



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Etude de passage en cellules
étanches HTA dans les zones de
SEFROU et IMOUZZER**

Réalisé Par :

**Zineb Zerfatte
Zouhir El Aakli**

Encadré par :

Pr El Basset Abdelhalim (FST FES)

Mr. Amini Moulay Ali (ONEE-BE)

Soutenu le 04-07-2022 devant le jury

Pr El Basset Abdelhalim (FST FES)

Pr Echatoui Nor Said (FST FES)

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

À nos chers parents,

Nous vous remercions pour tout le soutien et l'amour inconditionnel que vous nous donnez depuis notre enfance et on espère que votre bénédiction nous accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que nous ne vous en acquitterai jamais assez.

À nos sœurs et nos Frères,

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que nous portons pour vous. Nous vous dédions notre travail avec tous nos vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A nos familles et proches,

Pour l'amour et l'encouragement , que vous trouverez dans ce travail l'expression de nos profonds respect.

À nos amis,

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Nous vous souhaitons un avenir plein de succès.

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la patience, la santé et la volonté d'accomplir et de terminer ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant pédagogique **Pr El Basset Abdelhalim** de nous avoir encadré et de nous orienter pour l'élaboration de ce modeste travail.

Nous remercions aussi notre encadrant professionnel **Mr Amini Moulay Ali**, pour sa patience, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance. Nous adressons également nos remerciements à tous le personnel de la direction régionale de FES pour l'accueil qu'il nous a réservé, le temps que chacun de ses membres nous a accordé, et plus globalement, pour toutes les informations que chacun nous a apporté et qui ont nourri ce travail.

Nous voulons ainsi remercier le membre du jury Monsieur **Echatoui Nor Said** pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Sans oublier d'exprimer nos reconnaissances à tous les professeurs du département génie électrique pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont prodigué au cours de ces trois années passées à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Table de matière :

LISTE D'ABREVIATIONS	6
INTRODUCTION GENERALE.....	7
CHAPITRE 1 : CONTEXTE DU PROJET ET GENERALITES SUR LES POSTES DE TRANSFORMATION	8
PARTIE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET CADRAGE DU PROJET.....	9
INTRODUCTION :	9
I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	9
1. GENERALITE SUR L'ONEE :	9
2. ACTIVITES DE L'ONEE-BE	10
2.1. LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE :	10
2.2. LE TRANSPORT DE L'ELECTRICITE :	10
2.3. LA DISTRIBUTION DE L'ELECTRICITE :	11
3. PRESENTATION DE LA DIRECTION REGIONALE DE DISTRIBUTION FES :	11
II. CADRE DE PROJET :	12
1. PROBLEMATIQUE :	12
2. OBJECTIF:	12
PARTIE 2: GENERALITES SUR LES POSTES DE TRANSFORMATION ET CELLULES HTA	13
I. LES RESEAUX DE DISTRIBUTION HTA.....	13
II. LES POSTES ELECTRIQUES :	13
III. TYPES DE POSTES ELECTRIQUES :	13
1. POSTES SOURCES :	13
2. POSTES DE DISTRIBUTION MT/BT :	13
2.1. LES ELEMENTS D'UN POSTE MT/BT :	14
2.1.1. JEU DE BARRES :	14
2.1.2. SECTIONNEUR	14
2.1.3. DISJONCTEUR.....	14
2.1.4. FUSIBLE	14
2.1.5. SECTIONNEUR MISE A LA TERRE.....	14
2.1.6. TRANSFORMATEUR DE COURANT :	14
2.1.7. TRANSFORMATEUR DE TENSION :	15
2.1.8. TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE :	15
2.1.9. TGBT :	16
2.1.10. CELLULES :	16
2.2. TYPES DE POSTES MT/BT :	17
2.2.1. POSTE SUR RESEAUX AERIENS :	17
2.2.2. POSTE SUR RESEAUX SOUTERRAINS :	17
2.2.2.1 POSTES TYPE OUVERT :	17
A. INTRODUCTION :	17
B. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES POSTE TYPE OUVERT:.....	18
2.2.2.2 POSTES EN CELLULES PREFABRIQUEES :	18
A. CELLULE MODULAIRE :	19
B. CELLULE ETANCHE :.....	19
CONCLUSION:	19
CHAPITRE 2 : ETUDE DE L'HUMIDITE DANS LES ZONES DE SEFROU ET IMOZZER ET SOLUTIONS PROPOSEES.....	20
I. L'HUMIDITE.....	21

1.INTRODUCTION	21
2.ÉTUDE DE L'HUMIDITE DANS LES DEUX ZONES	21
3.INFLUENCE DE L'HUMIDITE SUR LES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES :	24
3.1. PROBLEMES :	24
3.2. CONSEQUENCES :	25
II. AMELIORATIONS APORTEES	25
CONCLUSION	28
CONCLUSION GENERALE	29
BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE	30

Liste d'abréviations

ONEE: l'office national de l'électricité et de l'eau potable

HTA: ou MT est la moyenne tension comprise entre $1kV < U \leq 50kV$

HTB: très haute tension $U > 50kV$

BT: Basse tension comprise entre $50V < U \leq 1kV$

HT: Haute tension

TC: Transformateur de courant

TT: Transformateur de tension

TGBT: Tableau Général Basse Tension

MW: Mega watts

kWh: kiloWatt – heure

kVa: kilovoltampère

SF6: L'hexafluorure de soufre

CEI: Commission électrotechnique international

Introduction générale

L'électricité a évolué pour qu'elle assure le confort de la vie. Elle est devenue importante que ça soit dans les utilisations domestiques et urbaines ou dans les utilisations industrielles. C'est une source capitale pour le développement économique et humain des pays.

L'ONEE est comme étant responsable national du secteur de l'électricité, il investit pleinement dans les grands projets structurants pour le Maroc que ça soit dans la production, transport ou distribution afin de garantir une vie confortable et sécurisée aux citoyens.

Le réseau de distribution est le lien entre le distributeur et le consommateur ce qui nécessite l'action des entreprises de distribution pour l'améliorer puisque la moindre panne dans ces réseaux peut mener à des conséquences indésirables.

Des conditions climatiques ou environnementales peut être source de problèmes dans ces réseaux de distribution, c'est pour cela que la direction régionale de distribution de Fès a procédé à un projet pour résoudre les problèmes des postes de distribution qui sont dans des zones humides ou pollués.

C'est dans ce cadre inclut notre projet de fin d'étude, on est mené à faire une étude des postes HTA/BT et analyser tous les problèmes endommageant ces postes pour arriver à une solution optimale et pratique.

