



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

**FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE**

MEMOIRE DE MASTER

**Présenté par : Mokhtari Abdelkarim
Khadraoui Abdelrahman**

**DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
FILIERE : ELECTROTECHNIQUE
OPTION : Electrotechnique industrielle**

Thème

**Coordination d'isolement dans les équipements
postes MT**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr Djekidel Rabeh	Prof	Président
Mr : Kouidri MohammedAli	MCA	Rapporteur
Mr : Bessedik sid ahmed	Prof	Examineur

Promotion : 2021/2022

ملخص:

يتطلب تطوير مستخدمي الكهرباء احتياجات تصميم كبيرة في مجال التركيبات الكهربائية. تنشأ هذه الاحتياجات بشكل طبيعي من المتطلبات المتزايدة، فيما يتعلق بكمية ونوعية الخدمة التي تقدمها هذه المرافق. لذلك، يتزايد استهلاك الطاقة الكهربائية يوماً بعد يوم، وأصبح ضمان إمدادها أمراً لا مفر منه. تتطلب استمرارية هذا العرض تصميمًا مناسبًا وتحجيمًا لمحطات المحولات التي تشكل جزءاً أساسياً في مجال توزيع الطاقة الكهربائية. من خلال هذا التقرير، حاولنا إجراء دراسة على المحطات الكهربائية ذات الجهد المتوسط بينما كان هدفنا هو جمع أكبر قدر ممكن من المعلومات من أجل العمل على مستند يجعل من الممكن تقديم أقصى قدر من التفاصيل حول تنسيق العزل في معدات المحطات الفرعية ذات الجهد المتوسط.

الكلمات المفتاحية: محطة فرعية ذات الجهد المتوسط، تنسيق العزل، معدات كهربائية

Résumé :

Le développement des usagers de l'électricité induit des besoins de conception importants dans le domaine des installations électriques. Ces besoins sont issus naturellement d'exigences accrues, en ce qui concerne la quantité et la qualité de service rendus par ces installations. Donc, la consommation de l'énergie électrique augmente d'un jour à un autre, et l'assurance de son offre est devenue un impératif inévitable. La continuité de cette offre exige une conception et un dimensionnement convenables des postes de transformation MT/BT qui constituent la partie essentielle dans le domaine de la distribution de l'énergie électrique. A travers ce mémoire, nous avons essayé de faire une étude sur les postes de distribution MT alors que notre objectif était de rassembler le plus possible d'information afin d'élaborer un document qui permet de donner le maximum de détails sur la coordination d'isolement dans les équipements des postes MT.

Mots clés: Poste MT/BT, coordination d'isolement, équipements électriques.

Abstract:

The development of electricity users induces significant design needs in the field of electrical installations. These needs naturally arise from increased requirements, with regard to the quantity and quality of service provided by these facilities. Therefore, the consumption of electrical energy is increasing day by day, and the assurance of its supply has become an unavoidable imperative. The continuity of this offer requires a suitable design and sizing of the MV/LV transformer stations, which constitute the essential part in the field of the distribution of electrical energy. Through this report, we tried to make a study on the substations of distribution MV whereas our objective was to gather the most possible information in order to work out a document, which makes it possible to give the maximum of details on the coordination of insulation in MV substation equipment.

Keywords: MV/LV substation, insulation coordination, electrical equipment



Dédicace

Tout d'abord je remercie le bon ALLAH tout

Puissant de la bonne santé, de la volonté et de la patience

Qu'il m'a accordée tout au long de nos études.

Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde mon père et ma mère à qui je dois le mérite d'être arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon affection.

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mon très cher frère Yacine Et leur conjoint A ma très chère sœur Khadija

A tous mes camarades de la promotion électrotechnique industrielle 2021/2022.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.



Dédicaces

*A mes chers parents, pour tous leurs
sacrifices, leur amour, leur tendresse,
leur soutien et leur prière tout au long de
mes études*

*A mes chères sœurs pour leurs
encouragements permanents, et leur
soutien moral*

*Ames chers frère pour leur appui et leur
encouragement*

*A toute ma famille pour leur soutien tout
au long de mon parcours*

Universitaire

*Que ce travail soit l'accomplissement de
vos vœux tant allégués, et le fruit de votre
soutien infailible*

Merci d'être toujours là pour moi

Abdelkarim

Remerciements

Tous d'abord, nous tenons à remercier en premier lieu et avant tous ALLAH tous puissant, qui nous a donné la force, la patience de mener à bien ce modeste travail.

*Ainsi, je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à notre rapporteur monsieur **Kouidri Mohammed Ali** Professeur à l'Université Amar Thelidji de Laghouat qui nous a apporté une aide précieuse. Nous exprimons notre gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour sa compréhension et les encouragements qu'il nous a apportés...*

Nous remercions Monsieur DJEKIDEL Rabah, pour des nombreuses discussions scientifiques que nous avons échangées

Enfin, je remercie aussi tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements vont aussi s'adresser à tous les enseignants d'Electrotechnique qui ont contribué à notre formation. Enfin nos remerciements s'adressent également pour les membres de jury d'avoir accepté d'être témoins et de juger le fruit de notre cursus

sommaire

Chapitre I:	Généralité sur les postes électriques MT	3
I.1)	Introduction :	4
I.2)	Poste électrique :	4
I.3)	Définition d'un poste de distribution électrique :	4
I.4)	Classification des postes MT/BT :	5
I.5)	Postes de distribution publiques structures et schémas :	9
I.6)	Matériel de sécurité :	13
I.7)	Protection des postes MT :	14
I.8)	Réalisation de mise à la terre :	14
I.9)	Cellules de poste :	15
I.10)	Coordination d'isolement :	17
I.11)	Les surtensions :	18
I.12)	Conclusion :	20
Chapitre II:	Les équipements électriques (classique / réduit)	21
II.1)	Introduction :	22
II.2)	Equipements Classiques :	23
II.3)	Équipement type réduit :	35
II.4)	Avantages et inconvénients des équipements classique et réduite :	41
II.5)	Comparaison entre les deux types de cellule :	43
II.6)	Les techniques de coupure en MT :	43
II.7)	Conclusion :	47
Chapitre III:	Simulation et résultats	48
III.1)	Introduction :	49
III.2)	Présentation du logiciel COMSOL multiphysics :	49
III.3)	Le maillage :	51

III.4) Présentation et discussion des résultats obtenus :	51
III.5) Conclusion :	60
III.6) Conclusion Générale :	61
Références bibliographiques	63

Liste de figures

Figure I-1: Poste MT/BT sur poteau (ACC).....	5
Figure I-2 : Poste préfabriqué MT/BT.....	6
Figure I-3 : Génie civil poste de distribution publique.....	7
Figure I-4 : Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique.	7
Figure I-5 : Schéma unifilaire d'un poste de livraison MT.	8
Figure I-6: Cellules d'un post électrique.	9
Figure I-7: Détecteur de courant de défaut.	11
Figure I-8: Transformateur de distribution MT/BT	11
Figure I-9: Fusibles MT.....	12
Figure I-10 : Matériel de sécurité dans un poste MT/BT.	13
Figure I-11: Cellule postes AIS (ouverts).....	16
Figure I-12: équipement GIS blindés.	16
Figure II-1: Cellule sectionneur.	25
Figure II -2: Cellule « CP» Protection.	28
Figure II -3: Cellule de protection par Disjoncteur.	29
Figure II -4: Cellule « CDG » protection générale par disjoncteur.....	30
Figure II-5: Transformateurs de puissance MT/BT.	32
Figure II-6: Cellule « CT » de transformateurs de puissance.	33
Figure II-7: Cellule « CTT » transformateur de tension.....	34
Figure II-8: L'équipement type réduit.....	36
Figure II-9: Cellule arrivée ou départ.....	36
Figure II-10: Disjoncteur simple sectionnement.....	39
Figure III-1: Présentation du logiciel COMSOL.	50
Figure III-2: Schéma de cellule de protection classique.....	52
Figure III-3: Maillage de la cellule classique	53
Figure III-4: Potentiel électrique.	53
Figure III-5: Champ électrique entre phase-masse.	54
Figure III-6: Champ électrique entre phases.....	54
Figure III-7: Champ électrique.....	55
Figure III-8: Schéma de cellule de départ réduit.....	56
Figure III-9: Maillage cellule réduit.	56
Figure III-10: Potentiel électrique.	57
Figure III-11: Champ électrique masse-phase.	57
Figure III-12: Champ électrique entre phases.....	58
Figure III-13: Champ électrique.....	58

