise entre deux supports consécutifs. Elle est fonction du type de ligne (écarts, agglomération,) et de la section du conducteur. La portée est une donnée du problème car le calcul mécanique se fait sur chaque portée. Elle est exprimée en mètre (m).

Le conducteur utilisé pour la réaliser de la ligne électrique est de l'almélec 148 mm². La portée maximale admissible pour ce conducteur est de 160 m.

2.2.3.2. La flèche (f)

Distance verticale maximale entre la droite joignant les deux attaches et les conducteurs. A l'origine, elle dépend de la tension de réglage de la ligne, la flèche varie ensuite en fonction de la température et sous l'influence des surcharges (la température à considérer est celle du métal et non la température ambiante). Cela dit, la température dans le présent document, la flèche est déterminée à la température de 45°C.

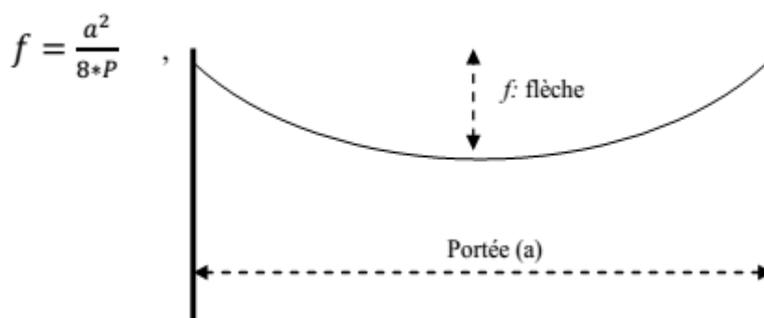


Figure 7 :Schéma illustrant la portée et la flèche

2.2.3.3. Le canton

Un canton est une succession de portées, tant que les armements sont en alignement ou en double encrage.

Les fonctions AS, AD et SA représentent des limites de canton. La limite de canton permet d'éviter une rupture en cascade de toute la ligne en cas d'incident.

Ainsi, la Société des Energies de Cote d'Ivoire recommande de limiter généralement la longueur des cantons à 4 km environ et ne dépasseront pas 4,5 km.

2.2.3.4. Choix du type d'armements

Les lignes aériennes qui seront constituées, doivent être du type suspendu et seront constitués des matériels suivants :

- ✓ des isolateurs en verre trempé ;
- ✓ des armements de type alternés suspendus BIS ;
- ✓ des armements de type traverse d'ancrage pour les supports d'angle et d'arrêts, ou

nappe d'alignement (NS) pour des supports montés en portique ;

- ✓ toutes les dispositions sont prises pour éviter le retournement des chaines.

2.2.3.5. Les Caractéristiques techniques des supports

Les supports devront résister aux efforts appliqués par les conducteurs des lignes MT. Les supports utilisés seront en béton armé de classe A et exceptionnellement de classe B. Les efforts disponibles en tête à 0,25 m du sommet des supports retenus sont de 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1250 et 1600 daN.

Les hauteurs des supports sont de 12 ou 13 m mètres et exceptionnellement 14 mètres.

L'on distinguera trois (3) types de poteaux : alignement, angle ou dérivation et arrêt.

2.2.3.6. La hauteur de surplomb des voies

Les distances minimales aux obstacles les plus fréquemment rencontrées telles qu'elles résultent des exigences de l'Arrêté Technique, sont indiquées en annexe.

2.2.3.7. Conditions climatiques

Pour l'étude mécanique des lignes, les hypothèses climatiques doivent être définies. Les conditions climatiques du pays devront être prises en compte.

Les hypothèses utilisées par le maitre d'œuvre, CI-ENERGIES, pour concevoir ses ouvrages sont les suivantes :

Tableau 1 : Les hypothèses climatiques (Source : Prescriptions techniques particulières)

Eléments d'hypothèses	Valeur
<i>Température maximale</i>	45°C
<i>Température minimale</i>	12°C
<i>Température moyenne</i>	28°C
<i>Niveau isokéraunique</i>	120
<i>Altitude au-dessus du niveau de la mer</i>	1000 m
<i>Humidité relative</i>	100%
<i>Vitesse du vent</i>	120 km/h
<i>Pluviométrie moyenne</i>	1900 mm/année
<i>Niveau de pollution</i>	Présence de sel

2.2.3.8. Paramètre de pose (P)

Pour réaliser les études des lignes en conducteurs 148 mm² almélec, il sera utilisé un paramètre, P, entre 800 et 1400 m. La valeur du paramètre choisi est adaptée à la configuration du terrain et de chaque canton.

2.2.3.9. Distances aux obstacles latéraux

Ces hypothèses permettent de déterminer les distances aux obstacles latéraux. Elles sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Les hypothèses pour le calcul des distances aux obstacles latéraux (source NFC 11-201)

Hypothèse retenue	Zones normales	Distances aux arbres dans le cas des zones forestières particulièrement exposées aux risques d'incendie
A ₁ 15°C V' = 480 Pa	15°C V' = 480 Pa sur les conducteurs	+15°C V' = 360 Pa sur les conducteurs
A ₂ 15°C V' = 640 Pa	15°C V' = 360 Pa sur les conducteurs	+15°C V' = 480 Pa sur les conducteurs

2.2.3.10. Coefficient de sécurité

Les différentes hypothèses dressées dans le tableau ci-dessous permettent de choisir les coefficients par rapport à la rupture du conducteur :

- ✓ pour les hypothèses A (vent) et B (basse température), les contraintes imposées aux matériels doivent rester dans les limites fixées par la réglementation en vigueur.
- ✓ les calculs prenant en compte les surcharges verticales symétriques ou dissymétriques ainsi que le dimensionnement des semi-arrêts vis à vis des efforts du canton.

Les coefficients de sécurité correspondants, définis par la relation suivante :

Tableau 3: Coefficients de sécurité à retenir suivant l'hypothèse considérée et pour les éléments constitutifs à dimensionner (source NFC 11-201)

Hypothèses	Coefficient par rapport à la rupture
A ou B (σ est noté σ_1)	$\sigma_1 \geq 3$ pour les pièces travaillant en traction : conducteurs, chaînes d'isolateurs haubans... et les supports en bois. $\sigma_1 \geq 2,1$ pour les pièces travaillant en flexion : autres supports, isolateurs rigides, ferrures...
Surcharge (en général σ est noté σ_2)	$\sigma_2 \geq 1,5$ pour les conducteurs, les haubans et les chaînes isolantes ; $\sigma_2 \geq 1,3$ pour les supports en béton, et les ferrures métalliques ; $\sigma_2 \geq 1,15$ pour les poteaux métalliques.

2.2.4. Profondeur d'implantation des supports

Les profondeurs d'implantation des poteaux, les coefficients de stabilité des fondations, leurs conditions de prise en compte suivant la nature et la fonction du support, sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 4 : La profondeur des fouilles (Source :

Supports	Profondeur d'implantation « d » en mm	
	$k_s = 1,2$	$k_s = 1,75$
$F \leq 6,5 \text{ kN}$	$d = \frac{H}{10} + 0,5$	$d = \frac{H}{10} + 0,7$
$F > 6,5 \text{ kN}$	$d = \frac{H}{10} + 1,3$	$d = \frac{H}{10} + 1,5$

- ✓ $k_s = 1,2$ pour les poteaux simples ;
- ✓ $k_s = 1,75$ pour les croisements par-dessus des autoroutes, voies ferrées ainsi que les supports importants des lignes principaux : arrêt simple, arrêt double, semi-arrêt, origine des dérivations en angles importants.

2.2.5 Calcul de l'écartement minimal des conducteurs

L'écartement minimal des conducteurs est la distance minimale à respecter entre les conducteurs afin d'éviter tous contacts en cas d'aléas climatiques. Cet écartement dépend du type d'armements utilisés. Le calcul de l'écartement minimal se fait à l'aide de la formule suivante :

$$e_{min} = k_c \left(\frac{U}{150} + k_z \sqrt{f + L} \right)$$

Avec :

e_{min} , écartement minimal en conducteurs en mètre ;

k_z , coefficient tenant compte de la zone de vent ($k_z = 0,9$ en zone à vent normal et $k_z = 1$ en zone à vent fort) ;

En suspendu : $k_c = 1$ pour les armements alternés ou en drapeau, et $k_c = 0,8$ pour les armements en nappe horizontale, nappe voûte ou en tringle) ;

f , flèche à 45°C sans vent en mètre ;

L , longueur libre de la chaîne en mètre ($L = 0,5 \text{ m}$ pour deux alignements successifs ; $L = 0$ pour deux ancrages successifs ; Pour un encrage d'un seul côté, on fait la moyenne des deux valeurs de e_{min}) ;

U , tension de service en kV.

