



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Électrotechnique
Réseau électrique

Réf. :

Présenté et soutenu par :
DAHAH Mohamed Lamine

Le : 2022

Etude et Conception Du Câble Souterrain Moyenne Tension Monophasé ENICAB 18–30 KV

Jury :

Mr. ALOUI Lotfi	Pr	Université de Biskra	Président
Mlle. BECHA Habiba	MCB	Université de Biskra	Examineur
Mr. MIMOUNE Sourî Mohamed	Pr	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2021- 2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Électrotechnique
Option : Réseau électrique

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

Etude et Conception Du Câble Souterrain
Moyenne Tension Monophasé ENICAB
18-30 KV

Présenté par :

DAHAH Mohamed Lamine

Avis favorable de l'encadreur :

Pr.MIMOUNE Soury Mohamed

Avis favorable du Président du Jury

Mr.ALOUI Lotfi

Cachet et signature

Remerciement

Remerciement

Au nom de Dieu, Le plus grand, grâce à son aide que je remercie en premier.

Qui m'a donné le courage pour réaliser ma mémoire.

Je tiens à remercier mon encadreur Pr : Mimoune Souri Mohamed pour ça confiance en moi et son soutien durant toute l'année, merci pour leur conseil.

Ainsi un grand merci pour tous les membres du jury qui ont accepté de juger mon travail.

Enfin, je présente mon remerciement à ma famille et mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour terminer ce projet.

Merci, pour tous. Un grand merci.

Dédicace

Je dédie ce travail :

- *Á ma mère < ELKHANSA > pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices.*
- *Á mon père <MOURAD> qui m'a soutenu et pour son patience illimité, son aide, et son affection*
- *Á les reinee de mon cœur, ma grande soeure, qui est une deuxième maman pour moi, ma petite soeure qui m'a beaucoup soutenu pendant ma vie.*

- *Á mes meilleure amies*

Sommaire

Remerciement	I
Dédicace	II
Liste de figures.....	V
Liste de tableaux.....	VII
Liste des abréviations	VIII
RESUME	IX
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : Généralité sur les câbles électriques

1.1 Introduction.....	3
1.2 Les applications des cables électrique.....	4
1.3 Types de câbles électriques et leurs caractéristique.....	4
1.3.1 Câbles basse tension.....	4
1.3.2 Câbles moyenne tension.....	7
1.4 Composants d'un câble électrique.....	9
1.4.1 Types de conducteurs électriques.....	10
1.4.2 Types d'isolation pour les câbles électriques.....	10
1.4.3 Types de protections métalliques pour les câbles électriques.....	11
1.4.4 Types de gaine isolant.....	11
1.4.5 Gaine de protection.....	12
1.5 La fiche technique de cable 1x185 MT monophasé	13
1.6 Conclusio	14

Chapitre 2: La Production de câble électrique 1x185 mm² MT Alu(36kv)

2.1 Introduction.....	16
2.2 Désignation decable MT.....	16
2.3 Définition de aluminium.....	16
2.4 Définition de tréfilage:.....	17
2.5 Définition de câblage.....	20
2.6 Isolation.....	24

Sommaire

2.7 Ecrantage.....	27
2.8 Rubannage d'étanchéité.....	27
2.9 Gainage.....	29
2.10 Conclusion.....	31

Chapitre 3: Les essais appliquent sur les câbles moyenne de tension

3.1 Introduction.....	33
3.2 Contrôle en cours de fabrication	33
3.3 Contrôle final (essais de pièces).....	33
3.4 Essai d'allongement à chaud sur PR.....	34
3.5 Essai de traction et d'allongement pour les matériaux d'isolation des câbles électriques...36	
3.6 Essai de non propagation de la flamme	37
3.7 Résistance Linéique à 20°C	38
3.8 Essai de décharge partielle (Pc).....	40
3.9 Conclusion	42
CONCLUSION GENERALE.....	44
Bibliographie.....	45

Liste de figures

Figure 1.1: Les câbles Souterraines BT.....	5
Figure 1.2: Les câbles souterrain MT..	8
Figure 1.3: Les compositions de câble électrique BT.....	9
Figure 1.4: Câbles extrudé de distribution.	12
Figure 2.1: La matière première de l'aluminium.....	17
Figure 2.2: Schéma principe de tréfilage.	18
Figure 2.3: La machine de tréfilage TG7	19
Figure 2.4: Le fil d'alu 2.60 \varnothing	19
Figure 2.5: 1 ^{er} cage 6, câblé 6 fil de 2.6 \varnothing +le centre.	20
Figure 2.6: Câble alu (7x2.6 \varnothing) descripteur LPQ.	21
Figure 2.7: 2 ^{eme} cage 12, câblé 12 fil de 2.6 \varnothing + (7x2.6 \varnothing) come centre	21
Figure 2.8: 3 ^{ème} cage 18 fil + (19x2.6 \varnothing).....	22
Figure 2.9: La machine de câblage.	22
Figure 2.10: Résultats final de câblage 185 mm ² alu	23
Figure 2.11: Produit confort après le câblage 185 mm ² alu	23
Figure 2.12: La ligne de réticulation cv03 pour l'isolation.....	24
Figure 2.13: Le capiston de la ligne cv03.	25
Figure 2.14: Enrouleur de la ligne cv03	25
Figure 2.15: Extrudeuse de la ligne cv03.	26
Figure 2.16: Câble 185 alu après l'isolation.	26
Figure 2.17: Méthode de pose l'écran métallique en cuivre	27
Figure 2.18: Pose de rubans hygroscopiques gonflants.....	28
Figure 2.19: Câble 185 MT alu après Ecrantage et Rubannage d'étanchéité	28
Figure 2.20: Extrudeuse de pvc.....	29
Figure 2.21: La méthode de Refroidissement	30
Figure 2.22: La méthode de séchage.....	30
Figure 2.23: Cable électrique 1X185 mm ² MT Alu 18/36(KV).....	31
Figure 3.1: Essai d'allongement à chaud sur PR.....	35

Figure 3.2: La machine de de traction et d'allongement pour les matériaux d'isolation.....37

Figure 3.3: La machine de calcul la Résistance Linéique à 20°C39

Figure 3.4: La méthode de calcul la Résistance Linéique à 20°C.....40

Figure 3.5: La méthode d'essai de décharge partielle (Pc).....41

Figure 3.6: La cage de faraday pour l'essai de décharge partielle (Pc).....41

Liste de tableaux

Tableau 1.1: La fiche technique de câble 1x185 MT monophasé	13
Tableau 2.1: Désignation Câble MT.....	16
Tableau 3.1: Les différents essai appliquant.....	34
Tableau 3.2: Temps d'application de la flamme.....	38

Liste des abréviations

PVC: Polychlorure de vinyle

PR : Caoutchouc butyle vulcanisé.

PRC : Polyéthylène Réticulé Chimiquement.

∅: Diametre

BT: Basse Tension

MT : Moyenne Tension

CU : Cuivre

ALU : Aluminium

DC: Direct Current

AC : Alternative Current

ENICAB: Entreprise des Industries du Câble de Biskra

CEI : Commission électrotechnique internationale

RESUME

RESUME

Dans ce projet, nous avons parlé sur Etude et conception du câble sous-terrain moyenne tension monophasé enicab 36Kv OÙ nous avons abordé les types et les caractéristiques et les compositions des câbles électriques , nous avons discuté dans le deuxième chapitre sur la chaine de production de cable électrique 1X185 mm² MT Alu 36(KV) et dans le dernier chapitre nous expliquant les essais appliquent sur les câbles moyenne de tension.

