

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE DE M'SILA
FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE**

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

THEME

**ETUDE DE LA CONSTRUCTION D'UNE LIGNE AERIENNE EN
HT/THT**

Proposé et dirigé par:

Monsieur :TORKI Zohir

Présenté par :

**Bachiri farhat
ziouche Kamel**

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2008/2009

Remerciements

Tout d'abord nous remercions le bon Dieu tout puissant de la bonne santé, de la volonté et de la patience qu'il nous a accordée tout au long de nos études.

*Nous tenons en premier lieu à remercier cordialement, notre cher encadreur **Mr TORKI Zohir**.*

*Les mêmes expressions de reconnaissance vont également au chef de département **Mr Benjaïma Bachir** pour les facilités qu'il les a mis à notre disposition. Ainsi que tous les enseignants.*

Dédicace

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A :

Mes chers parents

Mes soeurs et mes frères

Toute ma famille

Tous mes amis

Et surtout Ma mère et mon cher amis Khaled

Tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de loin pour être un jour un ingénieur d'état en électromécanique.

BACHIRI Farhat

Dédicace

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A :

Mes chers parents

Mes soeurs et mes frères

Toute ma famille

Tous mes amis

Tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de loin pour être un jour un ingénieur d'état en électromécanique.

ZIOUCHE Kamel

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

I.1 INTRODUCTION	3
I. 2. UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE	3
I. 3. FONCTION D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE	3
I.4. LES TYPES DU RÉSEAUX ÉLECTRIQUES	4
I. 4. 1. EN TERME DE CONNEXION	4
I. 4 .1 . 1. LES RÉSEAUX DE TRANSPORTS	4
I. 4 .1 . 2. MODELE THEORIQUE D UN RESEAU ELECTRIQUE	4
I. 4. 1. 3. LES RÉSEAUX INTERCONNEXION	5
I. 4.1. 4. LES RÉSEAUX RÉPARATIONS	5
I. 4 .1.5. LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION	5
I. 4 .1. 5.1.LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION A MOYENNE TENSION	6
I. 4 .1. 5.2 LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION A BASE TENSION	6
I. 4. 2. EN TERME DE TENSION	6
I. 5. AVANTAGE D'UTILISATION L'HAUT TENSION	7
I. 5 .1. LIGNES DE TRANSPORT H T	7
I. 5 .2. LIGNES DE TRANSPORT THT	7
I.5.3. TOPOLOGIES DU RESEAU A HAUTE TENSION	8
I. 6. LES ÉLÉMENTS D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE	8
I. 6. 1. LES PYLÔNES	8
I. 6. 2. DIFFÉRENTS TYPES DE PYLÔNES	9
I. 6. 3. CONDUCTEURS (LES CÂBLES ÉLECTRIQUES)	9
I.6. 4. CARACTÉRISTIQUES DES CONDUCTEURS	10
I.6. 5. CABLES DE GARDE	10
I. 7. ISOLATEURS	11
I. 7. 1 GENERALITE	11
I. 7. 2 .CONSTITUTION DES ISOLATEURS	11
I.7. 2. 1. PARTIE ISOLANTE	11
I. 7. 2. 1.1. LES CÉRAMIQUES	11
I. 7. 2. 1.2. LES VERRES	11
I.7.3. PIÈCES MÉTALLIQUES DE LIAISON	11

I.7.4. LES DIFFÉRENTS TYPES D ISOLATEURS	12
I.7.4.1. LES ISOLATEURS RIGIDES	12
I.7.4.2. LES ISOLATEURS SUSPENDUS	12
I.7.4.2.1. LES ISOLATEURS CAPOT ET TIGE	13
I.7.4.2.2. LES ISOLATEURS A FUT PLEIN	13
I.7.5. CARACTÉRISTIQUES D'UN ISOLATEUR	13
I.7.6.LA POLLUTION DES ISOLATION	14
I.8. CONCLUSION	14

CHAPITRE II: ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

II.1. INTRODUCTION	15
II.2.CHOIX ET DEFINITION DE TRACE	15
II.3.ETUDE SUR CARTE	15
II. 4.CONSULTATION DES SERVICES SUR LE TRACE	15
II.5. ETUDE TOPOGRAPHIQUE	16
II-5-1-BALISAGE SOMMAIRE	17
II-5-2 BALISAGE DEFINITIF	17
II.6.PROFIL EN LONG	18
II.7 .EXEMPLE D'UN PROFIL EN LONG	18
II.8.LES CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE	18
II.8.1.CHOIX TYPE DE PYLONE ET LEUR FONDATION	19
II.8.1.1. Pylône d'ancrage	19
II.8.1.2. Pylône d'arrêt	19
II.8.1.3. Pylône anti-cascade	19
II.8.1.4.CARACTIRISTIQUE D'UN PYLONS UTILISE EN HT	20
II.8.2. CARACTERISTIQUES DES CABLES CONDUCTEURS ET CABLE DE GARDE UTILISE EN ALGERIE	22
II.9. CHAINES D'ISOLATION ET ACCESSOIRES	23
II.10. ETUDES GEOTECHNIQUES	25
II.11. CONCLUSION	25

CHAPITRE III: ETUDE MECANIQUE

III.1.INTRODUCTION	26
III.2. BUT DES CALCULS	26
III.3. ETUDE MECANIQUE	26

III.3.1. HYPOTHESES CLIMATIQUES	26
III.3.1.1.HYPOTHESE A (D'ETE)	26
III.3.1.2.HYPOTHESE B (D'HIVER)	26
III.3.1.3.HYPOTHESES COMPLEMENTAIRES	27
III.3.2.COEFFICIENT DE SURCHARGE (M)	27
III.3.3.COEFFICIENT DE SECURITE (K)	28
III.3.3.1.CONDITIONS NORMALES	28
III.3.3.2.CONDITIONS EXCEPTIONNELLES, RUPTURE ET GIVRE	29
III.4. APPLICATION	29
III.4.1. CONDUCTEUR	29
III.4 .1.1.HYPOTHESE B (D'HIVER)	30
III.4.1.2. HYPOTHESE GIVRE	30
III.4.2.CABLE DE GARDE	30
III.4.2.1.HYPOTHESE A (D'ETE)	30
III.4.2.2.HYPOTHESE B (D'HIVER)	31
III.4.2.3.HYPOTHESE GIVRE	31
III.5. FORME DE LA COURBE D'EQUILIBRE	31
III.6. EQUATION DE LA COURBE D'EQUILIBRE	32
III.7.COMPARAISON DE LA CHAINETTE AVEC LA PARABOLE	32
III.8. LA FLECHE	33
III.8.1.DEFINITION DE LA FLECHE	33
III.8.2.EXISTENCE D'UNE FLECHE	35
III.8.3.L'EQUATION DE LA FLECHE f_2	35
III.9. LONGUEUR DU CABLE	36
III.9.1.EXEMPLES	37
III.9.2.EQUILIBRE DU CABLE	38
III.10.CHANGEMENT D'ETAT	39
III.10.1.GENERALITES	39
III.10.2.ETABLISSEMENT DE L'EQUATION DE CHANGEMENT D'ETAT	39
III.10. 3.1.LA PORTEE	41
III.10. 3 .1.1. LA PORTEE DE NIVEAU	41
III.10. 3.1.2. LA PORTEE DENIVELEE	42
III.10. 3.2.PORTEE MOYENNE D'UN CANTON	43
III.11.LES TRAVERSEES	43
III.11.1.DISTANCE DE CROISEMENT MINIMAL (DM)	43
III.11.2 .ECARTEMENT ENTRE PHASES	45
III.11.3.DISTANCES A RESPECTER	45

III.11.4. DISTANCE A LA MASSE	46
III.12 BALANCEMENT DE LA CHAINE D'ISOLATEURS	46
III.13.BRETELLE DE JONCTION	49
III14.EFFORTS TRANSMIS AUX PYLONES PAR LES CONDUCTEURS	49
III.15.FORMULES UTILISEES DANS LES CALCULS	50
III.16.CONCLUSION	51

CHAPITRE IV: ETUDE ELECTRIQUE

IV.1.INTRODUCTION	52
IV.2. CONTRAINTES DIELECTRIQUES APPLIQUEES AUX OUVRAGES	52
IV.2.1. PRESENTATION	52
IV.2.2.DEFINITIONS	52
IV.2.3.LES DIFFERENTS ASPECTS	52
IV.2.3.1.TENSION DE TENUE ET DISTANCES D'ISOLEMENT ASSOCIEES	52
IV .2.3.2.LA POLLUTION	53
IV.2.3.3. LA Foudre	54
IV.3. LES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	54
IV.3.1.MISE EN PLACE DE CABLE(S) DE GARDE	54
IV.3.2.VALEUR DE LA RESISTANCE DES PRISES DE TERRE	54
IV.4.COORDINATION D'ISOLEMENT	55
IV.4.1. DIMENSIONNEMENT DES CHAINES D'ISOLATEURS	55
IV.4.2.CRITERES DE DIMENSIONNEMENT D'UNE PRISE DE TERRE	55
IV.4.2.1.DIMENSIONNEMENT VIS-A-VIS DE LA CORROSION ET DE LA RESISTANCE MECANIQUE	56
IV.4.2.2.DIMENSIONNEMENT VIS-A-VIS DE L'ECHAUFFEMENT	56
IV.5.CONTRAINTES DUES AU COURANT – ECHAUFFEMENT	56
IV.6.LES DIFFERENTS ASPECTS	56
IV.7.ECHAUFFEMENT DES CONDUCTEURS EN REGIME DE SECOURS	57
IV.8.1.INTENSITES ADMISSIBLES EN REGIME DE COURT-CIRCUIT	57
IV.8.2.HYPOTHESES RETENUES POUR LE CALCUL DES ECHAUFFEMENTS EN REGIME DE COURT – CIRCUIT	57
IV.9. REPARTITION DU COURANT DE COURT – CIRCUIT	58

IV.10.CONTRAINTES DE PROXIMITES - INDUCTION MAGNETIQUE ET CAPACITIVE – CONDUCTION	58
IV.10.1.DEFINITIONS ET PRESENTATION DES DIFFERENTES CONTRAINTES	58
IV.10.2. DEFINITIONS	58
IV.10.3. LES DIFFERENTES CONTRAINTES	59
IV.10.4. PROXIMITE AVEC D’AUTRES RESEAUX ELECTRIQUES	59
IV.10.4.1.Proximités avec des réseaux BT	59
IV.10.4.2.Proximités avec des lignes de télécommunications	59
IV.10.5. ELEVATION DE POTENTIEL	60
IV.10.6.Champs magnétique et électrique à 50 Hz	60
IV.10.7.1.Présentation	60
IV.10.7.2. Définitions	60
IV.10.7.3. Les différents aspects	60
IV.10.8. Normes et réglementation vis-à-vis des tiers	61
IV.10.9. Recommandation vis-à-vis des matériels	61
IV.11. EFFET COURONNE : BRUITS RADIOELECTRIQUES ET ACOUSTIQUES	61
IV.11.1. DEFINITION	62
IV.11.2. LES DIFFERENTS ASPECTS	62
IV.12. PERTURBATIONS RADIOELECTRIQUES	62
IV.13. CHUTE DE TENSION	62
IV.13.1. CALCUL DE SECTION DES CONDUCTEURS	63
IV.13.2. DETERMINATION DE LA SECTION BASEE SUR L'INTENSITE ADMISSIBLE	63
IV.13.3. SECTION POUVANT RESISTER AUCOURT-CIRCUITS	63
IV.13.4. SECTION IMPOSEE PAR LA CHUTE DE TENSION	64
IV.13.5. SECTION ECONOMIQUE	64
IV.14. DETERMINATION DES PARAMETRES DE LA LIGNE	64
IV.14.1. RESISTANCE OHMIQUE	64
IV.14.2.CALCUL DES CHUTES DE TENSION	65
IV.14.3.REACTANCE DE LA LIGNE	66
IV.15. CONCLUSION	67

CHAPITRE V: ETUDE GENIE CIVIL

V.1. INTRODUCTION	68
V.2. PRINCIPAUX TERMES, DEFINITIONS ET SYMBOLES	68
V.3. FONCTIONNALITE PRINCIPALE	68
V.4. NOTION DE FAMILLE DE FONDATIONS	68
V.5. REGLES DE CONCEPTION	68
V.5.1. ETUDE DE SOL	69
V.5.2. MATERIAUX	69
V.5.3. EFFORTS BRUTS APPLIQUES AUX FONDATIONS	69
V.5.3.1. POUR LES SUPPORTS TETRAPODES	69
V.5.3.2. POUR LES SUPPORTS MONOPODES	69
V.5.3.3. NOTATION EN FONCTION DE LA NATURE DE L'EFFORT	69
V.5.3.4. NOTATION EN FONCTION DE L'HYPOTHESE DE DIMENSIONNEMENT	69
V.5.4. EFFORTS MAJORES POUR LE CALCUL DES FONDATIONS	70
V.5.4.1. POUR LES SUPPORTS TETRAPODES	70
V.5.4.2. POUR LES SUPPORTS MONOPODES	70
V.5.4.3. NOTATION EN FONCTION DE LA NATURE DE L'EFFORT	70
V.5.4.4. NOTATION EN FONCTION DE L'HYPOTHESE	71
V.5.4.5. ANTICORROSION ET FINITION	71
V.5.5. INTERFACE SUPPORT / FONDATION	72
V.5.6. MISE A LA TERRE	72
V.6. EXECUTION DES MASSIFS DE FONDATION (CAS EN ALGERIE)	72
V.6.1. CHOIX DES COMPOSANT DU PETON	72
V.6.1.1. GREGATS	72
V.6.1.2. LIANTS (NFP15-301)	72
V.6.1.3. EAU DE GACHAGE (NFP 18 - 303)	73
V.6.2. ANALYSE GRANULOMETRIQUE	73
V.6.3. ACIERS D'ARMATURES	73
V.6.4. CONFECTION DU BETON	74
V.7. MISE EN PLACE DES EM BASES	74
V.8. COFFRAGES	75
V.9. LES EFFORTS SUR LES MASSIFS	75

V.9.1.CONDITION DE TENUE DU MASSIF	76
V.9.2. MASSIFS A LA COMPRESSION	76
V.10. CONFECTION DES MASSIFS	76
V.11.TYPES DES FONDATIONS	77
V.11.1. FONDATION SIMPLE	77
V.11.2. FONDATION BIPODE	77
V.11.3. FONDATION TETRAPODE	77
V.12. CONCLUSION	78
CONCLUSION GENERALE	79
ANNEXE	
BIPLOGRAPHIE	

LISTE DE FIGURE

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

- FIG (I.1) : Organisation du transport et de la distribution d'énergie électrique
- FIG (I.2) : Modèle Théorique D'une Ligne Aérienne
- Fig. (I.3) : Les types de réseau électriques
- Fig. (I. 4) : (a) Réseau en arbre, (b) Réseau en boucle
- Fig.(I.5) : Supports de lignes aériennes THT
- Fig. (I.6) : Câble conducteur électrique utilisé dans le transport d'électricité en HT.
- Fig. (I .7): profil d'un isolateur anti-pollution en pointillé la de fuite
- Fig (I .9) : veu d'un coupe d'element d'isolateur a chaine
- Fig.(I .8) : veu d'un coupe d'element d'isolateur rigide

CHAPITRE II: ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

- Fig. (II.1) : Représentation de carte tracée
- Fig. (II.2): Profile en long
- Fig. (II.3): Dimension d'un pylône utilisé en 60 KV
- Fig. (II.4): chaine de suspension simple 60/90 Kv
- Fig. (II.5): chaine de suspension double 220 ou 400 kv

CHAPITRE III: ETUDE MECANIQUE

- Fig. (III.1) : Surcharge de câble.
- Fig. (III.2) : Forme de la courbe d'équilibre.
- Fig. (III.3) : Représentation d'un conducteur avec une portée dénivelée (cas de deux flèches).
- Fig. (III.4) : Représentation d'un conducteur avec une portée dénivelée (cas de deux flèches).
- Fig. (III. 5) : Représentation de la longueur de câble
- Fig. (III.6) : Représentation de la moitié d'une portée non dénivelée
- Fig. (III.7): Représentation d'un canton
- Fig. (III.8): Représentation d'une traversée.

LISTE DE FIGURE

Fig. (III .9) : Balancement de la chaîne

Fig. (III.10) : Balancement de la chaîne de deux portées dénivelées

Fig. (III.12) : Efforts transmis au pylône.

Fig. (III.11): Balancement de la chaîne en ajoutant un contrepoids.

CHAPITRE V: ETUDE GENIE CIVIL

Fig. (V.1): Représentation d'une Massifs à la traction

Fig(V.2): Fondation monopode.

Fig (V.3): Fondation bipode

Fig(V.4): Fondation tétrapode

Fig (V.1): Représentation d'une Massifs à la traction

Fig(V.2): Fondation monomode.

Fig (V.3): Fondation bipode

Fig(V.4): Fondation tétrapode

NOTATION

- . η : Nombre de conducteurs par phase (faisceau).
- . m_c : Masse linéique du câble, kg/m.
- . m_g : Masse linéique du manchon de givre, kg/m.
- . g : Accélération de la pesanteur $9,81 \text{ m/s}^2$.
- . a_1 : Portée à gauche du pylône, m.
- . a_2 : Portée à droite du pylône, m.
- . d_1 : Dénivelée à gauche du pylône, m.
- . d_2 : Dénivelée à droite du pylône, m.
- . t_1 : Tension unitaire des câbles de la portée à gauche du pylône, daN/mm².
- . t_2 : Tension unitaire des câbles de la portée à droite du pylône, daN/mm².
- . t : Tension unitaire des câbles, daN/mm².
- . S : Section du câble, mm².
- . D_c : Diamètre du câble, m.
- . e_g : Epaisseur du manchon de givre, m.
- . $P_{v.cond}$: Pression du vent sur les conducteurs, daN/m².
- . $P_{v.isol}$: Pression du vent sur les isolateurs, daN/m².
- . $Mch1$: Poids de la chaîne d'isolateurs de la portée à gauche du pylône d'ancrage, daN.
- . $Mch2$: Poids de la chaîne d'isolateurs de la portée à droite du pylône d'ancrage daN.
- . Mch : Poids de la chaîne d'isolateurs du pylône de suspension, daN.
- . $Vch1$: Effort du vent sur la chaîne d'isolateurs de la portée à gauche du pylône d'ancrage, daN.
- . $Vch2$: Effort du vent sur la chaîne d'isolateurs de la portée à droite du pylône d'ancrage, daN.
- . Vch : Effort du vent sur la chaîne d'isolateurs du pylône de suspension, daN.
- . $Ach1$: Aire de la chaîne d'isolateurs de la portée à gauche du pylône d'ancrage, m².
- . $Ach2$: Aire de la chaîne d'isolateurs de la portée à droite du pylône d'ancrage, m².
- . Ach : Aire de la chaîne d'isolateurs du pylône de suspension, m².
- . α_1 : Angle de la portée à gauche du pylône d'ancrage, GR (voir figIII.10)
- . α_2 : Angle de la portée à droite du pylône d'ancrage, GR (voir figIII.10)
- . α : Angle du pylône de suspension, GR (avec $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$).
- . η : Nombre de conducteurs par phase (faisceau).
- . m_c : Masse linéique du câble, kg/m.
- . m_g : Masse linéique du manchon de givre, kg/m.
- . g : Accélération de la pesanteur $9,81 \text{ m/s}^2$.
- . a_1 : Portée à gauche du pylône, m.
- . a_2 : Portée à droite du pylône, m.
- . d_1 : Dénivelée à gauche du pylône, m.
- . d_2 : Dénivelée à droite du pylône, m.
- . t_1 : Tension unitaire des câbles de la portée à gauche du pylône, daN/mm².
- . t_2 : Tension unitaire des câbles de la portée à droite du pylône, daN/mm².
- . t : Tension unitaire des câbles, daN/mm².
- . S : Section du câble, mm².
- . D_c : Diamètre du câble, m.
- . e_g : Epaisseur du manchon de givre, m.
- . $P_{v.cond}$: Pression du vent sur les conducteurs, daN/m².
- . $P_{v.isol}$: Pression du vent sur les isolateurs, daN/m².
- . $Mch1$: Poids de la chaîne d'isolateurs de la portée à gauche du pylône d'ancrage, daN.
- . $Mch2$: Poids de la chaîne d'isolateurs de la portée à droite du pylône d'ancrage daN.
- . Mch : Poids de la chaîne d'isolateurs du pylône de suspension, daN.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'énergie électrique n'est pas stockable à grandes quantités et face à la demande croissante et non contrôlée de la charge, les réseaux électriques modernes ont comme défi d'assurer la liaison entre la production dans les centrales électriques et la consommation et de maintenir une constante tension et une constante fréquence aux clients.

Dans les systèmes électriques, les centrales électriques de production (particulièrement les centrales: nucléaires et hydrauliques) sont le plus souvent éloignées des zones de consommation(les consommateurs : habitations, industrie...).

Pour réaliser la liaison entre les deux centres (Groupes générateurs et les charges), il faut mettre en œuvre un réseau de lignes électriques qui assure le transport et la distribution de l'énergie électrique. Les tronçons de ces lignes sont raccordés entre-deux dans des installations appelées postes, ces dernières comprennent : des appareils de coupures, de mesures, de contrôle, de réglage et de commande, des transformateurs et divers autres appareils auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble. Tout ces appareils sont regroupés les uns dans des cellules reliées électriquement entre-elles par des jeux de barres, les autres dans des panneaux de mesures ou de contrôle et dont les plus utiles à la surveillance du poste sont regroupés sur un tableau. Les postes constituent les noeuds du réseau, les lignes en forment les branches. Ces branches constituent soit des artères ou des antennes soit des mailles (ou des boucles).

Dans certains pays, on utilise aussi du 800 kV (comme au Canada), et même des tensions plus élevées comme en Chine (1 100 kV), Inde (projet 1 200 kV), Japon (projet 1100 kV) des essais de transport en « ultra haute tension » ont été effectués en 1 500 kV mais ce type de tension ne se justifie que pour un transport sur une distance de l'ordre du millier de kilomètres, pour lequel un transport en courant continu peut être une solution intéressante.

L'isolation entre les conducteurs et les pylônes est assurée par des isolateurs. Ceux-ci sont réalisés en verre, en céramique, ou en matériau synthétique. Les isolateurs en verre ou céramique ont en général la forme d'une assiette.

Dans ce mémoire on a essier d'abordés les différentes étapes de réalisation de la ligne HT, et on adopte pour ce faire le plan suivant:

INTRODUCTION GENERALE

On comence par des généralités autour les réseaux électriques et les différentes techniques d'iolement dans **le premier chapitre**.

Dans **le deuxième chapitre** on a présenté les différentes opérations réalisés par le bureau d'étude pour identifier le tracé de la ligne ainsi les caractéristiques de la ligne (support, chaîne d'isolement,.....etc).

Le troisième chapitre est consacré au dimensionnement mécanique des lignes aériennes HT. Il est organisé pour présenter les hypothèses à prendre en compte pour le calcul des efforts, puis indique les conditions à respecter pour chacune des hypothèses de dimensionnement, en fin on presente quelque mesures spéciales à certaines traversées.

Le quatrième chapitre traite du dimensionnement électrique des lignes aériennes HT. Il est organisé pour définir les exigences de coordination d'isolement des lignes aériennes HT, puis le dimensionnement des prises de terre en suit définit les exigences à respecter pour les prises de terre, Les contraintes dues au courant – échauffement, ainsi les contraintes de proximité - induction magnétique et capacitive - conduction, en fin des calcules aoutour la chute de tension.

Le cinquième chapitre, définit les conditions générales techniques pour le dimensionnement des fondations des supports des lignes aériennes HT.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

I.1. INTRODUCTION

L'énergie produite dans les centrales électriques doit être transférée des lieux de production aux lieux de consommation; d'autre part les réseaux d'énergie électrique ont pour mission essentielle de véhiculer et répartir le produit que constitue l'électricité

Cette énergie électrique est transportée par des lignes aériennes, ces dernières constituent le moyen actuel le plus économique de transport de l'énergie électrique à grande distance.

I.2. UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Le transport d'énergie électrique depuis les sources jusqu'aux consommateurs est réalisé sous conditions d'un compromis technico-économiques, en respectant :

- La continuité du service;
- La constance de la puissance exigée par le client;
- Le maintien des caractéristiques de la tension et de la fréquence dans des plages admissibles;
- Maintien des normes de sécurité.

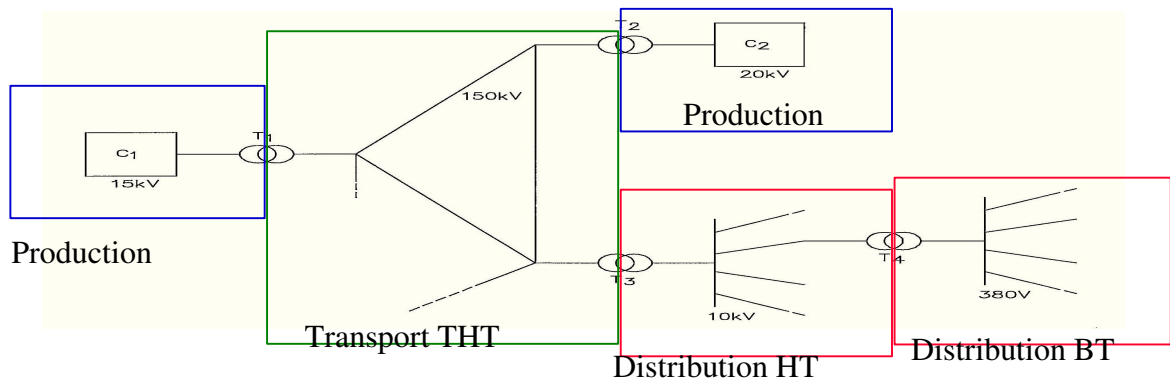


Fig (I.1) : Organisation du transport et de la distribution d'énergie électrique

I.3. FONCTION D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE

La fonction générale d'un réseau électrique est d'acheminer l'énergie électrique des centres de production jusqu'aux consommateurs, en plus le réseau a un rôle de transformation, puisqu'il doit permettre délivrer aux utilisateurs un bien de consommation adapté à leurs besoins, le produit électricité caractérisé par :

- Une puissance disponible en fonction des besoins quantitatifs du client ;
- Une tension fixée fonction de cette puissance et du type de la clientèle.

