



**ECOLE NATIONALE
D'INGENIEURS DE SFAX**



**SOCITE TUNISIENNE
D'ÉLECTRICITÉ ET DE GAZ**

RAPPORT DE STAGE

Etablissement d'accueil :

STEG – District de Gafsa

Encadré par :

Mr. MABROUK YOUSSEF

Réalisé par :

Mr. SLIMENE MAJDI

REMERCIEMENTS

J'ai le grand plaisir de remercier Mr Hamed Mohsen le directeur du district de STEG de Gafsa qui avez accepté de m'accueillir dans le district et de m'aider d'une autre manière à approfondir mes connaissances et obtenir une expérience dans le domaine pratique.

Mes chaleureuses remerciements s'adressent particulièrement à Mr.Adel Belhoula, Mr.Mohamed Ali Dziri et Mr.Youssef Mabrouk ; chefs des unités exploitation, études et travaux.

Vous avez été très serviable et très à me bien encadré.

Avec beaucoup de respect, je ne n'oublie pas de remercier tous les contremaîtres, les chefs d'équipes, les techniciens et les agents qui, tout au long de l'élaboration de ce travail, n'ont pas cessé de me prodiguer leurs précieux conseils, de me fournir la documentation et l'instrumentation dont j'avais besoin.

Je me fais aussi un devoir de remercier tout le personnel administratif du district pour l'accueil chaleureux qu'il ma réservé et les conditions saines de travail qu'il ma offertes.

SOMMAIRE

PREFACE	3
ORGANIGRAMME	4
I. LA STEG EN MOTS	5
II. PRESENTATION DU DISTRICT DE GAFSA	7
III. UNITE D'ETUDE	8
IV. UNITE D'EXPLOITATION	14
V. UNITE LABORATOIRE	16
VI. UNITE TRAVAUX	19
ETUDE DE CHUTE DE TENSION	20
CONCLUSION	28
ANNEXE	29

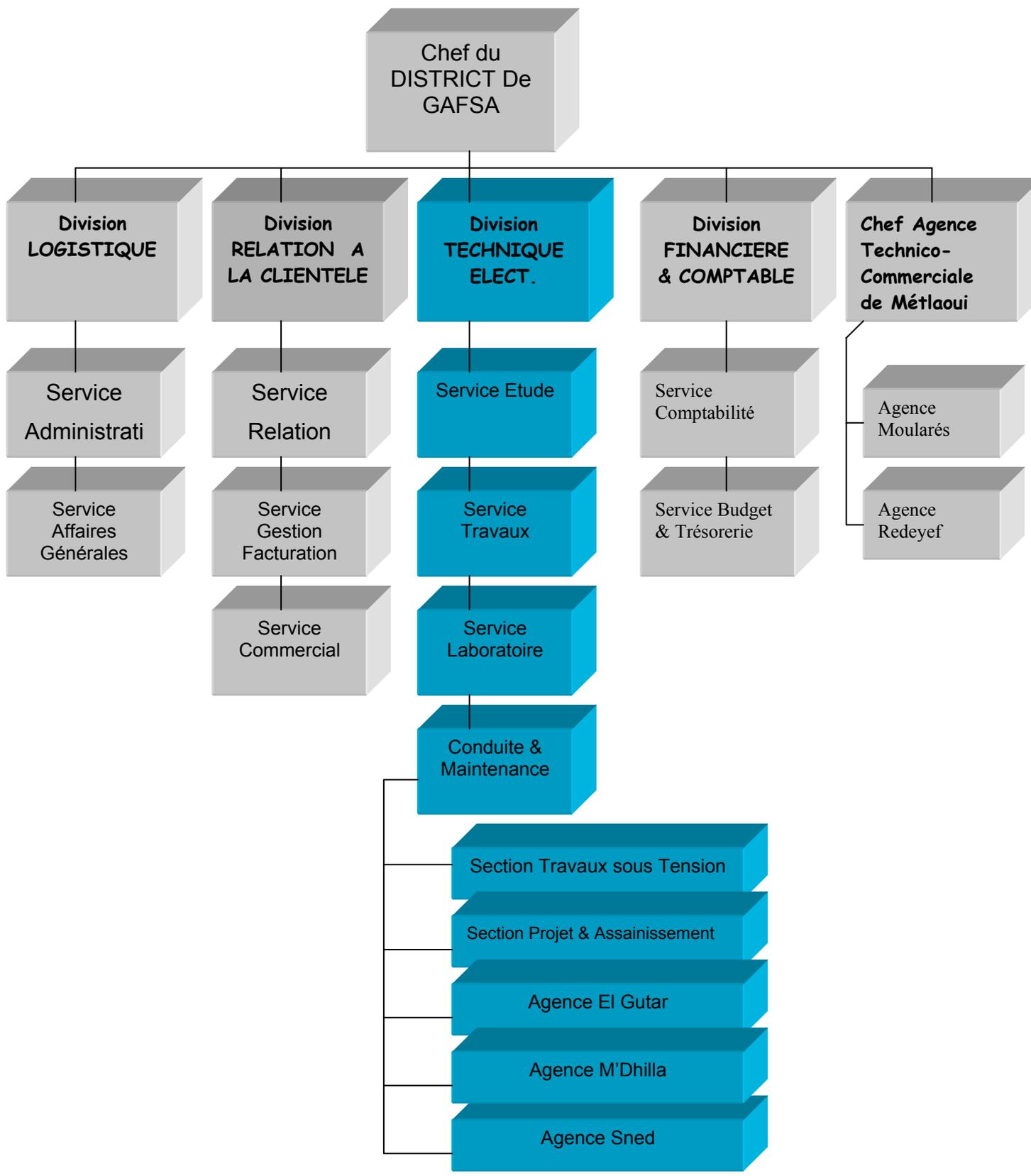
PRÉFACE

Le stage des élèves ingénieurs de l'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax a pour objectif de permettre au stagiaire de vivre les réalités des usines et des entreprises et de le préparer à aborder le monde professionnel et se familiariser avec les techniques actuelles.

Alors, comme tous mes collègues, j'ai fait durant la période du **1^{er}** au **31 juillet 2006** un stage au sein du **STEG** district du **Gafsa**, dans la division technique électrique.

Durant la période du stage, j'ai accompli le programme de stage fixé par le responsable du stage au sein de l'entreprise.

Je me suis soumis aux mêmes contraintes que les employés de l'entreprise ; horaire de travail, ponctualité, assiduité, discipline...