2.5 Généralités sur les conceptions des lignes

2.5.1 Généralités sur les conceptions des lignes souterraines

✚ Les règles de tracé et de pose

✓ Tracé des réseaux électriques

Les câbles électriques sont posés en général dans l'emprise du domaine public et de préférence sous trottoir.

Les changements de direction sont déterminés de telle façon que les rayons de courbures de câble, après pose ne soit pas inférieurs à 10 fois son diamètre extérieur. Pour le tirage, les rayons de courbure du câble ne doivent pas être inférieurs à 20 fois son diamètre extérieur.

Préalablement, à l'ouverture du chantier proprement dit, il doit être procédé, si nécessaire, à des sondages destinés à vérifier les indications de pose concernant l'encombrement du sous-sol par des réseaux de toute nature.

✚ Travaux de terrassement avant la pose des câbles souterrains

✓ Dimensions des tranchées

▪ Largeur

Celle-ci doit être aussi réduite que possible :

Lorsque la tranchée est utilisée pour les seuls câbles électriques, sa largeur est définie en fonction du nombre de câbles, de leur diamètre et de la présence éventuelle d'accessoires (boîtes de dérivation ou de jonction par exemple).

Sauf impossibilité technique, la tranchée doit permettre de disposer les câbles en nappe horizontale.

Il faut prévoir au minimum 0,20 m d'intervalle entre deux câbles électriques. Cet intervalle peut être réduit dans le cas où il n'y a pas lieu de tenir compte de l'influence thermique d'un câble sur l'autre (en particulier lorsque l'un des câbles est un câble d'éclairage public).

✓ Profondeur

En l'absence de règlement local, ou de contraintes imposées par d'autres ouvrages ou par la nature du sol, et sauf dans les cas spéciaux, la profondeur de la tranchée doit être de :

- 0,8 m au minimum et 1,00 m au maximum sous trottoir ;
- 1,00 m au minimum et 1,30 m au maximum dans les autres cas.

Ces valeurs tiennent compte du fait que les câbles sont généralement posés sur un aménagement de fond de fouille d'une épaisseur de 0,10 m.

▪ Cas de tranchée commune à différents ouvrages

Les dimensions de la tranchée doivent tenir compte des distances minimales de croisement et de voisinage prescrites par l'arrêté technique et dont les plus communément rencontrées

sont rappelées dans le tableau ci-après :

Tableau 5 : La profondeur des tranchées (NFC 11-201)

Nature de la rencontre	Croisement	Voisinage
Nature de l'ouvrage rencontré		
Autre ligne électrique (de toute catégorie ou utilisation)	0,2	
Ligne de télécommunication	0,2	-0,50 m en pleine terre -0,20 m si la ligne de télécommunication est sous fourreau
Canalisation d'eau ou de gaz	0,2	0,20 m

✚ Découpage des revêtements

En l'absence de règlement local, il est souhaitable de découper les chapes et revêtements existants avec précaution à 0,10 m minimum de part et d'autre de l'emprise de la fouille.

L'emploi de la masse et de la pelle mécanique pour ces travaux est interdit.

▪ Exécution de la fouille

Les fouilles sont descendues verticalement jusqu'à la profondeur nécessaire pour satisfaire aux conditions énumérées dans le tableau ci-dessus. Eventuellement, elles sont érayées convenablement et épuisées au fur et à mesure de leur approfondissement.

Dans toutes les fouilles de plus de 1,30 m de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur, des dispositions doivent être prises dans l'aboutissement des parois.

Il est interdit, sauf cas exceptionnels prévus à l'avance, de réaliser des terrassements manuels en sous œuvre.

✚ Aménagement du fond de fouille

▪ Câbles en plein sol

Le fond de fouille est aménagé par l'apport d'une couche de 0,10 m de matériaux (terre fine, sable, etc.) exempt de tout élément susceptible de détériorer la gaine de protection des câbles. Les câbles nus de mise à la terre sont déposés sur le fond de fouille préalablement à la mise en place de cette couche de matériaux d'apport.

Dans le cas particulier où la nature du terrain le permet, le câble pourra être posé directement sur le fond de la tranchée dressé et exempt de toute aspérité. Les profondeurs de tranchées définies peuvent alors être réduites de 0,10 m.

Dans les zones marécageuses, toutes dispositions doivent être prises pour assurer la pose

et le maintien du câble (pose d'un drain, remblaiement de la tranchée avec des matériaux adaptés).

- **Câbles sous fourreau ou en caniveau**

Les fourreaux ou les caniveaux sont posés sur un fond de fouille dressé et nivelé pour permettre le raccordement correct des éléments.

- **Pose des fourreaux ou des caniveaux**

Les fourreaux sont constitués par des tuyaux à emboîtement en ciment, en fibro-ciment, en matière synthétique ou en acier conformes à la normalisation en vigueur.

En cas de passage des câbles unipolaires, non assemblés par terme, les fourreaux ne sont pas armés ou sont en métal amagnétique.

Le diamètre intérieur des fourreaux doit être approprié au diamètre extérieur du câble et ne doit pas être inférieur à 80 mm sauf pour les câbles de branchement à basse tension, pour lesquels il peut être de 40 ou 50 mm (en principe 1,5 à 2 fois le diamètre extérieur du câble). Après pose des fourreaux, il est recommandé de les recouvrir sur une hauteur de 0,20 m de terre débarrassée des grosses pierres.

Les caniveaux sont en béton armé, ils sont posés sur un fond de fouille dressé et nivelé et sont raccordés entre eux avec des goupilles ou par emboitements de façon à former un ensemble continu.

Tous les changements de direction doivent être excités de telle façon que les rayons de courbure du câble après pose ne soient inférieurs à 10 fois son diamètre extérieur.

- ✚ **Dispositions particulières à prendre pour certaines traversées**

- **Traversées des routes, chaussées et allées charretières**

Les câbles électriques traversant les routes, les chaussées et les allées doivent être posés dans des fourreaux de résistance suffisante, permettant de remplacer le câble sans ouverture ultérieure. Il est souhaitable de poser chaque câble dans un fourreau distinct.

Pour les traversées à une profondeur égale ou supérieure à 1 m, il n'est pas nécessaire de noyer les fourreaux, quelle que soit leur nature, dans un lit en béton maigre, sauf avis contraire des services de voiries.

- **Passage à profondeur réduite**

En cas de contraintes particulières, on peut diminuer la profondeur de pose des câbles électriques sous réserve d'une protection mécanique suffisante mettant le câble à l'abri :

-des compressions dues aux efforts de surface ;

-des chocs provoqués par les outils manuels les plus fréquents : pioches, fiches, etc.

Cette protection peut être réalisée à l'aide de fourreaux en matières synthétiques noyés dans le béton, de fourreaux en ciment bétonné, de fourreaux d'acier, etc.

- **Pente accentuée**

En cas de pente accentuée, toutes les précautions sont prises pour que le câble électrique

ne puisse pas se détériorer par traction mécanique. Au besoin, les talus sont traversés en biais.

Si des jonctions doivent être réalisées dans la pente, le câble est de préférence mis dans une position horizontale sur un mètre de part et d'autre de la jonction.

- ✚ Pose des câbles souterrains
- ✓ Précautions pour la mise en place des câbles
 - Câbles en plein sol

Les câbles posés en tranchée ne sont jamais abandonnés provisoirement dans une fouille sans avoir été recouverts d'au moins 0,1 m de terre fine ou de sable.

- Câbles unipolaires en caniveaux

Lorsque des câbles unipolaires sont posés par 3 en caniveaux, le premier câble déroulé est placé sur une couche de sable de 1 cm déposée au fond du caniveau préalablement nettoyé. Il est réparti ensuite une légère couche de sable, puis les deux autres câbles sont posés cote à cote au-dessus du premier.

Les caniveaux sont ensuite remplis de sable et immédiatement fermés par des couvercles jointifs.

Les câbles posés en caniveaux ne sont jamais abandonnés sans que les couvercles aient été mis en place.

Dans les zones de changement de direction, la continuité des caniveaux doit être assurée par la confection d'ouvrages complémentaires (par exemple : radier avant tirage des câbles et murettes latérales supportant une dalle).

- ✚ Remblayage et réfection des surfaces
 - Remblayage sur câbles, fourreaux ou caniveau

Les câbles posés sont recouverts d'une couche de terre fine ou de sable de 0,10 m d'épaisseur.