Une qualité traduisant la capacité à respecter les valeurs et les formes prévues de ces deux.

I. 4. LES TYPES DU RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

On peut situer les types des réseaux électriques suivant l'intérêt de fonctionnement ou sur les valeurs des tensions à portées :

I. 4. 1. EN TERME DE CONNEXION

I. 4. 1. 1. LES RÉSEAUX DE TRANSPORTS

A la sortie des centrales de production, l'énergie électrique est portée à haute ou très haute tension afin de limiter les pertes par effet Joule et satisfaire les demandes de plus en plus importantes en quantités d'énergie.

Le réseau de transport se présente sous la forme. D'un maillage de lignes HT et M.T. Chacun de ses nœuds constitue un poste de transformation.

Il transporte des puissances importantes sur des distances atteignant plusieurs centaines de kilomètres.

I. 4. 1. 2. MODELE THEORIQUE D UN RESEAU ELECTRIQUE

Le transport de l'électricité pose plusieurs problèmes, en particulier ceux des pertes d'énergie et des chutes de tension entre l'entrée et la sortie. Une étude à l'aide d'un modèle théorique simplifié permet de comprendre l'effet de divers paramètres sur le comportement de la ligne.

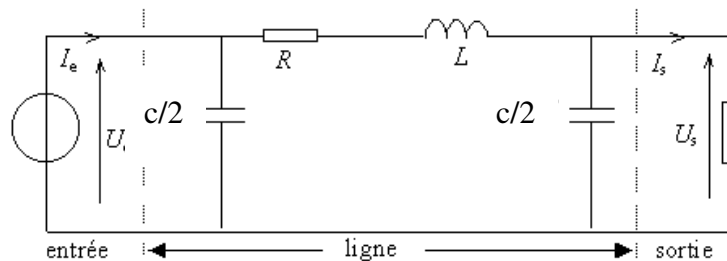


Fig (I.2) : Modèle Théorique D'une Ligne Aérienne

Le schéma ci-dessus représente un modèle sommaire mais simple d'emploi pour une phase d'une ligne pas trop longue : il constitue une approximation suffisante pour des longueurs de 200 à 300 km. Une ligne plus longue pourra être assimilée à une succession de cellules élémentaires de ce type.

On pourra remarquer que la ligne électrique de ce type s'apparente à un filtre passe-bas.

Résistance de la ligne

La résistance d'un conducteur filiforme s'écrit :

$$R = \rho \left(\frac{L}{S} \right) \quad (I.1)$$

Afin de limiter les pertes par effet Joule, on souhaite que la résistance soit la plus faible possible. La longueur L de la ligne étant imposée, on ne peut jouer que sur la résistivité ρ et sur la section s .

I. 4. 1. 3. LES RÉSEAUX D'INTERCONNEXION

Sont destinés à assurer la liaison entre les réseaux de transport puissants; leur rôle est d'assurer un secours entre les réseaux de transports. La gamme de tension correspondante est de 220 KV pour SONELGAZ. A la sortie des centrales de production, l'énergie électrique est portée à haute ou très haute tension (inférieur 110 KV) afin de limiter les pertes par effet Joule et satisfaire les demandes de plus en plus importantes en quantités d'énergie.

La structure de ce réseau est essentiellement de type aérien et devant assurer une grande sécurité d'alimentation. Il a le rôle de :

- Acheminement de l'électricité des centrales aux grandes zones de consommation.
- Interconnexion nationale (répartition).
- Interconnexion internationale (échanges d'énergie entre les pays).

Le choix d'une tension de transport est avant tout un compromis technico-économique fonction des puissances à transporter et des distances à parcourir. Les protections de ce réseau doivent être très performantes.

I. 4.1. 4. LES RÉSEAUX DE RÉPARATIONS

Permet d'acheminer l'énergie électrique du réseau de transport vers les grands centres de consommation et aux réseaux de distribution sous des hautes tensions comprises de 40 et 110 KV. Il transporte des puissances de plusieurs dizaines de MW sur des distances atteignant plusieurs dizaines de kilomètres. La structure de ce réseau est généralement de type aérien (parfois souterrain à proximité de sites urbains). Ce réseau, généralement en boucle, alimente les postes HT/MT des réseaux de distribution MT situé en aval.

I. 4 .1.5. LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

Le réseau de distribution comprend l'ensemble des canalisations et des branchements extérieurs qui permettent de délivrer l'énergie électrique soit :

- Depuis les sources jusqu'aux postes de distribution.
- Depuis les postes de distributions jusqu'aux consommateurs.

Ce réseau est composé de deux parties : le réseau de distribution à moyenne tension et le réseau de distribution à basse tension.

I. 4 .1. 5.1. LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION A MOYENNE TENSION

On appelle réseaux MT les réseaux couvrants la plage de 1 à 36 kV, selon (CIE) les réseaux MT se distinguent fortement des réseaux HT par le principe de distribution.

I. 4 .1. 5.2 LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION A BASE TENSION

Permet d’acheminer l’énergie électrique du réseau de distribution MT aux points de faible consommation inferieur de 250 kVA. Ce réseau alimente un nombre très élevé de consommateurs du domaine domestique. La structure de ce réseau est de type aérien ou x paramètres

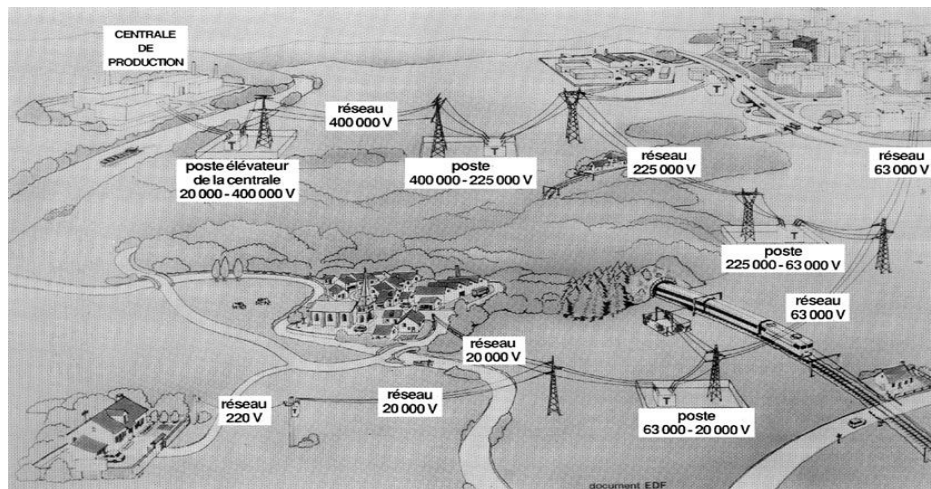


Fig (I.3) : Les types de réseau électriques

I. 4. 2. EN TERME DE TENSION

La structure du système électrique est décomposée en plusieurs niveaux de tension correspondants à différents types de réseaux, l’échelle de ces niveaux utilisée est très vaste, elle s’étend de quelques dizaines à près de million de volts en classe les types selon la tension :

Classe de tension	Tension nominale	Exemple d application
Tré Base tension TBT	+50V	Réseau BT de sécurité
Base tension BT	120 ,220 ,380 ,660V	Réseau de distribution BT
Moyenne tension MT	3, 6, 10, 20, 35,60KV	Réseau de distribution MT
Haut tension HT	110, 150, 220, KV	Réseau de transport
Tre haut tension THT	330, 500, 750 KV	Réseau de transport Réseau d interconnexion
Ultra haut tension UHT	+750 KV	Réseau d interconnexion

Tab (I.1) : Les réseaux électriques selon le niveau de tension

I. 5. AVANTAGE D'UTILISATION L'HAUT TENSION

Le choix d'utiliser des lignes à haute tension s'impose, dès qu'il s'agit de transporter de l'énergie électrique sur des distances supérieures à quelques kilomètres. Le but est de réduire les chutes de tension en ligne, les pertes en ligne, et également d'améliorer la stabilité des réseaux.

Les pertes en ligne sont dues à l'effet Joule, qui ne dépend que de deux paramètres : la résistance et le courant ($P = R.I^2$). L'utilisation de la haute tension permet, à puissance transportée ($P = U.I$) équivalente, de diminuer le courant et donc les pertes. Par ailleurs, pour diminuer la résistance, aux fréquences industrielles, il n'y a que deux facteurs, la résistivité des matériaux utilisés pour fabriquer les câbles de transport, et la section de ces câbles.

À matériau de fabrication et section équivalents, les pertes sont donc égales, en principe, pour les lignes aériennes et pour les lignes souterraines. Les lignes à haute tension font partie du domaine qui comprend les valeurs supérieures à 50 kV en courant alternatif. L'expression « très haute tension » est parfois utilisée, mais n'a pas de définition officielle. Les tensions utilisées varient d'un pays à l'autre. Schématiquement, dans un pays, on trouvera des tensions de l'ordre de 63 kV à 90 kV pour de la distribution urbaine ou régionale, de l'ordre de 110 à 220 kV pour les échanges entre régions, et de l'ordre de 345 à 500 kV pour les principales interconnexions nationales et internationales.

I. 5 .1. LIGNES DE TRANSPORT H T

Sont les lignes qui relient les postes de transformation principaux aux centrales de génération. Elles sont constituées de fils aériens ou de câbles souterrains fonctionnant à des tensions généralement inférieures 230kV dans cette catégorie, on trouve aussi les lignes servant à échanger de l'énergie entre deux grands réseaux.

I. 5 .2. LIGNES DE TRANSPORT THT

Ce sont les lignes qui relient les centrales hydrauliques éloignées aux centres d'utilisation. On les place dans une catégorie distincte à cause de leurs propriétés spéciales. Ces lignes peuvent atteindre des longueurs de 1000 km et elles fonctionnent à des tensions allant jusqu'à 765 kV. Les lignes à courant continu à haute tension sont également incluses dans ce groupe [1].

Distances en mètres	Tension			
	70 kV	150 kV	220 kV	380 kV
Au-dessus du sol	6.20	7.0	7.70	9.30
Le long d'une route	7.20	8.0	8.70	10.30
Traversée d'une route	8.20	9.0	9.70	11.30
Croisement d'une ligne B.T., H.T., télécomm.	2.20	3.0	3.70	5.30
Surplomb d'une maison				
- horizontalement	2.45	3.25	3.95	5.55
- verticalement	3.70	4.50	5.20	6.80
Surplomb d'une antenne				
- horizontalement	3.20	4.0	4.70	6.30
- verticalement				
Surplomb de chemin de fer électrifié	11 à 13	11 à 13	11 à 13	11 à 13
Au-dessus d'un cours d'eau navigable	40	40	40	40

Tab (I.2) : Distances des lignes aériennes aux traversées.

I.5.3. TOPOLOGIES DU RESEAU A HAUTE TENSION

Il existe plusieurs types des réseaux électriques en HT [3] :

Le réseau en arbre ; facilité de gestion et de protection et manque de fiabilité de l'alimentation.

Le réseau bouclé fiabilité de l'alimentation, difficulté de gestion et de protection.

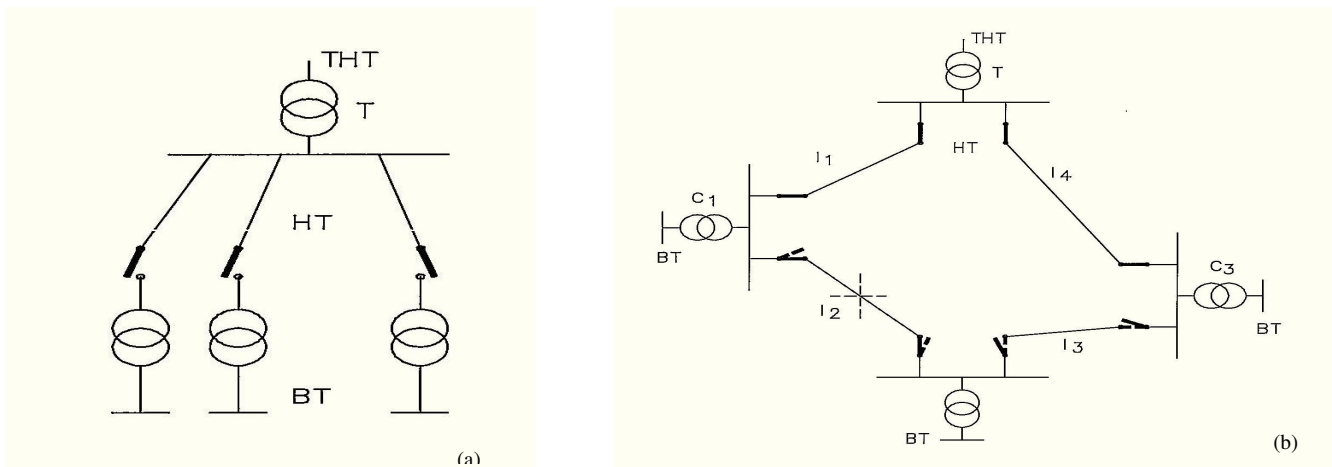


Fig. (I. 4) : (a) Réseau en arbre, (b) Réseau en boucle

I. 6. LES ÉLÉMENTS D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE

I. 6. 1. LES PYLÔNES

Pour les lignes aériennes, les opérateurs de transport d'électricité, utilisent des pylônes, en général réalisés en treillis d'acier. Leur fonction est de supporter et de maintenir les conducteurs à une distance suffisante du sol et des obstacles : ceci permet de garantir la sécurité et l'isolement par rapport à la terre, les câbles étant nus (non isolés) pour en limiter le poids et le coût. [1]

I. 6. 2. DIFFÉRENTS TYPES DE PYLÔNES

Pylône en treillis C'est un pylône métallique constitué par un assemblage de membrures formant un treillis et destiné à la plupart des lignes de transport de l'électricité, sous forme de tension alternative ou de tension continue.

Il comporte un fût quadrangulaire et des consoles ou des traverses. Les fondations sont généralement à pieds séparés. On les appelle des pylônes tétrapodes.

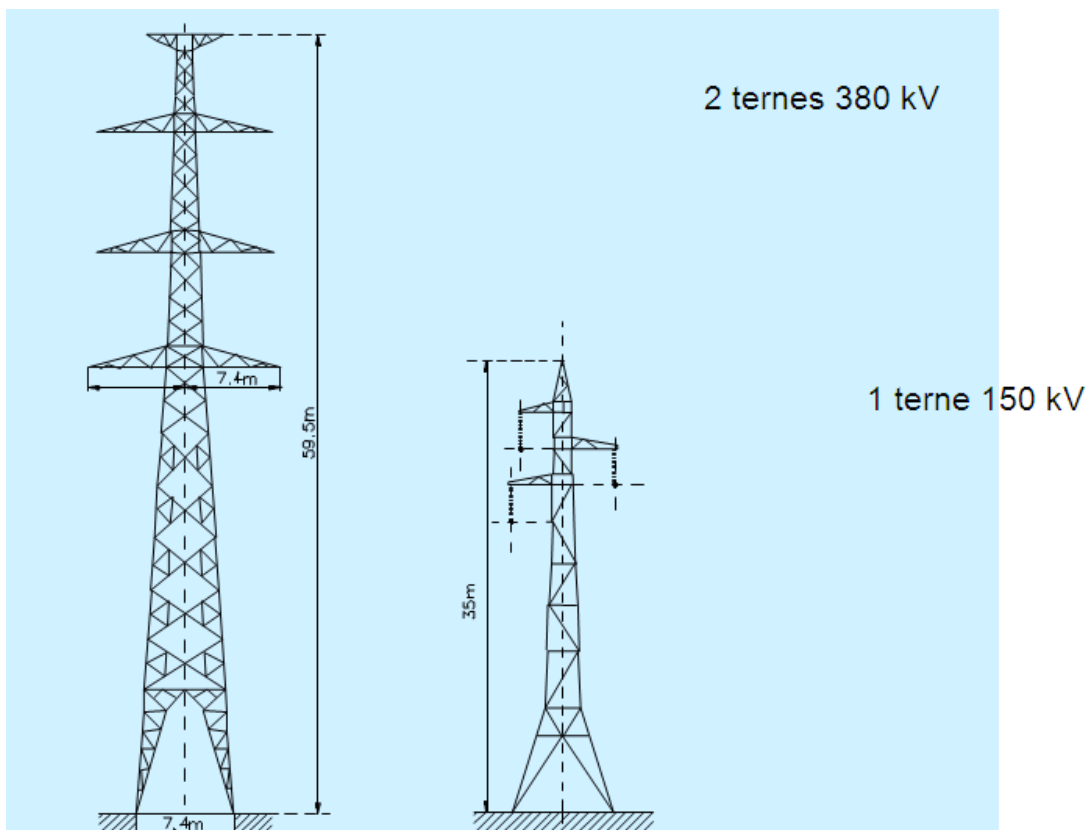


Fig.(I.5) : Supports de lignes aériennes THT

I. 6. 3. CONDUCTEURS (LES CÂBLES ÉLECTRIQUES)

On utilise en général des conducteurs en alliage d'aluminium, ou en combinaison aluminium-acier pour les câbles plus anciens ; ce sont des conducteurs composés d'une âme centrale en acier sur laquelle sont tressés des brins d'aluminium. Les conducteurs sont nus, c'est-à-dire non revêtus d'un isolant.

Les conducteurs dans l'haute tension sont aériens ou souterrains (et parfois sous-marins). Les conducteurs aériens sont soumis à l'action des facteurs atmosphériques :

température, vent, pluie, verglas etc. Ces facteurs interviennent de façon importante dans le choix des paramètres d'une ligne haute-tension : type de conducteur électrique (matériaux et géométrie), hauteur et distance des pylônes, tension mécanique maximum sur le conducteur afin de maintenir une garde au sol suffisante, etc.

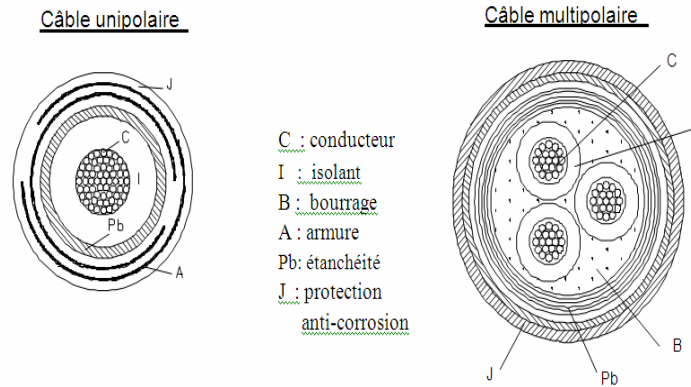


Fig. (I.6) : Câble conducteur électrique utilisé dans le transport d'électricité en HT.

I.6. 4. CARACTÉRISTIQUES DES CONDUCTEURS

Le tableau (I.5) représente les caractéristiques des matériaux entrant dans la fabrication des câbles électriques. [2]

Caractéristique	Matériaux				
		Cuivre	Alu	AMS	Acier
Résistivité à 10 ⁻⁹ Ω·m	10 ⁻⁹ Ω·m	17.6	28.2	32.7	150
Masse volumique	10 ⁻³ kg·m ⁻³	8.9	2.7	2.7	7.8
Module d'élasticité E	10 ⁹ Pa	105	57	57	175
Contrainte de rupture	10 ⁶ Pa	300	120	240	1000

Tab(I.3) : Propriétés des matériaux constituant les conducteurs de lignes aériennes

I.6. 5. CABLES DE GARDE

Les câbles de garde ne transportent pas le courant. Ils sont situés au-dessus des conducteurs. Ils jouent un rôle de paratonnerre au-dessus de la ligne, en attirant les coups de foudre, et en évitant le foudroiement des conducteurs. Ils sont en général réalisés en almelec-acier. Au centre du câble de garde on place parfois un câble fibre optique qui sert à la communication de l'exploitant. Si on décide d'installer la fibre optique sur un câble de garde déjà existant, on utilise alors un robot qui viendra enrouler en spirale la fibre optique autour du câble de garde.

I. 7. ISOLATEURS

I. 7. 1 GENERALITE

En effet ils ont pour rôle d'assurer la fixation des conducteurs sous tension sur leurs supports et isoler électriquement ces deux éléments de la ligne, pour cette raison, on apporte beaucoup de soins au choix du type d'isolateurs, à sa surveillance en exploitation et aux essais de réception

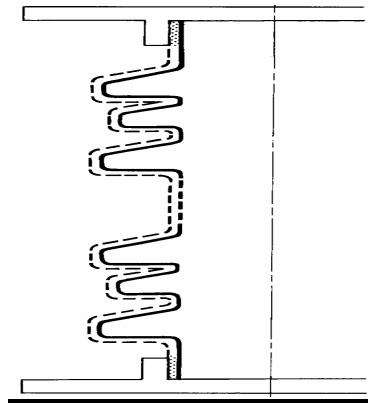


Fig. (I .7): profil d'un isolateur anti-pollution en pointillé à fuite

I. 7. 2 .CONSTITUTION DES d'ISOLATEURS

Un isolateur comprend essentiellement deux parties :

I.7. 2. 1. PARTIE ISOLANTE

Les matériaux utilisés pour réaliser la partie isolante sont la céramique et le verre

I. 7. 2. 1.1. LES CÉRAMIQUES

Elles sont obtenues à partir de l'argile, du feldspath, du kaolin, de la silice ou l'alumine. Dans le cas d'une perforation à l'intérieur du capot lors d'un arc électrique, l'isolateur en risque d'exploser, entraînant de ce fait la chute du conducteur

I. 7. 2. 1.2. LES VERRES

Les verres utilisés sont de deux types

A. le verre recuit

Il ne supporte que des efforts mécaniques assez faibles et résiste mal aux variations brusques de températures.

B. les verres trempés

Cette mécanique à la traction est 5 ou 6 fois plus grande que celle des verres recuits et présente une résistance à la variation brusque de température pouvant atteindre 100°C.

I.7. 3. PIÈCES MÉTALLIQUES DE LIAISON

Ces pièces, qui relient les parties isolantes entre elles ou au support, sont réalisées dans différents métaux ou alliages qui doivent résister aux contraintes mécaniques et thermiques.

Les métaux ou alliages plus couramment employés sont :

- les fontes malléables, de caractéristiques mécaniques voisines de celles des aciers doux
- les aciers au carbone, de caractéristiques spécifiques, pour des pièces forgées (tige désolateur, par exemple)

Les alliages de zinc qui sont parfois utilisés pour coller directement les capots sur les parties isolateurs des conducteurs

- les alliages aluminium pour la fabrication des capots

I.7.4. LES DIFFÉRENTS TYPES D'ISOLATEURS

Nous considérerons deux grandes classes d'isolateurs de lignes qui se différencient par la nature rigide ou non, de leur liaison au pylône.

I.7.4.1. LES ISOLATEURS RIGIDES

Une pièce métallique scellée autour de la base du diélectrique permet de relier rigidement l'isolateur au pylône.

Le câble est attaché au diélectrique soit directement par une ligature soit par intermédiaire d'une pince, elle-même fixée à une pièce métallique scellée sur l'isolateur.

Ces isolateurs peuvent être utilisés en position verticale, horizontale ou oblique. Ce type d'isolateurs pourra être soumis en exploitation à des contraintes mécaniques de flexion, de traction

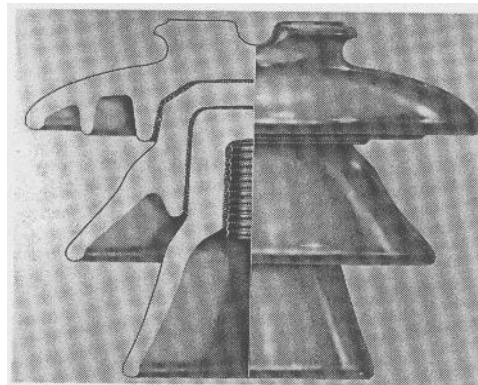


Fig (I .8) : vue d'un coupe d'element d'isolateur rigide[3]

I.7.4.2. LES ISOLATEURS SUSPENDUS

Les isolateurs suspendus sont une chaîne d'isolateurs de révolution assemblés les uns aux autres, au pylône et au câble par des systèmes métalliques à rotule ou à chape qui ne

permettent de transmettre, au frottement près, que des efforts mécaniques parallèles à leur axes.

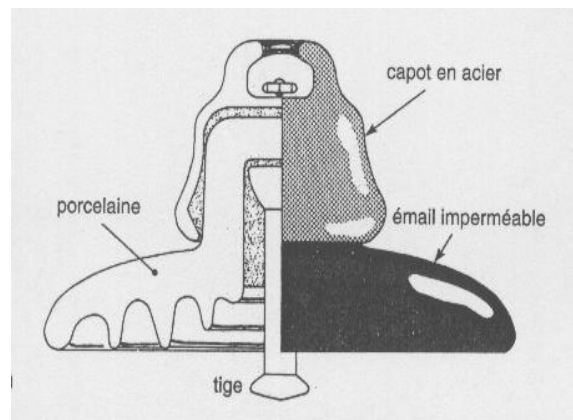
De telles chaînes, verticales suspendent les conducteurs au pylône d'alignement ; autres horizontales aux pylônes d'ancrage. Elles peuvent être doubles ou multiples pour accroître la résistance mécanique leur longueur dépendra de niveau d'isolement requis.