LA STEG EN MOTS:

Crée en 1962, la Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz (STEG) est une Entreprise Publique à Caractère Commerciale (EPIC) responsable de la production d'électricité, du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz naturel à travers toute la Tunisie.

La STEG assure au niveau national la mission de fourniture de l'électricité et du développement du réseau du gaz et de réalisation d'une infrastructure électrique et gazière permettant un développement équilibré sur tout le territoire national.

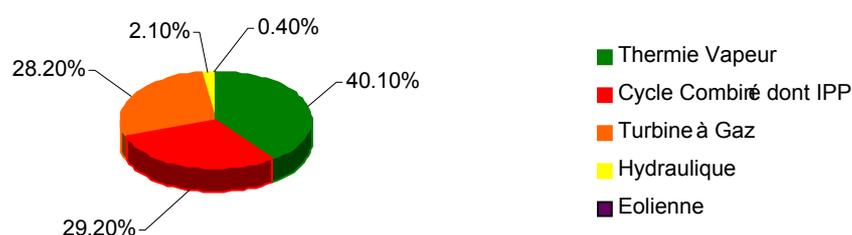
Aujourd'hui, le taux d'électrification global du pays a atteint 99%. Le nombre total de clients s'élève à près de 2.600.000 clients.

La STEG s'occupe principalement de réaliser trois tâches qui sont ; la production, le transport et la distribution.

A. LA PRODUCTION :

La STEG dispose d'un parc de production diversifié réparti en une vingtaine de centrales et composé de turbines à gaz, turbines à vapeur, cycles combinés, turbines hydrauliques et éoliennes.

Les choix technologiques sont basés sur la recherche du meilleur compromis entre les exigences de fiabilité, de disponibilité, de moindre coût et de respect de l'environnement.



Toujours dans l'objectif de contribuer à préserver l'environnement, la STEG a intégré l'éolien parmi ses choix. Ainsi, une première centrale de 20MW a été mise en service à partir de 2000 à Sidi Daoud au Nord-Est du pays. En outre, une deuxième centrale est prévue au cours du dixième plan national.

B. LE TRANSPORT :

Le réseau de transport est constitué de ligne à très haute tension alimenté par les centrales électriques à partir de tension permettant de réaliser à tout instant des charges d'énergie considérable entre les centres de production et des régions consommatrices.

Le réseau national de transport est exploité par la STEG. Il comporte une cinquantaine de postes HT1 et près de 4500 km de lignes HT. Afin de réduire l'indisponibilité des ouvrages, la STEG a introduit les travaux sous tension sur le réseau HT et les techniques numériques dans le système de protection des lignes HT.

C. LA DISTRIBUTION :

Le réseau de distribution d'électricité s'étend fin 2005 sur 130 314 Km. Le taux global d'électrification du pays (urbain et rural) a atteint le niveau appréciable de 99.2%.

Dans les années à venir, les efforts seront orientés essentiellement vers l'assainissement des réseaux urbains, la décroissance de l'alimentation des grands centres de consommation, la modernisation de la gestion technique et de la conduite des réseaux et le respect de l'environnement et de l'esthétique des villes.

PRESENTATION DU DISTRICT DE GAFSA

PRESENTATION GENERALE :

Créé en 1978, le District de GAFSA a pour mission d'assurer l'alimentation en énergie électrique des clients relevant de son rayon d'action (à l'époque, il englobe les régions de Tozeur, Sidi Bouzid et Gafsa).

A la date du 31 décembre 2004 on a enregistré les données suivantes :

- Le Nombre de Clients Electrifié s'élève à environ **74988** abonnés.

Soient :

- ✓ 74608 Abonnés BT.
- ✓ 379 Abonnés MT.
- ✓ 01 Abonné HT (La Compagnie des Phosphates de Gafsa).

- Le Réseau électrique du district de GAFSA est composé de :

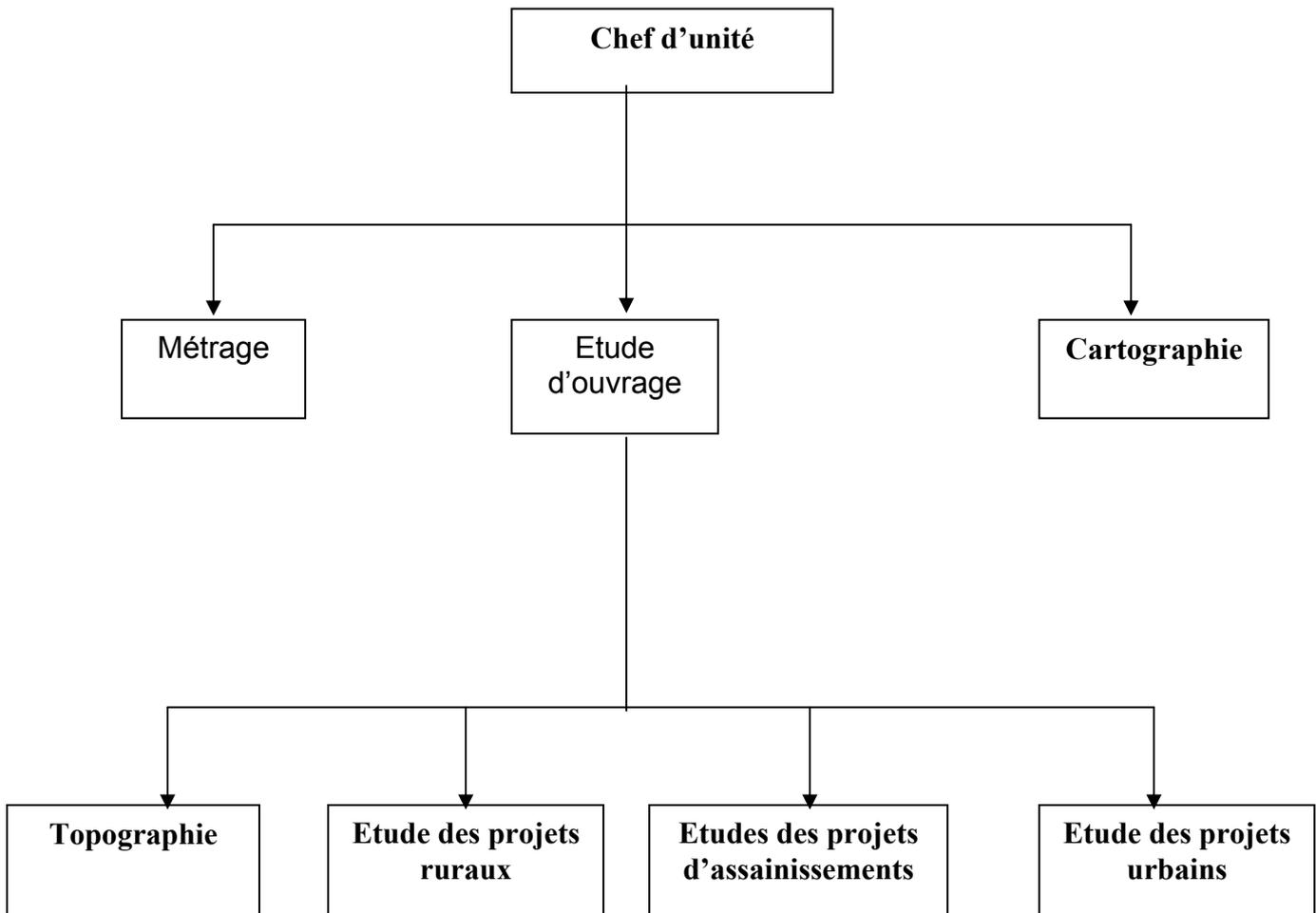
- ✓ Réseau MT : 2215 Km.
- ✓ Réseau BT : 8560 Km.
- ✓ Les Postes de Transformation .