Notre rapport est structuré comme suit :

Le premier chapitre est divisé en deux parties :

Dans la première partie on va présenter le lieu de stage, faire une introduction sur l'ONEE et son domaine d'activité.

Dans le deuxième partie on va entamer la partie théorique dont on va présenter les différents types de postes et leurs domaines d'utilisation.

Au cours du dernier chapitre : dans la première partie on va faire une étude de l'humidité dans les deux zones concernées puis la relation de l'humidité avec les postes et les équipements électriques en général.

Dans la deuxième partie on va présenter les solutions et les améliorations apportées au poste pour éviter tout problème pouvant l'attaquer et/ou perturber son fonctionnement normal.

Et on termine avec une conclusion générale.

Chapitre 1 : Contexte du projet et généralités sur les postes de transformation

Partie 1 : Présentation de l'entreprise et cadrage du projet

Introduction :

Dans ce chapitre on va essayer de donner un aperçu général sur le cadre du projet ,puis les réseaux électriques de distribution et citer les différents types de postes électriques et la différence entre eux.

I. Présentation de l'entreprise

1. Généralité sur l'ONEE :

L'ONEE : L'Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable est créé par Dahir en août 1963 [1]. Il a été substitué à la Société Electrique du Maroc pour prendre en main le secteur électrique : production, transport et distribution. C'est un établissement public ayant un caractère industriel et commercial et possédant une autonomie financière

L'Office National de l'Electricité couvre 98% [1] du territoire national puisqu'il assure la distribution de l'énergie électrique dans toutes les communes urbaines et rurales du Royaume à l'exception des agglomérations urbaines gérées par les Régies de Distribution Municipales ou par des distributeurs concessionnaires privés.

Pour offrir à sa clientèle un service de qualité tant au niveau de l'alimentation électrique qu'au niveau du service commercial, l'Office National de l'Électricité investit annuellement dans des projets d'amélioration du réseau électrique de distribution.

Au cœur d'un service public stratégique, l'ONEE joue un rôle important dans l'amélioration du niveau de vie des citoyens marocains et la compétitivité économique du pays.

Avec **9 619 collaborateurs** et **6 543 823 clients** (fin 2020) [1], l'ONEE exerce des activités centrées sur les métiers de l'électricité : Production, Transport et Distribution de l'énergie électrique.

➤ *Missions de l'ONEE – Branche Electricité*

- Assurer le service public de la production et du transport de l'énergie électrique ainsi que celui de la distribution de l'énergie électrique dans les zones où l'Office intervient ;
- gérer la demande globale d'énergie électrique du Royaume
- Satisfaire la demande en électricité du pays en énergie électrique dans les meilleures conditions de coût et de qualité de service
- Gérer et développer le réseau de transport
- Généraliser l'extension de l'électrification rurale
- Contribuer à la promotion et le développement des énergies renouvelables.
- Œuvrer à la protection de l'environnement

2. Activités de l'ONEE-BE

l'ONEE exerce des activités centrées sur les métiers de l'électricité : Production, Transport et Distribution.

2.1. La production de l'électricité :

L'ONEE, est en tant que producteur a la responsabilité d'assurer la fourniture de l'énergie électrique de qualité et dans les meilleures conditions à tout instant et sur tout le territoire national.

L'office national de l'électricité garantit cette fourniture à partir de plusieurs sources d'énergie dans des proportions différentes :

- centrales thermique avec une puissance de **6674 MW** (voir figure 1)
- centrales hydrauliques avec une puissance de **1170 MW** (voir figure 2)
- sources éoliennes et solaire avec une puissance de **2181 MW** (voir figure 3)



Figure 1 :centrale thermique



Figure 2 :centrale hydraulique



Figure 3 :parc éolien

2.2. Le transport de l'électricité :

Opérateur du Système Electrique National, l'ONEE exploite, entretient et développe le réseau électrique Haute et Très Haute Tension afin d'assurer, dans les meilleures conditions de sécurité et d'économie, le transport de l'énergie électrique des centrales de production vers les centres de consommation.

D'une longueur totale de **27 516 km en 2020**, le réseau de transport national est interconnecté aux réseaux électriques espagnol et algérien, dans l'objectif de :

- Renforcer la fiabilité et la sécurité d'alimentation,
- Bénéficier de l'économie potentielle sur le prix de revient du kWh,
- Intégrer le marché électrique national dans un vaste marché euromaghrébin.

2.3. La distribution de l'électricité :

Les réseaux de distribution d'électricité au Maroc couvrent aussi bien les zones urbaines que rurales. En tant que 1er distributeur d'électricité au Maroc avec une part de marché de plus de 52% et une présence sur tout le territoire avec 10 Directions Régionales de Distribution, l'ONEE assure un rôle capital dans le développement socio-économique national. Des plans d'action sont régulièrement lancés en vue d'améliorer la qualité de service et fiabiliser et renforcer la sécurité d'alimentation des territoires. La satisfaction de la clientèle et le service public font partie des axes prioritaires de l'ONEE qui œuvre en permanence pour l'amélioration de la qualité de service tant sur le plan technique que commercial.

L'autre partie de distribution de l'électricité est assurée par :

- Soit par des Régies de distribution qui sont au nombre de 7 Régies, placées sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.
- Soit en gestion déléguée dans les villes de Casablanca, Rabat, Tanger et Tétouan qui est assurée par des opérateurs privés (Lydec, Redal, Amendis)

3. Présentation de la direction régionale de Distribution FES :

La mission technique HT/MT de la direction régionale de distribution de Fès consiste à assurer la planification, la réalisation, la conduite et la maintenance des ouvrages du réseau de distribution MT situés sur le territoire de la direction dans les meilleures conditions de sécurité, de qualité et au moindre coût. (voir figure 4)

Dans ce qui suit nous donnons l'organigramme de la Direction Régionale de Fès :