Abréviation

MT	Moyenne tension
BT	Basse tension
CEI	Commission Electrotechnique International
V	Tension simple
SF6	L'hexafluorure de soufre
ACC	Accompagné coupe circuit
GIS	Gas Insulated Switchgear
AIS	Air Insulated Switchgear
L	Largeur
H	Hauteur

Introduction générale

L'énergie existe sous de multiples formes, notamment mécanique, thermique, chimique, rayonnante, nucléaire et électrique. L'énergie est une nécessité capitale pour les besoins en consommation des particuliers et des entreprises dans notre monde d'aujourd'hui.

Les centrales de la production de l'énergie électrique se trouvent généralement dans des endroits éloignés par rapport aux différents points de consommation, pour cela, ils viennent les postes de transformation et les lignes de transport qui assurent l'évacuation de l'énergie produite vers les clients finaux.

Un poste à moyenne tension est un ouvrage placé à un nœud d'un réseau, qui regroupe un ensemble d'équipements destiné à assurer la protection et faciliter l'exploitation. Les postes MT/BT assurent l'interface entre les réseaux de distribution MT et BT, l'alimentation d'une installation électrique est effectuée avec un poste de transformation MT/BT qui est disposé au plus près des éléments consommateurs d'énergie. Le poste MT/BT s'adapte à tous les modes d'exploitation et doit pour cela remplir les fonctions suivantes:

- Distribuer une puissance et protéger les départs BT.
- Isoler le poste du réseau en cas de défaut.
- Gérer le réseau MT en cas de défaut.
- Gérer le réseau MT et le poste par télé conduite.

Il y a lieu de noter qu'actuellement la protection utilisant la technologie est la plus employée, elle permet de concevoir des fonctions de plus en plus évoluées. [1]

On a subdivisé notre travail en trois chapitres:

- Le premier chapitre : Généralités sur les postes électriques MT.
- Le deuxième chapitre : les équipements (classique /réduit).
- Le troisième chapitre : Sur la simulation et les résultats obtenus.

Chapitre I:

Généralité sur les postes électriques MT

I.1) Introduction

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Les postes électriques sont des éléments principaux du réseau électrique. Ils reçoivent l'énergie électrique, la transforment (en passant d'un niveau de tension à une autre) et la répartissent (en assurant la jonction des différents réseaux électriques). On y trouve un certain nombre d'appareils électriques (transformateurs, disjoncteurs, sectionneurs...) qui participent au bon fonctionnement du réseau.

I.2) Poste électrique :

Selon la définition de la Commission Electrotechnique Internationale(CEI), un poste électrique est la « partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et, éventuellement, des transformateurs. [1]

Selon le niveau de tension (Réseau Algérien)

- $50 \text{ V} < \text{BT} \leq 500 \text{ V}$
- $0.5 \text{ kV} < \text{MT} \leq 50 \text{ kV}$
- $50 \text{ kV} < \text{HT} \leq 220 \text{ kV}$
- $220 \text{ kV} < \text{THT} \leq 400 \text{ kV}$

I.3) Définition d'un poste de distribution électrique :

Un poste MT/BT est une installation électrique raccordé à un réseau MT sous une tension nominale comprenant une ou plusieurs transformateur MT/BT.

Selon sa situation dans une région urbaine ou rurale et suivant la puissance du poste, l'installation sera respectivement logée dans un local ou découvert. [2]

I.4) Classification des postes MT/BT

Les postes MT/BT Sont classés en trois catégories:

- Poste sur poteau (dit ACC) ($S \leq 160$ kVA).
- Poste sous enveloppe préfabriqué.
- Poste en maçonnerie. [3]

➤ Poste sur poteau (ACC) :

Le poste sur poteau est le poste le plus simple, il est utilisé dans le cas où la puissance du transformateur est inférieure ou égale à 160 kVA. Le poste ACC (Accompagné Coupe Circuit) permet une alimentation économique de la clientèle, en multipliant les points d'injection (postes de faible puissance) et en raccourcissant les lignes basse tension. Le poste comporte, un transformateur raccordé directement, ou avec fusibles. Le transformateur est protégé contre les surtensions par des éclateurs à cornes (anti oiseaux) et avec des parafoudres et contre les surintensités par un disjoncteur à basse tension. Le transformateur alimente le réseau BT par l'intermédiaire d'un disjoncteur BT, qui assure l'isolement et la protection de ce réseau.[3]



Figure I-1: Poste MT/BT sur poteau (ACC).

➤ Postes sous enveloppe préfabriquée

Les postes MT/BT préfabriqués sont réalisés en utilisant des cellules MT, tableaux BT, transformateurs, etc., regroupés dans une enveloppe ayant pour rôle la protection des équipements internes contre les influences externes et d'assurer un degré de protection vis à vis du public.

Ces postes sont fabriqués, câblés et testés chez le constructeur, regroupant le transformateur, l'appareillage BT et MT, les connexions et les équipements auxiliaires limitent les temps d'étude et de réalisation. Le transformateur et l'appareillage sont rassemblés dans une enveloppe métallique, le départ s'effectue en aérien ou en souterrain, ces postes sont très compacts et leur mise en place est très rapide, parmi les avantages les plus connus: - Génie civil simplifié (uniquement plateforme). - Disponibilité immédiate clés en mains (dès l'ouverture du chantier). - Gain de temps et d'espace. Ce type de poste est transporté par camion. Il est déposé sur une dalle en ciment. Le montage consiste à raccorder les câbles d'arrivée et de départ. [3]



Figure I-2 : Poste préfabriqué MT/BT.

➤ **Génie civil Poste maçonne**

On distingue trois types essentiels des postes maçonnés :

- **Poste de distribution publique (DP) :**

Ces postes désignés à l'usage public (clients domestiques, bâtiments, lotissements,), assurent le passage de la moyenne tension (30,10 kV) à la basse tension (380,220 V) d'une manière permanente.



Figure I-3 :Génie civil poste de distribution publique.

Ces postes sont constitués de trois parties :

- L'équipement MT pour le raccordement au réseau amont.
- Le transformateur de distribution MT/BT.
- Le tableau des départs BT (tableau de distribution publique TDP) comme points de raccordement du réseau aval de distribution en basse tension.[3]

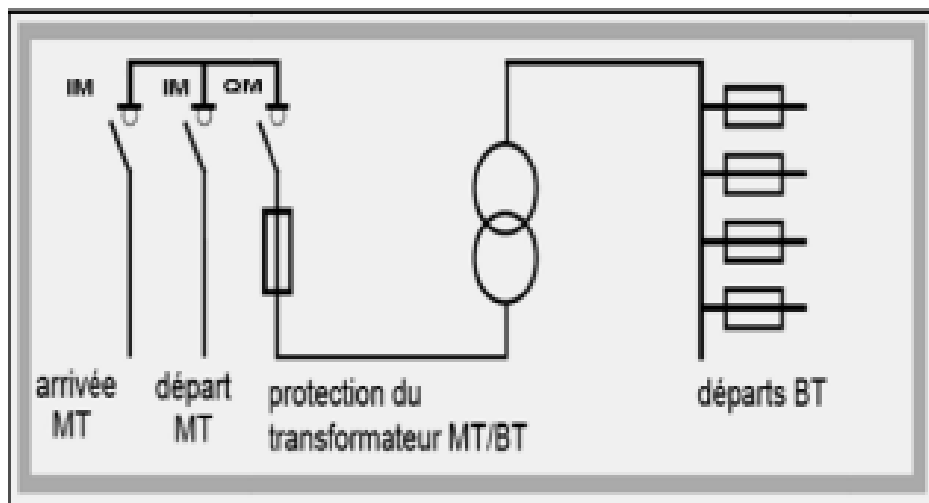


Figure I-4 :Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique.