Soient 1268 Postes Secteur² et 397 Postes Privés réparties comme suit :

Poste Cabine	30 KV	15 KV	S / TOTAL
Privés	736	14	87
Secteur	17	22	39
Poste Aériens	30 KV	17 KV	S / TOTAL
Privés	293	17	310
Secteur	259	970	1229

UNITE D'ÉTUDE

A-Organigramme :



B-travail du bureau d'étude :

Suite à une demande de l'intéressé à la STEG pour l'électrification d'un logement ou d'une zone, le bureau d'étude est chargé d'établir un devis estimatif.

Le chef du bureau d'étude envoie un agent pour faire une prospection, établir un devis estimatif et remplir la fiche d'estimation qui sera retransmise avec la correspondance au bureau d'ordre pour répondre à l'intéressé.

L'intéressé communique la STEG une deuxième fois pour l'exécution des travaux.

Cette correspondance revient pour le chef d'étude pour faire :

- ✓ Le levé topographique.
- ✓ Préparation d'un dossier technique MT.
- ✓ Préparation d'un dossier technique BT.

- ✓ La poste de distribution.
- ✓ Le branchement.

1-Levé topographique :

Le levé topographique de la basse tension vient sous forme d'un plan. La brigade qui va réaliser le topo de la basse tension se compose :

- ✓ D'un topographe.
- ✓ D'un dessinateur projeteur.

- ✓ D'une porte mire.

a)Le typographe :

1-Reçoit du dessinateur projeteur la demande d'alimentation et l'esquisse de la variance d'alimentation retenue.

2-Consulte la cartographie pour s'assurer de l'existence ou du plan si le plan existe, il le transmet au dessinateur sinon il établit un ordre de mission et elle sera signer par le chef du bureau d'études.

3-Se déplace sur terrain muni de la carte couvrant la zone à relever points selon l'accompagné éventuellement d'un dessinateur projeteur (croiseur) et de porte mires.

4-Délimite la zone à levée.

5-Choisissez les stations de façon à avoir le maximum de déplacements

6-Fait le croquis à main levée.

7-Choisit les points à relever et les numéros, relève, sur le carnet tachéométrie, les points selon l'ordre de numérotage sus-toniques sur le croquis.

8-Au bureaux, il procède au calcul des distances horizontales et des dénivelés.

9-Reporte les points sur une planche à dessin à l'échelle appropriée (Urbain : 1/1000^{ème}. Rual : 1/2000^{ème}).

10-Reconstitue le plan par application des relevés.

11-Reporte le plan sur calque.

12-Attribue un numéro à la planche cartographique.

13-Fait tirer le contre-calque par l'agent tireur de plan.

14-Remet les planches au dessinateur projet chargé de l'étude du raccordement.

b)Le dessinateur projeteur :

1-Projette l'esquisse de la variance retenue sur la planche relevée

2- Se déplace sur les lieux munis de l'esquisse

.3-S'assure que la projection de la ligne et l'implantation des supports prévus coïncident avec les données réelles sur terrain, sinon procède aux rectifications nécessaires

4-Signale les conditions particulières (autorisations de traversée de voies ou des voies)

5-Transmet à l'unité abonnée les raisons de l'interruption de l'étude et/ou les conditions particulières à remplir éventuellement par le client afin qu'elle saisisse ce dernier des dispositions à prendre.

6-Projette le schéma de raccordement.

7-Prévoit les équipements électriques

8-Rend comptes du résultat de l'étude sur terrain à son chef hiérarchique pour appréciation

9-Procède aux calculs des :

- ✓ Sections des conducteurs (chutes de tension <7)
- ✓ Dimensions des supports

10-Etablit les plans

11-Etablit la fiche descriptive du projet

12-Soumet le résultat de l'étude au chef du bureau pour contrôle de la qualité de l'étude.

13-Transmet une copie de l'étude à l'unité travaux neufs pour s'assurer de l'exécution du projet.

c)La porte mire :

Sera guider par le dessinateur projeteur.

2- Préparation d'un dossier MT :

a)Mémoire descriptif :

prenons l'exemple d'une construction d'une ligne aérienne HTA(MT) 1.5v cette mémoire a pour objet la description de l'équipement électrique et du raccordement d'un poste de transformations à desservir en énergie électrique cette mémoire comporte :

- ✓ l'endroit du projet à l'électrifier.
- ✓ la largeur de la ligne MT
- ✓ le matériel à installer
- ✓ le type du support.
- ✓ la puissance souscrite de la poste de MT/BT.

b) Extrait de la carte au 1/100.000

c)Plan de piquetage

comprend les différents obstacles existants dans l'endroit de projet ces obstacles doivent être pris en compte lors de l'étude de projet (voir annexe):

- ✓ Hauteur des supports
- ✓ Flèche des conducteurs
- ✓ les traversés

d) Carnet de piquetage : (voir annexe)

Comprend :

- ✓ le numéro des supports
- ✓ le portée
- ✓ la nature des conducteurs, des supports
- ✓ les équipements.

e)calcul justificatif des supports : (voir annexe)

comprend :

- ✓ la tension de support
- ✓ le type de support
- ✓ la hauteur du support
- ✓ l'armement du support

❖ **Mouvement du au vent sur les conducteurs**

Pour calculer ce moment on applique les formules suivantes :

$$M_v = K.N.D.H.P_m$$

Avec :

M_v=moment du au vent

K=constante correspondant à l'avitaminose du support

N=nombre du conducteur

P_m=potée moyenne

H=hauteur de finition du conducteur

❖ **Moment du à la traction des conducteurs :**

Il est déterminé par l'application de la formule suivante

$$M = T.S.N.H$$

T=tension de passé des conducteurs suivant nature et longueur.