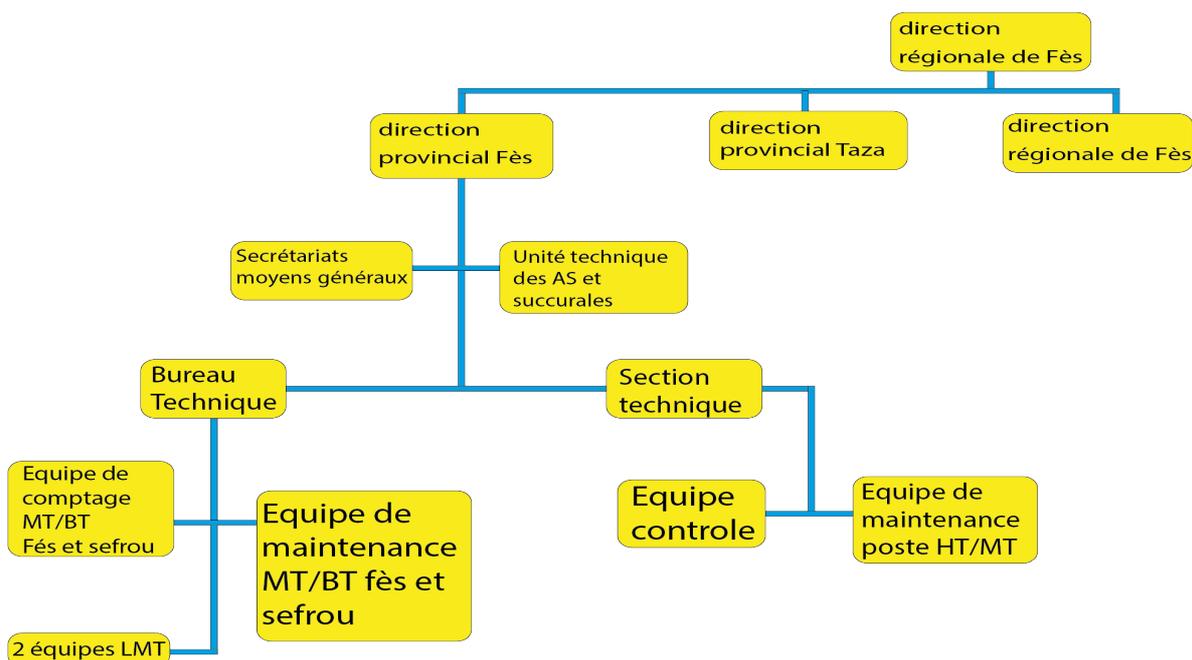


Figure 4 : Organigramme de la direction régionale de Fès

II. Cadre de projet :

1. Problématique :

Pour arriver au consommateur, l'énergie électrique doit subir une série de transformation avant d'être transportée et distribuée dans nos maisons.

Dans la phase de distribution et pour alimenter les gens et les villes de l'électricité on utilise des postes de transformation qui sont disposés d'un transformateur alimenté par un réseau bouclés avec 22000volts (HTA ou MT) en primaire et 400/230 volts au secondaire.

On ne peut pas toujours garantir de bonne qualité à la disposition des abonnés à cause des problèmes qui peuvent confrontés les postes de transformation, tel que les incendies, l'explosion du transformateur, l'échauffement des câbles... qui sont liées à des causes d'humidité, de pollution ou problème d'isolation etc.

2. Objectif:

Notre objectif de stage au sein de la direction de distribution est de :

- Faire une étude globale des postes HTA/BT
- Faire l'étude justificatif de la présence de l'humidité dans les zones de SEFROU et IMOUZZER.
- Proposer une solution optimale et pratique pour éviter ou réduire grandement la dégradation des équipements MT dans les sites exposés de l'humidité et de la pollution.

Partie 2: Généralités sur les postes de transformation et cellules HTA

I. Les réseaux de distribution HTA

un réseau de distribution HTA est alimenté par des postes sources qui comportent un ou plusieurs transformateurs HTB/HTA. Il est composé de deux lignes :

- Les lignes moyenne tension (HTA) : Permettent le transport de l'électricité vers les industries, commerces, etc. Ils permettent également d'alimenter les postes de transformation.
- Les lignes basse tension (BT) : Elle assure la distribution de l'électricité aux clients basse tension telle que les maisons, les petits industries... qui ne nécessitent pas une haute tension. Ce sont des réseaux de 400/230volts.

II. Les postes électriques :

Un poste électrique est un élément qui fait partie du réseau électrique. Située aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution, permettant d'adapter la tension en fonction des lignes et des réseaux, mais aussi à aiguiller l'électricité et à la surveiller à distance sur les différentes lignes qu'elle emprunte. Il regroupe un ensemble d'équipements permet d'assurer la protection et faciliter l'exploitation.

Les postes électriques ont trois fonctions principales :

- Le raccordement d'un tiers au réseau d'électricité (aussi bien consommateur que producteur) ;
- l'interconnexion entre les lignes de même niveau de tension qui permet de répartir l'énergie sur les différentes lignes issues des postes.
- permettent d'adapter la tension du réseau du transport à partir d'un poste élévateur de tension en sortie de centrale électrique ou à la distribution à partir des postes sources, et de passer d'un niveau de tension à un autre.

III. Types de postes électriques :

1. Postes sources :

Les postes sources : ou poste HTB/HTA sont des ouvrages du réseau électrique, dédiés à fournir les besoins en électricité d'une zone géographique. On les trouve souvent dans les milieux ruraux. Ce sont des points de transmission de l'électricité entre les lignes haute tension et moyenne tension. Ils sont disposés d'un transformateur permettant d'abaisser la tension électrique arrivée des lignes de transport en vue d'alimenter les clients utilisateurs, et assurent l'alimentation en énergie des clients sur un secteur précis.

2. Postes de distribution MT/BT :

Le poste MT/BT est l'un des composants essentiels du réseau de distribution. Il regroupe un ensemble d'équipements électrique assigné à assurer la protection des gens et faciliter l'exploitation de l'énergie électrique. C'est l'interface entre les réseaux de distribution MT et BT. Ils sont situés dans des emplacements publics ainsi que des quartiers. Il permet de :

- Interconnecter entre les lignes de même niveau de tension, qui permet une distribution de l'énergie dans les différentes lignes de poste.
- Faire la transformation de la MT a la BT pour qu'il soit accessible à la consommation.

2.1.les éléments d'un poste MT/BT :

Les postes MT/BT sont équipés de :

2.1.1.Jeu de barres :

Un jeu de barres est une barre métallique de cuivre ou d'aluminium dans un tableau de distribution utilisé pour conduire de l'électricité dans un poste électrique.

2.1.2.Sectionneur

Le sectionneur est un appareil mécanique destiné à ouvrir et à fermer un circuit à vide. Permet de séparer un circuit électrique de son alimentation. Le sectionneur est l'appareil de base qui assure le sectionnement et remplit la fonction sécurité du personnel.

2.1.3.Disjoncteur

Un disjoncteur est un appareillage modulaire qui assure la protection électrique d'un circuit. Il permet de couper l'électricité en cas de courts-circuits ou surcharges, il fonctionne de la même manière qu'un interrupteur sauf qu'il se déclenche automatiquement. Chaque disjoncteur a un pouvoir de coupure qui correspond à la valeur maximale d'intensité qu'il va supporter on cas de court-circuit.

2.1.4.Fusible

Les fusibles sont des organes de protection qui coupent le circuit par la fusion d'un ou de plusieurs conducteurs. Ce sont des dispositifs de sécurité qui protègent contre les courts-circuits et les surcharges.