- **Poste livraison à comptage BT ($S \leq 630$ kVA) :**

Ce poste possède presque les mêmes caractéristiques que le poste DP, la seule différence c'est que dans le poste livraison à comptage BT on trouve deux accès et un panneau de comptage, par contre le poste DP contient un seul accès et un tableau de distribution publique TDP.

- **Postes livraison à comptage MT ($S > 630$ kVA) :**

Ce type est destiné aux clients d'une large consommation de l'énergie électriques ($S > 630$ kVA) ou pour un poste de plusieurs transformateurs, dans ce cas le comptage se fera grâce à une cellule de comptage MT, il existe aussi deux types de postes livraison à comptage MT (par QM ou par DM1):

- Postes livraison à protection par cellule disjoncteur DM1 ($I > 45$ A).

- Postes livraison à protection par cellule interrupteur fusible combiné QM ($I < 45$ A) La protection par disjoncteur est obligatoire lorsque le courant côté MT est supérieur à 45 A (norme CEI60265) .[3]

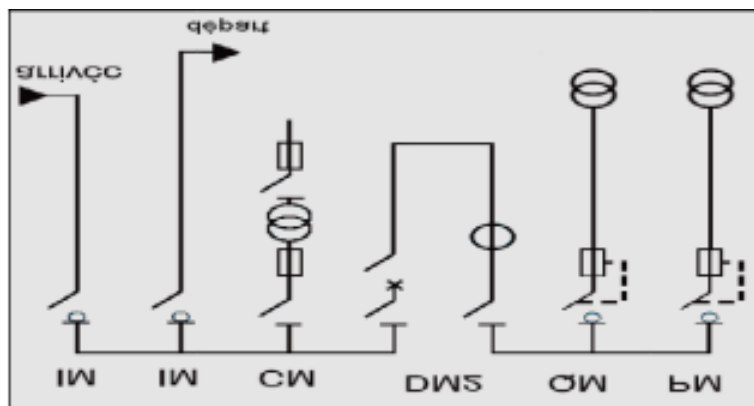


Figure I-5 : Schéma unifilaire d'un poste de livraison MT.

➤ Ce type de poste comprend:

- Une cellule arrivée (réseau) IM.
- Une cellule départ (réseau) IM. - Une cellule Comptage et mesure CM.
- Une cellule de protection générale par disjoncteur double sectionnement DM2.

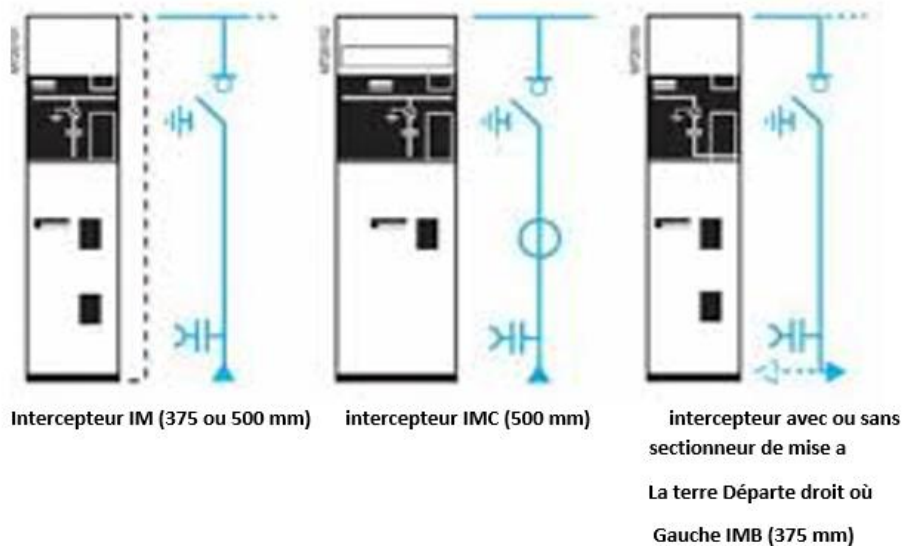


Figure I-6: Cellules d'un post électrique.

I.5) Postes de distribution publiques structures et schémas :

Ce poste de distribution publique comprend:

- Une cellule arrivée (réseau) IM
- Une cellule départ (réseau) IM.
- Une cellule protection du transformateur par fusibles PM ou QM.
- Détecteur de défaut pour réseaux MT souterrains.
- Disjoncteur BT (tableau de distribution publique).
- Transformateur abaisseur de puissance 100,160, 250, 400,630 KVA.
- Cellule transformateur.
- Matériel de sécurité.
- Boites de déflecteur.
- Boites d'extrémités extérieures et intérieures.
- Câble MT avec cosses.
- Câble BT avec cosses.
- Fusibles de rechange. [3]

➤ **Cellules moyennes tension 36 kV ou 24 kV :**

Les appareils (disjoncteurs, interrupteurs, jeu de barres sectionneurs, ... etc.) sont intégrés dans des enveloppes métalliques qui facilitent l'installation et l'exploitation, ces enveloppes sont appelés cellules, ils permettent de réaliser la partie MT des postes de transformation MT/BT de distribution publique, spécifiques ou de répartition MT jusqu'à 36 kV [8]. Les différentes cellules de la gamme SM6 de Schneider Electric 36 ou 24 kV entrant dans la composition des postes de transformation MT/BT sont:

- IM, IMC, IMB: Cellule interrupteur.
- EMB: Cellule mise à la terre du jeu de barres.
- PM : Cellule interrupteur-fusible associés.
- QM, QMC, QMB: Cellule interrupteur fusibles combiné.
- CRM : Cellule contacteur et contacteur fusible.
- DM1-A, DM1-D, DM1-S: Cellule disjoncteur (SF6) simple sectionnement.
- DM1: Cellule disjoncteur (SF6) décrochable simple sectionnement.
- DM2: Cellule disjoncteur (SF6) double sectionnement.
- CM, CM2: Cellule transformateurs de potentiel (cellule de comptage).
- GBC-A, GBC-B: Cellule mesures d'intensité et/ou de tension.
- NSM-câbles: Cellule pour arriver prioritaire et secours.
- NSM -barres: Cellule pour arriver prioritaire et câbles pour secours.
- GIM: Cellule gaine intercalaire. - GEM: Cellule gaine d'extension.
- TM: Cellule transformateur MT/BT pour auxiliaires.
- SM: Cellule sectionneur, etc. [3]

➤ **Détecteur de courant de défaut pour réseaux MT souterrains :**

Le détecteur de courant de défaut est conçu pour la recherche des défauts permanents sur les réseaux MT souterrains, couvrant tous les types de réseaux MT et leurs systèmes de liaisons à la terre grâce à des algorithmes ampérométriques, et directionnels. Il est disponible en boîtiers protégés contre les intempéries. Le détecteur de défaut est menu d'un boîtier de signalisation lumineuse monté à l'extérieur du poste, et d'un capteur (TC tore) placé sur les câbles MT souterrains d'arrivée.[3]



Figure I-7:Détecteur de courant de défaut.