Les caniveaux munis de leurs couvercles ou les fourreaux, sont recouverts avec la terre bien purgée des grosses pierres sans épandage de sable.

- ✚ Dispositif avertisseur
 - Remblayage des tranchées

Le comblement de la tranchée jusqu'à 0,10 m au moins du dispositif avertisseur est effectué avec les éléments les plus meubles des déblais, éventuellement débarrassés au préalable par criblage de tous matériaux susceptibles d'endommager le câble.

2.5.2 Généralités sur les conceptions des lignes aériennes

✚ Choix du tracé

Le tracé de la ligne de projet s'est fait après une visite sur le terrain qui a permis de voir la nature des terrains rencontrés, de vérifier les points particuliers tels que les angles, les surplombs des ouvrages...

Les différentes extrémités du réseau étant définies par le maître d'œuvre, il a été question pour l'entreprise de choisir le tracé le plus optimal possible.

Ce choix s'est fait en tenant compte des prescriptions de la norme NFC 11-201 à savoir :

- ✓ le tracé doit longer, autant que se peut les routes et être le plus rectiligne possible ;
- ✓ le tracé des lignes doit éviter les arbres ou bouquets d'arbres isolés ayant une valeur esthétique, typique ou signalétique.
- ✓ à la traversée des alignements (haies, allées, routes) et à celle des peuplements massifs (bois, forêts), il convient d'effectuer les abattages ou élagages nécessaires pour que soient respectées les distances prescrites ci-dessous :
- ✓ les supports ne doivent pas être implantés à moins de 30 m de l'axe de la route ;
- ✓ dans les zones loties, l'implantation des supports doit respecter une distance de 2 m de la borne.

✚ Profil en long du terrain

L'étude du profil en long est faite à partir de relevés topographiques.

L'arpentage, pour réaliser les plans et profils en long des lignes, doit être exécuté afin de satisfaire aux exigences suivantes :

- ✓ les exigences sont prises en tout point de l'axe de la ligne ou il y'a un changement de profil et, dans tous les cas, la distance maximale entre deux points d'élévation ne doit pas dépasser 50 m ;
- ✓ le plan doit inclure, à l'échelle correspondante, une bande parcellaire comprenant la description exacte du terrain et des infrastructures existantes sur une largeur de 2x100 m : routes, chemins de fer, bâtiments...

2.6 Etude électrique

2.6.1 Puissance à installer

✚ Puissance desservie par le nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1

Le nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1 est créé pour desservir respectivement les postes 480 et 401. Dans chaque de ces postes un transformateur de 630 kVA sera installé.

✚ Puissance desservie par le nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2

A l'instar du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1, le nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2 est prévu pour alimenter les postes de Houphouët-ville et de Broukro village avec des puissances respectives de 630 kVA.

2.6.2 Méthodologie de dimensionnement des nouvelles lignes

✚ Dimensionnement des câbles

Il est question pour nous de :

- ✓ faire le choix du matériau à utiliser ;
- ✓ faire le choix de la section des câbles en fonction de trois critères :
 - du courant nominal ;
 - du courant de court-circuit lcc ;
 - de la chute de tension en bout de ligne.

✚ Application de la méthodologie et résultats

- Choix des matériaux

Le maître d'Œuvre a imposé les matériaux suivant qui sont énumérées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : les types de conducteurs définies par le Maître d'Œuvre :

Type de ligne	Type de matériau
Ligne souterraine	CIS 3x240 mm ²
Ligne aérienne	Almélec 148 mm ²

• Section de câbles

L'on tient compte de trois critères pour le dimensionnement câbles des nouveau départ 1 issu du Poste source de Bouaké 1 et nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2 :

❖ Le courant nominal

Il est question ici de déterminer l'intensité du courant nominal I_n et vérifier que notre câble peut le supporter.

Les données de calcul du courant nominal sont inscrites dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Caractéristiques des départs

Départs	Grandeurs	Valeurs
Nouveau départ 1 Poste Bouaké 1	S (kVA)	1260
	V (kV)	15
	Cos(Φ)	0,8
Nouveau départ Broukro Poste Bouaké 2	S (kVA)	1260
	V (kV)	15
	Cos(Φ)	0,8

Le courant nominal est déterminé par la formule ci-dessous :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U}$$

Avec : I_n : le courant nominal en A ;

S_n : la puissance transitée dans la câble (VA) ;

U : la tension entre phase (V)

❖ Résultats :

$$I_n = \frac{1260000}{\sqrt{3} \times 15000} = 48,49 \text{ A}$$

L'on retient 50 A comme le courant nominal transité dans chacune des lignes aérienne et souterraine.

❖ Le courant admissible dans les câbles

- Le courant admissible dans le conducteur Almélec 148 mm²

o Conducteurs aériens nus

TABLEAU 1	Conducteur	I admissible en A				
		1	2	3	4	5
	Almélec 34,4	110	130	150	165	180
	Almélec 54,6	145	175	195	220	240
	Almélec 117	235	280	320	355	390
	Almélec 148	270	320	370	410	455
	Almélec 228	350	420	485	540	595
	Al/Ac 116	225	265	305	340	375
	Al/Ac 147	260	310	355	395	435
	Al/Ac 2128	340	405	465	520	570
	Cu 29,3	135	160	180	200	220
	Cu 48,3	185	215	245	275	300
	Cu 116,2	315	375	430	480	525

Source : **Jean-Jacques Graff** « Transport et distribution de l'Energie Electrique)

TABLEAU 2	$\Delta\Theta$	Jour	Nuit
	15	1	2
	20	2	3
	25	3	4
	30	4	5
	35	5	

$\Delta\Theta$: différence entre température ambiante et température max admissible. Les chiffres 1, 2, 3, 4 et 5 correspondent au numéro de colonne du tableau 1 pour un $\Delta\Theta$ donné.

Source : **Jean-Jacques Graff** « Transport et distribution de l'Energie Electrique)

Tenant compte de la différence entre la température ambiante et la température maximale admissible, l'on obtient une différence de température de 20. Cela dit, dans le tableau cette différence de température correspond à un courant admissible de Iz de 320 A.

- Le courant admissible dans le conducteur CIS 3x240 mm²

- o Câbles HTA souterrains enterrés à 80 cm – sol à 20 °C – Régime discontinu

Section	95 Al	150 Al	240 Al
Tripolaire métallisé 11,6 kV	225 A	290 A	395 A
Torsadé tripolaire 12/20 kV	260 A	330 A	440 A

Source : **Jean-Jacques Graff** « Transport et distribution de l'Energie Electrique)

Le courant maximal admissible à 20°C et à 0,8 m sous terre est de 440 A pour le conducteur torsadé 240 Al.

Nous constatons que les différentes sections de câbles à savoir Almélec 148 mm² et CIS 3x240 mm² permettent le transit du courant nominal nécessaire pour l'alimentation de chaque départ. Cela dit, ces deux sections peuvent être conservée en attendant la vérification d'autres critères.

✚ Le courant de court-circuit du conducteur

Il est question de vérifier que en cas de défaut le câble puisse supporter le courant de court-circuit crée pendant un temps assez bref sans l'endommager.

En réalité, la puissance de court-circuit est fonction du réseau en amont de la ligne, mais pour ce qui concerne notre étude, l'on retient les valeurs suivantes en fonction des principales tensions caractéristiques :

Tableau 8 : Les puissances de court-circuit

Tension entre phases (kV)	Puissance de court-circuit (MVA)
150	8000
70	2500
15	350
6	120

Source : **Jean-Jacques Graff** « Transport et distribution de l'Energie Electrique »

Le courant de court-circuit maximal est déterminé par la formule :

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

S : Section du câble (mm²) ;

tcc : durée du court-circuit (s) ;

a : paramètre relatif au conducteur :

- a = 105,3 pour le cuivre ;
- a = 55,07 pour l'aluminium ;
- a = 76,4 pour l'Almélec.

❖ Ainsi, pour l'Almélec 148 mm², le courant de court-circuit maximal vaut :

$$I_{max} = \frac{148 \times 76,4}{1} = 11,3 \text{ kA}$$

11, 3 kA est le courant de court-circuit maximal admissible pour l'almélec 148 mm².

❖ Le courant de court-circuit admissible dans le CIS 3x240 mm² est :

$$I_{max} = \frac{240 \times 55,07}{1} = 13,2 \text{ kA}$$

13,2 kA est le courant de court-circuit maximal admissible pour le CIS 3x240 mm².