I.7.4.2.1. LES ISOLATEURS CAPOT ET TIGE

Le diélectrique est en verre trempé ou en céramique généralement le capot est fonte malléable, la tige en acier tous deux galvanisés à chaud ; les matériaux de liaison sont un mortier de ciment alumineux ou portland.

I.7.4.2.2. LES ISOLATEURS A FUT PLEIN

Sont des isolateurs de suspension ou d'ancrage constitués d'un bâton cylindrique plein en céramique, muni d'ailettes, à chaque extrémité duquel est fixée une pièce métallique de liaison.



Fig(I.9) : vue d'un coupe d'élément d'isolateur à chaîne [3]

I.7.5. CARACTÉRISTIQUES D'UN ISOLATEUR

-Ligne de fuite : distance la plus courte, passant par le profil extérieur de l'isolateur, en allant du conducteur à la masse

-Tension de contournement à sec : (arc 2) plus faible tension produisant un amorçage entre conducteur et masse, isolateur étant propre et en atmosphère sèche.

-Tension de coucourent sous pluie : (arc 3) plus faible tension produisant un amorçage entre conducteur et masse, l'isolateur étant soumise à une pluie artificielle

tension de perforation : (arc 4) plus faible tension produisant un amorçage entre

cotuteur et ferrure a travers la masse de l'isolateur (essai effectué dans l'huile) .la tension de perforation est par construction supérieur a sa tension de contournement la plus faible

- **Tension de tenue au choc** : tension qui sous forme d ondes de choc provoque le contournement des isolateurs essayés.
- **charge de rupture par contrainte électromécanique** : effort qui entraine soit la separation de la pièce métallique soit la rupture totale de l'isolateur

I.7.6.LA POLLUTION DES ISOLATION

La poussière, les acides et les autres polluants qu'on retrouve dans l'atmosphère se déposent sur les isolateurs et diminuent leurs propriétés isolantes. Cette pollution des isolateurs risque de produire des courts-circuits pendant les orages ou lors des surtensions momentanées .Pour remédier contre ce phénomène on utilise des isolateurs anti-pollution.

I.8. CONCLUSION

La contribution a l'étude d'un projet de ligne aérienne, besoin de connaître c'est quoi un réseau électrique et quel est les différents organes de ce réseau et comment exploiter ce réseau électrique, pour ce la, une étude théorique a été effectuer, ce chapitre a pour but d'identifier les différentes structures des réseaux électriques ainsi le paramètre essentielles entrant dans la construction d'un réseau électrique.

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

II.1.INTRODUCTION

Le choix du tracé, l'étude topographique qui lui fait suite et qui conduit à l'établissement du profil en long, document principal du projet, constitue les étapes préalables qu'on doit respecter.

II.2.CHOIX ET DEFINITION DE TRACE

Le tracé direct, la ligne droite représente la solution à laquelle on pense en premier lieu. Mais l'expérience montre que cette solution idéale ne peut généralement être retenue. Il existe toujours des raisons impérieuses, même dans les régions désertiques, et à plus forte raison dans les pays habités, pour cela on améliore le tracé, sans d'ailleurs l'allonger inconsidérément, en l'éloignant des obstacles qui se trouvent sur le parcours direct.

II.3.ETUDE SUR CARTE

L'étude sur carte permet en effet de reconnaître:

- Les agglomérations, habitations groupées ou isolées.
- Les aérodromes existants, les stades, les cimetières.
- Les massifs forestiers, les plantations d'arbres divers, la nature générale des cultures.
 - Les routes et chemins de toute nature.
 - Le relief du terrain, les massifs montagneux, les vallées
- L'importance des angles des tracé; et de définir avec précision les points de passages obligés.
 - Point de départ et d'arrivée (orientation à donner aux postes le cas échéant).
 - Points intermédiaires éventuels.

Cette étude sur carte étant terminée, il est nécessaire de pénétrer un peu plus dans le détail et de faire compléter les données cartographiques par les relevés d'obstacles qui ne figurent pas toujours de façon explicite sur les cartes:

- Lignes et câbles téléphoniques.
- Lignes électriques d'abonnés, de distribution ou de transport d'énergie préexistantes.
 - Zones de marécages, de pollutions industrielles ou autres.
 - Téléfériques permanents ou temporaires.
 - Parcs et jardins d'affrètement, propriétés closes.
- Aérodromes publics ou privés, terrains militaires.

II.4.CONSULTATION DES SERVICES SUR LE TRACE

Cette étude préliminaire étant faite, il convient, en général, de lancer auprès des services intéressés par le passage de la ligne, ce qu'on appelle l'enquête de tracé.

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

Si les démarches officielles et les contacts préalables ont été poursuivis avec tout le soin désirable et avec le souci constant d'aboutir à des solutions de conciliation ménageant les intérêts de tous, les services sont amenés à se prononcer sur un tracé dont on a eu connaissance et qui a été établi en tenant compte de leurs suggestions et observations.

Ces consultations permettent cependant aux services d'avoir connaissance officielle du projet, de donner officiellement leur accord sur le tracé et de formuler leurs observations éventuelles sur certaines dispositions qu'ils désirent voir réaliser à la construction.

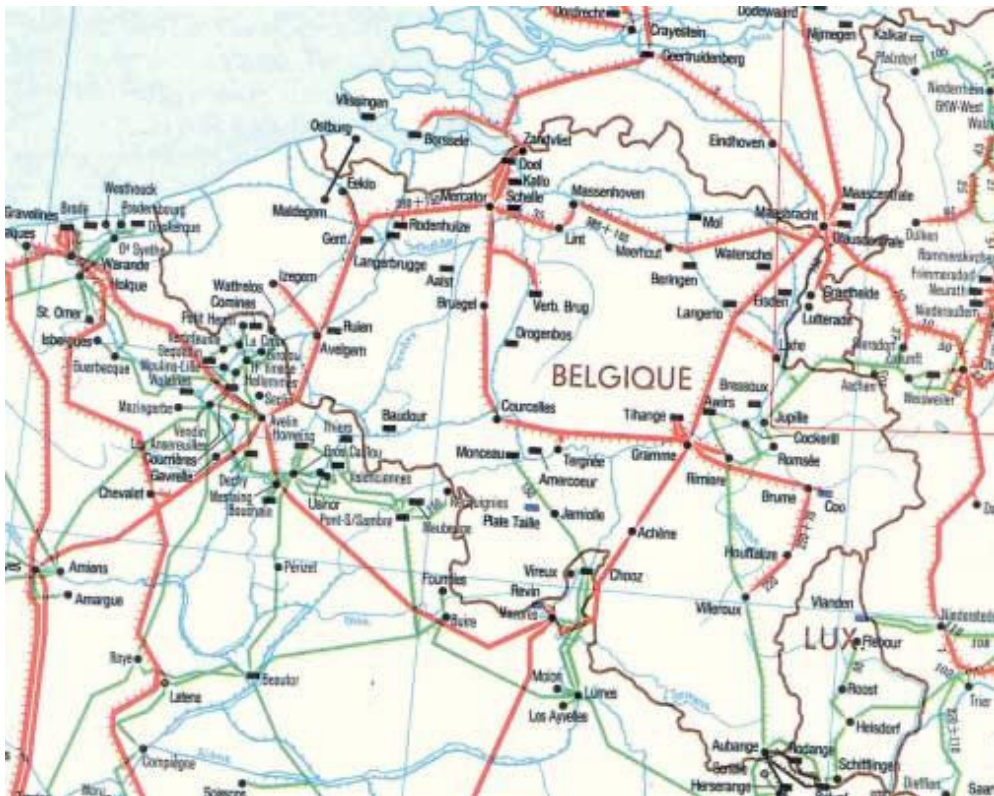


Fig. (II.1) : Représentation de carte tracée

II.5. ETUDE TOPOGRAPHIQUE

Pendant que se déroule l'enquête de tracé dont l'aboutissement demande généralement plusieurs mois, il est de règle de commencer l'étude topographique de la ligne, une fois obtenu de l'administration le permis de pénétration.

Cette étude topographique doit être faite par un géomètre averti, ayant une parfaite connaissance de la ligne à construire et des sujétions qu'entraîne son établissement. C'est pourquoi il est justifié à cet égard d'utiliser les services de construction de lignes électriques, plutôt que de confier ces études à des cabinets de géomètres qui, sauf exception, sont sans références particulières dans la spécialité.

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

Code	Description	Numéro	ang., gr	dist., m
s	B1-Emerg.	0	119,138	0
		O1		24,837
D	W1A	O2	0	8,991
D	W1C	O3	0	18,08
D	W2A	O4	0	27,116
D	W2C	O5	0	35,988
A	B2	STB2	241,782	42,441
		O6		6,625
		O7		17,868
D	PIPE	O8	170,0372	41,665
D	PIPE	O9	216,5687	55,924
		O10		48,219
	MT GPL 2 H= 8.76 m	O11		70,138
d	dmt	O13	260,219	73,984
		O14		87,776
d	pipe1	O15	237,5246	92,231
	1 piste	O16		93,952
	CLOTURE ELECTRIQUE	O17		100,071
D		O18	251,8379	101,114

Tab (II.1) : Levé topographique.

II.5.1.BALISAGE SOMMAIRE

A la base de l'étude se place toujours l'exécution du balisage. Un premier balisage dit **balisage sommaire** est effectué par géomètre en vue de matérialiser sur le terrain, le tracé de principe figurant sur la carte qui lui a été remise.

Ce premier balisage lui permet de s'assurer que le tracé satisfait bien aux prescriptions imposées:

- Distances minimales de 150 m par rapport aux agglomérations, de 40 m par rapport aux habitations isolées (par exemple),
- Choix et position convenable des angles du tracé,
- Absence d'obstacles insoupçonnés, propriétés closes, constructions nouvelles, ouverture de carrières d'extraction de matériaux, plantations récentes, etc.

II.5.2 .BALISAGE DEFINITIF

Quand l'accord a été donné au géomètre, sur le balisage sommaire et sur les propositions de modifications qu'il a formulées, ce dernier peut passer au balisage définitif.

Il s'agit alors de la matérialisation sur le terrain du tracé définitif de la ligne, dont l'ébauche a été figurée au moment du balisage provisoire. L'attention du géomètre doit alors se porter sur l'observation de certaines règles prescrites par les règlements ou résultant plus simplement des règles de l'art.

II.6. PROFIL EN LONG

Le profil en long est le document topographique le plus important, car c'est lui qui sert de base à la détermination des ouvrages et aux choix de leur emplacement sur le terrain. Il est dessiné à l'échelle du $\frac{1}{500}$ pour les hauteurs et du $\frac{1}{2000}$ pour les longueurs. Le dessin est complété par une vue en plan sur 100m de largeur (bande parcellaire).

Nous croyons utile de souligner l'importance de cette bande parcellaire obtenue par un levé planimétrique effectué en même temps que celui du profil en long suivant l'axe du tracé.

Cette planimétrie peut être utilement complétée par les indications tirées du plan parcellaire. Elle est destinée à faciliter la configuration de tous les éléments susceptibles d'intervenir dans le choix des implantations de pylônes.

Bien entendu, le profil en long devra figurer en élévation les lignes électriques ou de télécommunications croisées, avec leur position précise en altitude à l'aplomb des conducteurs extrêmes de la ligne projetée.

II.7. EXEMPLE D'UN PROFIL EN LONG

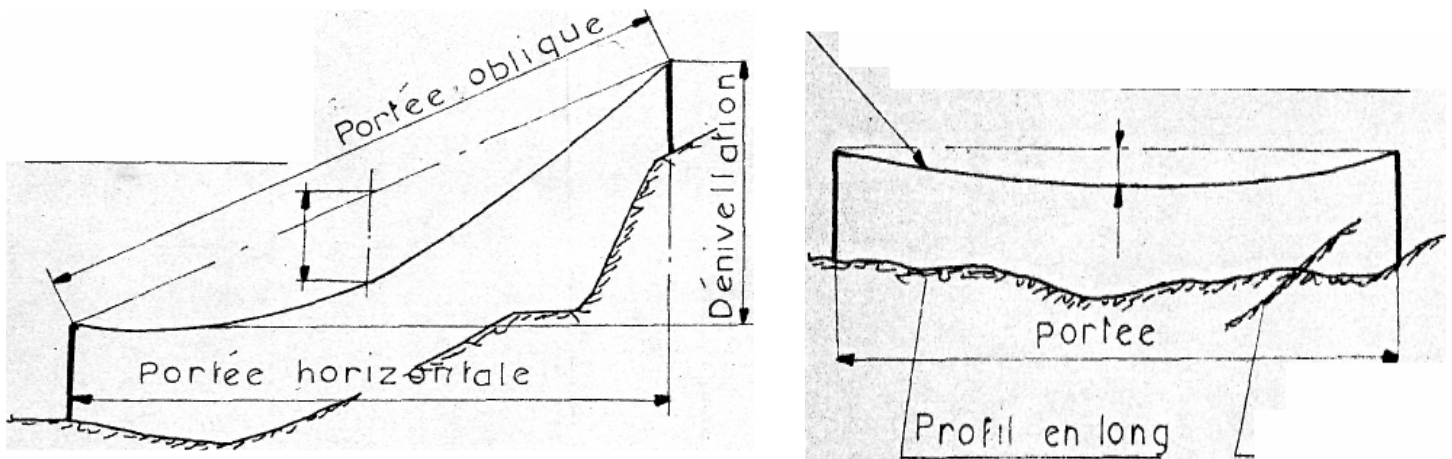


Fig. (II.2): Profil en long [4]

II.8. LES CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE

Pendant l'étude du tracé, l'ingénieur responsable de l'étude aura recueilli les renseignements qui lui sont utiles pour son choix définitif sur un certain nombre de dispositions préalables à adopter ou à confirmer:

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

II.8.1. CHOIX TYPE DE PYLONE ET LEUR FONDATION.

Tous les pylônes courants utilisés dans le réseau de transport d'énergie électrique à Haut Tension sont présentés dans ce chapitre.

Pour chaque pylône on donne des indications concrètes à savoir :

Sa silhouette, ses dimensions principales, sa tension électrique, son type d'accessoire, ses portées poids et vent ainsi que les sections des conducteurs.

Il donne aussi le type de cornières utilisées pour chaque pylône ainsi que sa boulonnerie pour permet à ses utilisateur d'avoir une estimation sur le quantitatif à savoir:

- Le poids du pylône hors sol,
- Poids de sa boulonnerie,
- Poids des embases,
- le poids total du pylône

On distingue plusieurs types des pylones en terme d'utilisation :

II.8.1.1. PYLONE D'ANCRAGE

Un pylône est dit « d'ancrage » lorsque les conducteurs y sont accrochés de part et d'autre par des chaînes d'ancrage (par opposition aux chaînes de suspension, qui sont verticales).

II.8.1.2. PYLONE D'ARRET

Un pylône est dit « d'arrêt » lorsqu'il est dimensionné pour résister en permanence (i.e. avec les coefficients de sécurité du présent CC-LA) aux efforts générés par des conducteurs ancrés d'un seul côté.

II.8.1.3. PYLONE ANTI-CASCADE

Un pylône est dit « anti-cascade » lorsque ses caractéristiques mécaniques lui permettent de ne pas être endommagé si des câbles y demeurent accrochés d'un seul côté en cas de destruction d'un ou des pylônes adjacents

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

II.8.1.4. CARACTIRISTIQUE D'UN PYLONS UTILISE EN HT

Les tableaux ci dessous sont representés quelque carcterstique géometrique d'un pylône de type triangle CGEE 60kv utilise dans le transport d'electricité en HT comme les poids,les hauteurs les consols :

- Pylône N CGEE 60 KV
- Pylône A CGEE 60KV
- Pylône S CGEE 60 KV

Niveau	hauteur sous console (m)	hauteur totale(m)	Distance de la console à l'axe du fût-e-(m)	Empattement du pylône a/b(m)
N_R	12.500	19,100	2.625	2.540-2.0545
N	10,000	22.100	2,620	2,908-2,3034
N_X	18,000	25.100	2,620	3,270-2,000
N_Y	21.500	28,100	2,620	3,790-2,847
N_Z	24.500	31.100	2,620	4,098-3,140

TAB (II.2): Pylônes 60kv [Les hauteurs].

Nivea u	Poids du sol (kg)	Hauteur Totale(m)	Poids embase (kg)	Poids total (kg)
N_R	1030	77	76	1783
N	1760	84,0	76	1920,0
N_X	2013	93	98	2204
N_Y	2509	112	98	2719
N_Z	2903	129	98	3180

TAB (II.3): Pylônes 60kv [les poids] [4].

CHAPITRE II
ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

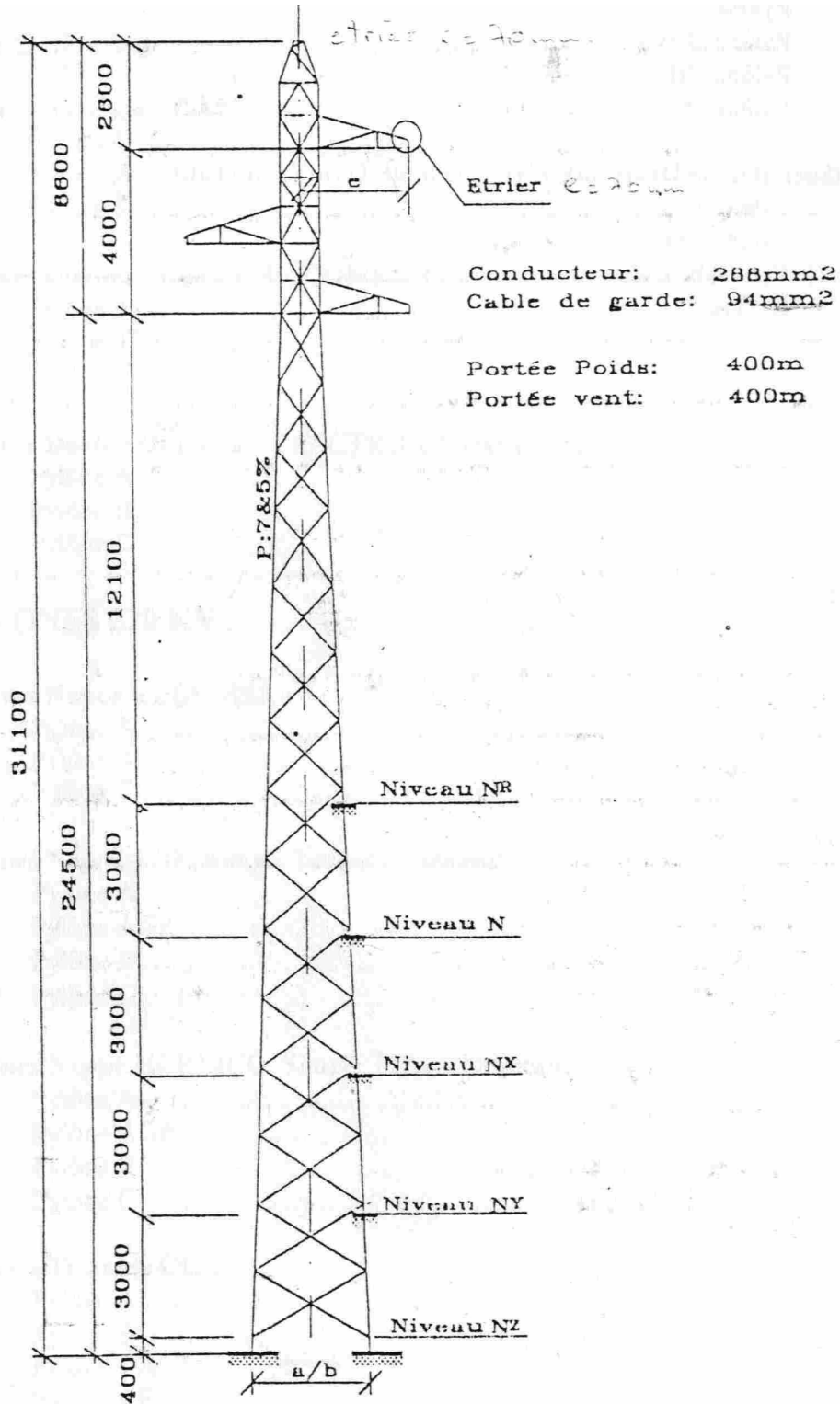


Fig. (II.3): Dimension d'un pylône utilisé en 60 KV [4].

**II.8.2. CARACTERISTIQUES DES CABLES CONDUCTEURS ET
CABLE DE GARDE UTILISE EN ALGERIE**

Il convient de s'assurer que les comportements des deux types de câbles sont suffisamment proches dans les différentes hypothèses administratives et en exploitation pour permettre un fonctionnement correct de l'ouvrage.

Les principaux points à examiner sont :

- la variation des distances entre câbles en fonction des variations des hypothèses,
- la capacité du câble de garde à évacuer les courants de court-circuit amenés par les conducteurs.

Des associations câble de garde - conducteur indicatives pour les différentes configurations sont données à titre d'exemple dans les paragraphes suivants en fonction des tensions et intensités de court-circuit des postes d'extrémité.

CONDUCTEURS	CABLES DE GARDE ASSOCIES	
	CLASSIQUES	A FIBRES OPTIQUES INCORPOREES
Almélec 366	Almélec - acier 116,2 ou 147,1 ou alu – acier 147,1	Almélec - acier 157 F
Almélec - acier 412	Almélec - acier 288	Almélec - acier 268 F
Alu – acier 412	Alu – acier 288	Almélec - acier 157 F

Tab (II.7): Ouvrages 220 kV équipés d'un conducteur Almélec 366 ou de ses équivalents électriques

CONDUCTEURS	CABLES DE GARDE ASSOCIES	
	CLASSIQUES	A FIBRES OPTIQUES INCORPOREES
Almélec 570	Almélec - acier 147,1 ou alu – acier 147,1	Almélec - acier 157 F
Almélec - acier 612	Almélec - acier 288	Almélec - acier 268 F
Alu – acier 617	Alu – acier 288	Almélec - acier 157 F

Tab (II.8): Ouvrages 220 kV équipés d'un conducteur Almélec 570 ou de ses équivalents électriques

II.9. CHAINES D'ISOLATION ET ACCESSOIRES

Les chaînes isolantes assurent le lien mécanique entre le support et les conducteurs constitutifs de la ligne tout en garantissant l'isolement électrique entre ces deux éléments. De plus, elles doivent être en mesure d'écouler les courants de défaut sans dégradation de leurs caractéristiques électriques et mécaniques.

Les chaînes d'accrochage pour câbles de garde assurent le lien mécanique et électrique entre la charpente du support et le conducteur de terre (ou câble de garde).

Les pièces de câble assurent :

- la jonction des câbles entre eux,
- la liaison entre la chaîne de suspension ou d'ancrage (partie en contact avec les câbles) et les câbles,
- l'écartement des câbles entre eux.

Les boîtiers d'épissures assurent quant à eux le logement des jonctions de fibres optiques et la protection de ces raccordements vis à vis des contraintes extérieures

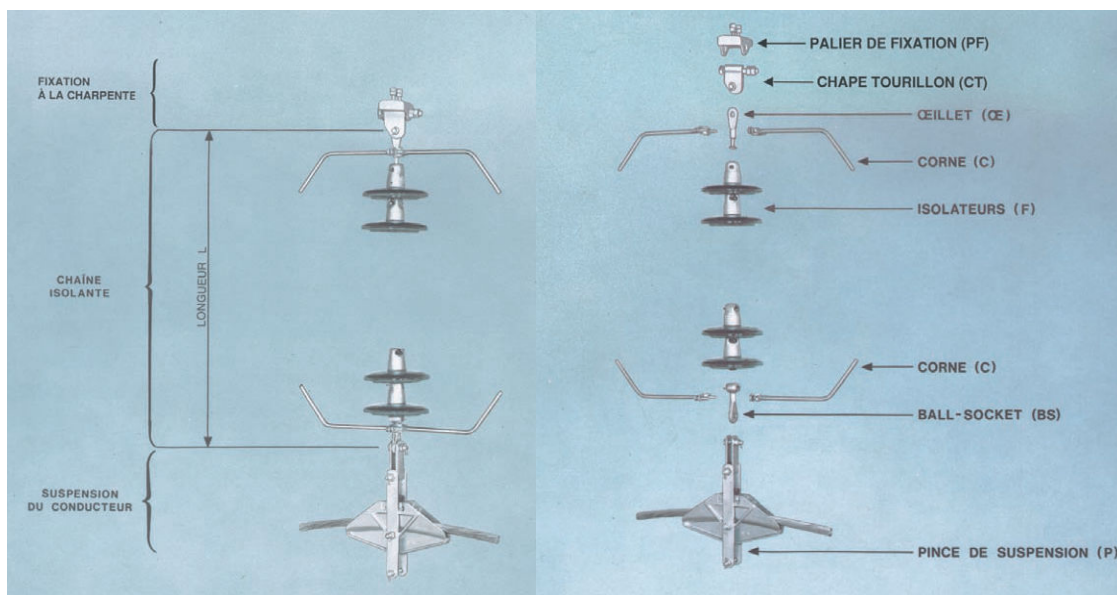


Fig. (II.4): chaîne de suspension simple 60/90 kv

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

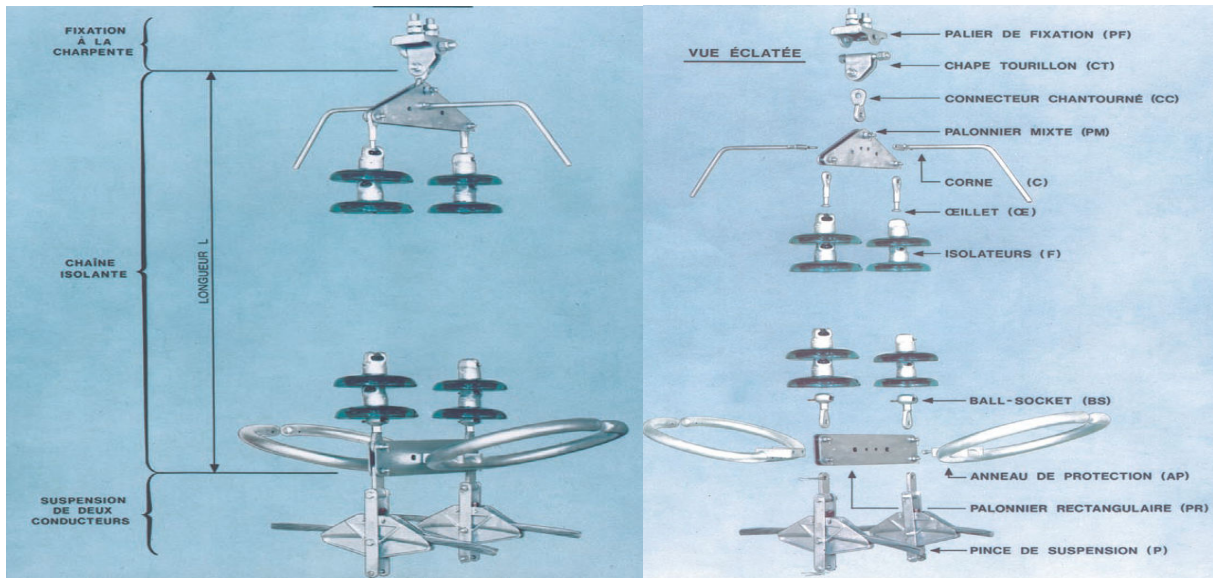


Fig. (II.5): chaîne de suspension double 220 ou 400 kv [7].