Mots-clés : cable électrique , aluminium, cuivre, isolation, moyenne tension

Abstract

In this project we spoke about the study and design of a single-phase medium-voltage cable 36Kv and in chapter I we addressed the types and characteristics of electric cables as we touched on in chapter II on the production chain of 1X185 mm² MT Alu cable and in the last chapter we explained the experiments on this type of electrical cable.

Keywords: electrical cable, aluminum, copper, isolation, medium voltage

ملخص

في هذا المشروع تحدثنا عن دراسة وتصميم كابل الجهد المتوسط احادي الطور 36Kv وتناولنا في الفصل الأول عن أنواع و خصائص الكوابل الكهربائية عامتا كما تطرقنا في الفصل الثاني الى سلسلة انتاج كابل 1X185 mm² MT Alu وفي الفصل الاخير شرحنا التجارب التي تقام على هذا النوع من الكوابل الكهربائية .

كلمات مفتاحية: كابل كهربائي، المنيوم , نحس, تغليف, الجهد المتوسط

Introduction

Générale

Introduction Générale

Dans ce sujet, nous avons abordé deux types de câbles électriques tels que la basse tension et la moyenne tension, avec leur caractéristiques et ca domaine d'utilisation, nous avons expliqué les types de conducteurs, Types d'isolation ,types des Gaine de protection.

En pose un modèle de fiche technique de câble électrique 1x185 mm² MT Alu (18-30 KV), qui contient la Conception du Câble (Type de câble,la Norme utilisée, Tensions U₀/U (max), Nombre Conducteurs / Section) et les caractéristiques de construction (Diamètre nominal, epaisseur de ecran sur conducteur, epaisseur de matériel isolation, epaisseur de la gaine extérieureetc) .

Comme nous l'avons choisi le câble électrique 1x185 mm² MT Alu (18-30 KV) pour également accompagné sa série de production, de la matière première à l'étape de tréfilage en suite les opérations de cablage comme nous passons par une étape d'isolation vers l'étape d'ecrantage et rubannage d'étanchéité, Jusqu'à l'étape finale consistant à gainage ,en abordant les techniques et les processus utilisés .

La reconnaissance de d'éfauts pendant un essai du système de cable MT sont très importants pour éviter déventuelles défaillances pendant l' utilisation , Les tests comme essai d'allongement à chaud sur PR , essai de traction et d'allongement , essai de non propagation de la flamme et essai de décharge partielle pour l'identification de d'éfauts technique (sensible, précise et non destructive) .

Chapitre 01

Généralité sur les câbles électriques

1.1 Introduction

Un câble électrique est un regroupement de fils conducteurs avec parfois un, ou plusieurs fils, avec blindage intérieurs/extérieur. Un câble électrique peut être utilisé pour le transport d'énergie électrique mais aussi pour la transmission de données (téléphone, informatique, télévision, etc.)

Un câble électrique est constitué de fils de cuivre isolés et aussi de paires torsadées pour la transmission de données.

Il peut comporter de deux à plusieurs centaines de fils mais aussi parfois de fibre optique pour la transmission de données à longue distance. Un câble standard est composé d'au moins deux fils d'une matière conductrice (l'âme en cuivre, aluminium et parfois, pour résister à de hautes températures) isolés les uns des autres et d'une enveloppe isolante (PVC, silicone). Le pourcentage de l'un par rapport à l'autre peut varier d'un câble à un autre en fonction de son utilisation et de son emplacement.

Un câble électrique peut aussi être le regroupement mécanique de plusieurs câbles électriques (puissance, téléphone, informatique, vidéo, etc.) mais aussi contenir des fils de contrôles, des fibres optiques voire un fluide de refroidissement (entre autres dans un câble sous-marin transportant des câbles d'énergie électrique).

L'intérieur d'un câble électrique comporte souvent une « âme » en métal ou en fibres synthétiques, qui assure sa résistance mécanique et évite son élongation entre autres lors de sa dépose sur un fond marin.

1.2 Les applications des câbles électriques

Un câble électrique est un ensemble de plusieurs fils fonctionnant côte à côte ou groupés, qui est utilisé pour transporter un courant électrique. Ainsi, selon la destination dudit câble (en fonction du type d'approvisionnement qu'il doit assurer), il peut être installé à l'intérieur ou à l'extérieur. Chacun d'eux à sa spécificité, comme le diamètre, les matériaux, etc. Outre le transport d'électricité, d'autres câbles sont destinés à véhiculer des données, comme le multimédia, ou des signaux comme la TV. Il existe beaucoup trop de fournitures électriques en ce domaine pour tout citer. Cependant, voici quelques exemples de câbles électriques :

- Satellites
- TV seule
- Câble de terre en cuivre
- Multimédia TV + satellite
- Câble de téléphonie publique
- Câble de téléphone résidentiel
- RJ45
- Câble 10 mm²
- Câble 2×16 mm², 2×25 mm², 2×32 mm²
- Câbles souples ou rigides
- Etc.[1]

1.3 Types de câbles électriques et leurs caractéristiques

1.3.1 Câbles basse tension

Les câbles d'alimentation à basse tension sont construits avec des conducteurs en cuivre et en aluminium rigides, solides ou toronnés et des conducteurs en cuivre flexibles (nus ou étamés).

Les XLPE, PVC, LSF/LSOH et les composés élastomères sont les principaux composés isolants et protecteurs pour ces types de câbles. [2]



Figure 1.1: Les câbles Souterraines BT.[2]

- **Câbles pour panneaux électriques**

Câbles souples pour le câblage des armoires électriques. Installations faciles et sûres. Câbles électriques particulièrement adaptés à l'usage domestique, à l'installation dans les lieux publics, aux dérivations individuelles et au câblage interne des armoires électriques, des boîtes de commutation et des petits appareils électriques.

- **Câbles de puissance**

Câbles d'énergie pour les installations industrielles et les lieux publics. Il est courant de trouver des câbles d'énergie dans des applications pour des shunts individuels, pour le transport d'énergie dans tous les types de connexions basse tension, pour une utilisation industrielle dans des conditions exigeantes et pour des convertisseurs de fréquence .

- **Câbles armés**

Câbles avec armature en aluminium ou en acier pour les installations présentant un risque d'agression mécanique. Il est également courant de trouver des câbles blindés dans des endroits où des rongeurs sont présents, ainsi que dans des installations dans des locaux présentant un risque d'incendie et d'explosion .

- **Câbles en caoutchouc**

L'utilisation de câbles en caoutchouc extra souples est très variée. Nous pouvons trouver des câbles en caoutchouc dans des installations industrielles fixes ainsi que dans le service mobile. Les câbles de soudage doivent avoir une gaine en caoutchouc, qui permet de transmettre des courants élevés entre le générateur de soudage et l'électrode.

- **Câbles sans halogène (LSZH)**

Les câbles haute sécurité sans halogène (AS) à faible émission de fumée et de gaz corrosifs en cas d'incendie conviennent pour le câblage des panneaux électriques et des lieux publics, les installations de toutes sortes dans les lieux publics, les dérivations individuelles, les circuits de secours, les réseaux de distribution publics et également pour le service mobile.

- **Câbles résistants au feu**

Ces câbles sont spécialement conçus pour transmettre l'énergie électrique dans les conditions extrêmes qui se produisent lors d'un incendie prolongé, garantissant l'alimentation des équipements de secours tels que la signalisation, les extracteurs de fumée, les alarmes acoustiques, les pompes à eau, etc. Leur utilisation est recommandée dans les circuits d'urgence des lieux publics.

- **Câbles de contrôle**

Les câbles de commande pour installations fixes ou mobiles doivent être extrêmement souples, car ils sont principalement conçus pour les petits appareils ménagers, pour l'interconnexion des parties de machines utilisées pour la fabrication, pour les systèmes de signalisation et de contrôle, pour le raccordement de moteurs ou de convertisseurs de fréquence, pour la transmission de signaux lorsque la tension induite par un champ électromagnétique externe peut affecter le signal transmis ou pour les connexions d'alimentation électrique afin d'éviter de générer des champs électromagnétiques.