M:moment du à la traction des conducteurs

N : membre des conducteurs

H :hauteur de support

❖ **Effort en tête du support :**

$$E = \frac{\Sigma M}{H}$$

Avec :

E : effort en tête

M : moments

H : Hauteur de finitions.

g) Liste des propriétaires :

Elle localise tous les propriétaires qui sont surplombés par la ligne MT.

H) Plan type de poste :

Lorsque le projet à réaliser nécessite l'implantation d'une poste de transformation il est obligatoire de réaliser un plan qui comporte des dimensions du poste et celles de leurs matériels disponibles.

3) Préparation d'un dossier BT :

- a) Mémoire descriptif et technique.
- b) Extrait d'une carte au 1/10000.
- c) Carnet de piquetage
- d) Plan de piquetages.
- e) Liste des abonnés.
- f) Calcul de chute de tension : le calcul de tension d'une liaison est la différence entre les tensions à ses extrémités.

Pour veiller à la bonne marche des appareils alimentés. Il faut que la chute de tension ne dépasse pas des limites préadolescent fixées.

On se propose de fixer les valeurs de la chute de tension minimale par rapport à la tension nominale du réseau, ensuite on présente la méthodologie de calcul de chute de tension.

Seuils de chute de tensions

Type de réseau	$\Delta U\%$
Réseau S/T –Réseau EP	3
Réseau aérien	5
Démarrage des moteurs	10

Méthodologie de calcul de la chute de tension :

$$\Delta U(\%) = \frac{P.L}{\alpha}$$

avec :

P : puissance transitée exprimée en KW dans le cas d'abonnés résidentiel.

$$P=N P_i C_s$$

Avec :

N:nombre d'abonnés

P_i :égale à une charge standard

C_s :coefficient de simultanéité

L : Longueur de traction

α: Coefficient donné

4) Les postes de distributions :

L'équipement d'un poste comporte :

- ✓ Des transformateurs
- ✓ Des sectionneurs fusibles et des recharges fusibles.
- ✓ Des parafoudres
- ✓ Un équipement BT

Les connexions entre le transformateur et le disjoncteur d'une part et la ferrure d'un départ BT d'une autre sera respectivement en câble isolé NYY.

Toutes les parties métalliques des postes et neutre du transformateur seront mises à la terre au moyen de deux prises de terre réglementaires à trois piquets districts et placés à trois mètres et distance minimum l'une de l'autre.

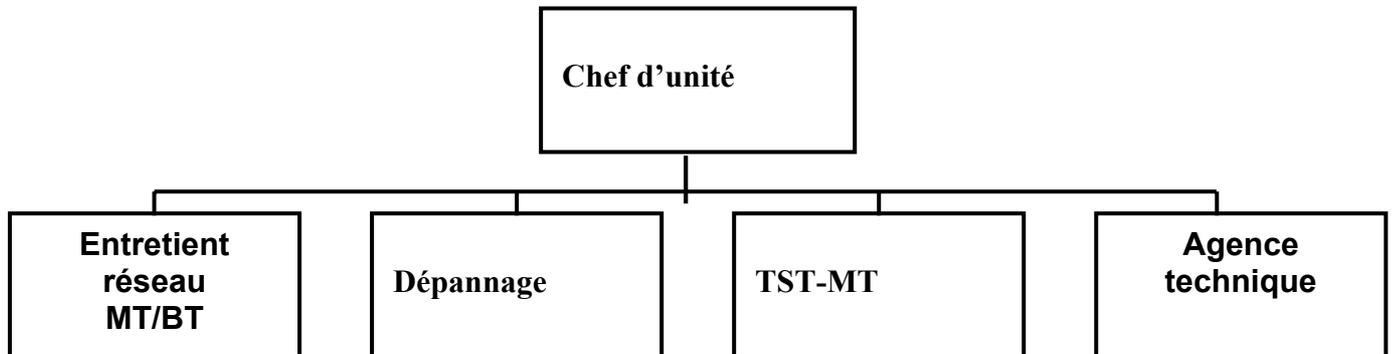
Soit la poste aérien monophasé MT/BT de distribution publique.

5) Les branchements :

Les branchements sont posés sur façade ou tendus sur supports. Les faisceaux sont tendus par des pinces d'ancrage ; l'ensemble des conducteurs est inséré dans la pince en veillant à réduire la flèche par la pose de colliers. Pour les portés aériens supérieurs à 40m, on pose un poteau intermédiaire.

UNITE D'EXPLOITATION

C'est l'unité qui assure toutes les tâches concernant la gestion technique des ouvrages de distribution en veillant sur le bon fonctionnement des installations (BT et MT).



Parmi les tâches exécutées au sein de cette unité :

- ✓ Satisfaire aux réclamations de coupure de courant et prendre les dispositions nécessaires pour le rétablissement de fourniture d'énergie dans le plus bref délai.
- ✓ Ces réclamations proviennent de l'unité abonné sous forme d'ordre de petite intervention programmable (OPIP), ou par l'abonné lui-même par téléphone en dehors des heures de travail.
- ✓ Réaliser les manœuvres nécessaires pour consigner une installation et délivrer les autorisations de travail et d'assurer que toutes les conditions de sécurité sont respectées avant toute intervention sur le réseau.
- ✓ Dépannage : réparations des ouvrages affectés suites à des incidents :
 - Remplacement des appareils de sectionnement et de coupure
 - Remplacement de transformateurs
 - Réparation basse tension
- ✓ Aviser la hiérarchie de toute défaillance du matériel sur le réseau.
- ✓ Remplacement de fusibles.
- ✓ Bouclage de lignes par TST (travail sous tension)
- ✓ Entretien et réparation de IACM (interrupteur aérien à commande mécanique)

Les postes de transformation : (voir annexe)

L'énergie électrique arrive en HT par des lignes triphasées sur la primaire d'un transformateur HT/BT, celui-ci l'évalue sur jeu de barre MT.