2.1.5.Sectionneur mise à la terre

Il s'agit d'un organe de sécurité, dont le but est de fixer le potentiel d'une installation préalablement mise hors tension, pour permettre l'intervention humaine en toute sécurité sur une installation.

2.1.6.Transformateur de courant :

Un transformateur de courant est un appareil utilisé pour la mesure du courant électrique dans le but d'assurer le comptage et la surveillance d'une installation électrique.

Il existe deux types :

- Transformateur de Courant Mesure (TCM) :ou transformateur de comptage. Il délivre au secondaire un courant inférieur proportionnel au courant primaire adapté au calibre de l'appareil associé. Il est lié à un ampèremètre ou une centrale de mesure pour permettre de lire la valeur du courant consommé.
- Transformateur de courant de Protection (TCP) :aussi appelé transformateur TOR ,il est intégré dans les câbles et cible les sources des défauts d'isolement d'une installation électrique. Il permet de mesurer le courant de localisation dans un circuit électrique et signaler les fuites de courant qui identifient les départs défectueux.

2.1.7. Transformateur de tension :

Un transformateur de tension est un transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci. Les transformateurs de tension étant spécialement utilisés pour l'alimentation des équipements de mesure. Il s'agit donc d'un appareil qui permet de mesurer de fortes tensions électriques pour faire l'adaptation entre la tension élevée d'un réseau électrique HTA et l'appareil de mesure.

2.1.8. Transformateur de puissance :

Un transformateur de puissance est un appareil électrique. On le représente comme étant un circuit magnétique en acier parcouru par un enroulement d'une bobine de nombre de spires N_1 connecté au générateur de tension (circuit primaire) et un deuxième enroulement d'une bobine de nombre de spires N_2 connecté au récepteur qui va consommer l'énergie électrique fournie (circuit secondaire). Le courant du circuit primaire induit un flux magnétique qui va produire un courant et une tension dans le circuit secondaire. (voir figure 5)

$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2}$$

La variation de nombre de spires des enroulements primaire ; provoque une variation de la tension électrique entre les deux circuits.

Dans les transformateurs abaisseurs comme le cas dans les postes HTA/BT le circuit secondaire comporte moins de spires que le circuit primaire :

$$N_2 < N_1 \rightarrow U_2 < U_1$$

Dans les transformateurs de puissance la puissance reste constante : le changement de tension U provoque un changement inversement proportionnel de courant I .

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \rightarrow P_2 = P_1$$



Figure 5: Transformateur de puissance

2.1.9.TGBT :

Le tableau général basse tension (voir figure 6) est le lien entre l'arrivée du courant et sa distribution vers les consommateurs. Il permet de répartir l'énergie électrique sur les différents départs BT (particuliers ou industriels) issus du poste de transformation et supportant les fusibles de protection.



Figure 6 : Tableau Général Basse Tension

2.1.10.Cellules :

Ce sont des équipements électriques compartimentés (voir figure 7), avec isolation dans l'air ou dans le gaz. Une cellule comprend les différents organes nécessaires pour le fonctionnement du poste tels que : disjoncteur, jeu de barres, sectionneur de terre, transformateur de courant, de tension (ou de potentiel) Pour assurer la protection surtout du poste transformateur MT/BT .



Figure 7 : cellule modulaire HTA

2.2.Types de postes MT/BT :

On distingue deux types de postes MT/BT :

2.2.1.Poste sur réseaux aériens :

Poste sur réseaux aériens est un poste sur poteau (voir figure 8) alimenté en antenne sur une ligne HTA aérienne. Le transformateur et l'appareillage de protection sont fixés sur poteau. L'arrivée est toujours aérien et le départ s'effectue soit en aérien ou en souterrain. On utilise ce type de poste lorsque la puissance n'excède pas 100Kva.

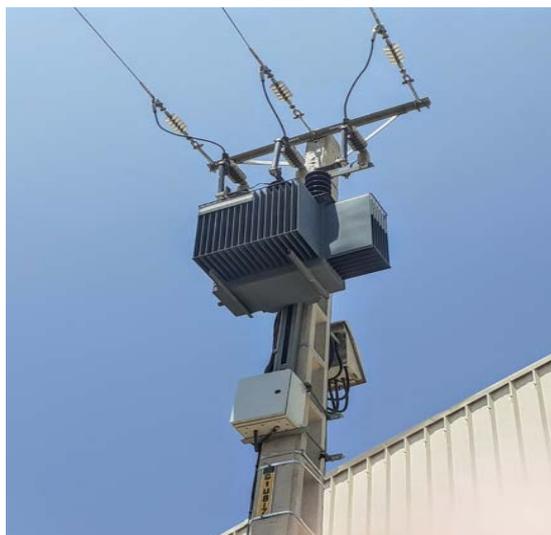


Figure 8 : Poste en haut du poteau

2.2.2.Poste sur réseaux souterrains :

Un réseau souterrain est un réseau où les câbles sont enterrés dans le sol, protégés des événements météorologiques et tout problème pouvant endommager les câbles. On trouve deux types de postes sur réseaux souterrains.

2.2.2.1 postes type ouvert :

A. Introduction :

C'est la technologie la plus ancienne des postes MT/BT. Il s'agit d'un poste intérieur maçonné. Il est dit ouvert puisque le poste est équipé d'un appareillage MT sans enveloppe. L'arrivée moyenne tension est en conducteurs nus. Tout le raccordement des câbles est assuré par les soins de l'entreprise de distribution. Les jeux de barres sont en haut et les phases sont éloignées d'une distance de telle sorte qu'il n'y ai pas un contact entre eux.

Le poste est composé de trois cellules :

- Une cellule arrivée de la MT qui est soit aérienne soit souterraine.
- Une cellule départ qui sort du poste vers un autre poste
- Une cellule protection qui contient le transformateur et l'appareillage de protection.

Les trois cellules sont séparées et grillagées (voir figure 9). Chaque cellule est disposé d'un interrupteur lié à des câbles en bas du jeu de barres pour couper l'alimentation des cellules. Les compartiments des cellules ne sont accessibles que lorsque l'interrupteur correspondant est ouvert.



Cellule arrivée

Cellule départ

Cellule protection de transformateur

Figure 9 :poste de transformation HTA/BT ouvert

B. Avantages et inconvénients des poste type ouvert:

- **Avantages :**

- ✓ L'isolement : Etant donné que les phases sont éloignées entre eux et même si l'existence des influences externes, on évite tous problème de contact entre phases telles que les courts-circuits qui peuvent causer des incendies, explosion...
- ✓ sécurité : Ils sont munis de grillages garantissant la sécurité des personnes.