- **Câbles d'instrumentation**

Il s'agit de câbles flexibles et blindés pour la transmission de signaux entre des équipements dans des installations industrielles. Ils sont particulièrement adaptés à la transmission optimale de données dans des environnements présentant un niveau élevé d'interférences électromagnétiques.

- **Câbles photovoltaïques**

Ces câbles sont particulièrement adaptés au raccordement des panneaux photovoltaïques, et de ces panneaux à l'onduleur DC-AC. Grâce à la conception de leurs matériaux et à leur couverture, qui est particulièrement résistante au rayonnement solaire et aux températures extrêmes, ils peuvent être installés à l'extérieur avec toutes les garanties.

- **Câbles spéciaux**

Il existe une grande variété de câbles électriques pour des installations spéciales telles que installations temporaires de guirlandes lumineuses lors de foires commerciales connexions pour ponts roulants palans et ascenseurs applications dans les pompes immergées et les zones d'eau potable telles que les aquariums, les systèmes de purification, les fontaines d'eau potable ou dans les piscines pour les systèmes d'éclairage, de purification et de nettoyage.

- **Câbles en Aluminium**

Les câbles en aluminium pour le transport d'électricité sont adaptés à une installation fixe à l'intérieur, à l'extérieur et/ou sous terre.

1.3.2 Câbles de moyenne tension

Les câbles de moyenne tension sont construits avec des conducteurs en cuivre ou en aluminium et des isolants soit à partir de XLPE, d'EPR, ou encore de papier. Si nécessaire, les conducteurs peuvent être rendus hydrofuges longitudinalement. En outre, les tuyaux peuvent être conçus pour être flexibles (nus ou estampés) pour les câbles miniers et autres applications lourdes.



Figure 1.2: Les câbles souterrains MT.

L'écran métallique peut être rendu hydrofuge de manière longitudinale et radiale. Le PVC, le PE (MDPE ou HDPE) et le LSF sont appliqués sous forme de gaine extérieure. Les fils ou les rubans en acier (ou en aluminium pour les câbles unipolaires) peuvent être appliqués sous la gaine extérieure, ce qui procure une protection mécanique supplémentaire. Des câbles pour applications spéciales, sans halogène, ignifuges, résistants au feu et à faibles émissions de fumée peuvent également être fournis. [2]

- **RHZ1**

Câble moyenne tension de type RHZ1 avec isolation XLPE, sans halogène et non propagateur de flamme et d'incendie. Ce sont des câbles parfaitement adaptés au transport et à la distribution de l'énergie dans les réseaux Moyenne Tension.

- **HEPRZ1**

Câble Moyenne Tension avec isolation HEPR, sans halogène et non propagateur de flamme et/ou d'incendie Idéal pour le transport et la distribution de l'énergie dans les réseaux Moyenne Tension.

- **MV-90**

Câble moyenne tension avec isolation XLPE, selon la norme américaine. Pour le transport et la distribution de l'énergie dans les réseaux Moyenne Tension. [3]

- **RHVhMVh**

Câble moyenne tension en cuivre et aluminium pour applications spéciales. Particulièrement recommandé pour les installations où il existe un risque de présence d'huiles et d'agents chimiques de type hydrocarbure ou de leurs dérivés. [3]

1.4 Composants d'un câble électrique

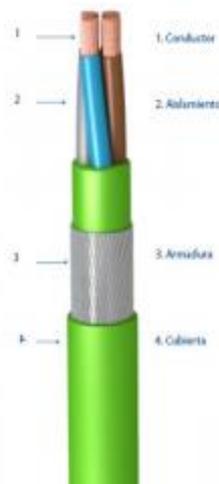


Figure 1.3: Les compositions de câble électrique BT. [3]

Un câble électrique se compose de :

1. **Conducteur électrique** : qui canalise le flux d'électricité.
2. **Isolation** : elle couvre et contient le flux électrique dans le conducteur.
3. **Éléments auxiliaires**: qui protègent le câble et garantissent sa longévité.
4. **Couverture** : elle recouvre tous les matériaux mentionnés en les protégeant de l'extérieur .

1.4.1 types de conducteurs électriques

1. **Fil conducteur nu** : il s'agit d'un fil unique à l'état solide, non flexible et sans revêtement.
2. **Conducteurs électriques en aluminium** : dans certains cas, on utilise également des conducteurs en aluminium, bien que ce métal soit 60 % moins bon conducteur que le cuivre.
3. **Conducteurs électriques en cuivre** : c'est le matériau le plus couramment utilisé.
4. **Conducteur flexible en cuivre** : il s'agit d'un ensemble de fils fins recouverts d'un matériau isolant. Ils sont souples et malléables.
5. **Câble unipolaire** : c'est un câble à un seul conducteur.
6. **Câble multipolaire** : c'est un câble qui a plusieurs conducteurs.

1.4.2 Types d'isolation pour les câbles électriques

L'isolation consiste à placer un revêtement isolant sur le conducteur pour empêcher les fuites de courant. Ils sont classés en deux grands groupes : les thermoplastiques et les thermodurcissables.

❖ Isolation thermoplastique

Ils sont plus courants dans la fabrication des câbles électriques :

- ✓ **PVC**: Chlorure de polyvinyle
- ✓ **Z1**: Polyoléfines
- ✓ **PE**: Polyéthylène linéaire
- ✓ **PU**: Polyuréthane

❖ Isolation thermodurcissable

Les plus courantes sont:

- ✓ **EPR**: Éthylène-propylène
- ✓ **XLPE**: Polyéthylène réticulé
- ✓ **EVA**: Acétate d'éthyle et de vinyle
- ✓ **SI**: Silicone
- ✓ **PCP**: Néoprène
- ✓ **SBR**: Caoutchouc naturel

1.4.3 Types de protections métalliques pour les câbles électriques

Dans certains cas, les câbles peuvent avoir des blindages métalliques :

- **Écrans** : il s'agit de protections électriques métalliques appliquées pour isoler les signaux qui passent à l'intérieur du câble d'éventuelles interférences extérieures.
- **Armures** : il s'agit de protections mécaniques qui protègent le câble contre d'éventuelles agressions extérieures : animaux, coups, etc.

1.4.4 Types de Gaine isolante

Elle permet d'assurer l'isolation de l'âme conductrice, c'est un revêtement tubulaire continu entourant le conducteur ou l'ensemble des conducteurs destinés à assurer leurs protections. Cette enveloppe isolante doit assurer la bonne isolation de l'âme conductrice, et présenter les caractéristiques suivantes [4] :

1. Résistivité élevée
2. Très bonne rigidité électrique
3. Faible pertes diélectriques
4. Bonne tenue au vieillissement
5. Bonne résistance au froid, à la chaleur et au feu
6. Insensibilité aux vibrations et aux chocs
7. Bon comportement à l'attaque des agents chimiques

1.4.5 Gaine de protection

C'est une gaine qui entoure la gaine isolante pour des raisons de sécurité lorsqu'on enterre le câble souterrain.