Les chaînes isolantes pour conducteurs équipant les lignes aériennes HT doivent présenter :

- un dimensionnement diélectrique compatible avec la tension d'exploitation et les conditions environnementales, notamment de pollution, de l'ouvrage concerné,
- une résistance à la rupture suffisante pour supporter, compte tenu des coefficients de sécurité, toutes les contraintes résultant des charges permanentes et des surcharges accidentelles,
- une géométrie d'assemblage des accessoires compatible avec les mouvements de balancement des chaînes sous l'effet du vent,
- un dispositif permettant l'écoulement des courants de défaut (foudre, manœuvre, court-circuit) et conçu pour canaliser les arcs électriques sans endommager ni les conducteurs ni les isolateurs.

Les chaînes d'accrochage pour câbles de garde équipant les lignes aériennes HT doivent présenter :

- une résistance à la rupture suffisante pour supporter, compte tenu des coefficients de sécurité, toutes les contraintes résultant des charges permanentes et des surcharges accidentelles,
- une géométrie d'assemblage des accessoires compatible avec les mouvements de balancement des chaînes,

CHAPITRE II

ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE

- un dimensionnement électrique garantissant l'écoulement des courants de défauts susceptibles de transiter par le câble de garde.

II.10. ETUDES GEOTECHNIQUES

Les études de sols visent à obtenir les valeurs des paramètres géotechniques nécessaires au dimensionnement des fondations et à la détermination de la résistivité électrique du sol.

Les livrables listés dans le tableau ci-dessous, sont accompagnés des enregistrements qualité correspondants (sondages effectués, ...) et consignés dans le Plan Qualité du projet.

Phase d'étude	Livrables	Points d'arrêt ou de convocation
Etude qualitative	<ul style="list-style-type: none">- La (les) carte(s) des zones géologiques,- La position et les Procès Verbaux d'essais incluant la description des essais et les résultats des mesures effectuées,- Un tableau de synthèse présentant pour chaque support la zone d'homogénéité de sol associée. <p>Les documents utilisés lors de l'étude bibliographique doivent être clairement identifiés en indiquant :</p> <ul style="list-style-type: none">- Le nom, la référence et l'échelle des cartes géologiques utilisées,- Les références des documents et autres publications exploités.	Point de convocation : Transmission de l'étude qualitative
Etude quantitative et pré dimensionnement)	<ul style="list-style-type: none">- La (les) carte(s) des zones géologiques, actualisée(s) suite aux sondages,- La position et les Procès Verbaux d'essais incluant la description des essais et les résultats des mesures effectuées,- Un tableau de synthèse présentant pour chaque support :<ul style="list-style-type: none">- la zone d'homogénéité de sol associée,- la résistivité électrique prévisible du sol,- le type et le dimensionnement prévisionnels des fondations,- les éventuelles suggestions de mesures à prendre dans les zones à risques (éboulements, avalanches, oueds asséchés, ...).	Point de convocation : Transmission de l'étude quantitative

Tab (II.12): Paramètres géotechniques nécessaires au dimensionnement des fondations

II.11. CONCLUSION

Dans ce chapitre on a vu un aperçu sur les opérations principales réalisées par le bureau d'étude dans le cadre de projet de ligne HT, en spécifiant notre étude sur le réseau algérienne.

La connaissance des paramètres de la ligne HT, nous a permis de réaliser la ligne afin d'étudier mécaniquement et électriquement cette ligne ; qui seront réalisés dans les chapitres suivants.

CHAPITRE III

Etude Mécanique

III. 1 .INTRODUCTION

Une ligne à très haute tension est une autoroute de l'énergie. Elle permet de transporter sur de grandes distances de grandes quantités d'énergie; Et elle doit être un ouvrage de technologie simple, facile et rapide à étudier et à réaliser. Elle doit s'accommoder aux contraintes du tracé et d'un accès facile pour l'exploitation.

III.2. BUT DES CALCULS

Les calculs des tensions et des flèches de pose aux différentes températures ont pour but :

- Le respect du facteur de sécurité et de surcharges dans les conditions prévues.
- Vérification des distances réglementaires à la flèche maximale.
- Calcul des efforts exercés par les conducteurs sur le support.

III.3. ETUDE MECANIQUE

L'étude mécanique est basée sur les conditions (hypothèses) climatiques.

III.3.1. HYPOTHESES CLIMATIQUES

Les ouvrages seront calculés, conformément aux prescriptions de l'arrêté technique déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les études des lignes HT .

III.3.1.1. HYPOTHESE A (D'ETE)

Température moyenne de la zone avec un vent horizontal créant sur les lignes les pressions suivantes.

Conducteurs, câbles de garde :	48 daN/m ²
Surfaces planes :	120 daN/m ²

III.3.1.2. HYPOTHESE B (D'HIVER)

La température minimale de la zone avec un vent horizontal créant sur les lignes aériennes les pressions suivantes:

- Conducteurs, câble de garde : 18 daN/m²
- Eléments plans de supports : 30 daN/m²
- La température de répartition sera de 75° C.

$$\theta_{\max}=75^{\circ}$$

III.3.1.3.HYPOTHESES COMPLEMENTAIRES

➤ HYPOTHESE GIVRE

Il y a lieu de tenir compte dans les calculs justificatifs des dépôts de givre qui peuvent se produire sur des ouvrages.

On adopte les hypothèses indiquées ci-après, pour une température minimale de la zone.

• Surcharge des supports

Les efforts dans les barres, provenant du poids propre au support et de la pression du vent sur la charpente, sont multipliés par des coefficients forfaitaires:

• givre léger

- Poids propre du support $\times 1$
- Vent sur le support= vent de l'hypothèse A $\times 0,25$

• Givre moyen lourd

- Poids propre du support $\times 2$
- Vent sur le support= vent de l'hypothèse A $\times 1$

➤ HYPOTHESES E.D.S (EVERY-DAY-STRESS).

A la température moyenne de la région, sans vent, la tension du câble ne devra, en aucun cas, dépasser les 18% de sa charge de rupture.

III.3.2. COEFFICIENT DE SURCHARGE (M)

Le câble peut être surchargé par un poids P de givre et par un effort horizontal V au vent [5].

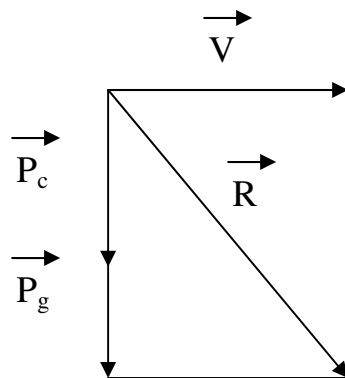


Fig. (III-1) : Surcharge de câble.

P_c : le poids du câble (kg /m)

P_g : le poids du givre (kg /m)

V : l'effort du vent sur le câble (kg /m)

$$m = \frac{R}{P_c}$$

$$R = \sqrt{V^2 + (P_c + P_g)^2}$$

Donc:
$$m = \frac{\sqrt{V^2 + (P_g + P_c)^2}}{P_c} \quad \text{(III-1)}$$

III.3.3. COEFFICIENT DE SECURITE (K)

Le coefficient de sécurité **k** est un facteur multiplicateur à appliquer à la ou aux charges maximales admissibles permettant de déterminer les efforts entraînant les destructions d'un ensemble d'éléments [5],

Soit:

$$K = \frac{CRN}{T} \quad \text{(III-2)}$$

- T: tension du conducteur - - - - - (daN)
- CRN: charge de rupture nominale - - - - - (daN)

- Les lignes aériennes doivent, obligatoirement, supporter les charges des hypothèses administratives, dans les conditions ci-après:

III.3.3.1. CONDITIONS NORMALES

-Effort maximal admissible dans les câbles, haubans, pièces d'armement, isolateurs et, d'une façon générale, toutes les pièces travaillant à la traction à majorer du tiers (1/3) de la charge de rupture.

-Contrainte maximale admissible dans les éléments des pylônes métalliques (cornières et boulons) 1/1,8 fois la contrainte de la limite d'élasticité minimale garantie.

-Coefficient de stabilité des massifs de fondation, pour les efforts d'arrachement, égaux à 1,5 aux ancrages, angles souples supérieurs à 10 grades traversées importantes, 1,3 pour les autres supports.

-Effort de compression en fond de la fouille inférieure à la pression nominale pouvant être supportée par le terrain.

III. 3. 3. 2. CONDITIONS EXCEPTIONNELLES, RUPTURE ET GIVRE

- Charge maximale admissible dans les câbles, haubans: 1/1,75 fois la charge de rupture.

- Effort maximal admissible dans les pièces d'équipement et les isolateurs: 1/1,75 fois la charge de rupture.

- Contrainte maximale admissible dans les éléments des pylônes métalliques:

Pylônes d'alignement: 1/1,20 fois la contrainte de la limite élastique minimale garantie.

Pylônes d'angle fort et arrêt: 1/1,2 fois la contrainte de la limite élastique minimale garantie.

Le coefficient de stabilité des fondations des supports et haubans doit être supérieur à 1.

III. 4. APPLICATION

Pour les applications, on utilise les caractéristiques de notre projet d'étude :

- Conducteur : 366mm² almélec (alliage d'aluminium).

- Câble de garde à fibres optiques: 132mm² (Alcatel).

Le calcul du coefficient de surcharge est pour les différentes hypothèses :

III.4.1. CONDUCTEUR

Les caractéristiques du câble conducteur sont :

La section : 366mm²

Le diamètre : 24,9mm

Poids linéique : 1,0089kg/m

Hypothèse A (d'été) :

Température moyenne : 20°C

Le vent : 48daN/m²

L'effet du vent sera

$$V = \frac{10}{9,81} \times 48 \times 24,9 \times 10^{-3} = 1,21 \text{kg/m}$$

$$\text{Donc: } m = \frac{\sqrt{V^2 + Pc^2}}{Pc} = \frac{\sqrt{(1,21)^2 + (1,0089)^2}}{1,0089} = 1,56$$

III. 4.1.1. HYPOTHESE B (D'HIVER)

Température minimale : -5°C.- le vent : 18daN/m², -L'effet du vent :

$$V=1,02 \times 18 \times 24,9 \cdot 10^{-3}=0,457 \text{kg/m}$$

Donc:
$$m = \frac{\sqrt{(0,457)^2 + (1,0089)^2}}{1,0089} = 1,001$$

III. 4.1.2. HYPOTHESE GIVRE

A) GIVRE LEGER:

Température minimale : -5°C .Vent réduit : 18 daN/m². Poids linéique du givre : 2 kg/m

Epaisseur du manchon de givre : 2,24Cm

$$D=D_c + 2 e =24,9+2 \times 2,24 \times 10=69,7 \text{ mm}$$

$$V=1,02 \times 18 \times 69,7 \times 10^{-3}=1,27 \text{kg/m}$$

$$m = \frac{\sqrt{(1,27)^2 + (1,0089 + 2)^2}}{1,0089} = 3,23$$

B) GIVRE MOYEN :

- Température minimale : -5°C. - Vent réduit : 18 daN/m². Poids linéique de givre : 4kg/m

- Epaisseur du manchon de givre : 3,52mm

$$D=24,9+2 \times 3,52 \times 10=99,8 \text{mm}$$

$$V=1,02 \times 18 \times 99,8 \cdot 10^{-3} =1,83 \text{kg/m}$$

$$m = \frac{\sqrt{(1,83)^2 + (1,0089 + 4)^2}}{1,0089} = 5,64$$

III. 4.2.CABLE DE GARDE

-section : 132mm²

-diamètre : 15,4mm

-poids linéique 487kg/km

III.4.2.1.HYPOTHESE A (D'ETE)

$$V = \frac{10}{9,81} \times 48 \times 24,9 \times 10^{-3} = 1,21 \text{kg/m}$$

Donc:
$$m = \frac{\sqrt{V^2 + P_c^2}}{P_c} = \frac{\sqrt{(1,21)^2 + (1,0089)^2}}{1,0089} = 1,56$$

III.4.2.2.HYPOTHESE B (D'HIVER)

- température minimale : -5°C
- le vent : 18daN/m^2

L'effet du vent :

$$V=1,02 \times 18 \times 24,9 \cdot 10^{-3} = 0,457 \text{kg/m} \quad \text{Donc : } m = \frac{\sqrt{(0,457)^2 + (1,0089)^2}}{1,0089} = 1,001$$

III.4.2.3.HYPOTHESE GIVRE

$$D=15,4+2 \times 1,4 \times 10=43,4\text{mm}$$

$$V=1,02 \times 43,4 \times 10^{-3} \times 18=0,7$$

$$m = \frac{\sqrt{(0,79)^2 + (1,2 + 0,487)^2}}{0,487} = 3,82$$

III. 5. FORME DE LA COURBE D'EQUILIBRE

On apprend, en mécanique rationnelle, que la courbe d'équilibre d'un fil pesant, homogène, inextensible, flexible, suspendu entre deux points fixes est une chaînette.

Or, les conducteurs des lignes électriques sont extensibles du fait de l'élasticité des fils qui les composent, flexibles, quoique possèdent une certaine raideur, quelquefois homogènes (acier des câble de garde, almélec, aluminium pur) mais le plus souvent hétérogènes (aluminium acier, almélec acier).

La courbe d'équilibre n'est donc pas une chaînette, mais une courbe élastique transcendante, très voisine cependant de la chaînette que l'on considère, à juste titre, comme la courbe la plus proche de la courbe élastique véritable.

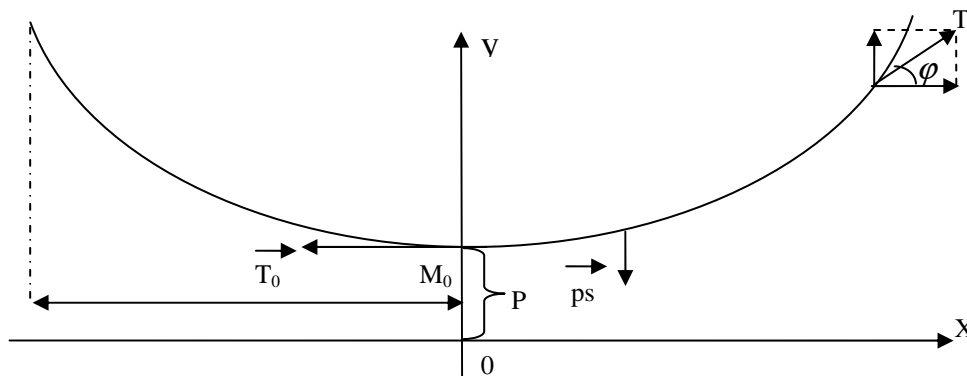


Fig. (III.2) : Forme de la courbe d'équilibre.

- To: Projection horizontal de la tension ----- (daN).
 T : Tension aux points quelconques ----- (daN).
 P : Paramètre ----- (m).
 p` : Poids linéique du conducteur ----- (kg/m).
 a/2: Demi-portée ----- (m).
 MMo=s : la longueur de portion de câble ----- (m).

III. 6. EQUATION DE LA COURBE D'EQUILIBRE

L'équation de la chaînette rapportée à ses axes ox et oy est :

$$Y = P \operatorname{ch} \frac{X}{P}$$

Cette équation est compliquée et difficile à résoudre, donc il est nécessaire de faire une simplification en utilisant le développement limite en série [6].

Effectuons un changement d'axe :

$$y = \begin{cases} Y - P \\ x = X \end{cases}$$

$$y + P = P \left(1 + \frac{x^2}{2!P^2} + \frac{x^4}{4!P^4} + \frac{x^6}{6!P^6} + \dots \right)$$

Négligeons les infiniment petits :

$$y + P = P \left(1 + \frac{x^2}{2!P^2} \right)$$

$$y = \frac{x^2}{2p} \tag{III-3}$$

C'est l'équation de la parabole.

III. 7.COMPARAISON DE LA CHAINETTE AVEC LA PARABOLE

Dans ce qui suit nous avons voulu démontrer, en nous plaçant dans le cas le plus simple d'une portée de niveau, que la simplification apportée au calcul en remplaçant la chaînette par la parabole, est parfaitement justifiée même pour les portées largement supérieures.

Nous adoptons la notation suivante :

f : Flèche du conducteur au milieu de la portée.

III.8. LA FLECHE

III.8.1. DEFINITION DE LA FLECHE

On appelle flèche l'écart vertical entre la courbe et la corde.

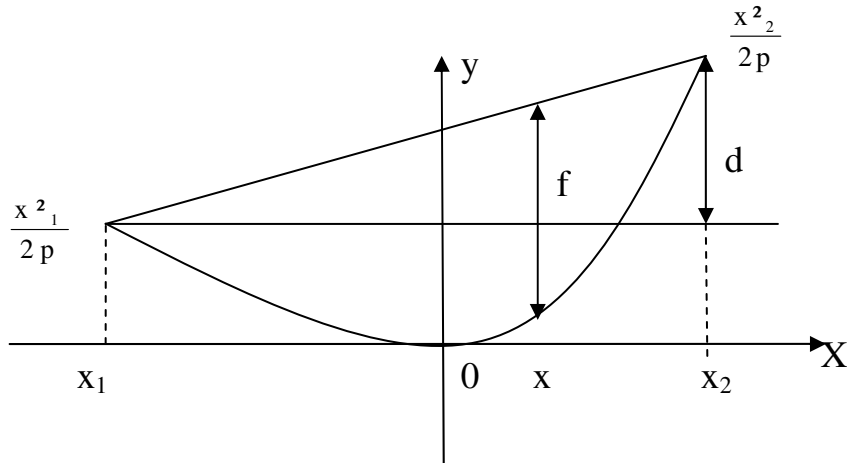


Fig. (III-3) : Représentation d'un conducteur avec une portée dénivelée (cas de deux flèches).

L'ordonnée de A est :

Nous avons la dénivelée d qui peut s'écrire :

$$d = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2p}$$

On a :

$$y = \frac{x_1^2}{2p} + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot d$$

$$f = y - \frac{x^2}{2p} = \frac{x_1^2}{2p} + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot d - \frac{x^2}{2p}$$

La flèche f est maximale si : $y = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot d - \frac{x^2}{2p}$

$$y = -\frac{x^2}{2p} + \frac{d}{x_2 - x_1} \cdot x - \frac{d \cdot x_1}{x_2 - x_1}$$

Soit:

Ou: $y' = -\frac{x}{p} + \frac{d}{x_2 - x_1} = 0$

CHAPITRE III
ETUDE MECANIQUE

$$\frac{x}{p} = \frac{d}{x_2 - x_1} = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2p(x_2 - x_1)} \Rightarrow x = \frac{x_2 + x_1}{2}$$

Donc la flèche est maximale en demi-portée qu'on appellera f_1 .

Calculons la valeur de f_2 au milieu de la portée [6].

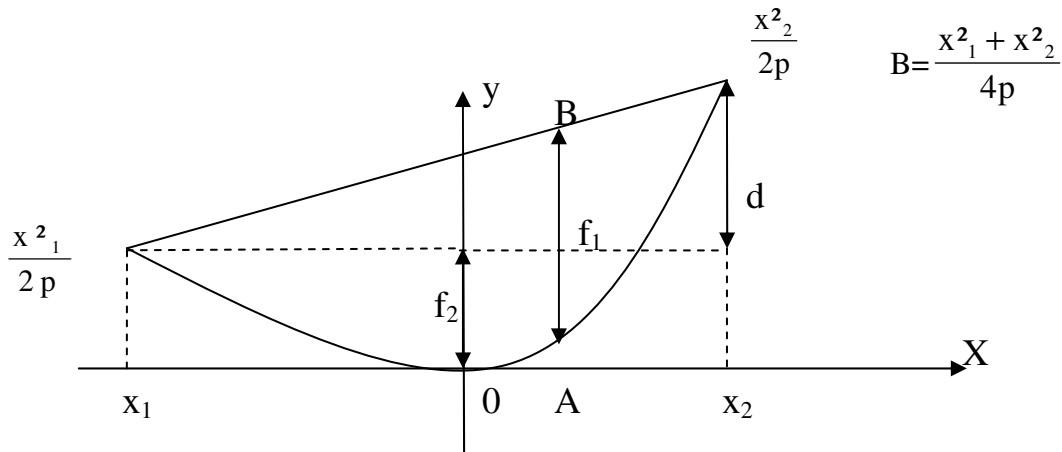


Fig. (III-4) : Représentation d'un conducteur avec une portée dénivelée (cas de deux flèches).

L'ordonnée de A est :

$$y_A = \frac{\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right)^2}{2P}$$

$$y_A = \frac{x_1^2 + x_2^2 + 2x_1x_2}{8P}$$

$$f_1 = \frac{x_1^2 + x_2^2}{4P} - \frac{x_1^2 + x_2^2 + 2x_1x_2}{8P}$$

$$f_1 = \frac{2x_1^2 + 2x_2^2 - x_1^2 - x_2^2 - 2x_1x_2}{8p} = \frac{x_1^2 + x_2^2 - 2x_1x_2}{8p} = \frac{(x_1 - x_2)^2}{8p} = \frac{(x_2 - x_1)^2}{8p}$$

On sait qu' $a = x_2 - x_1$ (portée)

D'où l'on déduit :

$$f_1 = \frac{a^2}{8p} \tag{III-4}$$

f_2 : est La flèche au point bas et c est la distance au point d'accrochage le plus bas à la tangente horizontale à la courbe.

III.8.2.EXISTENCE D'UNE FLECHE

La valeur de la flèche f_1 (III-3) n'est valable que :

- Si la chaînette peut-être confondue avec la parabole (nous avons négligé le 3ème terme du développement limité) ce qui est vrai avec une bonne approximation pour les portées normales (a inférieur ou égale $5p$)
- Si la portée est faiblement dénivelée (pour $d=0,25 a$, l'erreur commise est de 3%).
- Pour certaines portées extrêmement dénivelées cette flèche n'existe pas.