- **Inconvénients :**

- ✓ Ils présentent un problème des terrains: Ils ont besoin de beaucoup d'espace puisque les distances entre les câbles doivent respecter les normes de protection.
- ✓ la mise en place prend beaucoup de temps vu que tous le raccordement des câbles doit se faire manuellement par les soins de l'entreprise de distribution.

Ce type de postes est de plus en plus remplacés par des postes en cellules préfabriquées.

2.2.2.2 Postes en cellules préfabriquées :

Ce sont des postes fabriqués, câblés et testés chez les constructeurs. Ils sont disposés de cellules préfabriquées sous enveloppe métallique dont chacune remplit une fonction. Ils sont généralement constitués des cellules :arrivée, départ et protection de transformateur. Ils présentent les avantages suivants:

- La mise en place rapide puisque le montage ne consiste que le raccordement des câbles d'arrivé et de départ.
- Ils offrent une meilleure sécurité comme ils sont disposés des indicateur et des voyants pour la protection ce qui facilité la maintenance et donne la possibilité de contrôler le poste à distance.
- Au contraire des postes ouverts, les postes en cellules préfabriqués prennent moins d'espace. On les utilise là où les contraintes d'espace sont importantes et ne nécessitent pratiquement aucun entretien.

On distingue deux types de cellules préfabriquées :

A. Cellule modulaire :

Les cellules modulaires sont des appareils d'interruption moyenne tension désignées a l'utilisation dans les postes de transformation HTA/BT intérieur. Ce sont des armoires métalliques modulaires. Elles constituent des unités transportables séparément qui peuvent être reliées entre elles par des jeux de barres. Les cellules comportent tout équipement nécessaire pour le fonctionnement du poste.

Chaque cellule est composée de trois compartiments et deux coffrets distincts séparés par des cloisons métalliques :

- Compartiment jeu de barres : Il se situe en haut de la cellules, il contient le jeu de barres qui relie les cellules entre eux.
- Ampoule interrupteur : en bas du jeu de barres. Il contient un interrupteur a trois positions isolé dans le SF6.
- Compartiment câbles : c'est dans la partie inférieure de la cellule. Il sert au raccordement des câbles d'alimentation.

B. Cellule étanche :

Les cellules étanches HTA sont des appareils moyenne tension. Dans ce type la cellule est un ensemble compact monobloc regroupant toutes les fonctions d'interconnexion et de protection des réseaux HTA.

La cellule étanche est scellée a vie et a une isolation totale dans le gaz SF6 de telle sorte que l'ensemble demeure insensible aux conditions climatiques ou a toutes influences externes.

❖ Remarque :

L'hexafluorure de soufre SF6 :

C'est un gaz artificiel, incolore ,inodore et très stable chimiquement c'est pourquoi qu'il ne réagit pas avec d'autres substances qui pourraient se trouver dans l'atmosphère.

Il est utilisé dans de nombreuses applications électriques puisqu'il possède une bonne tenue diélectrique, il a une isolation 2,5 fois supérieure à celle de l'air.

Conclusion:

Dans ce chapitre on a présenté en premier lieu la définition d'un réseau électrique de distribution et ses différents constitutions depuis le poste source qui abaisse la haute tension en moyenne tension jusqu'à l'arrivée au postes de transformation HTA/BT qui peuvent se trouver sous divers formes.

**Chapitre 2 : Etude de
l'humidité dans les zones de
SEFROU et IMOUZZER et
solutions proposées**

I. L'humidité

1.Introduction

- L'eau est présentée sous ses trois formes dans l'atmosphère : gazeuse, liquide et solide, il va également pouvoir passer d'un état à l'autre.
- L'humidité : est la quantité de vapeur d'eau (eau sous forme gazeuse) contenue dans l'air. Elle dépend de la température et de la pression. En effet plus une masse d'air va être chaude avec une température élevée plus elle pourra contenir plus de molécules d'eau sous forme de vapeur. A l'inverse plus une masse d'air à une température froide moins elle pourra contenir de vapeur d'eau. Là on peut faire le lien avec ce qui s'appelle l'humidité relative [8] qui est le rapport entre la masse de vapeur d'eau présente dans l'air et la masse maximale que l'air peut contenir, elle est exprimée en pourcentage.
- Un air sec est un air qui a une humidité relative entre 10% et 20%.
- Une masse d'air humide est une masse d'air qui va se rapprocher à un taux d'humidité relative de 100%.
- Lorsqu'une masse d'air atteint 100% d'humidité, on parle du phénomène de saturation[10] puisqu'une masse d'air ne peut pas contenir une quantité infinie de vapeur d'eau. Il existe un seuil de saturation au-delà duquel une partie de vapeur d'eau va se transformer pour laisser les molécules d'eau sous forme vapeur accéder à l'air, d'où la vapeur d'eau retourne à l'état liquide, c'est le phénomène de condensation.

2.Etude de l'humidité dans les deux zones

Dans notre étude nous avons délimité ces deux zones pour avoir un aperçu sur l'humidité et la condensation. Nous nous sommes appuyés en premier lieu sur un archive des statistiques du taux d'humidité relative et de température durant l'année 2019 [6] pour pouvoir déterminer la température du point de rosée et relever la condensation dans les deux zones.

En deuxième lieu, on est appuyés sur les sources d'eau et les précipitations dans les deux zones, en d'autres termes les sources pour lesquelles les deux zones concernées sont humides. Les figures 11 et 12 représentent le taux d'humidité relative dans les zones de Sefrou et Imouzzer durant l'année 2019.