➤ **Transformateur de distribution MT/BT :**

Les transformateurs de distribution MT/BT sont généralement abaisseurs, ils permettent d'alimenter des installations basse tension à partir d'un réseau moyen tension. Ils sont caractérisés par: - Des gammes de puissance (kVA): 50, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000. - Des rapports de transformation de 30 kV/ 0.4 kV pour les réseaux MT aériens, et de 10 kV/ 0.4 kV pour les réseaux MT sous terrains. [3]



Figure I-8:Transformateur de distribution MT/BT

➤ **Disjoncteur BT :**

Le rôle principal d'un disjoncteur est de protéger l'installation électrique contre les conditions anormales de fonctionnement ; les surcharges et les court-circuit, il est conçu pour ouvrir un circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée.

Pour assurer efficacement cette fonction, le déclencheur du disjoncteur doit prendre en compte l'évolution des récepteurs. Le disjoncteur basse tension peut être fixe, déblocable, CLPG (cellule de protection générale) disjoncteur déblocable, ou TDP (tableau de distribution publique). Le choix du disjoncteur BT se fera à partir du courant basse tension débité par le transformateur MT/BT.[3]

➤ Câbles MT et BT :

La liaison entre les cellules de protection moyenne tension et les bornes du transformateur se fera par un câble MT, capable de transiter le courant appelé du réseau, Le raccordement du secondaire du transformateur avec le disjoncteur BT se fera par un câble BT bien choisi. La longueur du câble BT est calculée en mesurant la distance entre le secondaire du transformateur et le disjoncteur BT, pour les trois phases et neutre. Le nombre des câbles par phase est déterminé à partir du courant débité par le transformateur et les caractéristiques des câbles. Le choix optimal du câble doit répondre à plusieurs critères (courant nominale, température de fonctionnement, mode pose, chute de tension, courant de court-circuit...etc).[3]

➤ Fusibles :

Le calibre des fusibles à installer dans la cellule de protection type QM ou PM dépend des éléments suivants:

- Tension de service.
- Puissance du transformateur à protéger.
- Technologie des fusibles. Les fusibles utilisés sont généralement du type Fusarc CF ou Soléfuse. [3]



Figure I-9:Fusibles MT

I.6) Matériel de sécurité :

Le matériel de sécurité pour un poste de transformation est composé essentiellement de:

- Un tabouret isolant
- Un tapis isolant
- Des gants isolants.
- Vérificateur d'absence de tension (détecteur de tension)
- Perche de sauvetage [3]

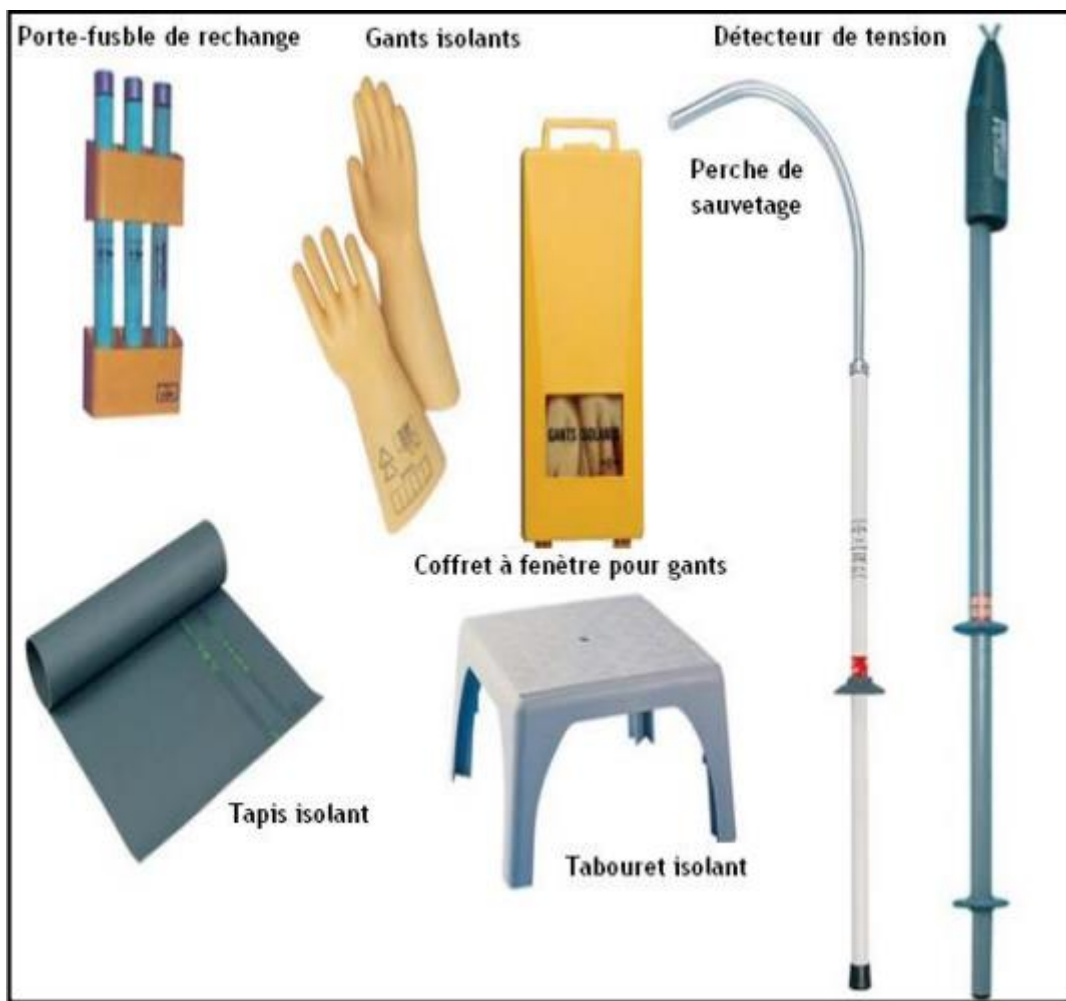


Figure I-10 : Matériel de sécurité dans un poste MT/BT.

I.7) Protection des postes MT :**➤ Protection contre les surtensions :**

Les transformateurs des post MT/BT raccordes aux réseaux aérien ou aero-souterrain seront protégés contre les surtensions atmosphérique par des éclateurs à cornes Dans les cas particuliers des zones à haut niveau kéraunique la protection sera assure par des parafoudres. [2]

➤ Protection contre les surintensités :**• Poste sur poteau :**

Le transformateur sera protégé contre les surintensité par un disjoncteur équipé par protection magnétothermique installe à l'origine des départs BT il ne sera pas utiliser des fusibles cote moyenne tension.

• Poste cabine :

La protection contre les surintensités est assurée cote mt par des fusibles a cote BT par des disjoncteurs BT .[2]

I.8) Réalisation de mise à la terre :

La mise à la terre dans les réseaux de distribution a pour but d'éviter l'apparition local distance de différence de potentiel dangereuse pour les êtres vivants et les installations ou privées. Il existe deux types de terre:

➤ Terre de neutre :

Cette terre a pour but d'assurer la protection de l'utilisateur, elle fait partie intégrante des réseaux, et réalise entre le conducteur neutre et le sol des liaisons permanentes.