✚ Le courant de court-circuit des réseaux

Ce courant est déterminé par la méthode des impédances à partir de la formule suivante :

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

Zcc : Impédance parcouru au réseau jusque au point de défaut ;

U : la tension du réseau ;

Zcc est définie d'abord par la formule suivante :

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_a + R)^2 + (X_a + X)^2}$$

Ra: La réactance du réseau amont ;

Xa : La réactance du réseau amont ;

RI : La réactance de ligne ;

XI : La réactance de la ligne

On a :

$$\frac{R_a}{Z_a} = 0,15$$

$$Z_a = \frac{U}{S_{cc}} = \frac{(15000)^2}{350 \times 10^6} = 0,64 \Omega$$

D'où Ra = 0,096 Ω et Xa = 0,63 Ω

✚ Résistance linéique et impédance des lignes

❖ Caractéristiques des départs HTA

- Le coefficient de correction de température k

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

Avec :

θ : La température de construction ;

θ₀ : La température de référence

Le coefficient α est relatif au type de matériau.

Ainsi pour l'Almélec et l'aluminium, la valeur de α vaut : 0,004 et pour 45°C comme température de construction et 25°C comme température de référence, la vaut que k vaut pour chacun des départs :

$$k = [1 + 0,04(45 - 25)]$$

$$k = 1,08$$

- La résistance linéique des conducteurs

La résistance linéique est définie par la formule suivante :

$$R_0 = \frac{100 \times \rho}{S}$$

ρ dépend du type de matériau utilisé :

- Pour l'almélec, ρ = 0,33 Ω / km / 100 mm² et 0,36
- Pour l'aluminium, ρ = 0,0278 Ω / km / mm²

Ainsi,

- $R_0 = 0,24 \Omega / \text{km}$, pour l'almélec 148 mm^2 et à 45°C , $r_0 = 0,36 \Omega / \text{km}$
- $R_0 = 0,012 \Omega / \text{km}$, pour le CIS $3 \times 240 \text{ mm}^2$ et $r_0 = 0,125 \Omega / \text{km}$

La résistance linéique et réactance totale des départs vaut :

Tableau 9 : Résistance linéique et réactance des conducteurs

Départ	Résistance R de la ligne (Ω)	Réactance X de la ligne (Ω)
Nouveau départ 1 poste Bouaké 1	0,35	0,034
Nouveau départ Broukro Poste Bouaké 2	1,96	1,13

- L'impédance équivalente des conducteurs

Ainsi, les impédances équivalentes valent :

- Nouveau départ 1 issu du Poste source de Bouaké 1

$$Z_{cc} = \sqrt{(0,096 + 0,35)^2 + (0,63 + 0,034)^2}$$

$$Z_{cc} = 0,8 \Omega$$

Cela dit, le courant de court-circuit de ce départ vaut :

$$I_{cc} = \frac{15000}{0,8 \times \sqrt{3}}$$

$$I_{cc} = 10,83 \text{ kA}$$

L'on constate que $I_{cc} < I_{max}$, ce qui signifie que la câble CIS $3 \times 240 \text{ mm}^2$ peut supporter le courant de court-circuit de ce départ pendant une seconde sans être endommager.

- Nouveau départ Broukro issu du Poste source de Bouaké 2

$$Z_{cc} = \sqrt{(0,096 + 1,96)^2 + (0,63 + 1,13)^2}$$

$$Z_{cc} = 2,7 \Omega$$

Cela dit, le courant de court-circuit de ce départ vaut :

$$I_{cc} = \frac{15000}{2,7 \times \sqrt{3}}$$

$$I_{cc} = 3,2 \text{ kA}$$

On constate que $I_{cc} < I_{max}$, cela traduit que le mixte de câble de ce réseau Almélec 148 mm^2 et CIS $3 \times 240 \text{ mm}^2$ peut supporter le courant de court-circuit de ce départ pendant une seconde.

✚ La chute de tension des départs

La chute de tension est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right) \% = (P \cdot D \cdot \frac{r + X \cdot \tan \rho}{U^2}) \times 100$$

Avec :

r : Résistance linéique du départ en Ω / km ;

X : Réactance linéique du départ en Ω / km

$\tan \rho$: tangente moyenne supposée du réseau = 0,5 ;

U : Tension du réseau en kV;

P : Puissance transitée dans le départ en MW ;

D : Distance du départ en km

La puissance active vaut : $P = \sqrt{3} \times U \times I_n \times \cos \rho$

Tableau 10 : Valeur des chutes de tension

Départs	Section (mm ²)	P(MW)	D (km)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	$\tan \rho$	U (kV)	($\Delta U/U$)% partielle	($\Delta U/U$)% cumulée
Nouveau départ 1	3x240	1,04	2,8	0,35	0,034	0,5	15	0,47	0,47
Nouveau départ Broukro	148	1,04	4,57	1,96	1,13	0,5	15	5,33	5,76
	3x240	1,04	2,55	0,35	0,034	0,5	15	0,43	

L'on constate que les chutes de tension des différents départs sont inférieures à la chute de tension admissibles qui est de 7% (Norme NFC 11-201). Ainsi, les sections de 148 mm Almélec et CIS 3x240 mm² peuvent servir pour la construction des différents départs. Néanmoins, vu la chute de tension très faible du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1, un câble d'une section plus petite pouvait être utilisé.

Toutefois, l'on va tenir compte des différentes sections de câble imposée par le maître d'œuvre pour la construction de la ligne.

2.7 Calcul mécanique

2.7.1 - Présentation du logiciel utilisé : CAMELIA

CAMELIA est un logiciel de **Calcul Mécaniques de Lignes Aériennes** de distribution, offrant en standard une bibliothèque d'hypothèses, de règles de calcul et de matériels totalement compatible avec la norme française C 11-201.

Le programme fait le choix des supports, des armements et des DAC en fonction des efforts

calculés pour différentes hypothèses climatiques, symétriques ou dissymétriques.

Il vérifie l'écartement entre conducteurs nus, l'inclinaison et le retournement des chaines isolantes.

Il édifie les tableaux de pose, calcule la surface de givre de déclenchant les DAC et restitue après leur ouverture.

De plus, il permet l'étude des supports d'appui commun aux lignes d'énergie et de télécommunications, l'étude d'une portée unique, la vérification du croisement de deux lignes et l'ajout de matériels en bibliothèque.

2.7.2 – Insertion des données climatiques dans CAMELIA

Il s'agit d'insérer dans le logiciel les données climatiques relatives au projet et mentionnées plus haut dans les spécifications techniques du Maître d'Œuvre.

2.7.3 – Insertion des données de chaque support dans CAMELIA

L'on importe la ligne de projet dans le logiciel. A partir de cette ligne, l'on implante les différents supports de la ligne et toutes les informations relatives à chaque support.

L'image ci-dessous en est une illustration.

The screenshot displays the 'SAISIE DES DONNEES DES SUPPORTS' window in the CAMELIA software. It features a data table with columns for support types (N, D) and rows for various technical parameters. Below the table is a 'Longueur de portée (m)' row and a 'Crédit photos' section with small images of different support structures. At the bottom, there is a 3D visualization of a power line with various support types and dimensions.

Type (N, D ou *)	N	N	D	N	N	D	N	N	N	N	N	S	N
Nom	EXI1	EXI2	1	EXI3	EXI4	1	2	3	4	5	6	7	9
Hauteur (m)	12	12	11	12	12	11	10	13	10	10	12	12	12
Altitude (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Angle de piquetage	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	-5	0	-40
Orientation supportgr	0	100	90	100	0	D90	100	0	100	100	100	70	20
Fonction	AS	SF	DSF	SF	AS	DAS	SF	AD	DA	SF	SF	DSF	HAD
Branchements	Aucun												
Nature	BE	Aucun	BE										
Structure	S		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S
Classe		D	E	D		E							E
Ecart entre unifilaires (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nature du sol	C3												
Coef. ks	1.75	1.2	1.75	1.2	1.75	1.75	1.2	1.75	1.2	1.2	1.2	1.75	1.75
Surimplantation (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arnement	NA3Y	NV1	NV1	NV1	NA3Y	NA3Y	VRH	NAZY	NAZY	VRH	VRH	VRH	NAZY
Orientation arnementgr	0	100	110	100	0	0	100	0	100	100	100	130	0
Décalage d'accrochage (m)	0	0	0	0	0	1	0	0.8	0	0	0	0	0
Isolateur	175	175	175	175	175	175	20T	175	175	20T	20T	20T	175
Equipement								IA1					
Longueur de portée (m)	180	180	170	170		100	90	110	100	90	105	80	

2.7.4 Résultats des calculs mécaniques

Les résultats générés par le logiciel sont en annexe 1 et le profil en long habillé du nouveau départ Broukro est en annexe 9.