III.8.3.L'EQUATION DE LA FLECHE f_2

$$f_2 = f_1 \left(1 - \frac{d}{4f_1} \right)^2 \quad \text{(III-5)}$$

Vérification de la relation (III-5) :

$$d = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2P} = \frac{(x_2 + x_1)(x_2 - x_1)}{2p}$$

$$f_1 = \frac{(x_2 - x_1)^2}{8P}$$

$$\frac{d}{4f_1} = \frac{1(x_2 + x_1)(x_2 - x_1)}{8P} \times \frac{8P}{(x_2 - x_1)^2} = \frac{x_2 + x_1}{x_2 - x_1}$$

$$1 - \frac{d}{4f_1} = \frac{x_2 - x_1 - x_2 - x_1}{x_2 - x_1} = -\frac{2x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\left(1 - \frac{d}{4f_1} \right)^2 = \frac{4x_1^2}{(x_2 - x_1)^2} = \frac{4x_1^2}{8Pf_1} = \frac{x_1^2}{2Pf_1} = \frac{x_1^2}{2P} \times \frac{1}{f_1}$$

En multiplions les deux nombres par f_1 , on obtient [6].

$$f_1 \left(1 - \frac{d}{4f_1} \right)^2 = \frac{x_1^2}{2P} = f_2 \quad \text{(III-6)}$$

III.9. LONGUEUR DU CÂBLE

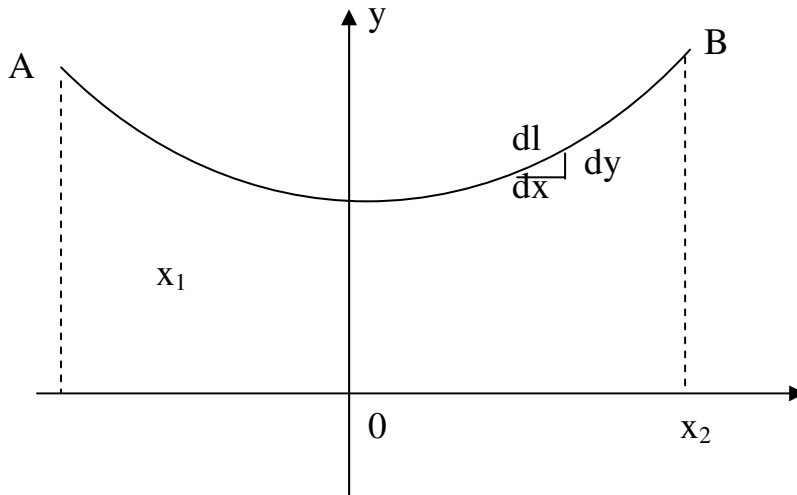


Fig. (III. 5) : Représentation de la longueur de câble

On a:

$$dL = \sqrt{dx^2 + dy^2} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

$$Y = Pch \frac{x}{P} ; \quad y' = \frac{dy}{dx} = sh \frac{x}{p}$$

On aura:

$$dL = dx \sqrt{1 + sh^2 \frac{x}{P}} = ch \frac{x}{P} dx$$

$$L = \int_{x_1}^{x_2} ch \frac{x}{P} dx = P \left(sh \frac{x}{P} \right)_{x_1}^{x_2}$$

$$L = P \left(sh \frac{x_2}{P} - sh \frac{x_1}{P} \right) = 2P \left(sh \frac{x_2 - x_1}{2P} ch \frac{x_2 + x_1}{2P} \right)$$

Or $x_2 - x_1 = a$

Donc :

$$L = 2Psh \frac{a}{2P} ch \frac{x_2 + x_1}{2P} = 2P \left(\frac{a}{2P} + \frac{a^3}{48P^3} \right) \left(1 + \frac{(x_2 + x_1)^2}{8P^2} \right)$$

Nous avons:

$$d = \frac{x_2^2}{2P} - \frac{x_1^2}{2P} = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2P} = \frac{(x_2 + x_1)(x_2 - x_1)}{2P} = \frac{(x_2 + x_1)a}{2P}$$

D'où :

$$x_2 + x_1 = \frac{2dP}{a} \quad \text{et} \quad L = 2P \left(\frac{a}{2P} + \frac{a^3}{48P^3} \right) \left(1 + \frac{4d^2P^2}{8P^2a^2} \right)$$

$$L = 2P \left(\frac{a}{2P} + \frac{a^3}{48P^3} \right) \left(1 + \frac{d^2}{2a^2} \right)$$

$$L = 2P \left(\frac{a}{2P} + \frac{a^3}{48P^3} \right) \left(1 + \frac{d^2}{2a^2} \right)$$

Est de la forme :

$$L = 2P \left(\frac{a}{2P} + \varepsilon_1 \right) (1 + \varepsilon_2) = a + 2P\varepsilon_1 + a\varepsilon_2 + 2P\varepsilon_1\varepsilon_2$$

$$L = a + \frac{a^3}{24P^2} + \frac{d^2}{2a} \quad \text{(III-7)}$$

Si la portée n'est pas dénivelée implique que $d=0$
Donc :

$$L = a + \frac{a^3}{24P^2}$$

III. 9.1. EXEMPLES

1- $a=400\text{m}$; $P=1250\text{m}$; $d=0$

$$L = 400 + \frac{(400)^3}{24 \times (1250)^2} = 401,701 \text{ m}$$

2- $a=400\text{m}$; $P=1250\text{m}$; $d=40\text{m}$

$$L = 400 + \frac{(400)^3}{24(1250)^2} + \frac{(40)^2}{2(400)} = 403,701 \text{ m}$$

REMARQUE

Pour des portées peu ou pas dénivelées, la longueur du câble est voisine de celle de la portée.

III.9.2.EQUILIBRE DU CABLE

Equilibre $\Leftrightarrow \sum$ moment en A=0

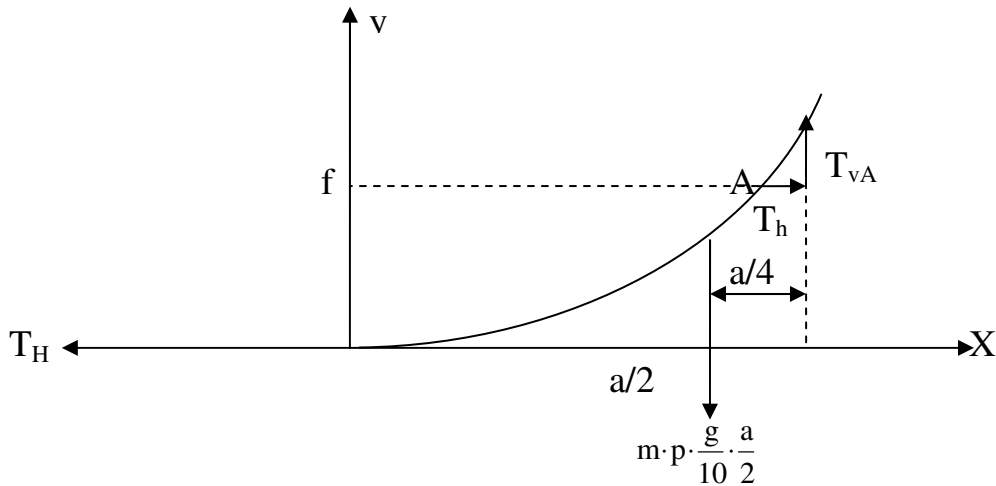


Fig. (III-6) : Représentation de la moitié d'une portée non dénivelée.

NOTATIONS

a	Portée	m
f	Flèche	m
L	Longueur du câble	m
S	Section	mm ²
p	Poids unitaire	kg/m
$\overline{\omega}$	Masse spécifique	kg/m \times mm ²
t	Tension unitaire	daN/mm ²
T	Tension totale	daN
P	Paramètre	m
m	Coefficient de surcharge	

Nous avons vu qu'il est possible de confondre l avec (a/2) puisque la portée set nom dénivelée; l'approximation est satisfaisante (voir application –cas de la portée nom dénivelée) [6].

$$\begin{aligned} \sum \text{Moment en A=0} &\Leftrightarrow m \cdot p \cdot \frac{g}{10} \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{4} - T_H \cdot f = 0 \Leftrightarrow m \cdot p \cdot \frac{g}{10} \cdot \frac{a^2}{8} = T_H \cdot \frac{a^2}{8P} \\ &\Leftrightarrow m \cdot p \cdot \frac{g}{10} = \frac{T_H}{P} \Rightarrow T_H = m \cdot p \cdot \frac{g \cdot P}{10} \end{aligned}$$

Or

$$p = s \times \varpi \quad \Leftrightarrow T_H = \varpi \cdot S \cdot g \cdot \frac{P}{10}$$

$$t_h = \frac{T_h}{S} \quad \Leftrightarrow T_h = m \cdot \varpi \cdot S \cdot g \cdot \frac{P}{10} = t_h \cdot S$$

$$t_h = m \cdot P \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \quad \text{(III-8)}$$

III.10.CHANGEMENT D'ETAT

III.10.1.GENERALITES

Dans les calculs mécaniques relatifs aux conducteurs, deux questions principales se posent, tout d'abord :

- Celle du changement d'état C'est le problème qui consiste à calculer la tension d'un conducteur dans une hypothèse déterminée en partant de la tension connue du même conducteur dans une autre hypothèse;
- Celle des flèches. Cette question a été traitée au chapitre précédent, en faisant intervenir le paramètre du conducteur P, c'est-à-dire le rapport entre la projection horizontale de la tension du conducteur T et son poids linéique p.

$$P = \frac{T}{p}$$

III.10.2. ETABLISSEMENT DE L'EQUATION DE CHANGEMENT D'ETAT

Toutes les autres données restent inchangées.

A partir de l'état d'équilibre initial faisons varier la température, deux phénomènes sont apparaissent :

- La dilatation : $\Delta L_1 = L_1 \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)$. Cette dilatation fait varier la tension.
- Variation de longueur due à la variation de tension (loi de HOOKE).

$$\Delta L_2 = L_1 \cdot \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Nous avons :

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = L_2 - L_1$$

Or on a vu que :

$$L = a + \frac{a^3}{24 P^2}$$

CHAPITRE III
ETUDE MECANIQUE

$$t = m \cdot P \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \Rightarrow P = \frac{t}{m \varpi \frac{g}{10}}$$

D'ou :

$$L_2 = a + \frac{a^3}{24 P^2} = a + \frac{a^3 \left(m_2 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24 t_2^2} + \frac{d^2}{2a}$$

$$L_1 = a + \frac{a^3}{24 P^2} = a + \frac{a^3 \left(m_1 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24 t_1^2} + \frac{d^2}{2a}$$

Si nous admettons que $L \approx a$

$$\begin{aligned} \Delta L = L_2 - L_1 &= \frac{a^3 \cdot \left(m_2 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24 \cdot t_2^2} - \frac{a^3 \cdot \left(m_1 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24 \cdot t_1^2} = \Delta L_2 + \Delta L_1 \\ &= a \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + a \cdot \frac{t_2 - t_1}{E} \end{aligned}$$

En multipliant par $\frac{t_2^2}{a}$ on obtient :

$$\frac{a^2 \cdot \left(m_2 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24} - \frac{a^2 \cdot \left(m_1 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2 \cdot t_2^2}{24 \cdot t_1^2} = \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot t_2^2 + \frac{t_2^3}{E} - \frac{t_1 \cdot t_2^2}{E}$$

$$\text{Ordonnons : } \frac{a^2 \cdot \left(m_2 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24} = \frac{t_2^3}{E} + t_2^2 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot \left(m_1 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2}{24 \cdot t_1^2} + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) - \frac{t_1}{E} \right)$$

Multiplions par E :

$$t_2^3 + t_2^2 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot \left(m_1 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2 \cdot E}{24 \cdot t_1^2} + \alpha \cdot E \cdot (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right) = \frac{a^2 \cdot \left(m_2 \cdot \varpi \cdot \frac{g}{10} \right)^2 \cdot E}{24}$$

Appelons $k = \frac{\varpi^2 \cdot E}{24} \times \frac{g^2}{100}$ (caractéristique du câble).

Donc :

$$t_2^3 + t_2^2 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot m_1^2 \cdot k}{t_1^2} + \alpha \cdot E \cdot (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right) = a^2 \cdot m_2^2 \cdot k \quad \text{(III-9)}$$

Notons que l'équation de changement d'état est de la forme :

$$t_2^3 + C \cdot t_2^2 = D$$

C et D sont des constantes.

Sa résolution n'est pas aisée (équation incomplète des 3 eme degrés); pour la résoudre par la méthode d'approximation successive, nous la prendrons sous la forme :

$$t_2 + C = \frac{D}{t_2^2}$$

III.10. 3.1. LA PORTEE

C'est la portée équivalente dans un canton.

Le canton est un tronçon de ligne comprenant une ou plusieurs portées et se trouve encadré par deux supports d'ancrages.

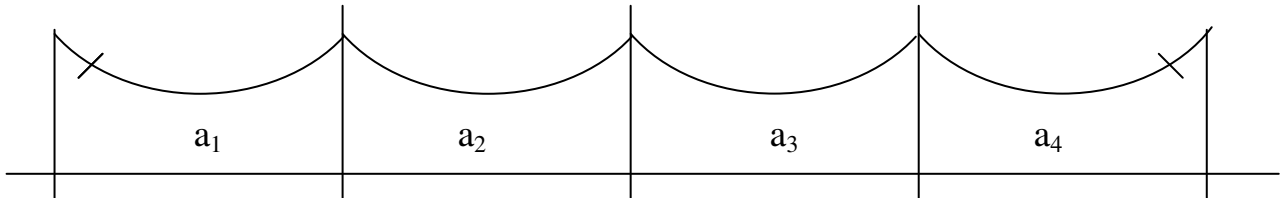


Fig. (III-7): Représentation d'un canton.

III.10. 3.1.1. LA PORTEE DE NIVEAU

Considérons comme en (III-3-5-1) le conducteur dans deux états différents. Etat (2) et état (1).

Ecrivons la variation de longueur de chaque partie [6] :

Portée 1 :

$$\frac{a_1^3 \cdot m_2^2 \cdot \varpi^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{a_1^3 \cdot m_1^2 \cdot \varpi^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} = a_1 \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + a_1 \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Portée 2 :

$$\frac{a_2^3 \cdot m_2^2 \cdot \varpi^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{a_2^3 \cdot m_1^2 \cdot \varpi^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} = a_2 \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + a_2 \cdot \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Portée n :

$$\frac{a_n^3 \cdot m_2^2 \cdot \varpi^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{a_n^3 \cdot m_1^2 \cdot \varpi^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} = a_n \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + a_n \cdot \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Additionnons pour avoir le résultat sur la portion de ligne comprise entre deux points fixes d'ancrages.

$$(a_1^3 + a_2^3 + \dots + a_n) \cdot \left(\frac{m_2^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{m_1^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} \right) = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) \cdot \left(\alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{t_2 - t_1}{E} \right)$$

Posons :

$$\frac{a_1^3 + a_2^3 + \dots + a_n^3}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} = \frac{\sum a^3}{\sum a} = a_e^2$$

$$\sum a^3 \cdot \left(\frac{m_2^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{m_1^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} \right) = \sum a \cdot \left(\alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{t_2 - t_1}{E} \right)$$

$$\frac{\sum a^3}{\sum a} \cdot \left(\frac{m_2^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{m_1^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} \right) = \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{t_2 - t_1}{E}$$

$$a_e^2 \cdot \left(\frac{m_2^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_2^2} - \frac{m_1^2 \cdot \omega^2 \cdot \frac{g^2}{100}}{24 \cdot t_1^2} \right) = \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Nous retrouvons une des formes de l'équation de changement d'état avec comme portée a_e [6].

$$a_e = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}} \tag{III-10}$$

III.10. 3.1.2. LA PORTEE DENIVELEE

Considérons une portée de la section de ligne: $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n$

Désignons par a la longueur de la portée mesurée suivant l'horizontale et par d la dénivelée du conducteur (la distance entre le point le plus haut et le point le plus bas). Nous avons d'après l'équation pour la longueur d'arc (III-6) :

$$L = a + \frac{a^3}{24 P^2} + \frac{d^2}{2 a}$$

Appliquons le même procédé que dans le cas des portées de niveau, pour obtenir l'équation de changement d'état. Nous arrivons au même résultat à la condition de choisir une portée fictive telle que :

$$a_e = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum \left(a + \frac{d^2}{2a} \right)}} \quad (\text{III-11})$$

III.10. 3.2.PORTEE MOYENNE D'UN CANTON

La portée moyenne est la somme des portées dans un canton divisée par le nombre des portées dans ce canton :

$$a_m = \frac{\sum a}{n_a} \quad (\text{III-12})$$

n_a : le nombre des portées dans le canton.

Dans les calculs on utilise uniquement la portée équivalente

III.11.LES TRAVERSEES

L'étude des traversées consiste à respecter les distances entre la ligne et les différents obstacles qui sont :

- Sol et voie de circulation.
- Maisons et immeubles.
- Chemins de fer.
- Lignes aériennes.
- Plans d'eau.

III.11.1.DISTANCE DE CROISEMENT MINIMAL (DM)

C'est la distance verticale entre l'ouvrage traversé et le point le plus proche du conducteur, à la température maximale de fonctionnement du conducteur ($\theta = 75^\circ\text{C}$).

Cette distance est la somme des distances : b et t

$$D_m = b + t$$

b : c'est la distance de base, fonction de la nature du surplomb.

Cette distance est donnée par la formule suivante [5]:

$$b = 1 + \frac{2d}{a} (0,5 \sqrt{f} - 1)$$

d : la distance entre l'ouvrage traversé et le pylône le plus proche.

a : la portée.

$$f = \frac{a^2}{8P}$$

f : la flèche à la température maximale;

t : c'est la distance de tension, fonction de la probabilité d'une surtension et de présence simultanée d'une personne ou d'un projet.

Valeurs des distances de tension fixées par l'arrêté techniques :

t1 : Distance de tension pour une probabilité de voisinage faible t1=0,0025U

t2 : Distances de tension pour une probabilité de voisinage moyenne t2=0,0050U

t3 : Distances de tension pour une probabilité de voisinage fort t3=0,0075U

U : tension entre phase en kV.

REMARQUE

- Dans notre projet la distance de tension est t3=0,0075U
- Dans le cas d'une traversée (route), t est nulle

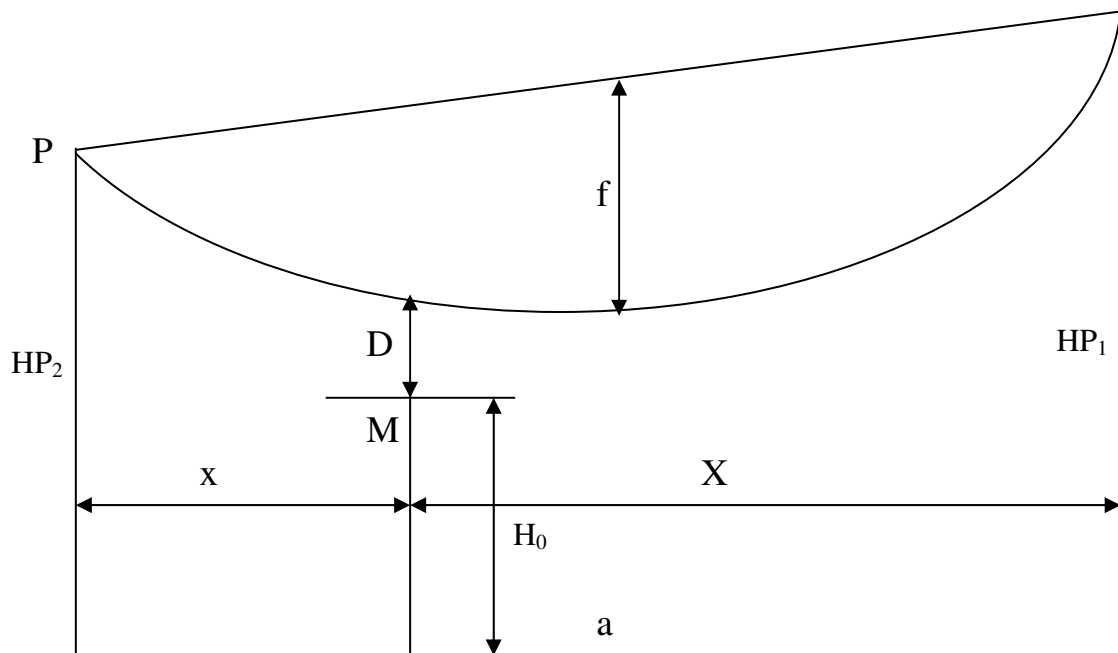


Fig. (III-8): Représentation d'une traversée.

a : La portée.

P : Le paramètre

f : La flèche

M : l'obstacle.

x : Distance de l'obstacle par rapport au pylône le plus proche.

X : Distance de l'obstacle par rapport au pylône le plus haut.

H₀ : Hauteur de l'obstacle par rapport au sol.

HP₁ : Hauteur du pylône le plus haut.

HP₂ : Hauteur du pylône le plus petit.

D : Distance de croisement.

Les équations de calcul sont données par [5]

$$D = HP_1 - Y - H_0 \quad \text{avec} \quad Y = \frac{X}{2P}(a - X) + \frac{X}{a}(HP_1 - HP_2)$$

III.11.2. ECARTEMENT ENTRE PHASES

La distance minimale entre conducteurs simples, au milieu de la portée, est fonction de la tension U et de la flèche f [8].

$$D = K \cdot \sqrt{f + L_{ch}} + \frac{U}{150} \quad \text{(III-13)}$$

Avec :

D : Ecartement entre phases (m).

f : Flèche maximale à $\theta = 75^\circ$.

L_{ch} : Longueur de la chaîne d'isolateurs.

U : Tension composée en kV.

K : Coefficient donné en fonction de la nature du conducteur et la disposition des conducteurs :

K=0,75 pour conducteur Cuivre.

K=0,8 pour conducteur Alu-Acier.

K=0,85 pour conducteur Almélec.

K=1 pour conducteur Alu.

III.11. 3. DISTANCES A RESPECTER

La distance entre pièces sous tension, de deux phases de ternes différentes doit être supérieure à la distance minimale : 3,25m pour ligne 63 et 90 kV (pour des pylônes à deux ternes du type : nappe horizontale).

III.11. 4. DISTANCE A LA MASSE

Les distances à la masse sont vérifiées, dans les deux hypothèses suivantes :

- Pour la température moyenne de la zone sans vent.
- Pour la température moyenne de la zone avec vent réduit exerçant, sur la surface diamètre d'un câble, une pression de 24daN/m² le cas normal, et de 36 daN/m² dans les zones à vent fort.

Les distances de la masse ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées ci-dessous :

TENSION NORMALE (kV)	63	90	225
TENSION MAXIMALE (kV)	72,5	100	245
DISTANCE A TEMPERATURE MOYENNE SANS VENT (m)	0,54	0,75	1,84
DISTANCE A TEMPERATURE MOYENNE AVEC VENT REDUIT (m)	0,36	0,50	1,225

Tab. (III-1): Distance à la masse

III.12. BALANCEMENT DE LA CHAÎNE D'ISOLATEURS

En réalité, ce phénomène n'est pas du seulement à l'action du vent sur le conducteur et sur la chaîne, mais il est du surtout à l'emplacement du pylône, où l'effort du poids du conducteur et de la chaîne ne suffit pas pour assurer le maintien en position verticale de la chaîne d'isolateurs. Et il suffit alors d'une légère pression de vent transversale, la chaîne risque un fort balancement ou à la limite elle peut subir une rotation autour du point d'accrochage et provoque un court circuit phase- terre par collision à la console.

Afin d'éviter l'apparition de ce phénomène, il faut que la résultante des efforts verticaux et longitudinaux soit dirigée vers le sol. Dans le cas contraire où la charge devient insuffisante, on prévoit des contrepoids pour les chaînes d'isolateurs.

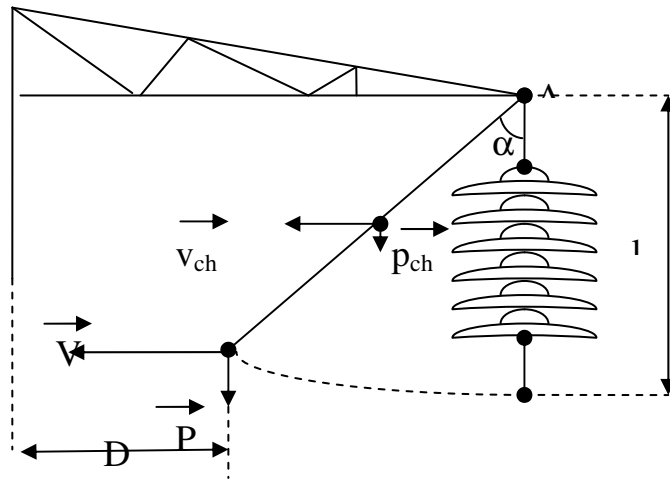


Fig. (III .9) : Balancement de la chaîne

V : Effort du vent sur le conducteur.

V_{ch} : Effort du vent sur la chaîne.

P : Poids du conducteur.

p_{ch} : Poids de la chaîne.

l : Longueur de la chaîne.

D : Distance à la masse.

α : L'angle de balancement de la chaîne

Pour que le système soit équilibré, il faut que la somme des moments par rapport au point A soit égale à zéro.

$$\sum M_t / A = 0$$

Donc :

$$P \cdot l \cdot \sin \alpha + p_{ch} \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin \alpha = V \cdot l \cdot \cos \alpha + v_{ch} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \alpha$$

$$\left(P + \frac{p_{ch}}{2} \right) \cdot l \cdot \sin \alpha = \left(V + \frac{v_{ch}}{2} \right) \cdot l \cdot \cos \alpha$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{V + \frac{v_{ch}}{2}}{P + \frac{p_{ch}}{2}} \quad \Rightarrow \quad \alpha = \text{Arctg} \frac{V + \frac{v_{ch}}{2}}{P + \frac{p_{ch}}{2}} \quad (\text{III-14})$$

Avec :

$$P = \eta \times \varpi \times \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) + \eta \times T \times \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right).$$

$$V = \eta \times v \times d \times \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right).$$

$$v_{ch} = \frac{g}{10} \times \phi \times l \quad (\text{Vent fort}).$$

$$v_{ch} = \frac{g}{10} \times \phi \times l \quad (\text{Vent normal}).$$

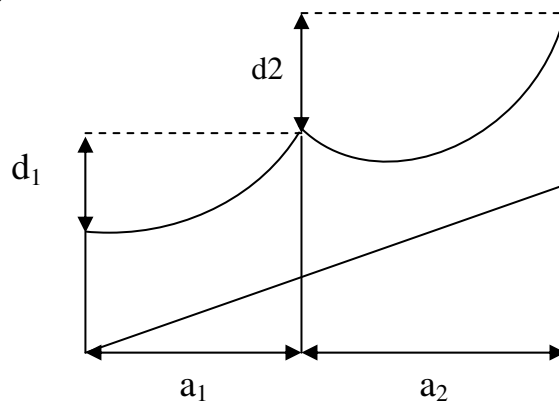


Fig. (III.10) : Balancement de la chaîne de deux portées dénivelées.

η : Nombre de conducteurs par phase (faisceau).

a_1 : Potée à gauche du pylône.

a_2 : Potée à droite du pylône.

d_1 : Dénivelée à gauche du pylône.

d_2 : Dénivelée à droite du pylône.

d : Diamètre du conducteur.

ϕ : Diamètre d'isolateur.

l : Longueur de la chaîne.

Si la valeur de l'angle α dépasse 45° (50GR), donc la distance à la masse devient insuffisante, on installera des contre poids au dessous de la chaîne pour augmenter son poids qui implique une diminution de l'angle α .