➤ Terre des masses :

Elle a pour but essentiel la protection des êtres vivants contre les risques qui résulteraient pour eux des contacts simultanés

- Avec les masses.
- Avec les sols, planchers, murs et parois.
- Avec les structures et canalisations métalliques. Du fait de l'apparition accidentelle de potentiels différents sur les uns et les autres. [2]

➤ **Terre des éclateurs :**

• **Fonctionnement :**

Dispositif conçu pour séparer électriquement les éléments métalliques qui ne doivent pas être en contact électrique dans des conditions normales de fonctionnement. Lorsqu'une tension passe à travers ces éléments. (Surtension, décharge de foudre), le protecteur éclateur d'isolement établit une connexion temporaire entre les éléments.

• **Installation :**

Identifier le point le plus proche entre la structure que l'on souhaite connecter (mât d'antenne, mise à la terre...) et le conducteur de descente du système de protection contre la foudre. Connecter l'éclateur d'isolement entre les deux éléments dont il faut établir l'équipotentialité en employant des pièces de connexion adéquates. Serrer les vis hexagonales du manchon de connexion à l'aide d'une clé de 13 mm ou une clé anglaise. Couper le câble en excès et introduire l'autre extrémité du conducteur dans le manchon inférieur, de sorte que le conducteur soit bien attaché. [8]

I.9) Cellules de poste :

On peut classer les postes en deux catégories :

➤ **Cellule AIS (ouverts) :**

Cellule AIS ouverts les postes à isolation dans l'air, également appelés postes « Conventionnels » ou AIS (Air Insulated Switchgear). On parle parfois de « cellule Ouverts ». L'isolement diélectrique est aussi par l'air à la pression atmosphérique. Dans

Ces conditions, on a défini des distances d'isolement et de sécurité à partir des quelles ont été obtenues les dimensions géométriques des installations.

Il existe deux postes :

- *Postes extérieurs* : à double jeux de barres, un jeu de barre, poste avec barre de Transfert.
- *Postes intérieurs* : Ils ont même composantes sauf ils sont construits dans 1 bâtiment.



Figure I-11:Cellule postes AIS (ouverts).

➤ **Cellule GIS blindés :**

Les poste à isolation gazeuse, appelés, aussi postes sous enveloppe métallique, ou GIS (Gas Insulated Switchgear). On parle par fois de « cellule blindés ». Afin de réduire l'encombrement des postes, on a remplacé l'air à la pression normale par gaz lourd, inodore, incolore, stable et ininflammable l'hexafluorure soufre(SF₆). Ce gaz à air comprime à 3,5 bars est obtenu dans des enveloppes en aluminium étanches et relie à la terre, à raison d'une enveloppe par phase.

La cellule blindée ou GIS (sous enveloppe métallique) se présente donc comme un assemblage de caissons remplis de SF₆ et contenant, non seulement les conducteurs, mais dives aussi les appareils à haute tension pour des raisons de sécurité, ces Caissons sont devisés en compartiments étanches et surveilles individuellement. [4]



Figure I-12: équipement GIS blindés.

I.10) Coordination d'isolement :

La coordination de l'isolement est une discipline qui permet de réaliser le meilleur compromis technico-économique dans la protection des personnes et des matériels contre les surtensions pouvant apparaître sur les installations électriques, que ces surtensions aient pour origine le réseau ou la foudre. Elle participe à l'obtention d'une grande disponibilité de l'énergie électrique. Elle est d'autant plus utile qu'elle concerne des réseaux de tensions élevées. Pour maîtriser la coordination de l'isolement il est nécessaire :

- De connaître le niveau des surtensions pouvant exister sur le réseau,
- D'utiliser les bonnes protections quand cela est nécessaire,
- De choisir le niveau de tenue aux surtensions des divers composants du réseau, parmi les tensions d'isolement permettant de satisfaire les contraintes déterminées.

La coordination de l'isolement a pour rôle de déterminer les caractéristiques d'isolement nécessaires et suffisantes des divers constituants des réseaux en vue d'obtenir une tenue homogène aux tensions normales, ainsi qu'aux surtensions de diverses origines. Son but final est de permettre une distribution sûre et optimisée de l'énergie électrique. Par optimiser, il faut comprendre rechercher le meilleur rapport économique entre les différents paramètres dépendant de cette coordination :

- Coût de l'isolement,
 - Coût des protections,
 - Coût des défaillances (perte d'exploitation et réparation) compte-tenu de leurs probabilités.
- S'affranchir des effets néfastes des surtensions suppose une première démarche : s'attaquer à leurs phénomènes générateurs, tâche qui n'est pas toujours simple. En effet si, à l'aide de techniques appropriées, les surtensions de manœuvre de l'appareillage peuvent être limitées, il est impossible d'agir sur la foudre. Il est donc nécessaire de localiser le point de plus faible tenue par lequel s'écoulera le courant engendré par la surtension, et de doter tous les autres éléments du réseau d'un niveau de tenue diélectrique supérieur. [5]

➤ **Distance d'isolement :**

Cette appellation regroupe deux notions :

- **distance dans les gaz (air, SF6, ...)**, c'est le plus court chemin entre deux parties Conductrices.
- **ligne de fuite** : c'est également le plus court chemin entre deux conducteurs, mais suivant la surface externe d'un isolant solide (isolateur par exemple) La distance d'isolement est directement liée à la tenue du matériel aux différentes surtensions. [5]

I.11) Les surtensions :

Ce sont des perturbations qui se superposent à la tension nominale d'un circuit. Elles peuvent apparaître :

- Entre phases ou entre circuits différents, et sont dites de mode différentiel,
- Entre les conducteurs actifs et la masse ou la terre et sont dites de mode commun.

Leur caractère varié et aléatoire les rend difficiles à caractériser et n'autorise qu'une approche statistique en ce qui concerne leur durée, leurs amplitudes et leurs effets. [5]

➤ **Les types de surtension :**

Des types de la surtension sont :

- **Surtensions à fréquence industrielle :**

Sous cette appellation de fréquence industrielle sont regroupées les surtensions ayant des fréquences inférieures à 500 Hz.

- **Surtension provoquée par un défaut d'isolement :**

Une surtension due à un défaut d'isolement apparaît sur un réseau triphasé, lorsque le neutre est isolé ou impudent.

- **Surtensions de manœuvre :**

La modification brusque de la structure d'un réseau électrique provoque l'apparition de phénomènes transitoires. Ceux-ci se traduisent souvent par la naissance d'une onde de surtension ou d'un train d'ondes haute fréquence de type apériodique ou oscillatoire à amortissement rapide.

➤ **Surtensions provoquées par l'établissement et l'interruption de petits courants inductifs :**

Ce type de surtension a trois phénomènes générateurs : l'arrachement du courant, le réamorçage et le réamorçage.

➤ **Surtensions atmosphériques :**

L'orage est un phénomène naturel connu de tous, spectaculaire et dangereux.

Une distinction est souvent établie entre :

- Le coup de foudre « direct » touchant une ligne,
- Et le coup de foudre « indirect » tombant à proximité d'une ligne. [5]

➤ **Tenue en tension :**

La tenue en tension dépend de la nature de la surtension appliquée (amplitude, forme d'onde, Fréquence et durée, ...).

Elle est aussi influencée par des facteurs externes tels que :

- Vieillissement
- Conditions d'environnement (humidité, pollution)
- Variation de la pression de l'air ou du gaz isolant.

I.12) Conclusion :

Ce premier chapitre a été consacré à l'étude bibliographique sur les équipements des postes électriques où nous avons fait quelques rappels sur les différentes structures topologiques et les différents éléments constitutifs, les différents moyens de protection, contre les avaries ou les défauts affectant des postes électriques, nous avons par la suite classé les postes en deux catégories (AIS ou classique, GIS ou réduit) et leur types d'isolants. Dans le chapitre suivant on va faire une comparaison entre les équipements type classique et type réduit et d'éclairer les avantages de chaque type d'équipement.