Après l'avoir transformé, en moyenne tension (30-15KV), l'énergie électrique est distribuée aux différents abonnés sur plusieurs départs.

Le district de STEG est responsable de trois types de poste :

- ✓ Poste de transformation MT :
 - Poste de coupure
 - Poste de transformation de distribution

- ✓ Poste de transformation BT :
 - Poste aérien approché
 - Poste sur deux supports
 - Poste cabine (type haut et type bas).
 - Poste de réparation

Exemple pratique :

- Une ligne triphasé à MT (20KV), sur support béton de 260 m de longueur.
- Un poste de transformateur sur pote nu, avec un transformateur de 20 KV.400V et un disjoncteur.
- Une ligne basse tension triphasé en conducteur torsadés fixé sur poteau en bois.
- Un coffret de branchement d'abonné à cette ligne(MT-BT) a été assuré a un appareillage d'enregistrement des surtensions.
- MT : tension en triphasé et terre locale sur ligne MT.
- BT1 : montée en potentiel de la prise de la prise de terre au neutre BT.
- BT2 : tension entre phase et terre locale en tout de la ligne BT.
- BT3 : tension entre phase et neutre en bout de ligne BT.

Pour une seule impulsion de courant engendrée par la foudre :

Coup de foudre	Impulsion	Durée	Surtension conduite			
			MT	BT1	BT2	BT3
1	1	30 A/ms	14400	1420	4000	14s

UNITÉ LABORATOIRE

Elle faisait partie de l'unité exploitation, mais depuis quelque années elle s'est libérée pour devenir une unité indépendante.

Elle comporte quatre sections : contrôle, protection, mesure et dépannage qui sont dirigé par chef d'unité.

1. Contrôle :

Le laboratoire participe avec l'unité exploitation à l'élaboration des programme suivants :

- ✓ Entretint des postes
- ✓ Entretien des équipements MT et BT.
- ✓ Suivie de l'état électrique des postes réseau.

Aussi, l'unité laboratoire participe avec l'unité abonné à :

- ✓ Etalonnage des compteurs MT et BT.
- ✓ Contrôle du facteur de puissance.

2. Protection :

- ✓ Entretien des installations de protection (vérification de sa conformité au guide technique)
- ✓ Fournir toutes les données nécessaires pour la mise à jour du programme.
- ✓ Analyse des incidents survenant sur le réseau et chez les abonnés.

3. Mesure :

- ✓ Mesure de la charge de départ MT, transformateurs et départ BT
- ✓ Mesure des tensions (par voltmètres enregistreurs).
- ✓ Relève d'indexe des abonnés privés.
- ✓ Contrôle du facteur de puissance.

4. Dépannage :

- ✓ Détection et localisation des défauts de câbles souterrains.
- ✓ Remise en état des comptages MT et BT en enquête technique en cas de fraude.
- ✓ Entretint et dépannage du matériel de mesure (voltmètre, ampermètre, compteur étalon, ...)

Comme toute unité d'intervention externe, l'unité laboratoire agit suivant des OPIP spéciales (voir annexe).

Durant la période de mon stage, on a réalisé les tâches suivantes ; pose disjoncteur, remplacement compteur, remplacement disjoncteur, confirmation coupure, vérification compteur.

Une des missions dans la vérification des compteurs est de vérifier les vitres, l'état du disque et surtout le plombage qui en cas de relèvement se caractérise comme état de fraude causant les suites judiciaires. (voir annexe)

Les méthodes utilisées par les fraudeurs afin de bloquer les compteurs sont généralement :

- ✓ Déplombage du compteur .
- ✓ Utilisation des clichés de photos.
- ✓ Utilisation des aimants.
- ✓ Pousser les vitres en arrière.
- ✓ Utilisation de double compteurs l'un comme pour la phase l'autre pour le neutre.

L'abonné peut souffrir d'une haute facture malgré qu'il n'a pas de haute consommation. Dans ce cas l'unité intervient pour vérifier le bon fonctionnement du compteur, ceci est dit étalonnage. Il est réalisé à l'aide d'un compteur étalon dont le principe est montré ci-dessous.

❖ Etalonnage d'un compteur :

L'étalonnage c'est le contrôle des compteurs, peut être de 2 façons différentes sont :

- Wattmètre
- Compteur étalon

Dans la première façon le wattmètre indique une puissance. Dans la seconde façon le compteur étalon enregistre directement les wattheures.

- Etalonnage à l'aide d'un compteur étalon :

On met un compteur étalon en série avec le compteur de l'abonné en formant un circuit fermé et on prélève les deux valeurs des compteurs

- **We** : énergie du compteur étalon
- **Wc** : énergie du compteur à vérifier

- L'erreur relative :

$$E(\%) = \frac{Wc - We}{We} \times 100$$

La valeur de l'erreur acceptée est comprise entre **-3%** et **+3%**

Dans l'unité laboratoire on trouve des différents types de compteurs :

- ✓ Compteurs triphasés.
- ✓ Compteurs monophasés.
- ✓ Compteurs numériques.

Les compteurs monophasés et triphasés sont initialement par les composants suivants :

- ✓ Les aimants : leurs moyens de réglage permettant de varier la fréquence du disque.
- ✓ Les bobines : on trouve une bobine de tension et une autre d'intensité qui créaient un flux magnétique qui va tourner le disque .
- ✓ Le disque : il est relié par un système d'engrenages lié aussi d'une minuterie pour mesurer la consommation de l'abonné suivant une constante **C**. (avec **C=25wh/tours**)
(voir annexe sur les compteurs).

L'unité laboratoire recherche les défauts sur les câbles MT et BT. Elle mesure les charges (A) dans tous types de postes (transformateurs, tableau de comptage, tableau UDF, disjoncteur...).

Elle mesure également les chute de tension à l'aide des voltmètres enregistreurs (dit aussi voltmètre à ruban). Cet appareil est mis en fonctionnement pendant 24h. Puis, on relève le ruban pour détecter les min et les max. et on essaye de donner tous les données à l'unité exploitation.

UNITÉ TRAVAUX

Cette unité a un rôle aussi important car elle contrôle le chantier et la réalisation, les projets déjà étudiés par l'unité d'étude.

L'unité travaux a des équipes de travaux qui sont disponibles à de branchements individuels et de petites extensions.

Dirigé par un chef d'unité, l'unité travaux est constituée par des contremaîtres, des contrôleurs, et des équipes de branchement.