L'expression devient :

$$\text{tg } \alpha = \frac{V + \frac{v_{ch}}{2}}{P + \frac{P_{ch}}{2} + Q}$$

Q : la valeur du contre poids.

$$\Rightarrow Q = \frac{V + \frac{V_{ch}}{2}}{\text{tg } \alpha} - \left(P + \frac{P_{ch}}{2} \right)$$

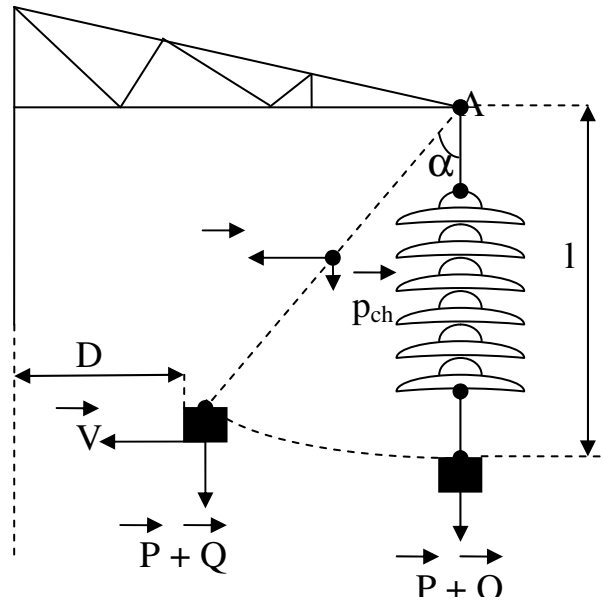


Fig. (III.11): Balancement de la chaîne en ajoutant un contrepoids.

III.13. BRETELLE DE JONCTION

Les bretelles de jonction sont destinées à établir la continuité électrique de la ligne aux pylônes d'ancrages, elles sont réalisées en câble de même nature que celui de la ligne. Elles sont en générale assez rigide pour ne pas nécessiter la pose de contre poids de bretelle, si la longueur a été calculée correctement en tenant compte de la flèche prescrite (distance entre le câble de bretelle et la masse).

III.14. EFFORTS TRANSMIS AUX PYLONES PAR LES CONDUCTEURS

Dans ce titre les pylônes seront vérifiés pour 3 hypothèses :

- Hypothèse A ou hypothèse d'été (vent de 48 daN- température +15°C)

Charge maximale $\left\langle \frac{CRN}{3} \right.$ (CRN : charge de rupture nominal).

- Hypothèse B ou hypothèse d'hiver (vent de 18 daN- température -20°C)

Charge maximale $\left\langle \frac{CRN}{3} \right.$

- Hypothèse G ou hypothèse givre léger (vent de 18 daN- température -5°C – manchon de givre 2cm de chaque coté du pylône).

Charge maximale < charge maximale admissible (limite élastique).

Les supports devront, en particulier, être calculés pour résister aux efforts suivants :

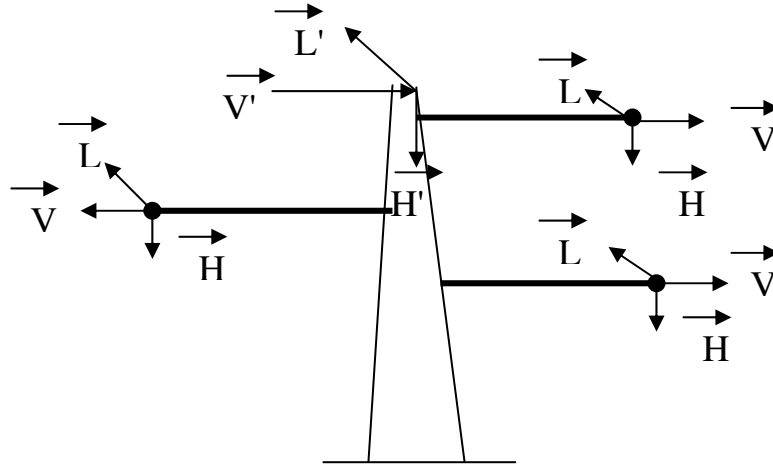


Fig. (III-12) : Efforts transmis au pylône.

III.15.FORMULES UTILISEES DANS LES CALCULS

1) cas de pylônes de suspension

Effort	Équations
Vertical. V	$V = \eta \cdot (m_c + m_g) \cdot \frac{g}{10} \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) + \eta \cdot t \cdot s \cdot \left(\pm \frac{d_1}{a_1} + \frac{d_2}{a_2} \right) + M_{ch}$
Horizontal. H	$H = 2 \cdot \eta \cdot t \cdot \sin \alpha + \eta \cdot P_{v-cond} \cdot (D_c + 2 \cdot e_g) \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot \cos \alpha + V_{ch}$ $V_{ch} = P_{v-cond} \cdot K_p \cdot A_{ch}$ $K_p = \frac{P_{v-isol}}{P_{v-cond}}$
Longitudinal L	$L=0$

Tab (III -2) Equations utilisées pour calculer les VHL des pylônes de suspension.

1) Cas de pylônes d'ancrage

Effort	Équations
Vertical. V	$V = V_1 + V_2 ; \quad V_1 = \eta \cdot (m_c + m_g) \cdot \frac{g}{10} \cdot \frac{a_1}{2} \pm \eta \cdot t_1 \cdot s \cdot \frac{d_1}{a_1} + M_{ch1}$ $V_2 = \eta \cdot (m_c + m_g) \cdot \frac{g}{10} \cdot \frac{a_2}{2} \pm \eta \cdot t_2 \cdot s \cdot \frac{d_2}{a_2} + M_{ch2}$
Horizontal. H	$H = H_1 + H_2$ $H_1 = \eta \cdot t_1 \cdot \sin \alpha_1 + \eta \cdot P_{v-cond} \cdot (D_c + 2 \cdot e_g) \cdot \frac{a_1}{2} \cdot \cos \alpha_1 + V_{ch1}$ $H_2 = \eta \cdot t_2 \cdot \sin \alpha_2 + \eta \cdot P_{v-cond} \cdot (D_c + 2 \cdot e_g) \cdot \frac{a_2}{2} \cdot \cos \alpha_2 + V_{ch2}$ $V_{ch1,2} = P_{v-cond} \cdot K_p \cdot A_{ch1,2} ; \quad K_p = \frac{P_{v-isol}}{P_{v-cond}}$
Longitudinal L	$L = L_1 - L_2 $ $L_1 = \eta \cdot t_1 \cdot S \cdot \cos \alpha_1$ $L_2 = \eta \cdot t_2 \cdot S \cdot \cos \alpha_2$

Tab. (III -3): Equations utilisées pour utilisées pour calculer les VHL les pylônes d'ancrage

III.16.CONCLUSION

Dans la partie mécanique, l'étude est basé sur l'équation de changement d'état, car c'est grace a cette équation qu'on peut calculer plusieurs parametres de la ligne (tensions, flèche.....etc.).

Pour ces calculs, il faut prendre en considération les hypothèses climatiques.

CHAPITRE IV

ETUDE ELECTRIQUE

IV.1.INTRODUCTION

Ce chapitre traite du dimensionnement électrique des lignes aériennes HT.

Il est basé sur l'étude des Contraintes diélectriques appliquées aux ouvrages et définit les exigences de coordination d'isolement des lignes aériennes HT, ainsi le Dimensionnement des prises de terre, ensuite les Contraintes dues au courant – échauffement.

En fin des calculs autour de la section et la chute de tension aide nous de connaître les différents paramètres de la ligne.

IV.2. CONTRAINTES DIELECTRIQUES APPLIQUEES AUX OUVRAGES

IV.2.1. PRESENTATION

Ce chapitre définit les exigences de coordination d'isolement des lignes aériennes du réseau de transport.

IV.2.2.DEFINITIONS

- La tension de tenue est la valeur de l'amplitude de l'onde de tension qui appliquée à un intervalle d'air entraîne une probabilité d'amorçage inférieure à 1 %,
- La densité de foudroiement N_g est égale au nombre d'impacts de foudre par an par km^2 ,
- La tension normalisée de choc de manœuvre est la tension de choc ayant une durée jusqu'à la crête de 250 μs et une durée jusqu'à la mi-valeur de 2500 μs .
- La tension normalisée de choc de foudre est la tension de choc ayant une durée de front de 1,2 μs et une durée jusqu'à la mi-valeur de 50 μs .

IV.2.3.LES DIFFERENTS ASPECTS

Les contraintes prises en compte dans ce chapitre sont les suivantes :

- pollution,
- foudre,
- man œuvre.

IV.2.3.1.TENSION DE TENUE ET DISTANCES D'ISOLEMENT ASSOCIEES

Les principes généraux concernant les distances d'isolement et les tensions de tenue diélectrique des matériels des lignes aériennes sont définis au CC-G

Pour améliorer la résistance aux courts-circuits des lignes aériennes 60 kV, les dispositions d'isolement sont surdimensionnées. Les valeurs retenues correspondent au palier 90 kV.

Tension nominale du réseau	60/90 kV	220 kV	400 kV
Distance d'isolement des chaînes (en m) (distance minimale entre cornes)	0,97	1,54	2,54
Tension la plus élevée entre phases (en kV valeur efficace)	100	245	420
Tension de tenue crête aux chocs de foudre des chaînes (en kV) à sec	580	890	1425
Tension de tenue crête aux chocs de manœuvre des chaînes (en kV) à sec	480	710	1050

Tab [IV.1] : Distance d'isolement et tension de tenue des chaînes (valeur correspondant aux chaînes de suspension)

Les distances d'isolement d associées (distance entre cornes ou entre corne et anneau) doivent être calculées au moyen des formules de l'annexe E de la norme EN 50341 :

- tension de tenue à la foudre : $U_{0 \text{ foudre}} = 0,96 k_{\text{foudre}} 530 d$
- tension de tenue au choc de manœuvre : $U_{0 \text{ manœuvre}} = 0,88 k_{\text{manœuvre}} 1080 \text{Ln} (0,46 d + 1)$

Les facteurs d'intervalle k_{foudre} et $k_{\text{manœuvre}}$ des chaînes d'isolateurs caractérisent la géométrie de l'intervalle d'air. Ils doivent être déterminés par des essais de tenue diélectriques selon la publication CEI 60060-1.

Les valeurs sont données pour des conditions atmosphériques normales ; au-delà de 1000 m d'altitude on adoptera la correction préconisée par la norme CEI 60071-2 à savoir :

$$U_{\text{alt}} = \frac{1}{ka} U_{\text{normal}} \quad (\text{IV. 1})$$

Avec $k_a = e^{m \frac{(h-1000)}{8150}}$ où h est l'altitude en mètre et m un paramètre en fonction du type

d'onde considérée avec :

$m = 1$ pour le choc de foudre

$m = 0,75$ pour le choc de manœuvre

IV .2.3.2.LA POLLUTION

Les niveaux de sévérité de pollution à prendre en compte sont définis dans le [7] Longueur minimale de la ligne de fuite des chaînes isolante (CEI 60071-2).

Pour chacun des 4 niveaux de pollution, la longueur minimale de la ligne de fuite des isolateurs est définie en fonction de la tension nominale de l'ouvrage. Cette ligne de fuite minimale est exigée quelle que soit la nature de la matière de l'isolateur (verre ou composite) et figure au Cahier des Charges Général.

IV.2.3.3. LA Foudre

On distingue deux types de défauts dus à la foudre :

- les défauts dus à des coups de foudre directs (défauts d'écran) : ils apparaissent lorsque la foudre atteint un conducteur et que la valeur du courant de foudre est suffisante pour provoquer un amorçage au niveau des chaînes isolantes. Ils sont généralement monophasés.
- les défauts dus à un amorçage en retour : lorsque la foudre atteint un support (ou un câble de garde), l'écoulement du courant de foudre vers la terre entraîne une élévation de potentiel des structures métalliques. Lorsque l'élévation de potentiel dépasse la tension de tenue de la chaîne d'isolateurs, un amorçage (en retour) se produit. Ce type d'amorçage peut conduire à un défaut polyphasé.

IV.3. LES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Pour atteindre ces objectifs, les dispositions constructives suivantes doivent être adoptées :

- mise en place de câble(s) de garde afin de limiter le nombre de défauts sur coups de foudre directs (défauts d'écran),
- minimiser la valeur de la résistance de terre de chacun des supports pour limiter le nombre d'amorçage en retour.

IV.3.1.MISE EN PLACE DE CÂBLE(S) DE GARDE

Toutes les lignes HT neuves doivent être équipées de câble(s) de garde. La mise en place de câbles de garde au-dessus des conducteurs permet d'assurer la protection de l'ouvrage contre les coups de foudre directs. Chaque câble de garde est relié électriquement à la terre. Sa fonction est de capter les coups de foudre directs afin qu'ils n'atteignent les câbles conducteurs actifs que dans une proportion limitée. [9]

IV.3.2.VALEUR DE LA RESISTANCE DES PRISES DE TERRE

Conformément au , Dimensionnement des prises de terre ci-après, et afin de limiter le nombre de défauts dus aux amorçages en retour, les dispositions constructives pour les prises de terre doivent permettre, pour la majorité des natures de sols, d'obtenir une valeur de résistance de terre inférieure à 10 Ω .

IV.4.COORDINATION D'ISOLEMENT

IV.4.1. DIMENSIONNEMENT DES CHAINES D'ISOLATEURS

Pour protéger des coups de foudre les postes électriques raccordés à de tels ouvrages, il est nécessaire d'équiper un certain nombre de pylônes situés aux abords des postes de chaînes d'isolateurs réduites. Ces chaînes doivent tenir compte des contraintes mécaniques. Pour les lignes exploitées en 220 kV et de tension de construction de 400 kV, il faudra équiper notamment les 3 derniers pylônes de chaînes d'isolateurs réduites, correspondant à la tenue de la tension d'exploitation normalisée. Les calculs de coordination d'isolement doivent être faits en supposant :

- des éclateurs ou parafoudres installés à l'entrée du poste,
- dans certains cas des parafoudres installés à proximité du transformateur de puissance.

IV.4.2.CRITERES DE DIMENSIONNEMENT D'UNE PRISE DE TERRE

Tous les pieds des supports de l'ouvrage doivent être mis à la terre, séparément les uns des autres.

Les parties métalliques apparentes des supports en béton (consoles par exemple) doivent également être mises à la terre

La conception des installations de mise à la terre doit répondre à 5 exigences :

- résister aux contraintes mécaniques et à la corrosion,
- supporter, d'un point de vue thermique, le courant de défaut le plus élevé calculé,
- limiter les perturbations apportées aux ouvrages tiers et aux installations électriques,
- assurer la sécurité des personnes vis-à-vis des tensions apparaissant sur l'installation de mise à la terre lors du défaut à la terre,
- assurer la fiabilité de la ligne vis-à-vis de la foudre.

Les paramètres pertinents pour le dimensionnement des installations de mise à la terre sont :

- la valeur du courant de défaut,
- la durée du défaut,
- les caractéristiques du sol,
- la distance vis-à-vis des ouvrages tiers ou des personnes.

IV.4.2.1.DIMENSIONNEMENT VIS-A-VIS DE LA CORROSION ET DE LA RESISTANCE MECANIQUE

Les électrodes étant en contact direct avec le sol, elles doivent être constituées de matériaux capables de supporter la corrosion (attaque chimique ou biologique, oxydation, électrolyse, ...) et les contraintes mécaniques. La section minimale du conducteur de terre doit être :

- en 400 kV : conducteur en cuivre de 8 mm de diamètre,
- en 220 kV - 90 kV - 60 kV : conducteur en cuivre de 8 mm de diamètre,

Pour des sols susceptibles de provoquer une corrosion du câble de terre, il y a lieu d'utiliser des conducteurs en acier inoxydable spéciaux adaptés aux caractéristiques du sol.

IV.4.2.2.DIMENSIONNEMENT VIS-A-VIS DE L'ECHAUFFEMENT

Les prises de terre doivent être dimensionnées, vis-à-vis de l'échauffement, de manière à éviter la diminution de leur résistance mécanique et la détérioration des matériaux environnants. La taille du conducteur doit être déterminée à partir des valeurs de courants de défaut de la ligne.

IV.5.CONTRAINTES DUES AU COURANT - ECHAUFFEMENT

Ce paragraphe définit les exigences auxquelles doivent répondre les lignes aériennes HT vis - à - vis des contraintes d'échauffement entraînées par le passage de courant.

Il s'applique aux conducteurs de phases, aux câbles de garde, aux matériels de jonction et aux mises à la terre.

IV.6.LES DIFFERENTS ASPECTS

Le dimensionnement des éléments doit tenir compte des contraintes d'échauffement en régime permanent et en régime de secours et en régime de court – circuit.

Le régime permanent est celui pour lequel l'équilibre thermique des conducteurs est atteint, la température du conducteur et le transit étant considérés constants.

La température du conducteur est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$I^2 \cdot R_{20} \cdot [1 + k \cdot (\theta_e - 293, 15)] + \alpha \cdot S_f \cdot d = 8, 55 \cdot (\theta_e - \theta_a) \cdot (v \cdot d)^{0,448} + E \cdot S \cdot \pi \cdot d \cdot (\theta_e^4 - \theta_a^4)$$

$$\langle P_j \rangle + \langle P_s \rangle = \langle P_c \rangle + \langle P_r \rangle$$

(IV. 2)

Le premier membre de cette équation représente la puissance (P_j) engendrée par effet Joule et reçue (P_s) par rayonnement solaire ; le second membre correspond à la puissance (P_c) évacuée par convection forcée et émise (P_r) par rayonnement dans l'infrarouge.

Les notations utilisées sont les suivantes :

- I : intensité transitant dans le conducteur (A),
- R_{20} : résistance linéique (Ω/m) du conducteur à 20°C (effet de peau compris),
- k : coefficient de température à masse constante de la résistance (K^{-1}) à 20°C , ($k = 0,0036/\text{K}$ pour l'aluméc)
- θ_e : température du conducteur (K),(température d'équilibre)
- α : coefficient de réceptivité solaire du conducteur vis-à-vis du flux solaire,
- S_i : composante du rayonnement solaire perpendiculaire au conducteur (W/m^2),
- d : diamètre du conducteur (m),
- θ_a : température ambiante ($^\circ\text{K}$),
- v : vitesse du fluide ambiant (vent en m/s),
- E : pouvoir émissif par rapport au corps noir,
- S : constante de STEFAN égale à $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

IV.7.ECHAUFFEMENT DES CONDUCTEURS EN REGIME DE SECOURS

Les intensités en régime de secours sont calculées de manière à ce que la température maximale, au sens du Règlement Technique (article 23 relatif à la « Température maximale des conducteurs »), corresponde à celle atteinte par les conducteurs dans les conditions climatiques défavorables (température, vent, ensoleillement, ...) les plus fréquemment rencontrées dans la région. C'est pour cette température que doivent être vérifiées les distances au sol et aux obstacles, ceci pour les différentes saisons [10].

Les lignes 220 et 400 kV doivent pouvoir assurer, en plus du régime de secours, des régimes de secours de courte durée (durée généralement de 20 minutes et 10 minutes).

La nature du ou des câbles conducteurs à utiliser est précisée au contrat.

IV.8.1.INTENSITES ADMISSIBLES EN REGIME DE COURT-CIRCUIT

Ce paragraphe s'applique aux câbles de garde et conducteurs, aux mises à la terre et aux matériels de raccordement des lignes aériennes HT.

IV.8.2.HYPOTHESES RETENUES POUR LE CALCUL DES ECHAUFFEMENTS EN REGIME DE COURT – CIRCUIT

Temps d'élimination « thermique équivalent »

Les temps d'élimination « thermique équivalent » à considérer pour les échauffements sont les suivants :

Tension / courant de court - circuit (I_{cc})	Temps d'élimination thermique équivalent	
400 kV - 40 kA	0,25 s	
	Sans protection différentielle de barres	Avec protection différentielle de barres
220 kV – 20 ou 31,5 kA	0,5 s	0,25 s
60 / 90 kV – 20 ou 31,5 kA	0,5 s	0,25 s

Tab (IV. 2) : Temps d'élimination thermique équivalent

IV.9. REPARTITION DU COURANT DE COURT - CIRCUIT

Les valeurs d'intensités de court - circuit monophasé et triphasé au niveau d'un support en défaut doivent être calculées selon la norme **EN 60-909**.

On considère :

- pour les câbles de garde, que le courant parcourant le ou les câbles de garde est égal à 75 % du courant de défaut monophasé. On suppose que le défaut se produit à un kilomètre du poste et on ne considère que l'apport du poste le plus contraignant,
- pour les mises à la terre, que le courant qui parcourt les prises de terre est égal à 25 % du courant de défaut monophasé apporté au niveau du support par les postes d'extrémités.

IV.10.CONTRAINTES DE PROXIMITES - INDUCTION MAGNETIQUE ET CAPACITIVE - CONDUCTION

IV.10.1.DEFINITIONS ET PRESENTATION DES DIFFERENTES CONTRAINTES

Ce paragraphe traite des contraintes d'induction et de conduction générées par les lignes aériennes HT.

IV.10.1.1. DEFINITIONS

Induction : les courants circulants dans les conducteurs de l'ouvrage perturbateur créent un champ d'induction magnétique qui génère une force électromotrice induite dans l'ouvrage perturbé.

Conduction : le phénomène de conduction correspond à l'élévation de potentiel du sol à proximité du support en défaut, lorsqu'un courant de défaut s'écoule dans le sol.

IV.10.3. LES DIFFERENTES CONTRAINTES

Les contraintes de conduction et d'induction sont à prendre en considération dans les cas suivants :

- proximité de réseaux électriques BT et HTA,
- proximité de réseaux de télécommunications,
- proximité d'un réseau de chemin de fer,
- proximité de canalisations de transport de fluide,
- proximité de dépôts de produits inflammables liquides ou gazeux,
- proximité d'ouvrages linéaires de type clôture, glissière d'autoroutes,
- proximité de téléphériques et remonte-pentes,
- prévention des risques électriques vis-à-vis des personnes et des équipements des tiers.

Il est nécessaire d'étudier les problèmes de voisinage entre les différents réseaux en respectant la législation en vigueur et les éventuelles conventions. Il est également nécessaire d'informer les différentes parties des perturbations occasionnées par leur voisinage et obtenir leur accord sur les dispositions constructives étudiées qui minimisent ces perturbations.

IV.10.4. PROXIMITE AVEC D'AUTRES RESEAUX ELECTRIQUES

IV.10.4.1. Proximités avec des réseaux BT

En cas de rapprochement d'un pylône d'une ligne HT avec un support de ligne BT sur lequel la mise à la terre est réalisée, des dispositions doivent être prises afin qu'en cas de défaut à la terre sur la ligne HT, la montée en potentiel du neutre BT soit inférieure à 1500 V.

IV.10.4.2. Proximités avec des lignes de télécommunications

Les lignes de télécommunications sont des lignes servant uniquement à des transmissions de signaux ou d'informations. Il s'agit notamment des lignes téléphoniques, télégraphiques ou de transmission de données, des lignes de télédistribution et des lignes de télécommande à courant faible. Ces lignes sont exploitées soit par les opérateurs de télécommunications, soit par la SNTF, les gestionnaires des ouvrages d'énergie, les sociétés d'autoroutes, des industriels, etc.

Les conditions de voisinage d'une ligne électrique et d'une ligne de télécommunications doivent être déterminées de manière que les phénomènes d'induction électromagnétique, d'influence électrique et d'élévation de potentiel accidentels ou

permanents, causés par la ligne électrique, n'entraînent sur l'ouvrage de télécommunications voisin aucun danger pour les personnes ni aucune dégradation de l'ouvrage lui-même.

Les signaux qu'il véhicule ne doivent pas être perturbés en régime de fonctionnement normal de la ligne électrique.

IV.10.5. ELEVATION DE POTENTIEL

Concernant les effets des élévations de potentiel du sol susceptibles de nuire aux autres réseaux, les accords éventuels avec les services concernés doivent être respectés.

Les calculs d'élévation de potentiel doivent être effectués en tenant compte du niveau de tension de conception de la ligne électrique.

Proximité des ouvrages linéaires de type clôture, glissière d'autoroutes

Les structures métalliques linéaires qui sont connectées électriquement avec le sol en un ou quelques points et qui sont parallèles à une ligne HT doivent être raccordées au sol à intervalles adéquats et/ou séparées par des éléments isolants afin de réduire la taille des boucles. Une étude particulière dont la finalité est de garantir la sécurité des personnes est exigée.

IV.10.6. Champs magnétique et électrique à 50 Hz

IV.10.7.1. Présentation

Ce paragraphe traite des champs magnétique et électrique générés respectivement par le courant et la tension supportés par les conducteurs et, plus précisément, des normes en vigueur concernant l'exposition des tiers à ces champs.

IV.10.7.2. Définitions

- Le Champ d'induction magnétique caractérise les forces électriques liées à l'intensité du courant qui circule dans les conducteurs.

Pour les lignes électriques, l'unité utilisée est le μT (10^{-6} T).

- Le Champ électrique caractérise les forces électriques liées à la tension portée par les conducteurs.

Pour les lignes électriques, l'unité utilisée est le kV/m (10^3 V/m).

IV.10.7.3. Les différents aspects

Les champs électrique et magnétique nécessitent la prise en compte de trois types de contraintes :

- La compatibilité avec le fonctionnement et la sûreté des matériels.

- Les courants et tensions induites dans les éléments conducteurs générés par les couplages inductifs et électrostatiques,

Ces deux premiers points font l'objet du paragraphe « contraintes de proximités - induction magnétique et capacitive - conduction » ci-dessus.

- L'exposition des tiers à ces champs, qui est basée sur une limitation du courant induit dans les tissus nerveux et musculaires.

IV.10.8. Normes et réglementation vis-à-vis des tiers

L'ouvrage doit respecter les recommandations européennes relatives à la limitation de l'exposition des tiers aux champs électromagnétiques.