Les matériaux constituant cette gaine sont choisis en tenant compte :

- Des contraintes externes auxquelles le câble est soumis
- Des conditions de fonctionnement, température maximale
- Des conditions d'installation, température minimale
- De la nature des matériaux de l'enveloppe isolante particulièrement à leur tenue à la chaleur

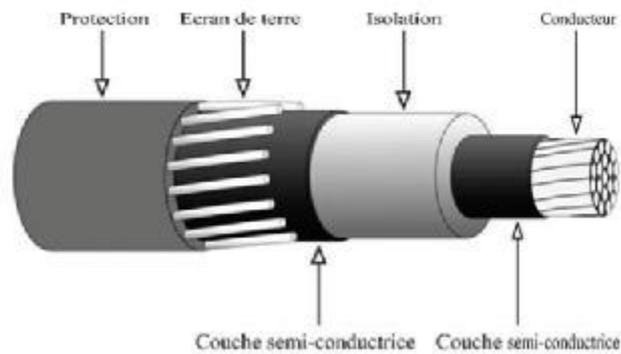


Figure 1.4: Câbles extrudé de distribution.[3]

1.5 La fiche technique de câble 1x185 MT monophasé

Tableau 1.1: La fiche technique de câble 1x185 MT monophasé.

Câbles de Moyenne Tension				
Conception du Câble		u		
Type de câble			NA2XS(F)Y	
Norme			IEC 60502-2	
Tensions U0/U (max)	kV		18/30 (36) kV	
Nombre Conducteurs / Section			1 x185 mm²	
Caractéristiques de Construction				
Matériel conducteur			Aluminium	
Forme			Circulaire	
Classe / Norme			2 / CEI-60228	
Diamètre nominal	mm		15,7	
Ecran sur conducteur			Couche semi-conducteur extrudée non pelable	
Epaisseur radiale nominale	mm		0,6	
Etanchéité contre les infiltrations d'eau				
Sous l'écran métallique. 2ème barrière			Ruban semi-conducteur gonflant (Noir)	
Matériel isolation			PRC / XLPE	
Epaisseur radiale nominale / Minimale en tout point	mm		8,0 / 7,10	
Diamètre approximatif sur isolation	mm		32,9	
Ecran sur isolation			Couche semi-conducteur extrudée Pelable	
Epaisseur radiale nominale	mm		0,5	
Ecran Métallique			2 Rubans Cuivre posés hélicoïdalement	
Epaisseur du ruban	mm		0,10	
Etanchéité contre les infiltrations d'eau				
Sur l'écran métallique. 1ere barrière			Ruban non-conducteur gonflant (Blanc)	
Matériel gaine extérieure			PVC	
Epaisseur radiale nominale / Minimale en tout point	mm		2,3 / 1,64	
Diamètre extérieur minimal	mm		40,7	

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mené une discussion approfondie sur les câbles électriques avec tous les types et ca désignations et leur applications , ainsi que les matieres d'isolation et les gaine de protection.

Chapitre 2

LA PRODUCTION DE CABLE

ELECTRIQUE

1X185 mm² MT Alu

(36 KV)

2.1 Introduction

La fabrication de chaque type de câble est planifiée à l'avance selon des modèles préétablis définissant les étapes du circuit et indiquant les moyens de production qui seront mis à disposition pour la réalisation de la fabrication dans les meilleures conditions et délais.

Le plan peut connaître des modifications circonstanciées dans le circuit surtout à cause des pannes de longues durées de machines ou une pénurie de main-d'œuvre.

2.2 Désignation Câble MT

Les câbles moyenne tension 30 kV sont désignés par leur type de construction, N identifiant les conducteurs en cuivre et NA les conducteurs en aluminium. Ils conviennent à une installation dans le sol, à l'extérieur et dans des goulottes de câbles, avec des mesures supplémentaires de protection contre la pénétration d'eau lorsque l'environnement d'installation est humide afin d'éviter tout phénomène d'arborescence hygroscopique.

Tableau 2.1: Désignation Câble MT. [5]

N2XSY	Câble unipolaire en cuivre à gaine en PVC
N2XS2Y	Câble unipolaire en cuivre à gaine en polyéthylène (PE)
NA2XSY	Câble unipolaire en aluminium à gaine en PVC
NA2XS2Y	Câble unipolaire en aluminium à gaine en PE
N2XS(F)2Y	Câble unipolaire en cuivre à gaine en polyéthylène (PE) protégée contre la pénétration d'eau
NA2XS(F)2Y	Câble unipolaire en aluminium à gaine en PE protégée contre la pénétration d'eau
NA2XS(FL)2Y	Câble unipolaire en aluminium à gaine en PE avec double couche de protection contre la pénétration d'eau

2.3 Définition de l'aluminium

L'Aluminium désigne un métal blanc gris, très léger, ductile et malléable, et qui s'altère peu à l'air. L'aluminium est utilisé dans la fabrication d'articles de ménage et, à cause de sa légèreté, pur ou en alliage, dans l'automobile et l'aéronautique, dans l'industrie électrique.



Figure 2.1: La matière première de l'aluminium.

2.4 Définition de tréfilage

Le tréfilage est une technique de mise en forme à froid des métaux qui permet de réduire la section d'un fil, par déformation plastique, en le tirant à travers l'orifice calibré d'une filière sous l'effet combiné d'application d'un effort de traction et d'un effort radial de compression et en présence d'un lubrifiant, cette déformation obtient par glissement suivant certains plans et directions de glissement grâce au déplacement de dislocations.

Après déformation, une partie de ces dislocations reste piégée à l'intérieur des grains. Dans ce cas, la structure est dite écrouie et les propriétés du métal sont modifiées. Le tréfilage a pour effet de (durcir) le métal et de diminuer ses possibilités de déformation ultérieure. Voilà pourquoi on est amené à recuire le métal soit pour poursuivre le tréfilage à froid, soit pour redonner aux produits finis des propriétés de plasticité suffisante. [6]

La technique du tréfilage, en tant que procédé de mise en forme d'un matériau donné, est caractérisée par différents paramètres, à savoir la vitesse et la température de tréfilage, la géométrie des filières et les conditions de frottement, mais également par la structure et les propriétés du matériau qui déterminent sa capacité à subir une déformation élevée en tréfilage.

Les matériaux le plus utilisés dans le cadre d'applications industrielles sont l'acier, le cuivre, l'aluminium et le tungstène.

Les applications des produits mise en œuvre par cette technique, qui peut être utilisés en soudage, câbles, agrafes, vis et boulons, ressorts, aiguilles, anneaux, boucles et crochets, armatures de pneumatiques ...etc. [7]

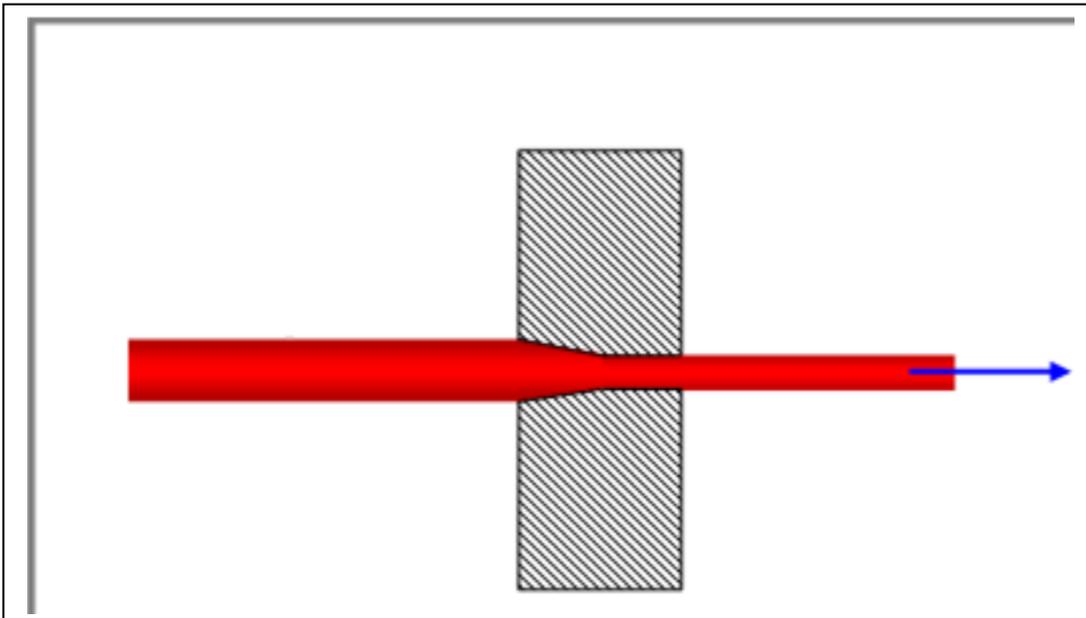


Figure 2.2: Schéma principe de tréfilage.