1) L'équipe de branchement :

Il s'occupe de :

- ✓ L'exécution de nouveaux branchements.
- ✓ Déplacement des compteurs.
- ✓ Entretien et assainissement des branchements.

2) Le contrôleur :

Il est responsable de :

- ✓ L'étude des dossiers techniques avant l'exécution des travaux.
- ✓ L'établissement des bons de livraisons dont la fourniture est à la charge de la STEG.
- ✓ Contrôler la bonne exécution des travaux dans les détails prévus par le planning et leur conformité avec le projet en respectant les plans.
- ✓ Rédiger un rapport journalier en signalant toutes les remarques notées sur chantier.
- ✓ Faire l'inventaire du matériel installé et veiller sur son retour aux magasins du STEG avant de fournir à l'entreprise le dernier attachement du projet.
- ✓ Veiller sur le respect des normes de sécurité sur le chantier.

3) Les contremaîtres :

Ils sont chargés de :

- ✓ Se rendre sur le lieu du futur chantier et estimer les difficultés qui pourraient se présenter, envisager les équipements et les tâches de chaque équipe.
- ✓ Effectuer le recensement du matériel et veiller sur le retour du matériel excédentaire et du matériel de pose.
- ✓ Contrôler des mesures de sécurité des par les monteurs de lignes et les chefs d'équipes.

Le travail s'effectue selon des ordres de Petite Intervention Programmable(**PIP**)(voir annexe).

ETUDE D'UN CAS PRATIQUE

CALCUL ELECTRIQUE DES CABLES BT

CHUTE DE TENSION

Objet :

Dans cette étude on décrit la méthode pratique appliqué pour le calcul de la chute de tension dans les réseaux BT et on définit les facteurs prépondérants qui interviennent dans le dimensionnement de ces réseaux.

I. Généralités :

La chute de tension d'une liaison est la différence entre les tensions à ses extrémités. Pour veiller à la bonne marche des appareils alimentés, il faut que la chute de tension ne dépasse pas des limites préalablement fixées.

On se propose d'abord de fixer les valeurs de chute de tension maximale par rapport à la tension nominale (220-380 V) du réseau, ensuite on se présente la méthodologie de calcul de la chute de tension et enfin on donne les caractéristiques des câbles BT utilisées par la STEG.

II. Seuils des chutes de tension :

Pour les réseau à construire, les valeurs des chutes de tensions maximales par rapport à la tension nominale du réseau sont fixées lors de l'étude comme indiqué selon le tableau suivant :

Type de réseau	ΔU %
Réseaux souterrains	
Réseaux éclairage public	3
Réseaux aériens	5
Démarrage des moteurs(cas des pompages)	10

III. Méthodologie de calcul de la chute de tension :

Soit une ligne électrique de résistance R, de réactance $X=LW$ qui alimente une charge de puissance P et de facteur de puissance $\cos\phi$, on se propose de déterminer la différence entre la tension d'origine (ou tension source) et la tension au niveau de la charge.

Par ailleurs, il est à préciser que la charge que la charge P peut éventuellement être un ensemble de charges unitaires P_i .

Dans le cas d'abonnés résidentiels :

$$P = N.P_i.C_s$$

N : nbre d'abonnés

P_i sera égale à une charge standard(voir tableau)

C_s :coefficient de simultanéité qui dépend du nbre d'abonnés (voir tableau) prendre $C_s = 1$ pour les autres cas (éclairage public...).

On pose :

- P : puissance d'une charge triphasée équilibrée en KW
- U : tension entre phases ou tension composée en KV
- R : résistance de l'âme conductrice en Ω / Km .
- X : réactance du conducteur en Ω / Km .
- L : longueur de la ligne en Km.

Pratiquement, nous pourrions admettre que $OC = OD$; la chute de tension dans le conducteur est donc représenté par AC. En utilisant les valeurs composées nous pourrions écrire :

$$AB = \sqrt{3} \cdot R \cdot L \cdot I \cdot \cos\Phi ; \quad BC = \sqrt{3} \cdot X \cdot L \cdot I \cdot \sin\Phi$$
$$AC = AB + BC = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos\Phi + X \sin\Phi)$$

La chute de tension dans le conducteur ($U_d - U_a$) a pour valeur :

$$U_d - U_a = \Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\Phi + X \cdot \sin\Phi) \quad (1)$$

En triphasée, nous avons $I = P / (\sqrt{3} \cdot U_a \cdot \cos\Phi)$

La chute de tension relative en % d'une charge triphasée équilibrée, en sachant que U_a reste voisin de la valeur nominale U, est donnée par la formule ci-après déduite de la relation (1) en remplaçant I par sa valeur en fonction de P et U : $\Delta U \% = P \cdot L \cdot (R + X \cdot \text{tg}\Phi) / 10 \cdot U^2$

En posant $\alpha = 10 U^2 / (R + X \cdot \text{tg}\Phi)$

On peut écrire :

$$\Delta U \% = P \cdot L / \alpha$$

L : longueur du tronçon de ligne exprimée en Km.

P : puissance transmise exprimée en KW.

α : coefficient donné par le tableau en annexe pour $\cos\Phi = 0.8$ et $\cos\Phi = 0.9$

B. Calcul théorique :

Soit : $\Theta = \text{arctg}(X / R) - \Phi$;

- OD et OA : représentent respectivement les normes des tensions U_d et U_a ;

- $AD = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \sqrt{R^2 + X^2}$

On a : $OD^2 = OA^2 + AD^2 + 2 \cdot AD \cdot OA \cdot \cos\Theta$

Soit : $U_a^2 + 2 (AD \cdot \cos\Theta) \cdot U_a - U_d^2 + AD^2 = 0$

Cette équation du second degré en U_a admet pour solution :

$$U_a = - AD \cdot \cos\Theta + \sqrt{((AD \cdot \cos\Theta)^2 - 1) + U_d^2}$$

On a : $AD^2 \cdot (\cos^2\Theta - 1) = \sin^2 \Theta \cdot AD^2 \ll U_d^2$, par suite, on a :

$$U_a = -AD.\cos\Theta + U_d$$

$$\text{Donc : } \Delta U = U_d - U_a = AD.\cos\Theta$$

$$\text{D'autre part : } \Delta U\% = 100. \Delta U / U_d \text{ et } P = \sqrt{3} U_a.I.\cos\Phi$$

$$\text{Ce qui donne : } \Delta U\% = [P.L.\sqrt{(R^2 + X^2)}.\cos\Theta] / [10.U_d.U_a.\cos\Phi]$$