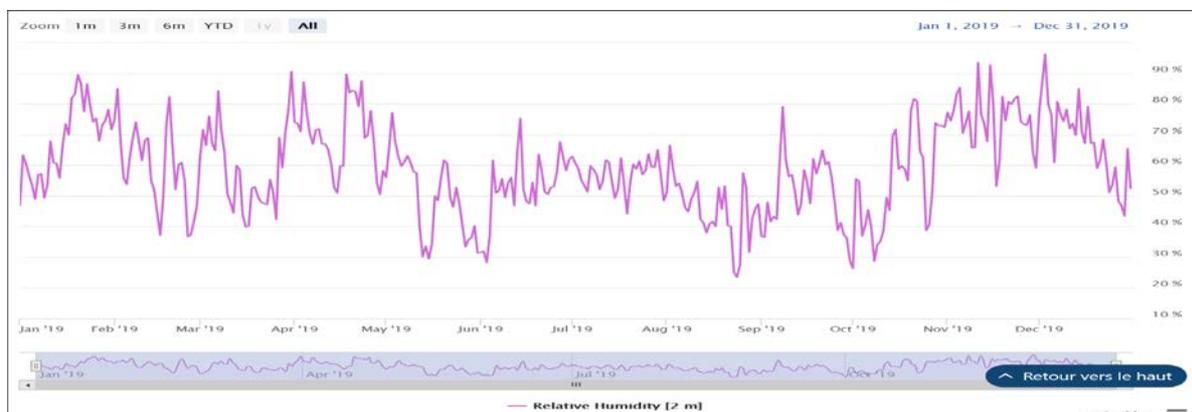


Figure 11 : Le taux d'humidité relative à SEFROU en 2019

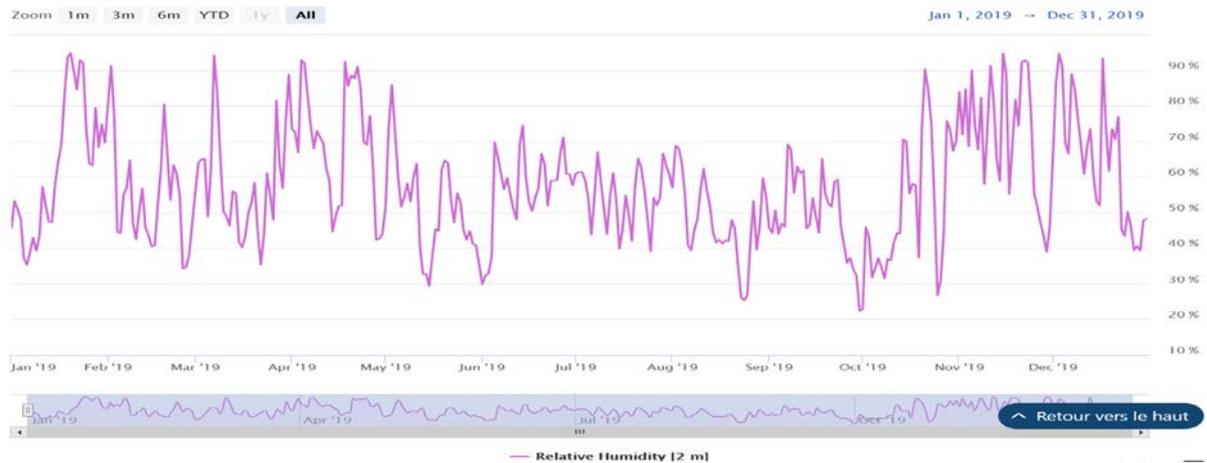


Figure 12 : Le taux d'humidité relative à IMOZZER en 2019

- **Analyse des graphes :**

Les figures 11 et 12 représentent le taux de l'humidité dans les deux zones, ils montrent que le taux d'humidité est élevé dans les mois froids et il diminue en été, c'est ce qui confirme la relation entre le taux de l'humidité relative et la température ambiante de la zone.

- **Détermination de point de rosée dans les deux zones :**

La température du point de rosée est définie comme étant la température en-dessous de laquelle l'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur arrive à la saturation, et se transforme en liquide d'où l'apparition de la rosée sous forme de gouttelettes d'eau. Elle dépend essentiellement de l'humidité relative et de la variation de la température.

Pour déterminer le point de rosée on a choisi les mois de janvier, février et décembre ou on a une température faible pour qu'on puisse avoir une vision claire sur la rosée dans les deux zones. (voir figure 13 et 14)

D'après les statistiques de 2019 sur l'humidité relative et la température [6] et en utilisant la relation donnée [7] pour calculer la température de point de rosée :

$$T_p = \frac{b \left(\frac{aT}{b+T} + \ln(HR) \right)}{a - \left(\frac{aT}{b+T} + \ln(HR) \right)}$$

Avec :

$$a = 17,27 ; b = 237,7$$

T : température et HR : l'humidité relative

A partir d'un tableau Excel, on a obtenu :

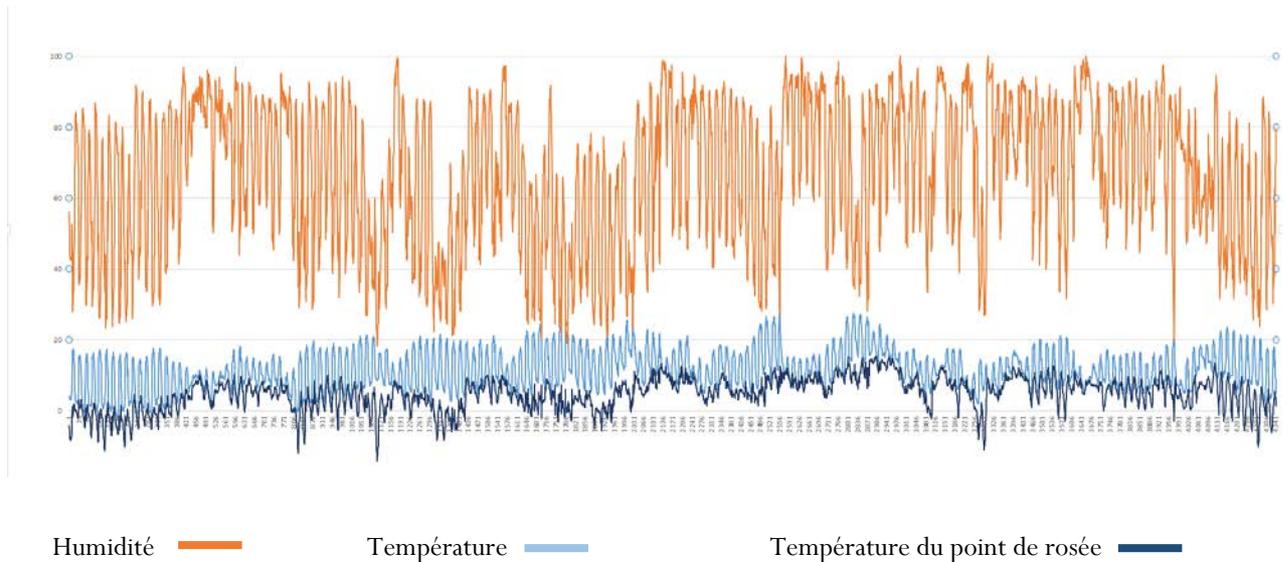


Figure 13 : Le taux d'humidité relative, température et le point de rosée pendant 3 mois à seftou en 2019