Figure 2.3: La machine de tréfilage TG7.

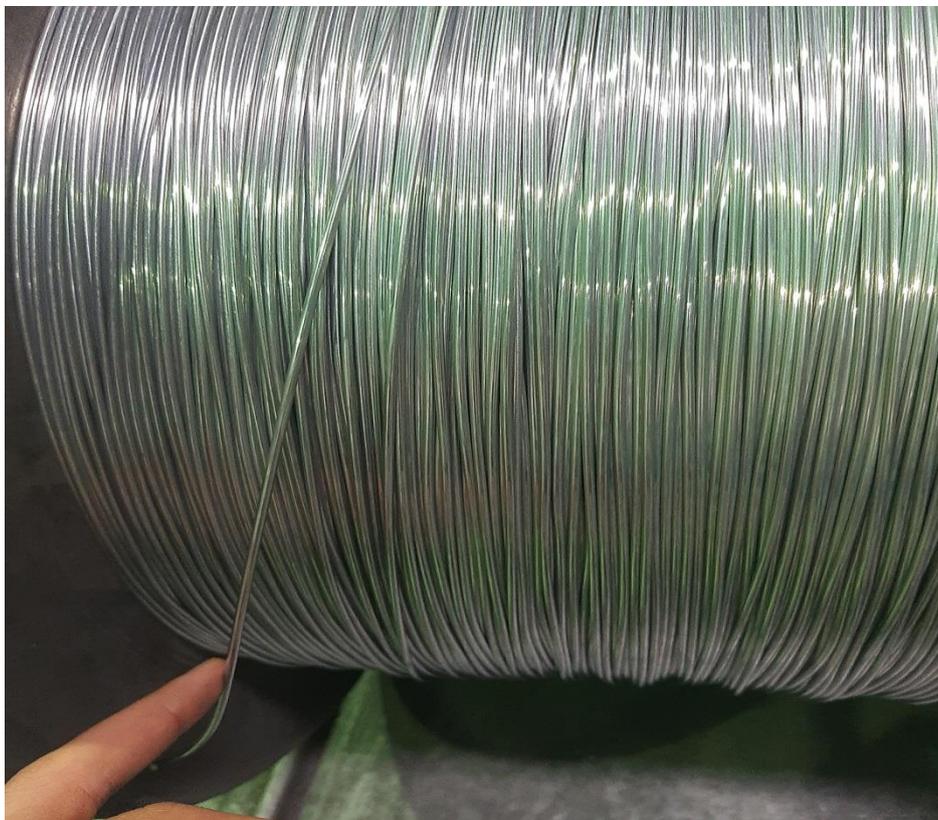


Figure 2.4: Le fil d'alu 2.60 ø.

2.5 Définition de câblage

Fabrication d'un cordage, d'un câble métallique par torsion de deux ou plusieurs fils entre eux, la méthode est montrée dans la figure suivante :

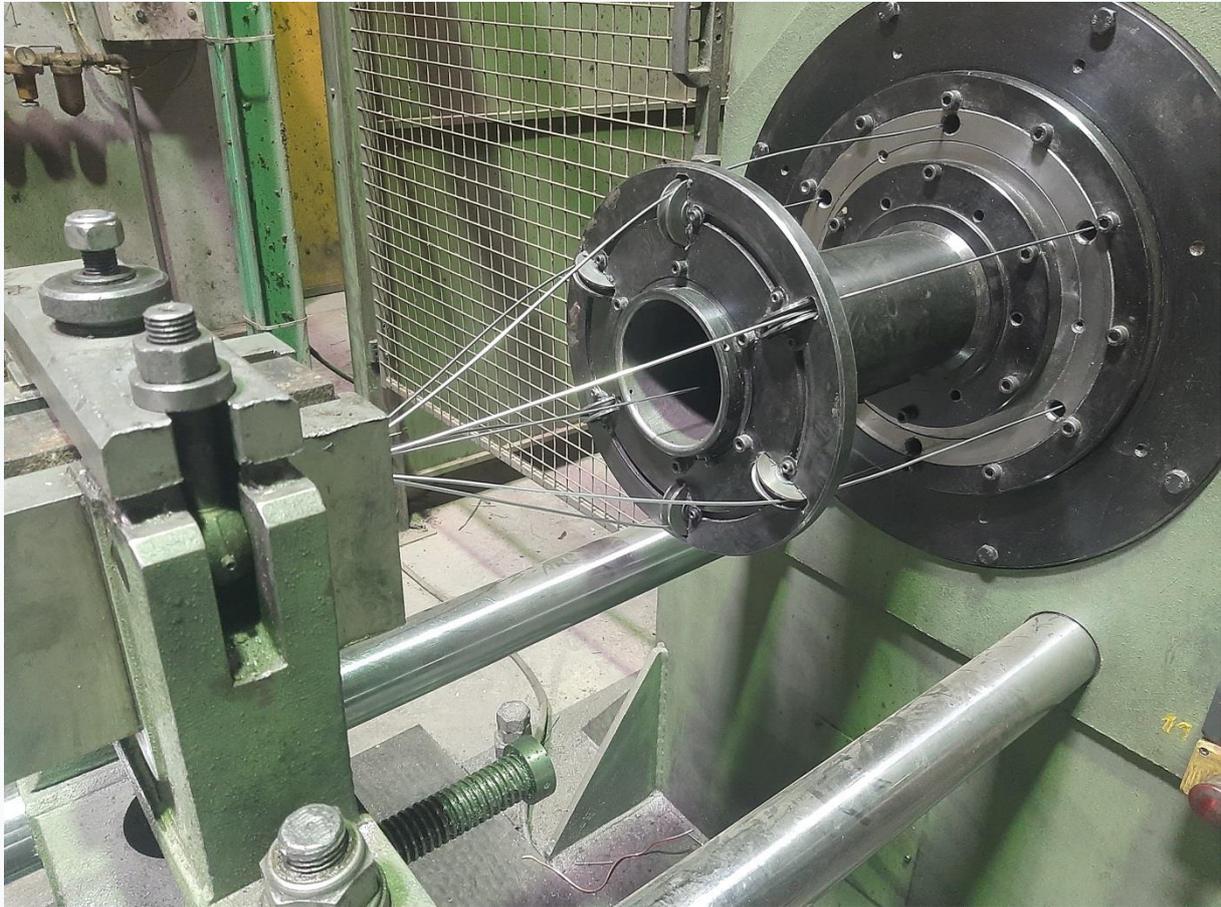


Figure 2.5: 1^{er} cage 6, câblé 6 fil de 2.6 \varnothing +le centre.



Figure 2.6: câble alu (7x2.6 \varnothing).



Figure 2.7: 2^{eme} cage 12, câblé 12 fil de 2.6 \varnothing + (7x2.6 \varnothing) come centre.