✚ Résultats des écartements

Les écartements réels ont une valeur comprise entre 1,07 et 1,05 m.

La valeur des écartements entre phases sur chacune des armatures des différents supports est optimale. Cela dit, le risque de contact direct entre les trois (3) conducteurs n'existe pas. Le résultat des écartements est satisfaisant.

✚ Vérifications des conducteurs

La tension de rupture des conducteurs dans chaque canton est comprise entre 4,81 kN et 9,21 kN. Ces valeurs sont inférieures à 48 kN, qui est la tension de rupture du conducteur almélec. Par conséquent, il n'y a pas de risque de rupture de conducteurs.

✚ Résultats des inclinaisons et retournement des chaînes

Les différents efforts exercés sur les armements ont des comprises :

- efforts horizontaux (q) : $0,16 \text{ kN} \leq h \leq 0,28 \text{ kN}$;
- efforts verticaux (q) : $0,06 \text{ kN} \leq q \leq 0,63 \text{ kN}$;
- la différence entre les angles de gauche et les angles de droite de chaque armement est inférieure à 16 grades.

2.8 Eude réalisation : Pose de Câble

Le plan d'exécution de la ligne souterraine a été conçu en prenant en compte toutes les spécifications techniques établies dans la méthodologie de conception des lignes souterraines. Le plan d'exécution du n

✚ Les types profil de tranchées

- La coupe type profil terrain normal

Cette coupe présente la mise en œuvre de l'exécution des tranchées pour un terrain normal sans croisement de chaussée.

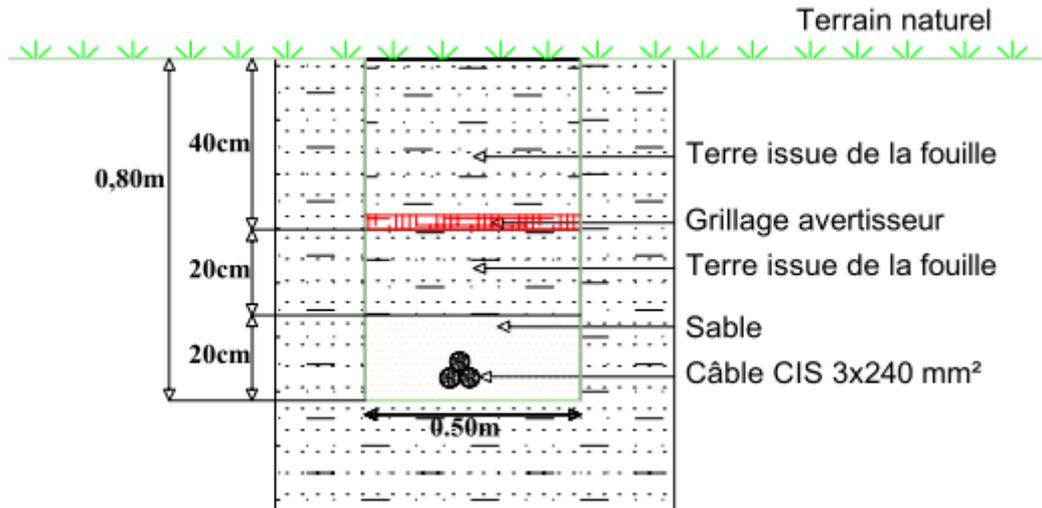


Figure 8 : Coupe type terrain normal

- La coupe type profil traversées de voie

Cette coupe présente la mise en œuvre de l'exécution des tranchées pour un terrain avec croisement de chaussée.

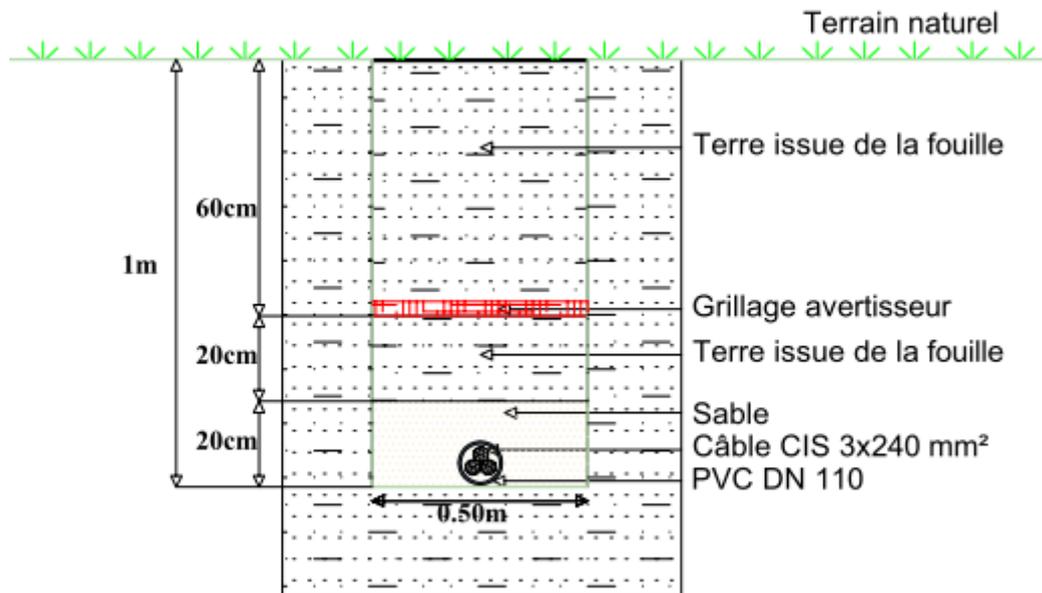


Figure 9 : Coupe type traversée de voie

2.9 Evaluation financière des nouveaux départs

Le devis quantitatif du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1

Le coût total de la création du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1 est évalué à **89.238.641** FCFA.

Le devis quantitatif du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1 est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Devis quantitatif du nouveau départ issu du poste source de Bouaké 1

DEPART 1 POSTE BOUAKE 1

Numéro	Titre	Unité	Qte [1]	Prix Unitaire (Euro) [2]	Total (Euro) [3=1x2]
105.10	Fouilles				
105.101	Ouverture de tranchée 0,50 x 0,80	m	2015	1,80	3 627,00
105.105	Ouverture tranchée 0,5 x 1,6	m	48	2,50	120,00
105.106	Fouille entrée poste	m ³	0	2,50	0,00
105.108	Utilisation d'un pousse-tube 1m de profondeur	m	132	10 ,00	1 320,00
105.110	Sable d'apport	m ³	264	5,80	1 531,20
105.111	Evacuation de déblais	m ³	264	1,50	396,00
105.113	Grillage avertisseur 0,40 m	m	2538	0,40	1 015,20
105.117	Fourreau "RYB" 214 HD	m	132	4,00	528,00
105.119	Borne de repérage	pcs	52	4,00	208,00
105.120	Plus-value déroulage sous buse	m	132	0,40	52,80
105.133	Découpage et rangement de gazon	m ²	25	0,50	12,50
105.134	Remise en place de gazon	m ²	25	1,00	25,00
105.20	Câbles				
105.203	Câble HTA CIS - 12/20 KV 3 x 240 mm ²	m	2170	23,00	49 910,00
105.205	Boite de jonction 3x240 mm ²	pcs	7	605,00	4 235,00
105.207	Extrémité simplifiée extérieure ens de 3	pcs	3	250,00	750,00
105.208	Ensemble Remontée aéro-souterraine ERAS	pcs	3	65 ,00	195,00
107.20	Câbles souterrain BT				0,00
108	Postes				0,00
108.10	Equipement				0,00

108.101	Cellule arrivée réseau (IM 24 kV/400 A)	pcs	2	4 500,00	9 000,00
108.102	Cellule protection transfo (PM 24 kV/400 A)	pcs	1	5 200,00	5 200,00
108.107	Cellule arrivée réseau 24 kV /400 A motorisée	pcs	2	5 700,00	11 400,00
108.109	Cellule couplage 24 kV/400 A motorisée	pcs	2	10 500,00	21 000,00

Numéro	Titre	Unité	Qte [1]	Prix Unitaire (Euro) [2]	Total (Euro) [3=1x2]
108.20	Bâtiment				
108.201	Génie civil poste 22 TS type CI-ENERGIES	pcs	1	9 100,00	9 100,00
108.411	Câble BTA unipolaire 240 mm ² Alu	m	61	6,90	420,90
108,60	EP – Tableau				
	TOTAL BORDERAU DE PRIX RESEAUX				136 242,20
	Prix avec indice cuivre 1 de révision des prix applicable				
	Prix avec indice cuivre 2 de révision des prix applicable				
	Prix avec indice acier de révision des prix applicable				
	Item rémunéré au forfait				

Le devis quantitatif du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2

Le coût total de la création du nouveau départ 1 issu du poste source de Bouaké 1 est évalué à **111.589.633** FCFA.