$$= [P.L.\sqrt{(R^2 + X^2)}.\cos\Theta] / [10.U_d^2.(1 - (\Delta U\%/100) \cos\Phi)]$$

$$\text{soit : } \Delta U\% (1 - (\Delta U\%/100)) = P.L / \alpha'$$

$$\text{ou encore } (\Delta U\% / 10)^2 - (\Delta U\%) + P.L / \alpha' = 0 \quad (2)$$

$$\text{avec } \alpha' = (10 U_d^2 \cos\Phi) / (\cos\Theta \sqrt{(R^2 + X^2)})$$

après simplification, on trouve $\alpha' = 10 U_d^2 / (R + X \operatorname{tg}\Phi)$

on aboutit à l'équation (2) du second degré en $\Delta U\%$ dont on retient une racine comme solution :

$$\Delta U\% = 10[5 - \sqrt{(25 - (PL / \alpha))}]$$

Pour le cas général des réseau BT on a : $\Delta U\% \ll 10$ ou $(\Delta U\% / 10) \ll 1$ donc $(\Delta U\% / 10)^2 \ll \Delta U\%$, on retrouve ainsi en négligeant le terme du 2ème degré dans (2) la formule du calcul approché $\Delta U\% = P.L / \alpha$ qui utilisée par la suite dans le calcul de chute de tension.

2) Chute de tension en monophasé :

Le réseau BT de la STEG est à neutre distribué et mis à terre :

- Mise à la terre du neutre BT du transformateur au poste.
- Mise à la terre du neutre des réseaux aériens toutes les 5 portées et à l'extrémité de chaque départ ;
- Mise à la terre du neutre des réseaux souterrains BT à chaque coffret de lotissement.

Compte tenu de cette configuration, le schéma d'un réseau monophasé alimentant une charge qui est représenté par la fig.A peut être ramené à un schéma équivalent représenté par la fig.B .

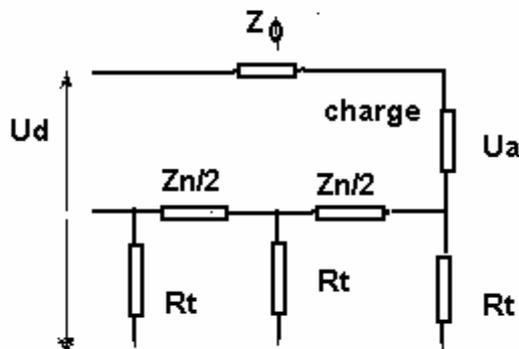


Fig.A

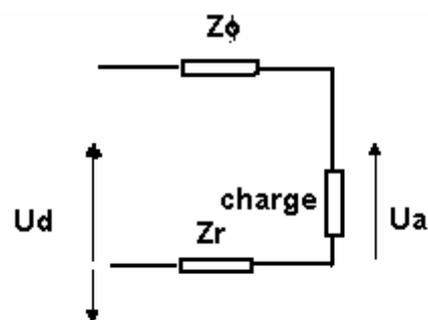


Fig.B

Z_{ϕ} , Z_n , et Z_r représentent les impédances respectives des conducteurs de phase, du neutre et du retour et R_t la résistance de la prise de terre.

Pour un départ basse tension on pose $R_r = q_1 R_n$ et $X_r = q_2 X_n$

On a : $\Delta U = \Delta U_{\phi} + \Delta U_n$

$$\Delta U = I (R_{\phi} \cos\Phi + X_{\phi} \sin\Phi) + I (R_r \cos\Phi + X_r \sin\Phi)$$

$$= I (R_r \cos\Phi + X_{\phi} \sin\Phi) + I (q_1 R_n \cos\Phi + q_2 X_n \sin\Phi)$$

en remplaçant le courant par son expression en fonction de la puissance, on aura :

$$\Delta U\% = P.L / 10.U^2 (R_{\phi} + X_{\phi} \operatorname{tg}\Phi) + P.L(q_1 R_n + q_2 X_n \operatorname{tg}\Phi) / 10 U^2 \quad (3)$$

En réalité, la résistance de la prise de terre est très supérieur à celle du conducteur neutre et on peut écrire $Z_r = Z_n$, en prenant $q_1 = q_2 = 1$ alors (3) devient :

$$\Delta U\% = P.L / 10.U^2 (R_{\phi} + X_{\phi} \operatorname{tg}\Phi) + P.L(R_n + X_n \operatorname{tg}\Phi) / 10 U^2$$

Ce qui donne : $\Delta U\% = (P.L) / \alpha_{\text{mono}}$

Avec :

$$\alpha_{\text{mono}} = (\alpha_{\phi} \cdot \alpha_n) / (\alpha_{\phi} + \alpha_n) \quad ; \quad \alpha_{\phi} = 10 U^2 / (R_{\phi} + X_{\phi} \operatorname{tg}\Phi)$$

$$\text{Et } \alpha_n = 10 U^2 / (R_n + X_n \operatorname{tg}\Phi)$$

Les conducteurs de phase et de retour sont de caractéristiques très proches, on aura à un coefficient k de proportionnalité près :

$$\Delta U\% = P.L / 10.U^2 (R_{\phi} + X_{\phi} \operatorname{tg}\Phi)(1 + k)$$

K : dépend du type de conducteur

Pour une même charge alimenté en triphasé, on a :

$$\Delta U_{\text{mono}}\% = 3.(1 + k).\Delta U_{\text{triph}}\%$$

On remarque que pour les conducteurs de mêmes caractéristiques, à la même tension on aura $\alpha_{\text{mono}} = \alpha_{\phi} / 2$

Dans le cas général on adopte pour le calcul de chute de tension en monophasé la formule :

$\Delta U \% = P.L / \alpha_{\text{mono}} \quad \text{avec} \quad \alpha_{\text{mono}} = (\alpha_{\phi} \cdot \alpha_n) / (\alpha_{\phi} + \alpha_n)$

3) Application au calcul de la chute de tension dans les réseaux BT :

En appliquant la formule $\Delta U \% = P.L / \alpha$ pour chaque tronçon du réseau on détermine alors la chute de tension dans chaque tronçon selon la charge

transitée en prenant $\cos\Phi=0.9$ pour un usage domestique, $\cos\Phi=0.8$ pour un usage comportant des moteurs (zone de pompage) et éventuellement $\cos\Phi$ quelconque pour un usage particulier ;

Pour le calcul de chute de tension des moteurs, il faut considérer le courant et le $\cos\Phi$ de démarrage du moteur le plus contraignant (du point de vue moment électrique) et superposer le courant des autres moteurs avec un fonctionnement en régime nominal , la superposition se prête bien par la construction vectorielle. Dans certains cas, surtout pour le démarrage des moteurs puissants, il serait judicieux de faire le calcul exact avec les conditions réelles de $\cos\Phi$ et de courant au démarrage.