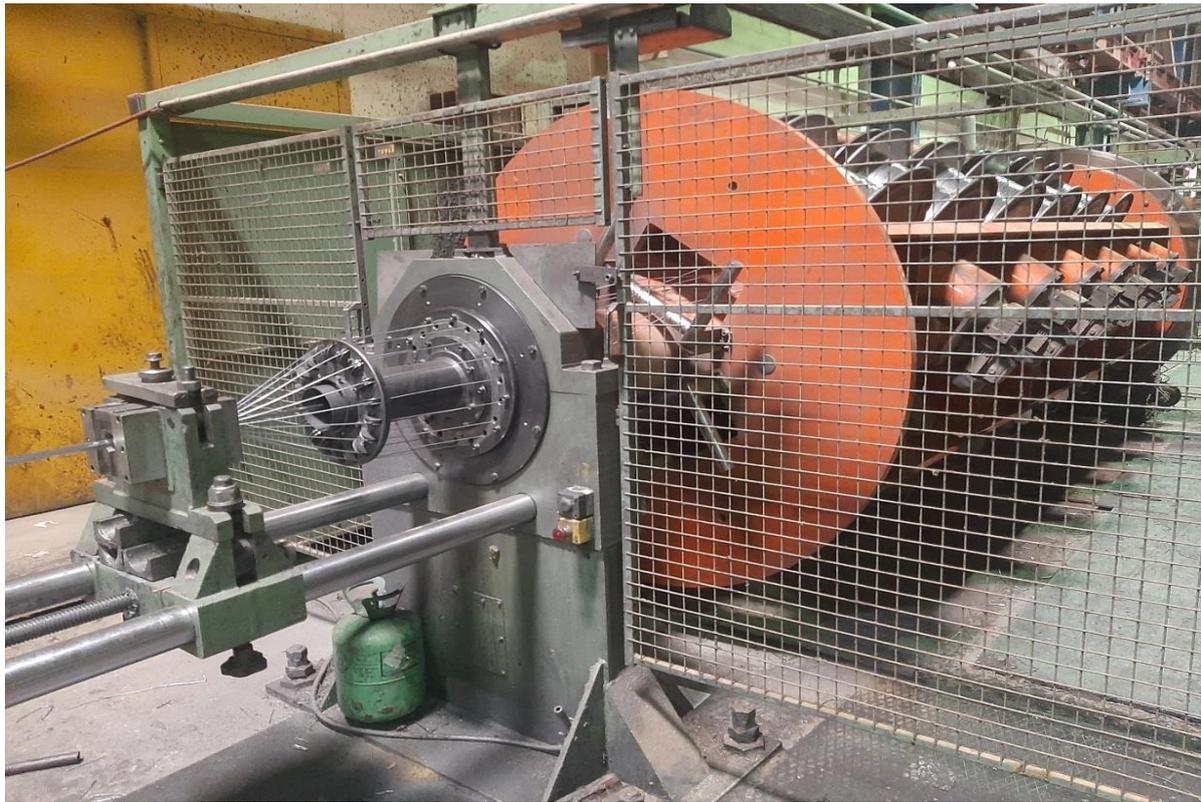


Figure 2.8: 3^{ème} cage 18 fil +(19x2.6 \varnothing).



Figure 2.9: La machine de câblage.

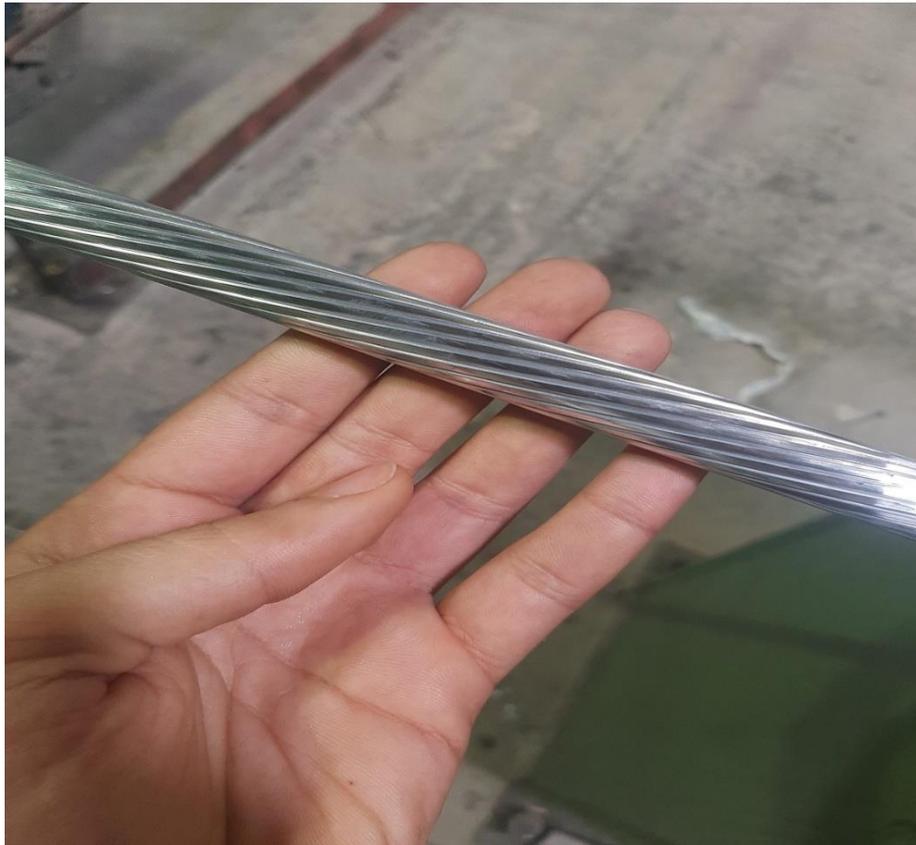


Figure 2.10: Résultats final de câblage 185 mm² alu.



Figure 2.11: Produit confort après le câblage 185 mm² Alu.

2.6 Isolation

Au cours de cette opération la couche isolante, le semi-conducteur interne et le semi-conducteur externe, sont extrudées et réticulées simultanément dans une ligne CV. Les trois couches sont fabriquées par coextrusion triple et la réticulation du XLPE (PRC) est achevée à sec dans l'azote chauffé et mis sous pression.



Figure 2.12: La ligne de réticulation cv03 pour l'isolation.



Figure 2.13: Le capiston de la ligne cv03.



Figure 2.14: Enrouleur de la ligne cv03.



Figure 2.15: Extrudeuse de la ligne cv03.



Figure 2.16: câble 185 alu après l'isolation.

2.7 Ecrantage

C'est la pose de l'écran métallique constitué de deux bandes en cuivre électrolytique. La pose est continue en forme hélicoïdale avec déjoint et couvre déjoint.



Figure 2.17: Méthode de pose l'écran métallique en cuivre.

2.8 Rubannage d'étanchéité

Dans cette opération on procède à la pose simultanée avec l'opération d'écrantage des rubans hygroscopiques gonflants qui assurent l'étanchéité longitudinale contre les infiltrations d'eau qui surviennent suite à des déchirures accidentelles de la gaine de protection extérieure dans des milieux inondés ou occasionnellement inondables.



Figure 2.18: Pose de rubans hygrosopiques gonflants.