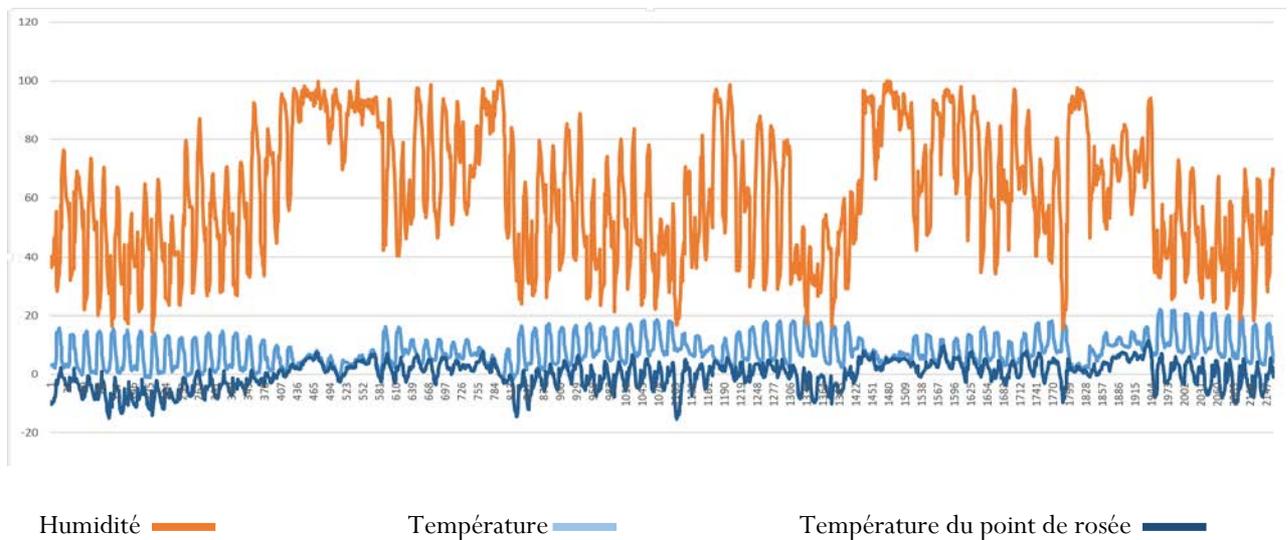


Figure 14 : Le taux d'humidité relative, température et le point de rosée pendant 3 mois à seftou en 2019

- **Analyse :**

Les figures 13 et 14 représentent le taux d'humidité relative, la température et le point de rosée dans les deux zones durant les 3 mois.

Ces figures montrent que le taux d'humidité est généralement élevée dans les deux zones, il augmente dans les heures de nuit et le matin et diminue relativement à midi.

Pour la température, on remarque qu'il y a des périodes où on a l'intersection entre la courbe de température et la température de point de rosée, d'où en humidité relative constante et avec une variation brusque de la température ambiante la valeur de la température diminue et atteint le point de rosée d'où l'eau va commencer à se condenser.

- **Les sources d'eau dans les deux zones :**

L'humidité n'arrive jamais au hasard, elle est due principalement à des conditions climatiques ou environnementales. Prenant le cas des villes littorales par exemple, ce sont des villes humides puisqu'elle dispose d'une forte présence de l'eau due à la présence de la mer. C'est exactement le cas dans la zone de Sefrou qui est même s'elle n'est pas une ville côtière, elle est humide puisqu'elle est située dans le bassin de Sebou, se caractérise par une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 300 et 400 mm [11]. Elle regorge également d'importants cours d'eau, dont Oued Sebou, de barrages, notamment celui d'Allal Fassi, et de nombreuses sources d'eau.

C'est également la même chose pour Imouzzer qui est une ville des régions de sefrou située au moyens atlas et connue par la présence d'une biodiversité dans les sources d'eau tel que les cascades, lacs...

- **Interprétation :**

A la lumière de ces résultats, on a bien montré que les deux zones ont beaucoup de source d'eau, ils sont froid dans les mois d'hiver ce qui mène à avoir une humidité relative élevée. Puisque la présence d'eau permet l'établissement d'un milieu humide qui va favoriser par la suite la condensation, qui présente vraiment des problèmes sur les équipements électriques.

3. Influence de l'humidité sur les équipements électriques :

L'humidité excessive et avec une variation brusque de la température entraine la condensation de l'eau ce qui détériore le niveau d'isolement des équipements électriques.

3.1. Problèmes :

Court-circuit :

Dans une installation électrique il y a toujours en moins deux fils, le courant arrive par l'un pour repartir à l'autre. Le court-circuit est défini comme étant un phénomène électrique produit par un contact direct entre deux fils conducteurs. Il provoque une forte augmentation de l'intensité en un temps très bref, puisque la résistance tend vers 0.

En général il y a trois types de court-circuit :

- Entre phase et terre : appelé aussi court-circuit monophasé c'est lors du contact entre la phase et la terre. C'est le plus fréquent dans les cas de court-circuit.
- Entre deux phases : ou court-circuit biphasée, est le contact entre deux phases, il arrive dans près de 15% des cas de court-circuit.
- Entre trois phases : ou court-circuit-triphasé, c'est le plus rare.

Surcharge:

C'est un phénomène électrique produit lorsqu'une quantité trop importante de courant passe dans un fils électrique. C'est une augmentation anormale du courant qui circule dans un circuit [2].

Surtension:

La surtension électrique intervient lorsque la tension apportée dans le circuit électrique est plus élevée que la tension maximale supportée par le circuit. C'est lorsqu'un appareil

électrique reçoit une tension électrique plus importante que la tension habituellement présente dans le circuit électrique

3.2. Conséquences :

➤ **Echauffement** : Par effet Joule, on désigne le dégagement de chaleur provoqué par le passage d'un courant électrique dans un matériau conducteur lui opposant une résistance. Il peut se produire à partir des courts circuits ou des surcharges.

➤ **Arc électrique** : L'arc électrique est un phénomène désignant la création d'une décharge électrique continue à courant élevé dans l'air qui sépare des conducteurs. Il est dû essentiellement aux courts-circuits. Dans les postes électriques, plus la distance entre deux phases est grande, plus la tension électrique doit être puissante pour créer un arc électrique. Dans un environnement à air sec le champ disruptif est plus grand que dans le cas d'un air humide.

Avec le champ disruptif est la valeur maximale de champ électrique qu'un environnement peut supporter avant de créer un arc électrique.

➤ **Destruction d'équipement**: un courant élevé du a des défauts de court-circuit entraine la combustion complète des composants, ce qui entraine un mauvais fonctionnement de l'équipement ou de l'appareil.

➤ **Explosion**: les courts-circuits et les défauts d'isolement sont les causes les plus fréquents qui peuvent causer l'explosion au niveau du postes de transformation HTA/BT.

II. Améliorations apportées

Après avoir passé des postes HTA/BT ouverts aux postes de transformations préfabriqués, puisqu'ils présentent les avantages suivants : offrir un choix optimale, une mise en œuvre simple et rapide et assurent aussi une protection du personnel et des équipements. On doit d'abord connaître comment se comportent les cellules préfabriqués modulaires avec la présence d'une humidité excessive.