Chapitre II:

Les équipements électriques
(classique / réduit)

II.1) Introduction :

La nécessité de disposer d'un poste de transformation MT/BT est justifiée par les limites des possibilités en énergie, offertes par le réseau basse tension. Ainsi quel que soit le type d'utilisation, abonné privé, distribution publique (Zone urbaine ou rurale) il est fait obligation au consommateur d'énergie électrique, dont les besoins dépassent les limites retenues de disposer d'un poste de transformation MT/BT, qui sera alors raccordé au réseau moyenne tension. En Algérie, les niveaux de tension normalisés sont :

- Moyenne tension 5, 10 kV-30 kV.
- Basse Tension 380 v (220 V entre phases et neutre).
- Les anciens réseaux BT 220 V / 110V sont en voie de disparition.

Les diverses lignes électriques sont des dispositifs de raccordements pour les différents équipements électriques. Sans ces dispositifs, l'énergie électrique risque d'être consommée sur site puisqu'il s'agit de la partie essentielle des réseaux électriques à savoir le transport. Cette étude vient dans le cadre d'élaborer des études sur les différents types d'équipements à savoir:

- 1- Équipements type classique
- 2- Équipement type réduit

Le type classique domine la majorité des équipements des postes de la société nationale d'électricité et du gaz (SONELGAZ), mais le type réduit possède beaucoup d'avantages par rapport au type classique.

La SONELGAZ est en train de changer tous ses équipements en types réduits qui sont à caractéristiques ressenties et dotés de la possibilité d'automatisation. Pour cela on propose dans cette étude d'éclairer les avantages de chaque type d'équipement.

II.2) Equipements Classiques :

➤ Caractéristiques générales des équipements moyennes tensions :

Les postes de transformation MT/BT sont constitués d'un assemblage de cellules Standards assurant chacune une fonction Postes de répartition à Disjoncteurs débloables ou exécutés en bloc compact ou Livrées en KIT pour montage sur site

Tous les appareils et accessoires utilisés répondent aux spécifications de SONELGAZ et sont conformes aux recommandations C.E.I. Les caractéristiques de construction des cellules Répondent aux exigences de SONELGAZ, notamment pour les distances d'isolement et les Mesures de sécurité, Pour les postes, d'abonné, les comptages s'effectuent en moyenne tension

- Dans l'un des cas suivants ou le poste de transformation comprend:
 - 1 transformateur dont la puissance: > 400 kVA. (Réseau primaire 5,5 kV).
 - 1 transformateur dont la puissance: > 630 kVA. (Réseau primaire 10 kV).
 - 1 transformateur dont la puissance: > 630 kVA (réseau primaire 30 kV).
 - Plusieurs transformateurs de puissance.

Les postes sont équipés d'un système de verrouillage mécanique (serrure clef obligatoires, des verrouillages mécaniques et électriques particuliers peuvent être adoptés en fonction des conditions spécifiques d'exploitation. Les postes sont livrés avec :

- Les accessoires de sécurité (perche - tabourets - gants - affiches)
- Les pièces de rechange de l'ère urgence: coupe-circuits à fusibles
- Jeu de plans de montage et de raccordement.

Des exécutions spéciales ainsi que des fournitures complémentaires peuvent être étudiées sur demande. [6]

➤ **Implantation :**

Dans un local spécialement aménagé. Le plus près possible de la voie publique. Tout en respectant les règles de protection du public et des exploitants.

➤ **Exécution :**

Le poste est constitué par l'assemblage d'un nombre déterminé de cellules élémentaires, assurant chacune une fonction précise. Chaque cellule est réalisée à partir de parois, de montants et de panneaux grillagés, en tôle d'acier, peints en gris clair, le montage de tous les éléments est effectué sur le site par boulonnage. L'assemblage est conçu pour supporter des efforts mécaniques importants. La fixation des appareils, les distances d'isollements, et les verrouillages mécaniques répondent aux exigences de sécurité des personnes et de l'exploitation.

➤ **Composition des équipements :**

- Cellules arrivées Sectionneur « C.S. ».
- Cellules arrivée ou départ Interrupteur «C.I.» .
- Cellules Protection par coupe-circuit «C.P.» .
- Cellules protection par disjoncteur «C.D.» .
- Cellules protection générale par disjoncteur « C.D.G.» .
- Cellules sectionneur Aval « C.S.A.» .
- Cellule transformateur de puissance « C.T.» .
- Cellules transformateur Tension « C.T.T. ». [6]

❖ **Cellule Sectionneur «CS» 30kV:**

➤ **Caractéristiques:**

- Tension de service: 30 kV.
- Tension d'isolement : 36 kV.
- Tenue diélectrique:
- À 50 H3 pendant 1mm : 70 kV.
- À l'onde de choc (1,2/50 μ s) :170 kV.
- Courant nominal:400 A.

➤ **Equipements de Base :**

- Un jeu de barre.
- Un sectionneur.
- Extrémité de câble.

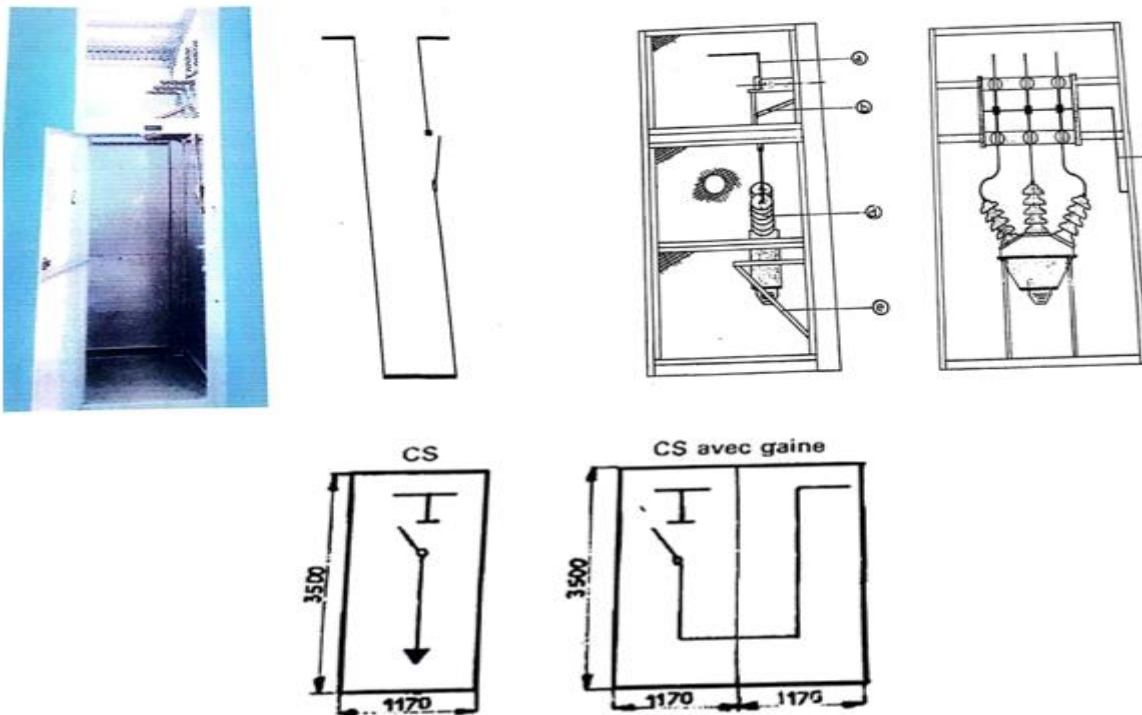


Figure II-1:Cellule sectionneur.