Le devis quantitatif du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2 est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Devis quantitatif du nouveau Broukro issu du poste source de Bouaké 2

NOUVEAU DEPART BROUKRO

Numéro	Titre	Unité	Qte [1]	Prix Unitaire (Euro) [2]	Total (Euro) [3=1x2]
102.115	Poteau béton 12/1600B	pcs	49	950,00	46 550,00
102.119	Poteau béton 13/650A	pcs	40	560,00	22 400,00
102.123	Poteau béton 13/1600B	pcs	1	1 050,00	1 050,00

102.20	Conducteurs aériens				0,00
102.204	Câble Alm 148 mm ²	km	16,3958	2 810,00	46 072,06
102.208	Déroulage câble Alm 148 mm ² en agglomération	km	15,615	220,00	3 435,30
102.30	Accessoires aériens				
102.302	Armement HTA - BIS - 70/600	pcs	120	35,00	4 200,00
102.307	Ferrure galvanisé	kg	3000	3,90	11 700,00
102.309	Chaîne isolateur à 3 éléments	pcs	305	42,00	12 810,00
102.311	Rallonge d'ancrage	pcs	24	10,00	240,00
102.314	Pince d'alignement 148 mm ²	pcs	149	25,00	3 725,00
102.317	Pince d'ancrage 148 mm ²	pcs	156	35,00	5 460,00
102.320	Ponts de raccordement 117 ou 148 mm ² (ensemble de 3 ponts)	pcs	27	18,00	486,00
102.322	Ensemble de trois parafoudres 24 kV	pcs	12	400,00	4 800,00
102.326	IACM 24 kV 400A	pcs	1	1 850,00	1850,00
104.201	Dépose support béton réutilisable F< 650 daN	pcs	20	30,00	600,00
104.202	Dépose support béton réutilisable 650 >F<=1250 daN	pcs	3	35,00	105,00

Numero	Titre	Unité	Qte [1]	Prix Unitaire (Euro) [2]	Total (Euro) [3=1x2]
104.30	Câbles				0,00
104.304	Dépose de câbles nus S<90 mm ²	km	3	35,00	105,00
105	Réseau HTA souterrain				0,00
105.10	Fouilles				0,00
105.101	Ouverture de tranchée 0,50 x 0,80	m	2620	1,80	4 716,00
105.105	Ouverture tranchée 0,5 x 1,6	m	300	2,50	750,00
105.106	Fouille entrée poste	m ³	8	2,50	20,00
105.108	Utilisation d'un pousse-tube 1m de profondeur	m	75	10,00	750,00
105.110	Sable d'apport	m ³	292	5,80	1 693,60
105.111	Evacuation de déblais	m ³	292	1,50	438,00
105.113	Grillage avertisseur 0,40 m	m	2920	0,40	1 168,00
105.117	Fourreau "RYB" 214 HD	m	95	4,00	380,00
105.119	Borne de repérage	pcs	55	4,00	220,00
105.120	Plus-value déroulage sous buse	m	95	0,40	38,00

105.131	Enlèvement de pavées pour les réutiliser	m ²	35	1,50	52,50
105.132	Remise en place de pavées	m ²	35	1,50	52,50
105.133	Découpage et rangement de gazon	m ²	50	0,50	25,00
105.134	Remise en place de gazon	m ²	50	1,00	50,00
105.20	Câbles				
105.203	Câble HTA CIS - 12/20 KV 3 x 240 mm ²	m	2550	23,00	58 650,00
105.205	Boite de jonction 3x240 mm ²	pcs	9	605,00	5 445,00
105.206	Extrémité simplifiée intérieure ens de 3	pcs	7	185,00	1 295,00
105.207	Extrémité simplifiée extérieure ens de 3	pcs	9	250,00	2 250,00
105.208	Ensemble Remontée aéro-souterraine ERAS	pcs	9	65,00	585,00
107.201	Câble HGE 3 x 150 + 70 mm ²	m	200	15,00	3 000,00
107.202	Câble HGE 4 X 25 mm ² 4x16	m	200	5,20	1 040,00
107.203	Remontée aéro-souterraines	pcs	10	45,00	450,00
108	Postes				0,00
108.10	Equipement				0,00
108.101	Cellule arrivée réseau (IM 24 kV/400 A)	pcs	4	4 500,00	18 000,00
108.102	Cellule protection transfo (PM 24 kV/400 A)	pcs	3	5 200,00	15 600,00

Numéro	Titre	Unité	Qte [1]	Prix Unitaire (Euro) [2]	Total (Euro) [3=1x2]
108.20	Bâtiment				0,00
108.201	Génie civil poste 22 TS type CI-ENERGIES	pcs	3	9 100,00	27 300,00
108.308	Transformateur 630 kVA bitension- 15-20/0,4 kV-15/0,4 kV	pcs	3	14500,00	43 500,00
108.40	Aménagement –raccordements				0,00
108.402	Tableau TUR VIII-1200	pcs	3	1 975,00	5 925,00
108.404	Mise en place câble HTA en caniveau	pcs	3	35,00	105,00
108.405	Extrémité cellule protection ens de 3,50 ²	pcs	3	114,00	342,00
108.406	Bornes embrochables 250A 50 ² pour transfo	pcs	9	450,00	4 050,00
108.407	Mise en place et raccordement câble BTA transfo-TUR ens	pcs	3	200,00	600,00
108.408	Raccordement câble départ BTA	pcs	10	30,00	300,00
108.409	Chemin de câbles	m	24	15,00	360,00
108.410	Câble HTA unipolaire 50 mm ² Alu	m	90	13,00	1 170,00

108.411	Câble BTA unipolaire 240 mm ² Alu	m	180	6,90	1 242,00
108,60	EP – Tableau				0,00
108.602	Tableau EP 3 x 80 A	pcs	3	710,00	2 130,00
108.604	Cellule photoélectrique	pcs	3	122,00	366,00
108.605	Raccordement câble départ EP	pcs	15	15,00	225,00
109.30	Essais et mise service :				
	TOTAL BORDERAU DE PRIX RESEAUX				170 371,96
	Prix avec indice cuivre 1 de révision des prix applicable				
	Prix avec indice cuivre 2 de révision des prix applicable				
	Prix avec indice acier de révision des prix applicable				
	Item rémunéré au forfait				

Tels que planifiés et avec les moyens financiers requis, le chantier pourrait être clôturé le 29 Octobre 2019. L'entreprise s'attèle à respecter les délais.

CONCLUSION

L'on a effectué notre projet sur l'étude et le dimensionnement des liaisons électriques de la création des départs HTA.

L'étude a consisté à réaliser les calculs électriques électriques et mécaniques du nouveau départ Broukro issu du poste source de Bouaké 2.

Des calculs et choix des équipements de la ligne ont été fait avec le logiciel CAMELIA imposé par le Maître d'Œuvre (CI-ENERGIES). Ces calculs ont donné les résultats suivants :

- Le nombre de supports est de 75 repartis entre les supports de type : 12 1600 B ; 13 650 A ; 12 1600 B et 12 1250 B ;
- Les armements sont du type NA3Y-10000, AS70-700, NA3Y-3150, NA3Y-8000, NA4Y-6300, NA4Y-8000, NA3Y-6300 ;
- Les isolateurs sont de deux types à savoir : AN-FXBW20.70, AL-FXBW20.70.

Aussi, avec un investissement de l'ordre de plus de 200.000.000 de FCFA, une étude suivant les normes en vigueur s'avérait nécessaire et permet d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

ANNEXE 1: LES DONNEES ET RESULTATS SUR CAMELIA

ANNEXE 2: LES HAUTEURS DE SURPLOMB DES VOIES.