Les cellules modulaires et l'humidité:

Les cellules modulaires sont sous forme d'armoires métalliques modulaires, transportables constituent toutes les fonctions nécessaire pour le fonctionnement du poste.

La conception ou le raccordement des câbles dans les cellules modulaires puisqu'elles prennent moins d'espace, est fait d'une sorte que les câbles sont très proche entre eux, ce qui engendre réduction de la ligne de fuite dans la présence de l'humidité ou de pollution.

La ligne de fuite, désigne la distance séparant deux éléments conducteurs, elle est affectés par la pollution et l'humidité élevée. La condensation au niveau de jeu de barres entraine des problèmes électriques et endommage les équipements ce qui détériore le niveau d'isolement dans les postes.

Pour montrer comment se comporte la cellule dans l'existence d'une humidité élevée, on est mené à revenir sur un rapport donné par l'ONEE en 2019,2020 et 2021 des cellules préfabriqués dans les régions de Sefrou [3], on a relevé:

- La présence d'un bruit anormal (amorçage) dans les cellules, du a des problèmes d'isolement à cause de problème d'humidité et de la corrosion au niveau de jeu de barres.
- Cellule transformateur endommagé (voir figure 16) et deux cellules arrivée et départ amorcées suite à une surtension enregistrée sur le réseau HTA à cause de la chute d'un câble rompu d'une phase de ligne 60Kv sur la ligne 22kV



Figure 16 : Photo de la cellule protection endommagée

- Détérioration des deux cellules (voir figure 16) suite explosion au niveau des bornes de branchement des câbles sous terrain à cause d'un problème d'isolement surtout avec le niveau de l'humidité dans la ville de SEFROU



Figure 16 : Photos des cellules endommagées

Première solution :provisoire

❖ Ajout d'une résistance chauffante :

Pour éviter les problèmes de condensation, on a pensé à éviter les variations brusque de la température par l'ajout d'une résistance chauffante (voir figure 17) au niveau de la cellule.

La résistance chauffante est un dispositif conducteur, constitué essentiellement de métal. Lorsqu'un courant électrique passe par le matériau conducteur, la résistance électrique se déclenche et se chauffe. Le principe de chauffage par résistance repose sur la loi de joule toute substance conductrice de l'électricité traversée par un courant électrique est le siège d'un dégagement de chaleur. La puissance électrique transformée en chaleur s'exprime par la relation : $P=RI^2$ avec R :résistance et I :courant.

L'énergie électrique est transformée en énergie thermique par effet Joule, dans notre cas il s'agit d'un chauffage d'air qui permet d'augmenter la température ambiante, à l'objectif d'arrêter la condensation d'eau et par suite arrêter la création de gouttelettes d'eau.

❖ **Résultat :**

Même si on a ajouté la résistance chauffante, à cause des conditions climatiques sévères et de la présence d'une forte humidité dans les deux zones, la solution n'était pas suffisante pour résoudre le problème de l'humidité présente. On a vécu les mêmes problèmes qu'au sans résistances.



Figure 17 : photo de la résistance chauffante

Deuxième solution: Utilisation des cellules étanches

La solution la plus pratique proposée pour lutter contre l'humidité et toute influence externe et d'avoir une isolation complète de l'extérieur. Pour cela, on a pensé à utiliser les cellules étanches (voir figure 18) qui sont compacts et empêchent toutes interactions avec l'extérieur, à cause de l'existence d'une isolation complète dans la cellule. Son étanchéité est systématiquement vérifiée en usine, le taux de fuite est moins de 0,1 % pour 30 ans de durée de vie. (Elle respecte les normes définies de la CEI) [5]

Donc on a procédé de donner une règle que dans les zones présentant une forte humidité, on va utiliser des cellules étanches.



Figure 18 : Photo d'une cellule étanche

Conclusion

Après avoir analysé tous les aspects concernant l'humidité, depuis son étude dans les deux zones concernées, jusqu'à son influence sur tous ce qui est équipement électrique, on peut conclure le suivant :

- Les zones étudiées sont des zones qui exposent d'une forte présence de l'humidité.
- L'humidité a un grand impact sur les équipements électriques qui peut arriver jusqu'à des explosions et des incendies.
- La solution de la résistance chauffante peut aider à augmenter la température et réduire les problèmes de condensation dans le poste, mais ça reste insuffisante, d'où le passage aux cellules étanches.

Conclusion générale

Face au grand besoin de la consommation de l'énergie électrique au Maroc, et en vue d'assurer cette mission dans les meilleures conditions de qualité et de performance. L'ONEE est représenté dans sa direction régionale de distribution, cherche toujours à améliorer les réseaux de distributions et résoudre tous problèmes dans ces réseaux le plus tôt possible.

L'obligation de mettre en place un poste électrique qui soit capable de satisfaire toutes les exigences des zones et son mission importante dans la distribution de l'électricité, nous a mené à utiliser une démarche consiste sur l'étude des postes, pour extraire les causes qui endommagent leur fonctionnement normal.

L'humidité est le problème le plus impactant les postes HTA/BT dans notre zone d'étude. La prise en compte des contraintes de sécurité, environnement, etc.. est une phase importante pour la réalisation de cette mission et elle nous a amené à l'utilisation des solutions préfabriqués.

Le résultat de ce travail avec les études effectuées, montrent bien que l'utilisation des cellules étanches dans les zones de Sefrou et Imouzzer est la solution la plus pratique pour faire face aux problèmes dues à l'humidité.

Pour conclure, ce stage au sein de la direction régional de distribution de l'électricité, nous a permis de mettre la main sur les réseaux de distribution et mieux comprendre les démarches suivit lors d'une installation d'un poste électrique suivant les contraintes climatiques et environnementales, et aussi approfondir nos connaissances techniques dans le domaines de la distribution de l'électricité.

Bibliographie/ Webographie

- [1] site officiel de l'ONEE. <http://www.one.org.ma/>
- [2] cours électrotechnique S5
- [3] Archive de rapport de l'ONEE
- [4] <https://www.electricalinstallation.org/>
- [5] <https://www.se.com/ww/en/>
- [6] <https://www.meteoblue.com/fr/meteo/archive/>
- [7] <https://fr.planetcalc.com/>
- [8] <https://www.deleze.name/marcel/physique/rosee/>
- [9] <https://blog.wika.fr/>
- [10] <https://flores-amo.fr/la-condensation-de-surface/>
- [11] <https://www.maroc.ma/fr/actualites/la-secretaire-detat-chargee-de-leau-preside-sefrou-une-rencontre-sur-la-situation>