- **Equipements Complémentaires :**
 - Sectionneur de mise en court-circuit.
 - Indicateurs d'état de tension.
 - Gaine remontée jeu de barres.

- **Verrouillages:**
 - Mécanique.
 - Spéciaux.

- **Composition:**
 - (a): jeu de barre.
 - (b): Sectionneur.
 - (c):Commande.
 - (d):Extrémité.
 - (e):Support boite à câble.

- **Installation:**

Dimensions :

 - Largeur : 1170mm.
 - Hauteur : 3500mm.
 - Profondeur:1710 mm.
 - Masse approximative: 340 Kg.

- **Raccordement:**
 - 1 câble imprégné tripolaire .
 - 3 câble secs unipolaire.

❖ Cellule « CP » Protection 30 kV :**➤ Caractéristiques:**

- Tension de service : 30 kV.
- Tension d'isolement: 36 kV.
- Tenue diélectrique :
 - À 50 HZ pendant 1mm : 70 kV.
 - À l'onde de choc (1.2/50J μ s) :170 kV.
- Courant nominal: 400 A.

➤ Equipements de Base:

- Un jeu de barre.
- Un interrupteur.
- Trois fusibles H..
- Extrémité de câble.

➤ Equipements complémentaires :

- Indicateurs d'état de tension.
- Gaine de remontée jeu de barre.

➤ Composition:

- A jeu de barre.
- Interrupteur.
- A Commande.
- Fusible.

➤ Dimensions:

- Largeur : 1170mm.
- Hauteur : 3500mm.
- Profondeur : 1710 mm.

➤ Masse approximative : 300 Kg.

➤ **Raccordement :**

- Equipements classiques.
- 3 câbles imprégnés tripolaires ou unipolaires.
- Liaison par trolley.

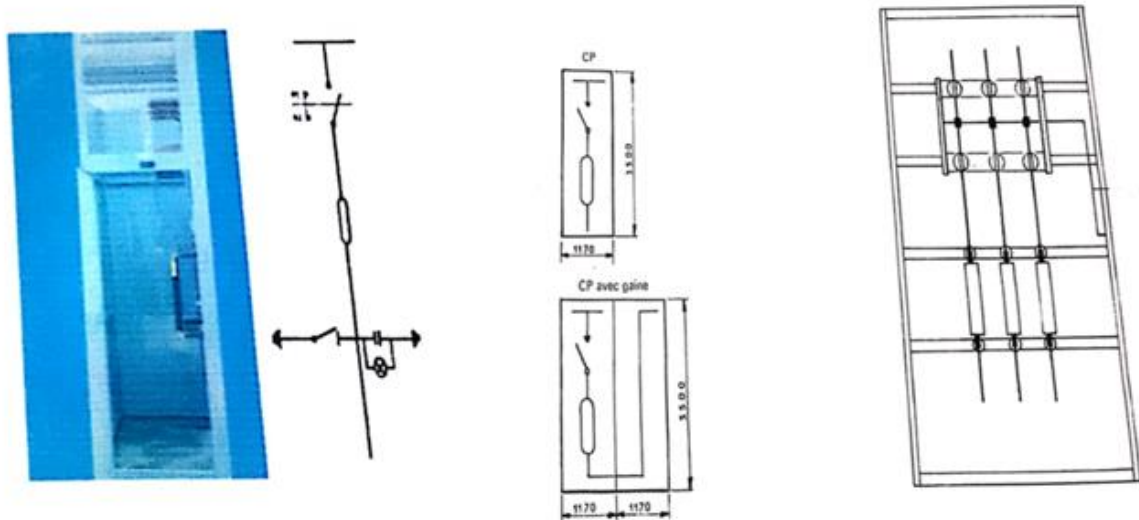


Figure II-2: Cellule « CP » Protection.

❖ **Cellule «CD » Protection par Disjoncteur 30 kV:**

➤ **Caractéristiques :**

- Tension de service:30 kV.
- Tension d'isolement:36 kV.
- Tenue diélectrique.
- À 50 H3 pendant 1mm :70 kV.
- À l'onde de choc (1,2/50 μ s) :170 kV.
- Courant nominal :400 A.

➤ **Equipements de Base:**

- Un jeu de barre.
- Un sectionneur.
- Un disjoncteur.
- Transformateurs de courant.
- Boite à câble tripolaire.

- Verrouillage mécanique.
- **Equipements Complémentaires :**
 - Dispositifs de protection;
 - Protection directe.
 - Protection indirecte.
 - Sectionneur de mise en court-circuit.
 - Extrémité de câble.
 - Un indicateur d'état de tension.
 - Contact axillaire.
 - Verrouillages spéciaux.

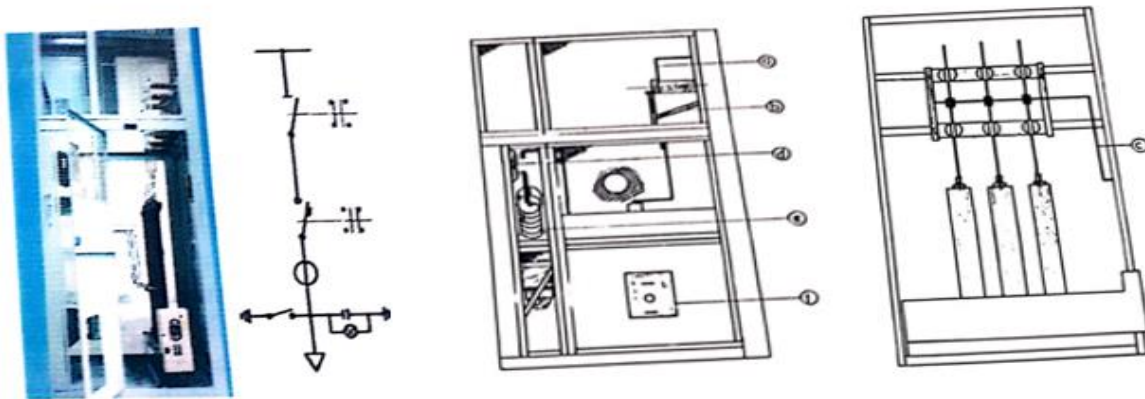


Figure II-3: Cellule de protection par Disjoncteur.

- **Composition :**
 - Jeu de barre.
 - Sectionneur.
 - Commande.
 - Transformateur de courant.
 - Boite à câble disjoncteur.

➤ **Installation:**

- Dimensions :
- Largeur :1170mm.
- Hauteur:3500mm.
- Profondeur : 1710 mm .

➤ **Masse approximative : 600 kg.**

➤ **Raccordement :**

- 1 câble imprégné tripolaire.
- 3 câbles secs unipolaires.

❖ **Cellule « CDG » protection générale par disjoncteur 30 kV:**

➤ **Caractéristiques:**

- Tension de service : 30 kV.
- Tension d'isolement : 36 kV.
- Tenue diélectrique.
- À 50 HZ pendant 1mm : 70 kV.
- À l'onde de choc (1,2/50 μ s) :170 kV.
- Courant nominal : 400A.
-

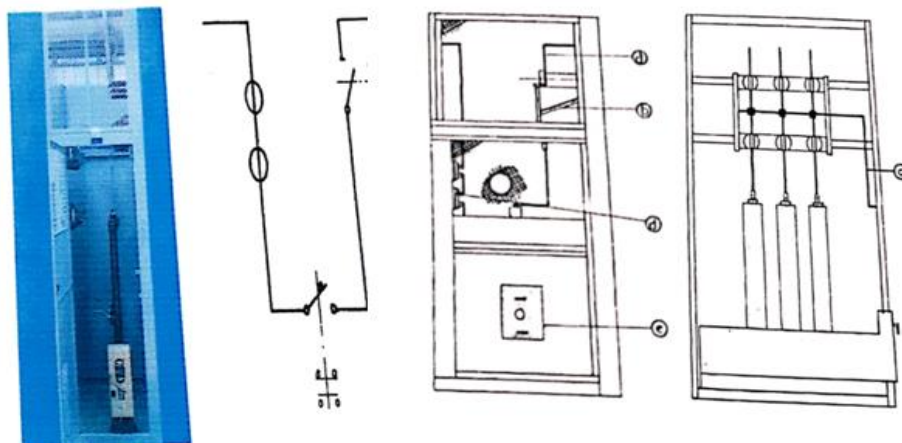


Figure II-4:Cellule « CDG » protection générale par disjoncteur.