DISTANCES MINIMALES A RESPECTER

TABLEAU RECAPITULATIF

Catégorie des ouvrages de distribution Nature des surplombs et voisinages	BT		HTA			Référence
	Conducteurs		Conducteurs nus		Conduct. isolés	Arrêté Technique du 17mai 2001
	Nus	Isolés	20 kV	33 kV		
SURPLOMB DE TERRAINS						
Terrain ordinaire	6 m	5 m	6 m	6 m	5 m	Article 24
Terrain agricole	6 m	5 m	6 m	6 m 20	5 m	Article 24
Cour de ferme ou d'usine	h + 1 m	h + 1 m	h + 1 m	h + 1 m 20	h + 1 m	Art. 24, h : hauteur maxi de l'engin
Enseignement, sport, jeux	INTERDIT	6 m	à éviter	à éviter	6 m	Art. 48, Art. 60-2
SURPLOMB DE VOIES						
Voies accessibles aux véhicules						
• routes	6 m	6 m	8 m	8 m	6 m	Article 24
• autoroutes	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	
Voies pour passage d'engins de grande hauteur	h + 1 m	h + 1 m	h + 1 m 20	h + 1 m 20	h + 1 m	Article 24
Voies et plans d'eaux mat des bateaux hauteur h	h + 1 m	h + 1 m	h + 1 m	h + 1 m 20	h + 1 m	Art. 30, h : donné par règlement de police
Navigation à voile	9 m	9 m	9 m	9 m 20	9 m	si règlement n'indique pas la hauteur
Sans voile	8 m	8 m	8 m	8 m 20	8 m	si aucun règlement n'existe

ANNEXE 3: LES DIMENSIONS DES GRILLES DE PRISES D'AIR

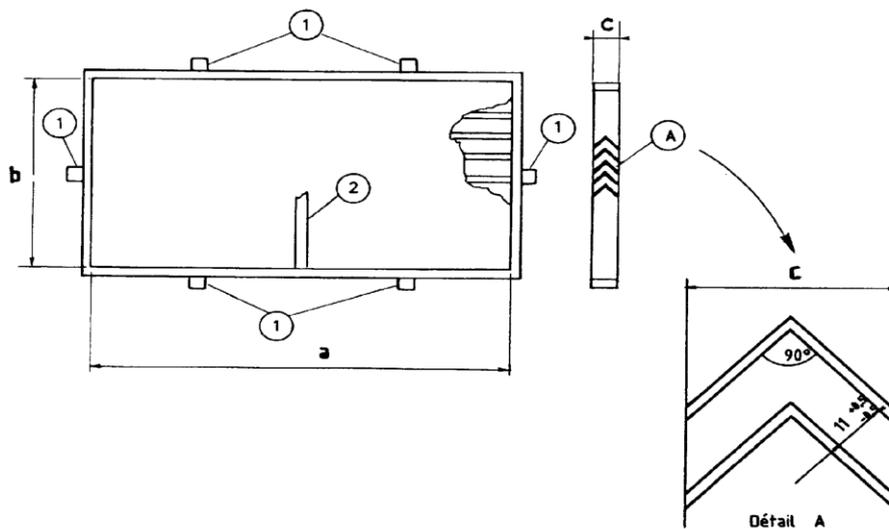
STD-AFNOR NF C 11-201-FREN 1996 ■ 1012372 0644430 728 ■

NF C 11-201

– 82 –

VENTILATIONS

Cotes en mm



Type	a	b	c	S utile en m ² (*)
1	800	400	40	0,27
2	800	600	40	0,41
3	1 200	300	40	0,30
4	1 200	600	40	0,61
5	1 200	800	40	0,85

Répère fonction	Observations
1 Patte de fixation	A définir par le constructeur
2 Renfort éventuel	A définir par le constructeur

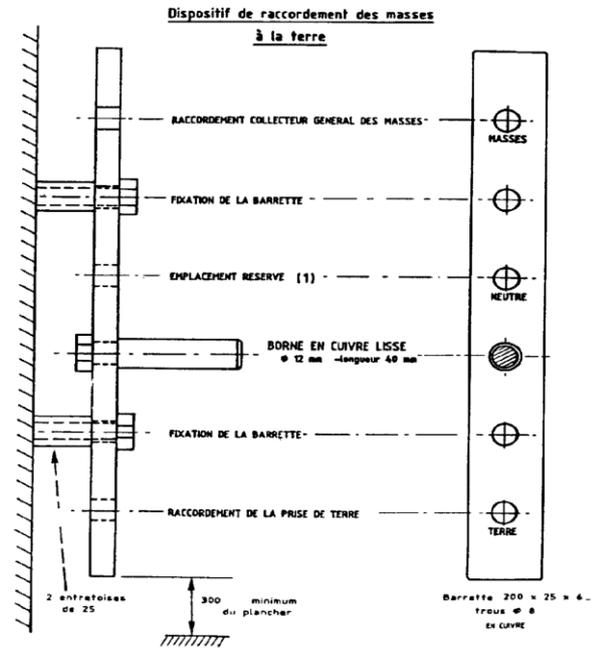
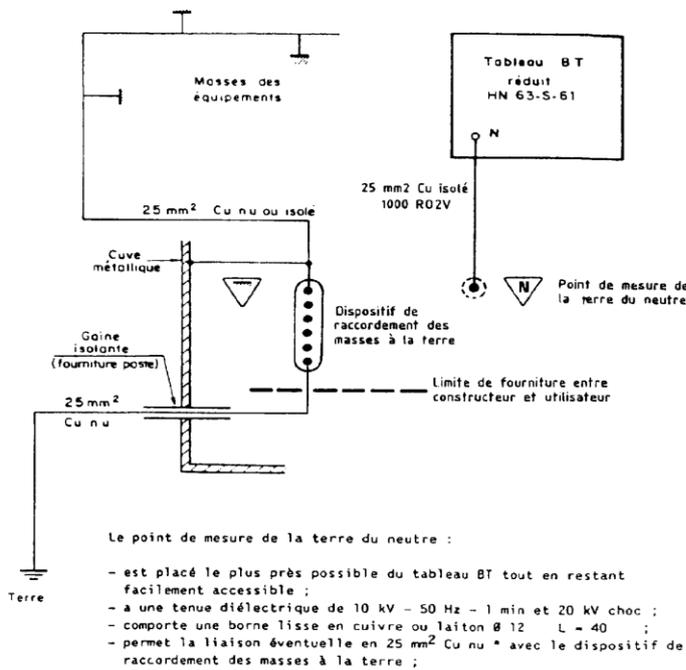
(*) $a \times b \times 0,85$

Figure 32

ANNEXE 4: CIRCUIT DE PROTECTION ET DE MISE A LA TERRE

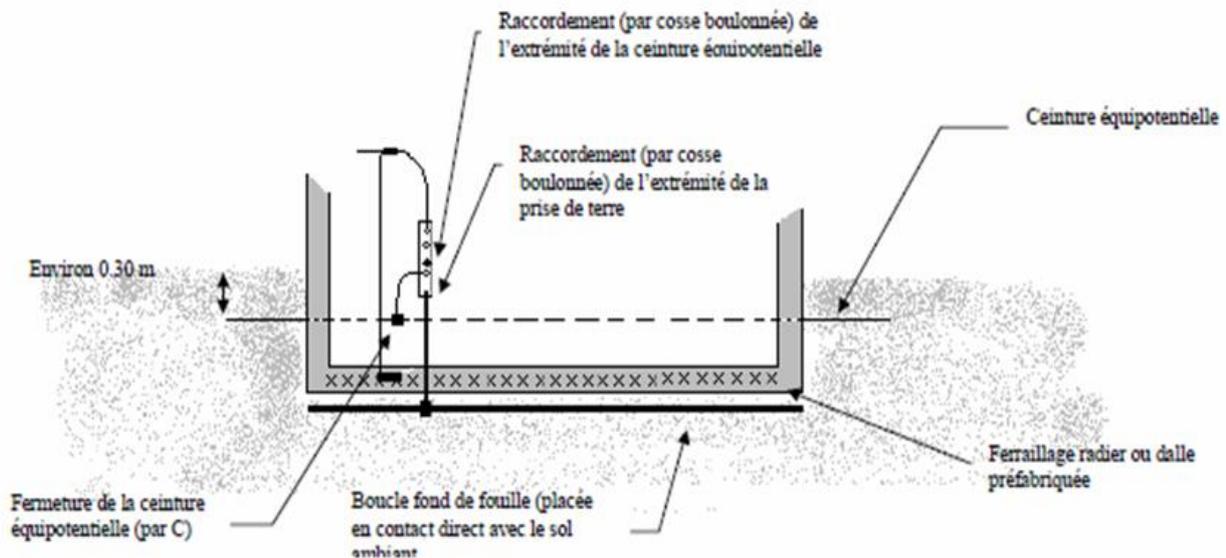
CIRCUITS de PROTECTION et de MISE à la TERRE
des POSTES HTA/BT