Les limites d'exposition aux champs électromagnétiques dans des lieux normalement accessibles aux tiers sont données dans le tableau suivant et doivent être vérifiées dans les conditions de fonctionnement en régime d'exploitation normal :

	Champ Electrique (kV/m)	Champ Magnétique (μ T)
Limite d'exposition publique	5	100

Tableau 3 : Limite de l'exposition des tiers aux champs électromagnétiques

Ces valeurs pouvant parfois être rencontrées à l'aplomb d'une ligne à 400 kV, les solutions à adopter dans ce cas pour ne pas excéder ces seuils consistent essentiellement à éloigner l'ouvrage à construire de tout lieu susceptible d'accueillir du public.

IV.10.9. Recommandation vis-à-vis des matériels

En ce qui concerne les champs électrique et magnétique à 50 Hz, aucune limite d'émission n'est spécifiée.

Par contre, le champ d'induction magnétique à 50 Hz peut perturber les écrans d'ordinateur. La norme générique NF EN 61000-6-1 retient deux seuils : 1 A/m (1,25 μ T), et 3 A/m (3,75 μ T), en soulignant qu'une perturbation des écrans à tube cathodique est admise à partir de 1 A/m. C'est pourquoi ces valeurs figurent à cette norme (qui est une annexe informative et non normative) et, bien qu'elles n'aient pas aujourd'hui de caractère obligatoire, doivent être prises compte en cas de voisinage possible de la ligne avec une densité importante d'ordinateurs de bureau.

IV.11. EFFET COURONNE : BRUITS RADIOELECTRIQUES ET ACOUSTIQUES

Ce Paragraphe traite de l'effet couronne généré par les lignes HT et des perturbations qui en résultent.

IV.11.1. DEFINITION

L'effet de couronne désigne l'ensemble des phénomènes liés à l'apparition d'une conductivité d'un gaz dans l'environnement d'un conducteur porté à une très haute tension ; c'est l'importance du champ électrique à proximité de ce conducteur qui est à l'origine de l'ionisation du gaz.[11]

IV.11.2. LES DIFFERENTS ASPECTS

L'effet couronne génère 3 types de perturbations :

- perturbations radioélectriques,
- bruits acoustiques,
- pertes.

IV.12. PERTURBATIONS RADIOELECTRIQUES

Les perturbations radioélectriques dues aux lignes aériennes HT peuvent être provoquées sur une large bande de fréquence par :

- les décharges dues à l'effet couronnent dans l'air à la surface des conducteurs et des matériels d'équipement,
- les décharges et amorçages sur des parties des isolateurs fortement contraintes électriquement,
- l'amorçage sur de mauvais contacts.

L'effet nuisible des lignes électriques, et plus généralement de toutes sources perturbatrices, sur la qualité des réceptions radioélectriques est dû à la superposition d'un bruit radioélectrique et de l'onde porteuse du signal utile. [12]

Bruits acoustiques

Les perturbations acoustiques apparaissent fréquemment pendant les périodes de mauvais temps et de brouillard. Par beau temps, elles se manifestent le plus souvent pour des lignes soumises à une forte pollution.

Les lignes HT ne doivent en aucun cas dépasser les valeurs maximales de bruit définies par la législation en vigueur, [13].

IV.13. CHUTE DE TENSION

On calcule la chute de tension sur le long de la ligne pour vérifier que la section adoptée ne donne pas des chutes de tension considérables qui augmentent avec l'exploitation de la ligne par exemple : (vieillesse des transformateurs ...).

Par exemple la SONELGAZ considère qu'une section est convenable si elle donne des chutes de tension inférieures à 10%.

IV.13.1. CALCUL DE SECTION DES CONDUCTEURS :

Il est remarquer qu'en Algérie on ne précède pas au calcul des sections en HT. Suivant la puissance prévue à transiter, la distance sur se fait le transit et la tension nominale, SONELGAZ dispose d'un choix de trois sections différentes :

280mm², 411mm², et 617mm².

Ce choix limite revient au fait que SONELGAZ chargée de la fabrication des câbles et conducteurs ne peut offrir une gamme variable de section.

Dans le cadre de ce projet nous supposons que la section est inconnue et c'est à nous de la déterminer .

La section d'un câble doit satisfaire les conditions suivantes:

IV.13.2. DETERMINATION DE LA SECTION BASEE SUR L'INTENSITE ADMISSIBLE

Dans certains cas il peut être intéressant de connaître la section du conducteur à adopter pour faire passer une intensité donnée sans provoquer en régime permanent un échauffement exagère du conducteur.

IV.13.3. SECTION POUVANT RESISTER AU COURT-CIRCUITS

Cette section est déterminer par :

$$S_{cc} = \frac{I_{cc}}{k} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}} \quad (IV. 3)$$

Sec: section du conducteur en [mm²]

I_{cc} : intensité du courant de court-circuit [mm²].

$$\Delta\theta = \theta_c - \theta \quad (IV. 4)$$

θ_c : température admissible à la fin du court-circuit (cc)

θ : température de l'âme du conducteur avant le (cc).

K: coefficient caractéristique du matériau

(K=11 pour le cuivre K=7,3 pour l'Aluminium)

IV.13.4. SECTION IMPOSEE PAR LA CHUTE DE TENSION

Pour un bon fonctionnement des récepteurs notamment les moteurs dont le couple est proportionnel à la tension les chutes de tension ne doivent pas dépasser certaines limites.

$$\Delta U = \sqrt{3} (RI \cos \varphi + XI \sin \varphi) \quad (\text{IV. 5})$$

IV.13.5. SECTION ECONOMIQUE

C'est la section pour laquelle le coût d'exploitation tenant compte de l'amortissement du prix d'achat du câble et des pertes par effet Joule est nominale.

Nous calculons la section des conducteurs en utilisant la formule simplifiée suivante

$$S_e = I/J \quad (\text{IV. 6})$$

I: courant de charge dans la ligne [A]

J- valeur normalisée de la densité économique du courant [A/mm^2]

A la température maximale correspond un courant maximum :

$$I_{\max} = K \cdot S_0,62$$

Où K : coefficient qui dépend de la matière conductrice. Pour l'Aluminium $K = 17,1$.

S : section utile de l'Aluminium $S = 512,1 \text{ mm}^2$

En régime nominale le courant de service est à peu près égal 80 % du courant maximal.

$$I_{\text{nom}} = 818 \cdot 0,8 = 654 \text{ A.}$$

Une densité de courant de 1,3 A/mm^2

Où :

$$S = I / 1,3 = 504 \text{ mm}^2 \quad (\text{IV. 7})$$

La section normalisée dispensable à SONELGAZ est 617 mm

IV.14. DETERMINATION DES PARAMETRES DE LA LIGNE**IV.14.1. RESISTANCE OHMIQUE:**

Donne avec la formule suivante :

$$R_o = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (\text{IV. 8})$$

ρ - résistivité du conducteur a 20°C [Ωmm] .

l - longueur de la ligne [km] .

S - section du conducteur [mm^2] .

La résistance du conducteur à la température de service t est donnée par la formule suivante :

$$R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \quad (\text{IV. 9})$$

t_0 - température pour laquelle on donne R_0 ;

α - coefficient de température [$^{\circ}\text{C}^{-1}$].

Pour l'Aluminium $\alpha = 0,00403 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

La température de service t est donnée par la formule suivante :

$$t = \frac{I_{\text{non}}}{(I_{\text{max}})^2} \cdot (T_{\text{adm}} - t_a) + t_a \quad (\text{IV. 10})$$

t_a - Température ambiante = 40 °C ;

T_{adm} - température admissible égale a 70° C .

donne $t = (645/818)^2 \cdot (70-40) + 40 = 59,2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$.

On prend $T = 600\text{C}$

IV.14.2.CALCUL DES CHUTES DE TENSION

Supposons que

$$\cos \varphi_2 = 0,85 \Rightarrow \varphi_2 = 31,78 \quad (\text{IV. 11})$$

$$I_2 = 654 (\cos \varphi_2 - j \sin \varphi_2) \quad (\text{IV. 12})$$

Les paramètres d'entrée sont lie aux paramètres de sortie par le système d'équation suivant :

On a:

$$A = D = \text{Ch}(Z.Y) = 1 + Z.Y / 2 = 1 \quad (\text{IV. 13})$$

$$B = W(1 + ZY/6) = 5,6 \angle 79^{\circ} \quad (\text{IV. 14})$$

$$C = Y(1 + Z.Y / 6) = 0 \angle 90^{\circ} \quad (\text{IV. 15})$$

De -1- on tire la valeur de V_i

$$V_i = 60 / \sqrt{3} + 5,6 \angle 79^{\circ} * 0,6541 * \angle -31,78 = 38,3 \angle 47,28 \text{ KV} \quad (\text{IV. 16})$$

La tension au poste de Djamel Ramdane :

$$V_i = 8,3 \sqrt{3} * 66,33 \text{KV} \quad (\text{IV. 17})$$

D'ou la chute de tension :

$$\Delta U / U = (U_1 - U_2) / U_1 = (38,3 - 34,64) / 38,3 = 9,55\% \quad (\text{IV. 18})$$

C'est-à-dire le cahier des charges satisfait

Calculons le courant I_i d'après l'équation

$$I_1 = I_2 = 625 \text{ L-31'78} \quad (\text{IV. 19})$$

$$\Phi_1 = \text{L}V_{1+} \text{L}I_1 = 47, 22 - 31, 78 = 15, 44 \quad (\text{IV. 20})$$

$\cos \varphi_1 = 0,96$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 72,13 \text{ MW} \quad (\text{IV. 21})$$

Puissance active

$$\Delta P = (P_1 - P_2)/P_1 = (72,13 - 57,77) / 72,13 = 19,9\% \quad (\text{IV. 22})$$

Rendement de la transmission

$$\eta = P_1 / P_2 = 57, 77 / 72, 13 = 0,80 \quad (\text{IV. 23})$$

Puissance réactive

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot U_i \cdot I_i \cdot \sin \varphi_1 = 20 \text{ MW} \quad (\text{IV. 24})$$

$$Q_2 = \sqrt{3} \cdot$$

$$U_z \cdot I_z \cdot \sin \varphi_2 = 1 \text{ MW} \quad (\text{IV. 25})$$

Perte de puissance réactive

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = (20 - 1) / 20 = 0,95 \quad (\text{IV. 26})$$

IV.17.3.DETERMINATION DES PERTES JOULE

Elles sont fonction de la résistance et du carré du courant.

$$P_j = 3 \cdot R \cdot I^2 \quad (\text{IV. 27})$$

$$P_j = 3 \cdot 4,79 \cdot 366,57^2$$

$$P_j = 1,93 \text{ MW}$$

$$R = 0,0572 [1 + 0,00403 (60 - 20)^3] = 0,06642 \text{ } \Omega/\text{KM} \quad (\text{IV. 28})$$

D'où

$$R = 0,06642 \text{ } \Omega/\text{KM}$$

IV.14.3.REACTANCE DE LA LIGNE

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Pour } f=50 \text{ HZ } X = 0,1445 \log (d/r) + 0,0157 \text{ } \Omega/\text{KM}$$

d : l'écartement entre phases, il est imposé par le cahier $a = 3 \text{ m}$.

r : rayon du conducteur = 16,145 mm

$$X = 0,1445 \log(3/0,016145) + 0,0157 = 0,3436 \text{ } \Omega/\text{KM}$$

$$\text{D'où } X = 0,3436 \text{ } \Omega/\text{KM} \quad (\text{IV. 29})$$

IV.15. CONCLUSION

Dans la partie électrique, notre étude consiste à déterminer la chute de tension, les pertes joules et aussi l'isolation de la ligne.

Les perturbations radioélectriques et les perturbations acoustiques ,l'effet couronne sont des contraintes traités en cours de la construction pour éviter les risques électrique et le mal fonctionnement.

Des champs magnétique et électrique générés respectivement par le courant et la tension supportés par les conducteurs et, plus précisément, des normes en vigueur concernant l'exposition des tiers à ces champs.

D'autre mot, la construction d'une ligne aérienne en HT, exige a nous de connaître les différentes contraîntes climatiques et électriques pour assurer la bonne fonctionnement et la continuité de service, électriquement, et éviter les dégats électrique en service.

CHAPITRE V

ETUDE GENIE CIVIL

V.1. INTRODUCTION

Ce Chapitre définit les conditions générales techniques et de dimensionnement des fondations des supports des lignes aériennes HT.

V.2. PRINCIPAUX TERMES, DEFINITIONS ET SYMBOLES

- **Fondation superficielle** : massif enterré en béton armé ou non, supportant un ouvrage. Il existe des massifs à dalles, avec ou sans redans, pour support tétrapode et des massifs monoblocs pour support monopode.
- **Fondation spéciale** : appelée aussi fondation profonde, elle est constituée d'un ou plusieurs pieux reliés ensemble par un massif de liaison.
- **Pieu et micropieu** : profilé métallique mis en place dans le sol soit par battage soit dans un forage. Un micropieu est un pieu dont le diamètre de forage est inférieur à 250 mm.
- **Sollicitations** : combinaisons des efforts appliqués aux fondations.
- **Tenue géotechnique** : tenue de la fondation vis à vis des caractéristiques du sol environnant.
- **Tenue intrinsèque** : tenue de la fondation vis à vis des caractéristiques des matériaux la constituant [14].

V.3. FONCTIONNALITE PRINCIPALE

Une fondation est un ouvrage enterré dont le rôle est d'ancrer dans le sol la superstructure constituée par le support des conducteurs et des câbles de garde, et d'assurer la stabilité sous les sollicitations appliquées à l'ouvrage (Chapitre III).

V.4. NOTION DE FAMILLE DE FONDATIONS

On distingue deux grandes familles de fondations [15]

- les fondations superficielles appelées aussi massifs,
- les fondations spéciales ou profondes.

Une distinction est ensuite faite suivant le type de support (tétrapode ou monopode).

V.5. REGLES DE CONCEPTION

Les règles énoncées dans ce paragraphe sont communes aux fondations superficielles et spéciales.

V.5.1. ETUDE DE SOL

Une étude de sol doit être réalisée avant toute réalisation de fondation. Les essais effectués doivent déterminer les caractéristiques de sols nécessaires au dimensionnement des fondations.

V.5.2. MATERIAUX

Les matériaux mis en oeuvre dans la réalisation des fondations sont :

- pour les fondations superficielles : le béton, l'acier des armatures et des embases,
- pour les fondations spéciales : le béton, le coulis d'injection, le mortier, l'acier des tubes, des embases et des armatures.

Les armatures pour les structures en béton armé sont constituées de barres à haute adhérence.

V.5.3. EFFORTS BRUTS APPLIQUES AUX FONDATIONS

Ces efforts résultent du calcul brut de descente de charge des supports de l'ouvrage sur leurs embases.

La nature des efforts est fonction du type de support (tétrapode ou monopode). On distingue ainsi :

V.5.3.1. POUR LES SUPPORTS TETRAPODES

- les efforts verticaux : V' ,
- les efforts tranchants : transversal H' , longitudinal L' .

V.5.3.2. POUR LES SUPPORTS MONOPODES

- l'effort vertical : V' ,
- les efforts tranchants : transversal H' , longitudinal L' ,
- les moments de renversement : dans le plan transversal $M'H$, dans le plan longitudinal $M'L$.

V.5.3.3. NOTATION EN FONCTION DE LA NATURE DE L'EFFORT

- à l'arrachement : indice A
- à la compression, indice C

V.5.3.4. NOTATION EN FONCTION DE L'HYPOTHESE DE DIMENSIONNEMENT

- en hypothèses de vent ou de froid : indices V ou F,
- en hypothèse de givre : indice Gi,
- en hypothèse de tenue anticascade : indice Ac.

V.5.4. EFFORTS MAJORES POUR LE CALCUL DES FONDATIONS

Les efforts utilisés dans les calculs des fondations résultent des combinaisons des efforts appliqués par la superstructure. Ces combinaisons sont fonction de la nature de l'effort appliqué, de l'hypothèse climatique considérée et des caractéristiques des supports.

Les efforts bruts issus des calculs réalisés en hypothèses A (dite « de vent ») et B (dite « de froid ») doivent de plus être majorés d'un coefficient 2.

Compte-tenu de ce coefficient 2, il n'y a pas lieu d'appliquer aux fondations le coefficient 1,5 prévu pour certains supports à l'article 29, paragraphes 3 et 5 du Règlement Technique.

On distingue ainsi :

IV.5.4.1. POUR LES SUPPORTS TETRAPODES

- les efforts verticaux S,
- les efforts horizontaux : transversaux H, longitudinaux L.

V.5.4.2. POUR LES SUPPORTS MONOPODES

- les efforts verticaux S,
- les efforts horizontaux : transversaux H, longitudinaux L,
- les moments de renversement : dans le plan transversal MH, dans le plan longitudinal ML.

V.5.4.3. NOTATION EN FONCTION DE LA NATURE DE L'EFFORT

- à l'arrachement : indice A,
- à la compression, indice C.

V.5.4.4. NOTATION EN FONCTION DE L'HYPOTHESE DE DIMENSIONNEMENT

- en hypothèses de vent ou de froid : indices V ou F,
- en hypothèse de givre : indice Gi,
- en hypothèse de tenue anticascade : indice Ac.

Nature de l'effort	Hypothèse	Efforts verticaux	Efforts horizontaux	Moments
Arrachement	A (Vent), B (Froid)	$S_{A,VF} = 2 V'_{A,VF}$	$\Rightarrow H_{A,VF} = 2 H'_{A,VF}$ $\Rightarrow L_{A,VF} = 2 L'_{A,VF}$	
	Tenue anticascade	$S_{A,Ac} = V'_{A,Ac}$	$\Rightarrow H_{A,Ac} = H'_{A,Ac}$ $\Rightarrow L_{A,Ac} = L'_{A,Ac}$	
	Givre	$S_{A,Gi} = V'_{A,Gi}$	$\Rightarrow H_{A,Gi} = H'_{A,Gi}$ $\Rightarrow L_{A,Gi} = L'_{A,Gi}$	
Compression	A (Vent), B (Froid)	$S_{C,VF} = 2 V'_{C,VF}$	$\Rightarrow H_{C,VF} = 2 H'_{C,VF}$ $\Rightarrow L_{C,VF} = 2 L'_{C,VF}$	
	Tenue anticascade	$S_{C,Ac} = V'_{C,Ac}$	$\Rightarrow H_{C,Ac} = H'_{C,Ac}$ $\Rightarrow L_{C,Ac} = L'_{C,Ac}$	
	Givre	$S_{C,Gi} = V'_{C,Gi}$	$\Rightarrow H_{C,Gi} = H'_{C,Gi}$ $\Rightarrow L_{C,Gi} = L'_{C,Gi}$	
Renversement	A (Vent), B (Froid)	$S_{C,VF} = 2 V'_{C,VF}$	$H_{VF} = 2 H'_{VF}$, $L_{VF} = 2 L'_{VF}$	$M_{H,VF} = 2 M'_{H,VF}$, $M_{L,VF} = 2 M'_{L,VF}$
	Tenue anticascade	$S_{C,Ac} = V'_{C,Ac}$	$H_{Ac} = H'_{Ac}$, $L_{Ac} = L'_{Ac}$	$M_{H,Ac} = M'_{H,Ac}$, $M_{L,Ac} = M'_{L,Ac}$
	Givre	$S_{C,Gi} = V'_{C,Gi}$	$H_{Gi} = H'_{Gi}$, $L_{Gi} = L'_{Gi}$	$M_{H,Gi} = M'_{H,Gi}$, $M_{L,Gi} = M'_{L,Gi}$

Tab(V.1): Détermination des efforts à prendre en compte pour le dimensionnement des fondations

V.5.4.5. ANTICORROSION ET FINITION

La finition de la partie aérienne de la fondation doit être soignée de telle sorte qu'il n'existe pas de rétention d'eau sur la surface. La réalisation d'une pointe de diamant soignée est obligatoire [16].

V.5.5.INTERFACE SUPPORT / FONDATION

La liaison entre le support et la fondation peut être réalisée soit au moyen d'éléments intermédiaires (embases, cage d'écureuil pour les supports monopodes), soit par scellement direct.

V.5.6. MISE A LA TERRE

Conformément au Chapitre 2 « Règles de dimensionnement électrique », les supports doivent comporter une mise à la terre en chacun de leurs pieds.

Cette mise à la terre peut être assurée soit par la nature même des matériaux constituant la fondation (par exemple : pieu métallique battu lisse), soit par des aménagements appropriés (boucle de terre, piquet de terre, ...).

V.6. EXECUTION DES MASSIFS DE FONDATION (CAS EN ALGERIE)

V.6.1. CHOIX DES COMPOSANT DU PETON

V.6.1.1. GREGATS

Tous les matériaux nécessaires la confection du béton proviendront, exclusivement, de lieux d'extraction ou de fourniture choisis par l'entrepreneur et agréés par SONELGAZ.

Seuls sont admis les agrègats propres, insensibles aux intempéries, exempts d'éléments argileux et d'impureté nuisible (Éléments gelifs, gypse, anhydride, pyrite, charbon, scories et impuretés organiques) [17].

De même, les schistes et les roches en mica et désagrégées sont à proscrire.

Les dimensions des grains sont en principe :

- pour le sable, entre 0,5 et 3 mm,
- pour les gravillons, entre 5 et 25 mm.

La présence d'éléments fins, dans les agrègats, peut être nuisible.

Leur teneur devra être inférieure à 1,5%, pour les agrègats roulés, et 2%, pour les agrègats concassés.

Dans le cas où ces éléments forment une pellicule autour des grains, ces derniers devront être lavés, avant utilisation.

Les agrègats doivent satisfaire aux normes en vigueur.

V.6.1.2.LIANTS (NFP15-301)

Seuls les ciments "Portland" normaux, ou à haute résistance, sont admis, pour la confection du béton.

L'utilisation de ciment special, lorsque les ouvrages sont realises en milieu agressif, ou en contact avec des eaux pures, sera soumis à l'accord de SONELGAZ.

De meme, l'emploi d'adjuvants doit être soumis à l'approbation de SONELGAZ.

Les Hants doivent satisfaire aux normes en vigueur

V.6.1.3.EAU DE GACHAGE (NFP 18 - 303)

Si l'eau de gachage ne provient pas d'un réseau de distribution d'eau potable, elle doit être soumise à une analyse de laboratoire.

Cette eau doit être limpide, incolore et inodore. Elle ne doit pas former d'écume persistante, une fois agitée.

V.6.2. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

L'analyse granulometrique a pour but de rechercher une compacité optimale du béton.

Les éléments suivants influent directement sur cette qualité :

- La forme des grains de l'agregat.
- La quantité d'eau de gachage.
- Le mode de tassement du béton.
- Les caractéristiques de volume et de surface du massif exécuté.

Aussi, avant de commencer les approvisionnements d'agregats, l'entrepreneur est tenu de prélever des échantillons de graviers, sables, ciments et eau et de les soumettre au laboratoire national des travaux publics le plus proche, en vue d'une analyse granulometrique et de déterminer les proportions optimales de matériaux proposés permettant d'obtenir la meilleure qualité de béton.

Le béton sera dosé de manière à avoir une résistance sans que la valeur nominale à la compression ne soit inférieure à 160 bars.

Sa résistance nominale à la compression, sur éprouvette cylindrique, ne devra pas être inférieure à 180 kg/cm².

V.6.3. ACIERS D'ARMATURES

Dans le cas de béton armé, il sera fait usage de fers ronds dont les caractéristiques exigées sont les suivantes :

- Limite d'élasticité apparente : 2 400 kg/cm².
- Résistance à la traction : 3 700 kg/cm².

Pour les aciers ronds lisses (NFA 35 - 015) et pour les ronds a haute tension adhesion (NFA 35-016 et 018).

- Limite d'elasticite apparente : 4 300 kg/cm².
- Resistance à la traction : 3700Kg/cm²

Pour les aciers d'armature a haute adhesion.

V.6.4. CONFECTION DU BETON

En regle generale :

- le ciment doit etre dose en poids,
- les agregats doivent etre doses en volume.

L'emploi du ciment encore chaud est interdit.

La quantite d'eau de gachage sera maintenue constante mais en tenant compte des variations d'humidite naturelle des agregats.

Le beton sera malaxe exclusivement a la machine. La duree de malaxage, en generale de trois (3) minutes par gachee, sera fixee selon le type de betonniere.

L'adjonction d'eau, en fin de malaxage, est interdite.

L'entrepreneur veillera a ce que la temperature du beton frais ne depasse pas 25° C, en prenant les dispositions suivantes:

- Betonniere, granulats et ciments places a l'ombre.
- Augmentation de la fluidité du beton.
- Adjonction d'un adjuvant avec effets retardeur et plastifiant combine.
- Suspension des travaux de betonnage ; si l'une des dispositions enumSrees n'est repectse, reparation sera suspendue.J

Dans tous les cas, le dispositif de fabrication sera soumis a l'approbation de SONELGAZ.

V.7. MISE EN PLACE DES EM BASES

Les embases de pylones seront solidement fixees dans les fouilles et dans leur position exacte, au moyen d'un dispositif fourni par l'entrepreneur (gabarit - tendeurs).

Ce dispositif permettra le réglage pris du niveau de l'inclinaison et de l'écartement des embases. Dans ce but, il devra être suffisamment stable et rigide, pour éviter tout dérèglement lors du bétonnage.

De plus, les embases seront immobilisées, en fond de fouille, au moyen de cales en béton de 10 centimètres de hauteur.

V.8. COFFRAGES

Les coffrages utilisés seront suffisamment robustes et rigides, de manière à éviter toute déformation, lors de la mise en œuvre du béton.

Leur calage est impératif et devra être exécuté de telle manière qu'il n'autorise aucun déplacement. Les coffrages devront être étanches, pour éviter les pertes de lait de ciment.

Leur conception sera telle qu'ils puissent être facilement nettoyés et huilés après chaque emploi.