Par la suite on fait le cumul au bout du réseau et on optimise la section du câble jusqu'à respecter la limite de chute de tension permise.

La chute de tension dans un réseau monophasé nous entraîne à considérer un réseau BT peu étendu et limité. Par conséquent le réseau BT monophasé serait développé autour des postes. Les transformateurs monophasés seraient rapprochés de la charge.

IV. caractéristique des câbles BT :

1. Résistance :

La résistance électrique en courant alternatif de l'âme d'un conducteur augmente avec la température. Sa valeur à une température Θ est donné par la formule simplifiée ci-après :

$$R_{\Theta} = R_{20} (1 + \alpha_{20}(\Theta - 20))$$

R_{20} : résistance à 20°C

α_{20} : coefficient de variation de la résistivité à 20°C

$\alpha_{20} = 3.93 \cdot 10^{-3}$ pour le cuivre

$\alpha_{20} = 4.03 \cdot 10^{-3}$ pour l'Aluminium et l'Almélec

On présentera dans les tableaux suivants les résistances à 20°C et à 70°C des câbles BT utilisées par la STEG. On admet la même température de l'âme de conducteurs pour les différents câbles (NYY ou torsadé).

Le tableau donnant les coefficients α et qui servira au calcul de chute de tension a été établi pour une température de l'âme du conducteur à 70°C. En monophasé, on a considéré la résistance des de terre très supérieure à la résistance du neutre.

2. Réactance

On admet que $X=0.07 \Omega/\text{Km}$ pour les câbles BT utilisées par la STEG.

3. Intensité maximale admissible en régime permanent

L'intensité maximale admissible en régime permanent (I_m) est l'intensité qui provoque l'échauffement de l'âme conductrice à la température admissible (Θ_m), une fois que l'équilibre thermique est établi avec le milieu extérieur. I_m dépend en particulier de la température du milieu extérieur Θ_0 .

Pour les câbles utilisés par la STEG, la température maximale admise de l'âme conductrice est $\Theta_m = 70^\circ\text{C}$

Dans les tableaux des caractéristiques des câbles, on donne les valeurs des intensités maximales pour une température du milieu extérieur Θ_0 .

$\Theta_0 = 40^\circ\text{C}$ pour les câbles posés à l'air libre.

$\Theta_0 = 25^\circ\text{C}$ pour les câbles souterrains.

Par ailleurs, la formule suivante donne la valeur de l'intensité maximale admissible pour une température ambiante donnée (Θ).

$$I'_m = I_m \sqrt{(70 - \Theta) / (70 - \Theta_0)}$$

CONCLUSION

Malgré sa courte durée, j'ai le plaisir d'exprimer ma satisfaction face ce stage, qui était vraiment utile et bénéfique.

Je me suis intéressé de près aux techniques de distribution de l'électricité et les étapes d'installation et de maintenance des réseaux électriques chez les unités d'exploitation et de travaux. J'ai maîtrisé les étapes de l'étude théorique des projets d'électrification chez l'unité d'étude et j'ai assimilé le travail de contrôle et analyse des mesures chez l'unité laboratoire.

Je suis très content à cette formation que j'ai obtenu dans ce mois de vacances. j'étais profondément touché, non seulement par le climat professionnel qui règne entre les différentes unités, aussi par l'esprit de collaboration qui marque le travail dans le district.

Enfin, je tiens encore à remercier tous qui m'ont m'aidé de près ou bien même de loin à réaliser ce modeste stage.

AN
MA
MA
MA
MA
MA

CARACTERISTIQUE TECHNIQUE DES CABLES BT

a) Câbles triphasés

Conducteur			R à 20°C Km/ Ω	R à 70°C Km/ Ω	Intensité admissible (A)		α _{tri}	
Section	Type	Nature			Souterrain (25°C)	Extérieur (40°C)	CosΦ =0.8	CosΦ =0.9
3x35+54.6	Torsadé	Alu	0.868	1.043		120	1.318	1.341
3x50+54.6	Torsadé	Alu	0.641	0.770		146	1.755	1.796
3x70+54.6	Torsadé	Alu	0.443	0.532		185	2.469	2.550
4x16	Torsadé	Alu	1.91	2.295		55	0.615	0.620
4x25	Torsadé	Alu	1.2	1.442		72	0.966	0.979
4x6	NYY	Cu	3.08	3.685	54	38	0.386	0.388
4x10	NYY	Cu	1.83	2.190	72	52	0.644	0.649
4x16	NYY	Cu	1.15	1.376	93	70	1.011	1.024
4x25	NYY	Cu	0.727	0.870	122	92	1.566	1.598
3x50+25	NYY	Cu	0.387	0.463	176	138	2.801	2.906
3x70+35	NYY	Cu	0.268	0.321	217	175	3.870	4.073
3x95+50	NYY	Cu	0.193	0.231	261	212	5.095	5.453
3x120+70	NYY	Cu	0.153	0.183	297	245	6.130	6.655

b) Câbles monophasés

Conducteur			R _φ à20°C Km/Ω	R _φ à70°C Km/Ω	R _n à70°C Km/Ω	Intensité admissible (A)		α _{mono}	
Section	Type	Nature				Souterrain (25°C)	Extérieur (40°C)	CosΦ =0.8	CosΦ =0.9
1x35+54.6	Torsadé	Alu	0.868	1.043	0.733		102	0.257	0.263
1x70+54.6	Torsadé	Alu	0.641	0.770	0.733		124	0.301	0.308
1x70+54.6	Torsadé	Alu	0.443	0.532	0.733		156	0.353	0.363
2x16	Torsadé	Alu	1.91	2.295	2.295		63	0.103	0.104
2x25	Torsadé	Alu	1.20	1.442	1.442		83	0.162	0.164
2x6	NYY	Cu	3.08	3.685	3.685	65	42	0.065	0.065
2x10	NYY	Cu	1.83	2.190	2.190	86	58	0.108	0.109
2x16	NYY	Cu	1.15	1.376	1.376	110	77	0.169	0.172