COTES en mm

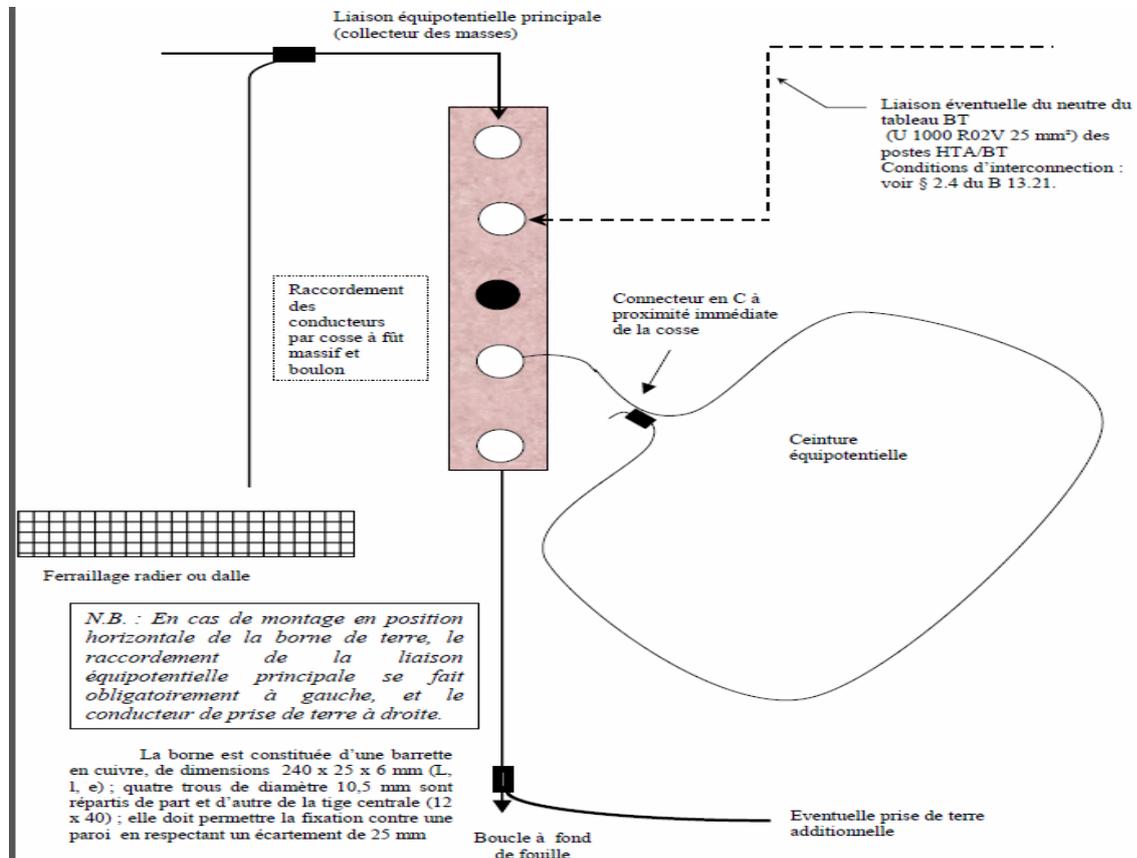
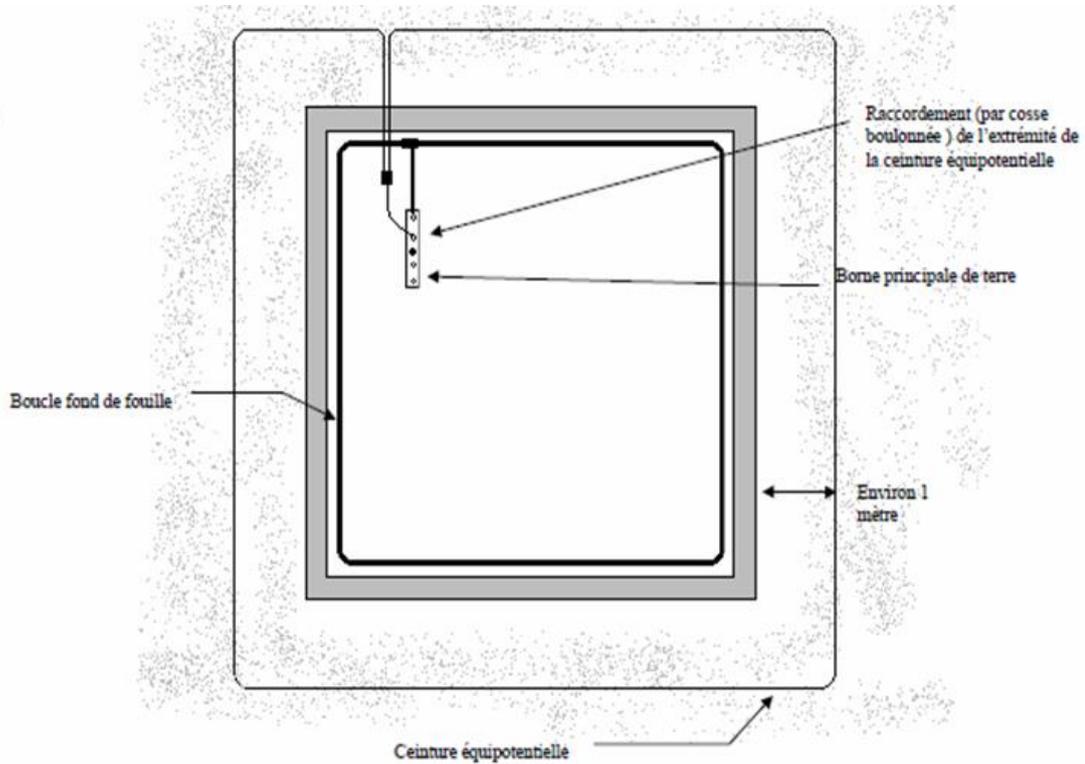


(1) Cet emplacement permet le raccordement du neutre dans le cas particulier où la résistance de mise à la terre des masses, reliée à la terre du neutre est < 1 Ohm

Figure 34



ANNEXE 5: PRECAUTIONS REQUISES POUR LE CONDUCTEUR NEUTRE ET LES CIRCUITS AUXILIAIRES DU POSTE



ANNEXE 6: LE PLAN D'EXECUTION DU NOUVEAU DEPART 1 ISSU DU POSTE
SOURCE DE BOUAKE 1

ANNEXE 7: LE PLAN ARCHITECTURAL ET STRUCTURAL DES POSTES DE
REFLEXION.

ANNEXE 8 : LE PROFIL EN LONG HABILÉ DU NOUVEAU DÉPART BROUKROISSU DU
POSTE SOURCE DE BOUAKE 2

ANNEXE 9 : PLANNING DU PROJET

Numéro	RUBRIQUE	Zone	Longueur du réseau HTA (m)	Nombre de supports	Début des travaux	Fin des travaux	Essais et mise en service	Observations
1	DEPARTS							
1.1	Nouveau départ froid 1 Poste Bouaké 1	De la place de la paix au poste 433 près du centre de métier féminin	2822,18	0	27/06/2019	07/08/2019	06/09/2019	L'entreprise s'attèle à respecter les délais
1.8	Nouveau départ Broukro Poste Bouaké 2	Du poste source Bouaké à Broukro village	7122,17	63	11/03/2019	25/08/2019	24/09/2019	

Numéro	RUBRIQUE	Zone	Type de travaux		Début des travaux	Fin des travaux	Essais et mise en service	Observations
			Génie Civil	Génie Electrique				
2	POSTES DE TRANSFORMATION							
2.2	Poste de réflexion							
2.2.1	Poste 401	Gonfreville	Oui	Oui	26/11/2018	04/02/2019	01/05/2019	
2.2.2	Poste Broukro village	Amonikro	Oui	Oui	26/11/2018	04/02/2019	01/05/2019	

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *M. Jean-Jacques Graff, « Calcul mécanique des lignes aériennes, tome 3 », cours électrification rurale de 2iE.*
- [2] *Vanille Sandre TEFEGUIM, « Construction d'une ligne électrique haute tension 90 kV », mémoire de fin de cycle 2iE.*
- [3] *Moussa Mahamane SANI, « Calcul mécanique des lignes », cours calculs mécanique 2iE.*
- [4] *Séquélec « Guide pratique pour la construction des postes de distribution publique »*
- [5] *Idrissa ZOUGBA, « Etude et dimensionnement de la liaison électrique interurbaine PA-DEDOUGOU : TRONCON 33 kV SAFANE -WONA », mémoire de fin de cycle 2iE*