V.9. LES EFFORTS SUR LES MASSIFS

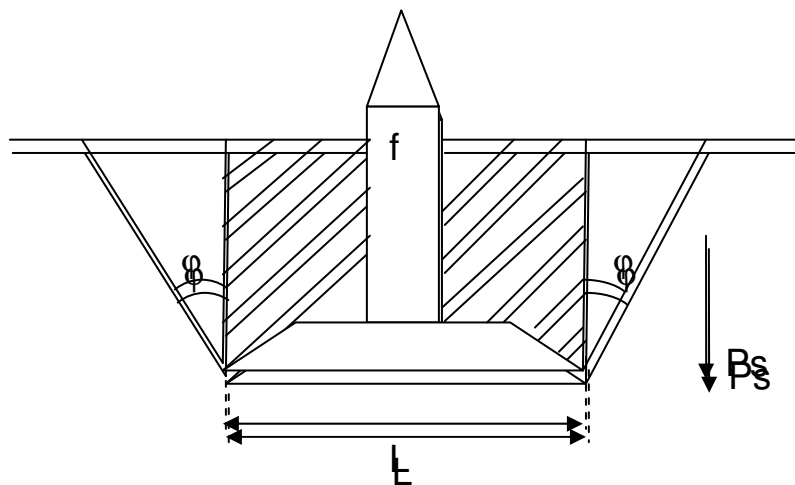


Fig (V.1): Représentation d'une Massifs à la traction

Les efforts F dus au pylône sont calculés à l'aide de la ligne d'ancrage T de la note de calcul générale [16].

Il est noté que la valeur du poids propre du pylône est à compter négativement vers le bas :

Le poids stabilisant du pylône P_s , c'est -à-dire :

- Le poids de béton
- Le poids des terres soulevées (hachurées sur la figure ci dessus).

- Le poids d'un certain volume de terre défini par un angle de frottement interne Φ qui tient compte de la cohésion du sol (ombré sur la figure ci-dessus).

Dans le cas où l'on ne dispose pas de série de massifs prédéterminés, il convient de calculer le poids stabilisant à partir des volumes et des densités des terres et du béton. Dans le cas contraire, le poids stabilisant est donné par les tableaux pour les différents massifs type utilisés.

V.9.1.CONDITION DE TENUE DU MASSIF

$$\frac{P_s}{F} > 1,5 \quad \text{en hypothèse A.}$$

$$\frac{P_s}{F} = \text{Coefficient de stabilité.}$$

$$\frac{P_s}{F} > 1 \quad \text{en hypothèse G.}$$

V.9.2. MASSIFS A LA COMPRESSION

Sur ces massifs s'appliquent :

a : les efforts dus au pylône F, calculés à l'aide de la ligne ancrage C de la note de calcul générale.

b : le poids du béton.

C : le poids des terres appuyant sur le massif, (hachurées sur la figure de la page précédente).

Si l'on appelle : c = somme des efforts ci-dessus (daN), soit l'effort à fond des fouilles.

S = surface de base du massif (cm²)

σ = contrainte admissible du sol (daN/cm²)

Condition de tenue du massif :

$$\frac{c}{S} < \sigma \quad \text{Dans toutes les hypothèses.}$$

V.10. CONFECTION DES MASSIFS

Le bétonnage sera effectuée au plus tard dans les sept (07) jours qui suivent l'achèvement de chaque fouille.

Les travaux ne pourront commencer qu'après vérification de par SONELGAZ de :

- Dimensions de fouilles.
- Position des embases.

- Dimension du ferrailage.
- Dimension des coffrages.

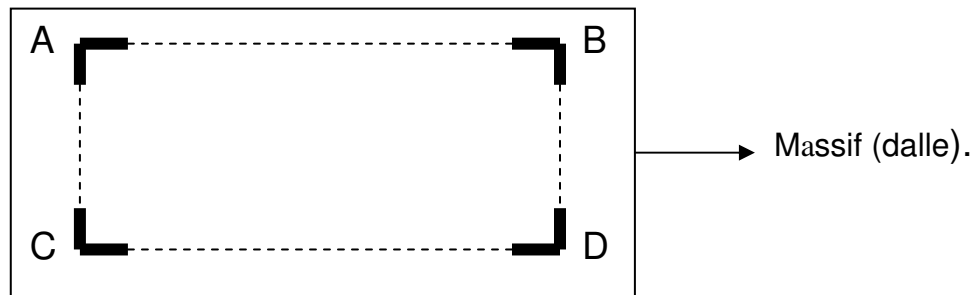
Les pierres et blocs saillants, sur les parois de fouilles, seront laves, pour permettre une bonne adhérence du béton.

V.11. TYPES DES FONDATIONS

Il existe trois types de fondation :

V.11.1. FONDATION SIMPLE

Ce sont des fondations monopode (massif unique), elles sont utilisées dans les mauvais terrains.



Fig(V.2): Fondation monopode.

V.11.2. FONDATION BIPODE

Ces types de fondation dont l'emploi est peu courant, sont constitués de deux

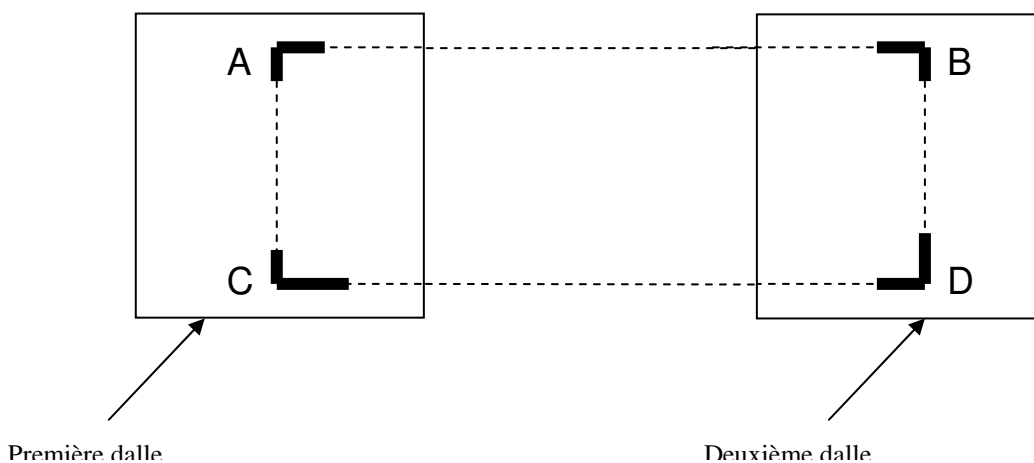
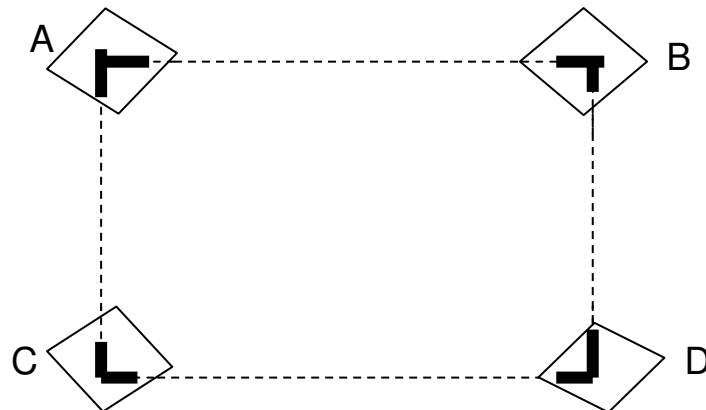


Fig (V.3): Fondation bipode

V.11.3. FONDATION TETRAPODE

Ces types de fondation sont constitués par quatre massifs indépendants aux quatre sommets du rectangle de base du pylône.



Fig(V.4): Fondation tétrapode

V.12. CONCLUSION

Dans ce chapitre on a vue une aperçu sur les techniques des fondations utilisés dans la réalisation de ligne HT.

L'étude géotechnique et génie civile sont des ouvrages dont le rôle est d'ancrer dans le sol la superstructure constituée par le support des conducteurs et des câbles de garde, et d'assurer la stabilité contre les contraintes appliquée sur l'ouvrage.

Le coufrage et le béton ainsi d'autres ouvrages sont soumis à des règles et des normes imposé par SONELGAZ sur L'entrepreneur pour agrées son travail et confonder les respectsions de sécurité normaliser par ISO afin d'assurer la fiabilité et la securité de la ligne HT à réaliser.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Bien que ce mémoire contient des éléments indispensables pour la construction d'une ligne électrique. Il ne constitue en réalité qu'une partie infirme d'un projet de réalisation.

En effet, un projet de réalisation demande plusieurs études avant d'entamer l'exécution de ligne.

Le choix d'un tracé de ligne convenable présentant un nombre d'angles aussi réduit que possible, une facilité d'exécution ...été.

Dans la partie mécanique, l'étude est basée sur l'équation de changement d'état, car c'est grâce à cette équation qu'on peut calculer plusieurs paramètres de la ligne (tensions, flèche.....etc.). Pour ces calculs, il faut prendre en considération les hypothèses climatiques.

L'étude topographique c'est-à-dire la matérialisation d'une tracé sur le terrain. Un choix des ouvrages les mieux à adapter à la ligne et calcule de fondation, Dans la partie électrique, notre étude consiste à déterminer la chute de tension, les pertes joules et aussi l'isolation de la ligne, l'étude électrique pour connaître les composants électriques dans la ligne aérienne.

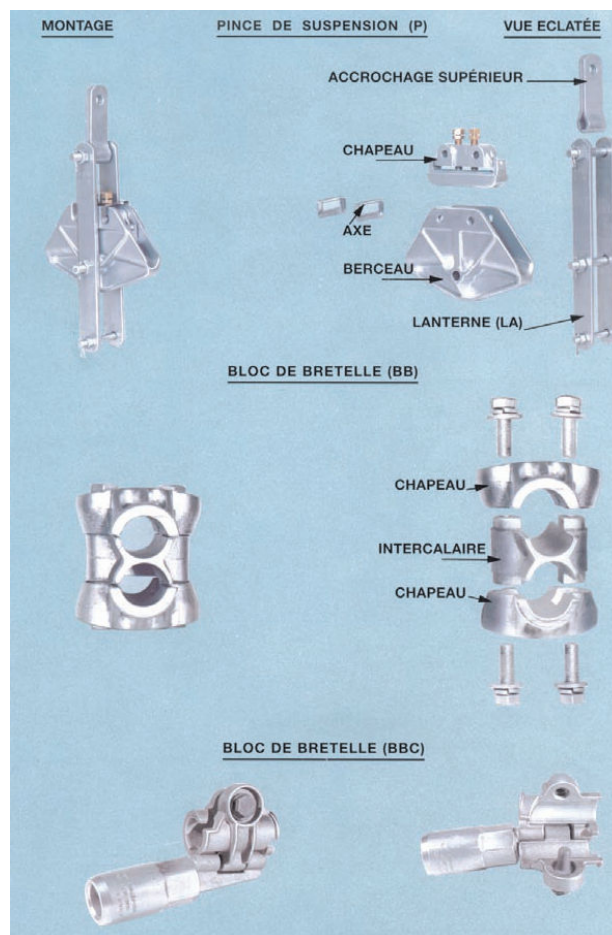
Nous tenons à signaler qu'actuellement les projets de construction des lignes s'effectuent par l'automatisation complète des calculs tels que ceux relatifs à la recherche d'un tracé, à la réparation optimale des supports... etc.

En fin , les documents techniques d'un projet de ligne qui sont réalisés par le chargé d'étude, sera envoyer ,comme dossier d'étude, ver le chantier.

ANNEXES

Les matériels considérés comme "pièce à haute sécurité" sont les suivants :

- Axe - œillet - ball socket
- Palier de fixation simple et double - chape-tourillon - étrier – manille
- Connecteur droit et chantourné - rallonge - jumelle palonnier - palonnier mixte, rectangulaire, triangulaire et dissymétrique - jumelle longue - connecteur triple plat
- Etrier de contrepoids - palonnier de contrepoids - chape de contrepoids
- Tendeur d'ancrage - chape mixte
- Pince de suspension (lanternes)
- Isolateur
- Manchon de jonction - manchon d'ancrage (sauf axe et partie en acier forgé)
- Pince de suspension (berceaux)



les conditions climatiques :

Afin d'assurer une sécurité suffisante, malgré les conditions climatiques variées des régions traversées, celles-ci sont divisées en trois zones géographiques caractérisées par des régimes de températures définis ci-après:

- **Zone I** : Zone soumise à l'influence marine sans surcharge de givre.

- Température moyenne : **20°C**
- Température minimale : **-5°C**
- Température maximale : **75°C**

- **Zone II** : hauts plateaux, massifs montagneux, plaines intérieures avec givre.

- Température moyenne : **20°C**
- Température minimale : **-5°C**
- Température maximale : **75°C**

- **Zone III** : zone déserte sans givre.

- Température moyenne : **25°C**
- Température minimale : **-5°C**

Température maximale : **75°C**

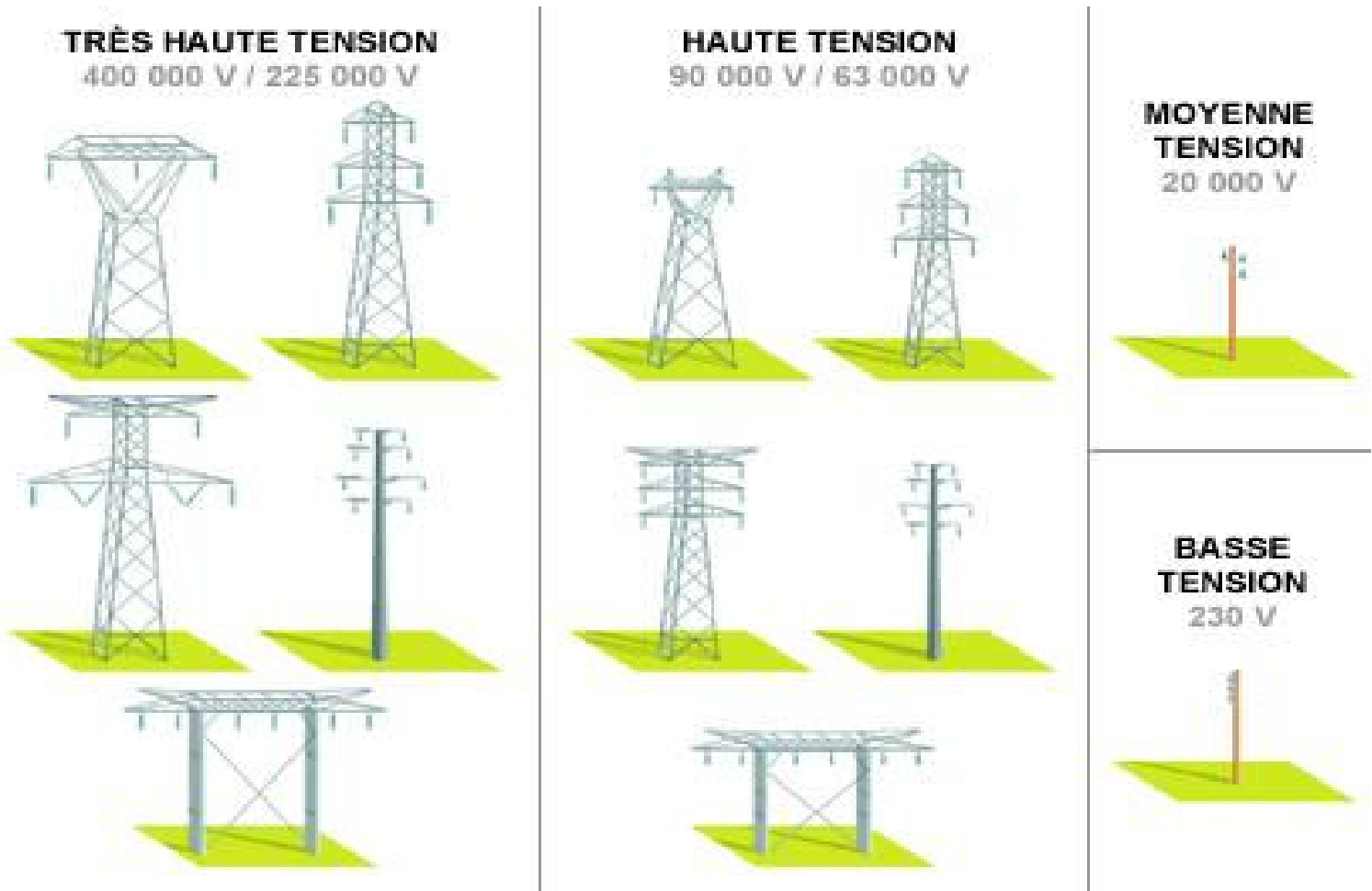


Fig. Annexe III : Les différents types de Pylônes

PRINCIPE DES DISTANCES DE SECURITE

La distance de sécurité est égale à la somme :

- d'une distance dite "de base" (b) qui prend en compte la nature du surplomb (affectation du sol, nature des installations qu'il comporte, encombrements),
- d'une distance dite "de tension" (t), qui prend en compte la probabilité d'apparition d'une surtension et de la présence simultanée d'une personne ou d'un objet au voisinage de la ligne.

Trois distances de tension sont définies :

- $t_1 = 0,0025 U$ pour une faible probabilité de voisinage,
- $t_2 = 0,0050 U$ pour une probabilité de voisinage moyenne,
- $t_3 = 0,0075 U$ pour une probabilité de voisinage forte.

t_1 , t_2 , t_3 sont exprimés en mètres et U, la tension nominale (entre phases) du réseau, en kV.

Les valeurs numériques suivantes sont données pour les niveaux communs de tension :

U	60 / 90 kV	220 kV	400 kV
t_1	0,2 m	0,6 m	1,0 m
t_2	0,5 m	1,1 m	2,0 m
t_3	0,7 m	1,7 m	3,0 m

ANNEXE V

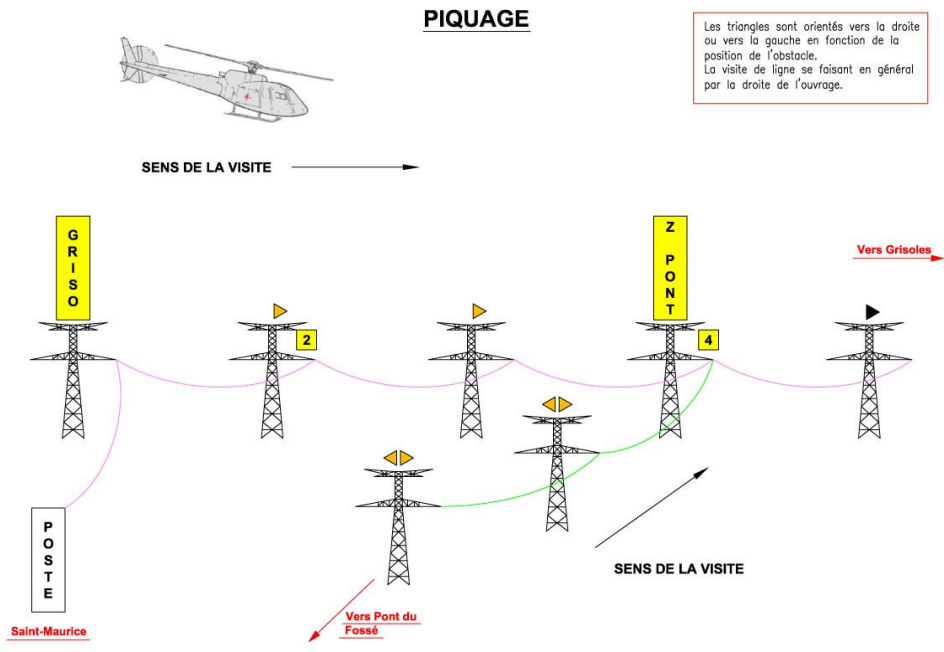


Figure 1 annexe V : Balisage des Piquages ou angles importants

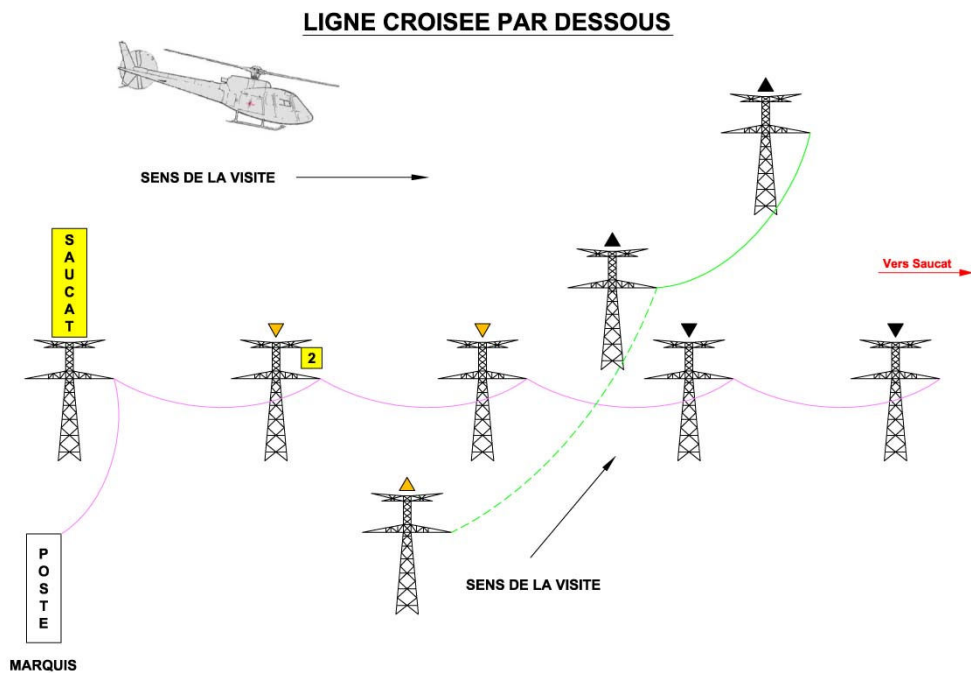


Figure 2 annexeV : Balisage des lignes croisées par dessous

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] " EVALUATION DE LA STABILITE DE LA TENSION D'UN RESEAU ELECTRIQUE A L'AIDE D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE D'INDICE DE STABILITE" ,UNIVERSITE DE M'SILA,**2008**
- [2] **H. BUYSE** "TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE ",UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN, **2004**.
- [3] **THEODORE Wildi** "ELECTROTECHNIQUE ", **EDITION 2005**.
- [4] **CATALOGUE DE PYLONE** , KHARAKIB ,DTLC,BE,**1997**.
- [5] **CAHIER DE CHARGER** , KHARAKIB ,DTLC,BE,**2008**.
- [6] **CHARLES Avril** " CONSTRUCTION DES LIGNES AERIENNES A HAUTE TENSION".
- [7] **SONELGAZ** "CAHIER DES CHARGES POUR LA CONSTRUCTION DES LINGES ELECTRIQUE AERIENNES",**SONELGAZ,ALGER 1993**.
- [8] **EDGAR Gillon** "COURS D'ELECTROTECHNIQUE" TROISIEME PARTIE ; EDITION 1998, **EDITION ANNEE 1974**.
- [9] **CIGRE** "GUIDE TO PROCEDURES FOR ESTIMATING THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES".
- [10]**SONELGAZ** " REGLES DE DIMENSIONNEMENT GEOMETRIQUE" CHAPITRE 3, DU PRESENT (CC-LA),**ALGER 2003**.
- [11] **NFS 31 010** "ACOUSTIQUE, CARACTERISATION ET MESURAGE DES BRUITS DE L'ENVIRONNEMENT", NORME INTERNATONAL.**ISO 2009**.
- [12] **EN 60437** "ESSAIS DE PERTURBATIONS RADIOELECTRIQUES SUR LES ISOLATRICES HAUTES TENSIONS", **RECUEIL DES NORMES ALGERIENNES**
- [14] **SONELGAZ** " REGLES DE DIMENSIONNEMENT DE FONDATION" CHAPITRE 4, DU PRESENT (CC-LA),**ALGER 2003**.
- [15] **EN 61773** " LIGNES AERIENNES : ESSAIS DE FONDATIONS DES SUPPORTS", RECUEIL DES NORMES ALGERIENNES (NA) APPLICABLES AU SECTEUR DES TRAVAUX PUBLICS, **ALGER**.
- [16] **FASCICULE 62** "REGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES FONDATIONS DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL ". **TITRE V DU CCTG, MINISTERE FRANÇAIS, FRANCE**.
- [17] **B. CHANTALAT** "CAHIER DES CHARGES POUR LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES DU RESEAU DE TRANSPORT .D'ELECTRICITE HT ET THT", **KDL, GRTE, 25/05/08, ALGER**.

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE**

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

PROPOSE ET DIRIGE PAR : MONSIEUR : TORKI Zohir

Présenté par : BACHIRI FARHAT ET ZIOUCHE KAMEL

THEME:

**ETUDE DE LA CONSTRUCTION D'UNE LIGNE
AERIENNE EN HT/THT**

Résumé:

LE TRAVAIL CONSISTE A L'ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE AERIENNE EN HT, POUR CE FAIRE, ON A PRESENTER UN TRAVAIL CONTIENT LES ETAPES NECESSAIRE A RELAISER POUR LA MISE EN SERVICE DE LA LIGNE.

ON COMENCE PAR DES GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES PUIS ON A SUIVI LES ETAPES SUIVANTES:

- **ETUDE D'UN PROJET DE LIGNE;**
- **ETUDE MECANIQUE;**
- **ETUDE ELECTRIQUE;**
- **ETUDE GENIE CIVIL.**

Mots clés:

Reseaux électrique, Ligne aérienne, Pylône, Levé topographique, Fondation, Prise de terre.