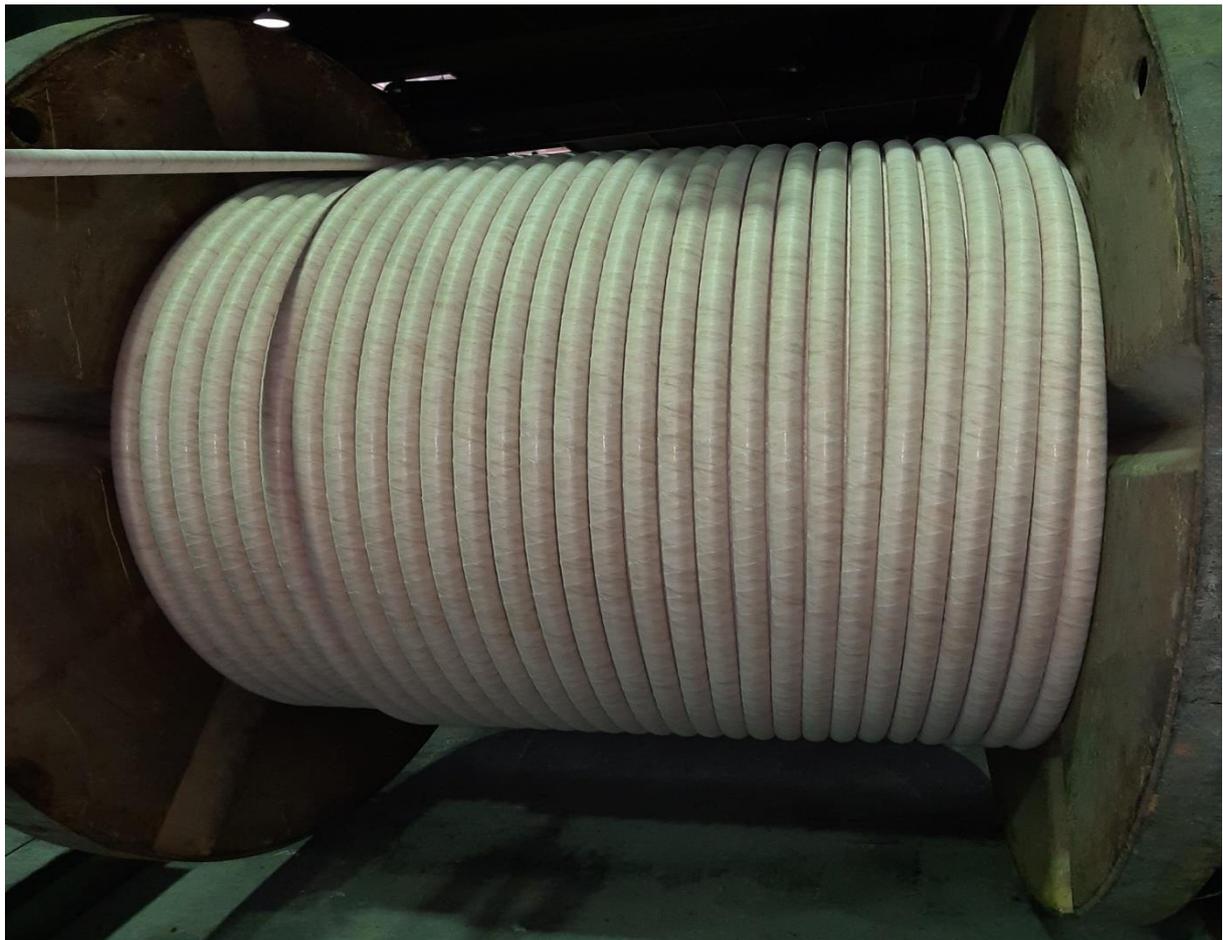


Figure 2.19: Câble 185 MT alu après Ecrantage et Rubannage d'étanchéité.

2.9 Gainage

C'est l'étape finale et qui consiste à placer par extrusion d'une gaine extérieure de protection en PVC type ST/2 qui satisfait aux exigences de la norme CEI 60502 en matière de propriétés mécaniques et physico-chimiques surtout en terme de température de service. Au cours de cette opération le marquage à chaud en relief est fait. Il comporte le nom du fabricant ENICAB, la section, la nature du métal, la nature de l'isolant, la tension U₀/U et la date de fabrication.



Figure 2.20: Extrudeuse de pvc.



Figure 2.21: La méthode de Refroidissement.



Figure 2.22: La méthode de séchage.



Figure 2.23: Cable électrique 1X185 mm² MT Alu 18/36(KV).

2.10 Conclusion

Nous avons décrit , dans ce chapitre , La Production de câble électrique 1x185 mm² MT Alu 36KV avec tous les étapes et représenté dans le tréfilage ,cablage isolation, ecrantage, gainage.

Chapitre 3
Les essais appliquent
sur les câbles
moyenne de tension

3.1 Introduction

Dans le cadre du plan assurance qualité rentrant dans la mise en application de la politique qualité de l'entreprise, Enicab et dans le but de garantir la conformité de ses produits a instauré un système de contrôle qualité performant doté de procédures documentées assurant une parfaite maîtrise de l'activité du contrôle. La disponibilité de modes opératoires explicites et accessibles et la diversification des moyens d'enregistrement permettant une traçabilité infaillible et une remarquable source de données favorisant de meilleurs suivis et des analyses de qualité clairvoyantes.

3.2 Contrôle en cours de fabrication

C'est un ensemble de contrôles ponctuels et systématiques fait par des contrôleurs spécialisés. Le système assure la conformité et la libération pour l'étape suivante des produits semi finis dans toutes les phases de fabrication jusqu'au contrôle final.

3.3 Contrôle final (essais de pièces)

Toutes les longueurs de livraison mises sur tourets subiront individuellement les essais cités ci-dessous et par lesquels le CQ teste, mesure et vérifie la conformité des caractéristiques normatives et/ou contractuelles du produit.

Le contrôle final est soldé par la libération, le refus ou le rebut du produit contrôlé.

Tableau 3.1 : Les différents essais appliqués

N°	Test	Type de test
1	Examen du conducteur	Prélèvement
2	Essais dimensionnels de l'isolant et gaine	Prélèvement
3	Essai d'allongement à chaud à 200°C	Prélèvement
4	Mesure de la résistance du conducteur	Prélèvement
5	Décharges Partielles à 1.73U ₀	Prélèvement
6	Essai de tension à 3.5U ₀	Prélèvement
7	Essai de tension 4U ₀ (4H)	Individuel

3.4 Essai d'allongement à chaud sur PR

Le test de prise à chaud pour les câbles électriques est un moyen facile de déterminer si le matériau utilisé dans l'isolation ou la gaine d'un câble électrique a été suffisamment réticulé. Un matériau réticulé est un matériau qui a été modifié pour resserrer et augmenter la liaison entre les chaînes de polymère. Le procédé de réticulation est généralement utilisé pour améliorer les propriétés mécaniques et électriques des câbles. Il peut s'effectuer pendant ou après la polymérisation.

Les essais de prise à chaud pour les matériaux réticulés sont effectués conformément à la norme NF EN 60811-507, qui détaille les méthodes de test des matériaux non métalliques de tous les types de câbles.

Les tests de prise à chaud sont effectués sur le matériau d'isolation ou de gainage et non sur le câble dans son intégralité. Ainsi, la première étape du test consiste à préparer l'échantillon en retirant les conducteurs ainsi que tout tressage, armure ou ruban du câble. En fonction de la taille de la section du câble électrique et de la forme générale du câble dans sa totalité, les échantillons sont coupés en tranches en forme de tube ou en forme d'haltère. Les 20 mm centraux (ou 10 mm pour les échantillons plus petits) sont marqués par deux lignes.[8]



Figure 3.1: Essai d'allongement à chaud sur PR

3.5 Essai de traction et d'allongement pour les matériaux d'isolation des câbles électriques

Les tests de résistance à la traction et à l'allongement à la rupture des câbles électriques permettent de déterminer les propriétés mécaniques des composants de l'isolation et de la gaine des câbles.

La norme NF EN 60811-501 précise la méthodologie de test des matériaux de l'isolation et de la gaine des câbles réticulés et thermodurcis.

La résistance à la traction d'un matériau est la quantité de force nécessaire pour tirer ce matériau jusqu'à son point de rupture. L'allongement mesure la longueur à laquelle le matériau peut être étiré avant de se casser.

Pour effectuer une comparaison correcte entre les propriétés de différents matériaux, les méthodes de préparation d'échantillons de câble standard doivent être respectées. Les échantillons de câbles pour les tests de traction et d'allongement sont préparés en retirant les conducteurs et tout rubans avec la taille et la forme du câble, déterminant si l'éprouvette est un échantillon en forme de tube ou en forme d'haltère lisse. L'échantillon doit ensuite être conditionné à une température de $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durant trois heures. [8]

L'échantillon de câble à tester est marqué au centre, avec deux traits de marquage espacés de 20 mm pour les câbles les plus gros et de 10 mm pour les câbles plus petits. Les sections de câbles sont calculées de manière à ce que la force requise pour tirer l'échantillon jusqu'au point de rupture puisse être exprimée en termes de force x section de câble (N / mm^2). La distance entre les marques sur le câble sert à déterminer le degré d'étirement ou d'allongement jusqu'au point de rupture exprimé en pourcentage (%).

Le test de traction et d'allongement jusqu'à la rupture est effectué sur les matériaux neufs, mais il est à nouveau exigé après le test de vieillissement accéléré. Le fait d'effectuer le test de traction et d'élongation après l'essai de vieillissement accéléré permet de donner une bonne appréciation de la manière dont le vieillissement affecte les propriétés mécaniques des matériaux du câble. [8]

Les matériaux utilisés pour l'isolation et la gaine des câbles électriques sont soumis à des exigences précises quant à leur élongation, leur résistance à la traction et toute variation après vieillissement, toutes détaillées dans les normes de matériaux afférentes.



Figure 3.2: La machine de traction et d'allongement pour les matériaux d'isolation.

3.6 Essai de non propagation de la flamme

L'essai de propagation verticale de la flamme sur les câbles électriques selon NF EN 60331-1-2 est un test conçu pour évaluer les propriétés ignifuges sur une seule longueur de câble. Ce test de flamme verticale pour la propagation du feu est l'un des nombreux essais effectués au sein de notre laboratoire de tests spécialisé, le Câble Lab. [8]

La méthodologie du test de propagation verticale de la flamme veut qu'un échantillon de câble électrique d'environ 600 mm soit placé verticalement entre deux pinces. Une flamme de brûleur est ensuite appliquée pendant la durée spécifiée dans le tableau ci-dessous, mettant

feu au câble. Après la durée indiquée, la flamme est supprimée et le câble doit s'éteindre automatiquement. Pour réussir ce test de performance au feu, la brûlure du câble ne doit pas atteindre 50 mm de l'une des pinces. [8]

Tableau 3.2: Temps d'application de la flamme. [8]

Diamètre global de l'échantillon (mm)	Temps d'application de la flamme
$D \leq 25$	60 ± 2
$25 < D \leq 50$	120 ± 2
$50 < D \leq 75$	240 ± 2
$D > 75$	480 ± 2

Ce test de performance au feu est effectué sur un câble fini ou sur les conducteurs isolés, ce qui signifie que toutes les couches de la construction du câble sont soumises à la flamme du brûleur.[8]

3.7 Résistance Linéique à 20°C

Le test de résistance des conducteurs de câbles électriques est un test effectué sur toute la longueur du câble ou sur un échantillon d'au moins 1 mètre de long, mesuré conformément à la norme NF EN 60228. Cet essai permet de déterminer la résistance des conducteurs en cuivre lisse, en aluminium et alliage d'aluminium, [8]

La conductivité d'un câble est directement liée à la température. Pour enregistrer une mesure précise, l'échantillon soumis au test de résistance du conducteur doit donc être maintenu dans la zone d'essai suffisamment longtemps pour garantir son conditionnement à bonne température. La température du conducteur telle qu'imposée par la norme NF EN 60228 est de 20°C. [8]

La précision de ce test de câble est généralement de l'ordre de 0,2 à 0,5%. Une formule est utilisée pour corriger ces mesures à 20°C, et les résultats sont ensuite comparés à la norme pour chaque type et taille de conducteur.

L'essai de résistance des conducteurs est un test primordial pour déterminer la qualité des câbles électriques. En effet, les conducteurs avec une résistance trop élevée constituent une menace pour la sécurité, car lorsque le courant passe à travers un conducteur, la résistance inhérente provoque un effet de chauffage. Si celle-ci est trop élevée, la chaleur du conducteur peut provoquer une défaillance prématurée de l'isolation, entraînant à son tour un incendie ou un court-circuit.



Figure 3.3: La machine de calcul la Résistance Linéique à 20°C.



Figure 3.4: La méthode de calcul la Résistance Linéique à 20°C.[8]

3.8 Essai de décharge partielle (Pc)

Une décharge partielle est «une décharge électrique localisée qui court-circuite partiellement l'intervalle isolant séparant des conducteurs et qui peut être adjacente ou non à un conducteur ». Les décharges partielles résultent généralement de concentrations de contraintes électriques localisées au sein de l'isolation ou à sa surface. Les DP se produisent dans les milieux isolants gazeux, liquides et solides utilisés dans les appareillages soumis à des champs électriques importants. Elles peuvent être initiées par des vacuoles, des fissures ou des inclusions à l'intérieur d'un diélectrique solide, au niveau des interfaces dans les diélectriques solides et liquides, dans des bulles à l'intérieur des diélectriques liquides, ou encore le long de la limite de différents matériaux d'isolation.

Les décharges partielles peuvent provoquer des dommages progressifs et irréversibles sur les systèmes d'isolation liquide et solide. Au fil du temps, l'activité de DP devient de plus en plus intense et dangereuse. Le processus de détérioration peut se propager et se développer jusqu'à ce que l'isolation ne puisse plus supporter la contrainte électrique, ce qui conduit à un amorçage.



Figure 3.5: La méthode d'essai de décharge partielle (Pc)



Figure 3.6: La cage de Faraday pour l'essai de décharge partielle (Pc)

3.9 Conclusion

Les tests de routine sont des tests requis effectués sur chaque lot de câbles pour confirmer leur conformité. Ils font partie intégrante des procédures d'assurance qualité d'Eland Cables dont les câbles électriques sont testés par les techniciens experts du ENICAB.

Les tests de routine peuvent différer d'un type de câble à l'autre et seront clairement spécifiés dans la norme de câble appropriée. Ces tests sont souvent non destructifs, dont certains peuvent être effectués à la suite pendant le processus de fabrication.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les types les plus courants de fils électriques simples sont protégés par un revêtement en plastique. Selon votre installation, assurez-vous de vérifier la notation pour l'application intérieure ou extérieure ainsi que pour la tolérance de température.

Le métal généralement utilisé pour les fils électriques est le cuivre, en raison de son efficacité en tant que conducteur.

Le câble électrique le plus commun est gainé de métal ou de plastique, et contient un fil neutre, un fil pour la phase et un fil de mise à la terre. Les fils neutre et phase sont isolés par un matériau thermoplastique ; le fil de mise à la terre peut ou non être isolé. Les fils sont codés par couleur pour se prémunir contre les erreurs de connexion. Les fils neutres sont bleus, les fils de mise à la terre sont jaunes et verts, les fils de la phase sont rouges.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] <https://blog.materielectrique.com/cables-electriques/>
- [2] <https://www.cablel.com/565/fr/cables-basse-tension/>
- [3] <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/fr/types-de-cables-electriques-et-leurs-caracteristiques/>
- [4] Technique d'ingénieur D4446 « isolation des câbles ».2009.
- [5] <https://www.elandcables.com/fr/electrical-cable-and-accessories/cables-by-standard/30kv-cable>
- [6] Laverroxx, M. Mise en forme des aciers inoxydables par tréfilage. La revue de métallurgie cite, (1993)
- [7] Simonnet, G. tréfilage de l'acier M645. Instruite des matériaux métalliques, techniques de l'ingénieur, 1996
- [8] <https://www.elandcables.com/fr/the-cable-lab/independent-cable-testing-and-inspection-services/cable-hot-set-testing>