➤ **Equipements de Base:**

- Un jeu de barre.
- Un sectionneur.
- Un disjoncteur.
- Six transformateurs de courant.
- Verrouillage mécanique.

➤ **Equipements complémentaires :**

- Dispositifs de protection.
- Protection directe.
- Protection indirecte.
- Sectionneur de mise en court-circuit.
- Une cellule sectionneur aval (C.S.A).
- Un indicateur d'état de tension.
- Contact axillaire.
- Verrouillages spéciaux.

➤ **Composition :**

- (a):jeu de barre.
- (b):Sectionneur.
- (c):Commande.
- (d) : transformateurs de courant.
- (c):disjoncteur.

➤ **Installation :**

- Dimensions Largeur:1170mm.
- Hauteur : 3500mm.
- Profondeur: 1710 mm .

➤ **Masse approximative : 550 Kg**

➤ **Raccordement** -Par trolley.

❖ Cellule « CT » de transformateurs de puissance 30 kV:**➤ Caractéristiques:**

- Tension primaire 30kV.
- Tension secondaire 380V.
- Puissance de transformateur $100 \text{ kVA} \leq P \leq 1000 \text{ kVA}$.

➤ Equipements de Base:

- Un transformateur de puissance à huile.
- Câble ou trolley de raccordement MT.
- Accessoires de raccordement.
- Verrouillage mécanique.

➤ Equipements complémentaires:

- Transformateur de puissance spécial.
- Auxiliaires du transformateur.
- Relais bucholz.
- Relais Thermostat.
- Bornes de raccordement.
- Batterie de condensateur.
- Verrouillages spéciaux.



Figure II-5: Transformateurs de puissance MT/BT.

➤ **Composition:**

- (a) Câble ou trolley MT de raccordement.
- (b) Bornes de raccordement MT.
- (c) Transformateur de puissance à huile.
- (d) Convertisseur.
- (e) Bômes de raccordement BT.

➤ **Masse approximative:**

- Cellule: 500 Kg ou 450 Kg.
- Transformateur : de 880 kg à 2500 kg.

➤ **Raccordement:**

- Trolley ou 3 câbles secs unipolaires.

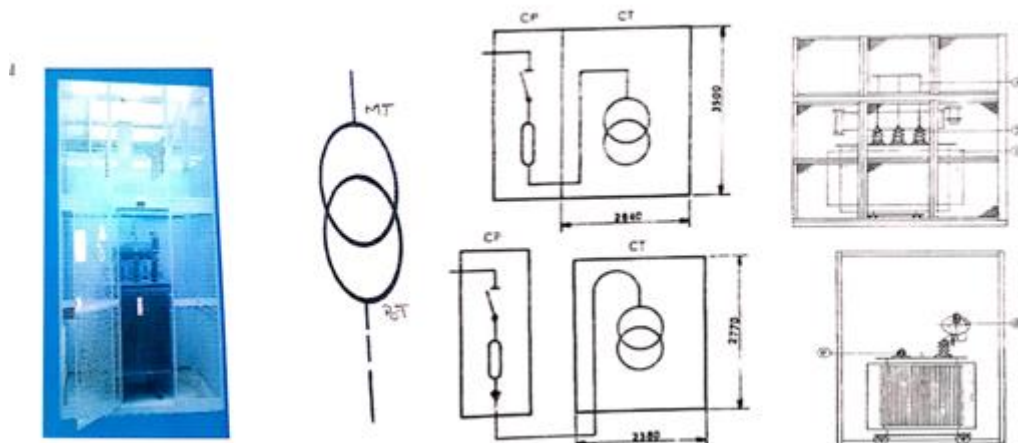


Figure II-6:Cellule « CT » de transformateurs de puissance.

❖ **Cellule « CTT » transformateur de tension 30 kV:**

➤ **Caractéristiques :**

- Tension de service : 30 kV.
- Tension d'isolement : 36 kV.
- Tenue diélectrique :
 - À 50 HZ pendant 1 mm : 70 kV.
 - À l'onde de choc (1,2/50 μ s) :170 kV.
 - Courant nominal :400A.

➤ **Equipements de Base :**

- Jeu de barres.
- Sectionneur.
- Fusibles H.P.C.
- Transformateurs de tension.
- Equipements complémentaires Fournis sur demande.

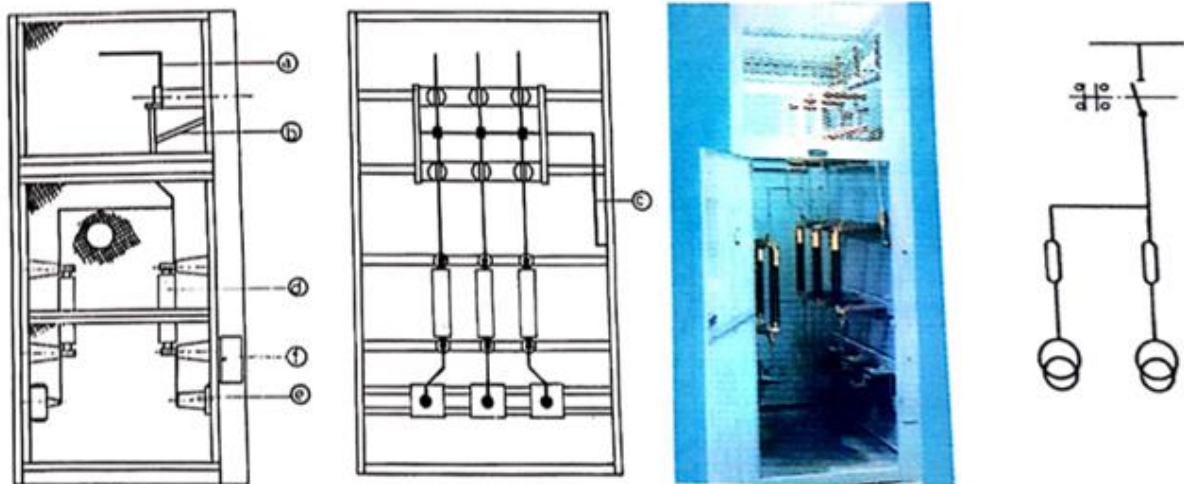


Figure 0-7:Cellule « CTT » transformateur de tension.

➤ **Composition:**

- (a): Jeu de barre.
- (b) : Sectionneur.
- (c): Commande.
- (d) : Coupe circuit.
- (e): Transformateur de tension.

➤ **Installation:**

Dimensions:

- Largeur :1170mm.
- Hauteur :3500mm.
- Profondeur :1710 mm.
- Masse approximative : 350 Kg.

II.3) Équipement type réduit :

➤ **Définition des cellules :**

Les différentes cellules de la gamme SM6-36 entrant dans la composition des postes de transformation MT/BT et de répartition industriels sont:

- IM, IMC, IMB Interrupteur;
- PM : Interrupteur fusibles associés ;
- QM : Interrupteur fusibles combiné;
- DM1-A, DM1-D, Disjoncteur (SF6) simple sectionnement;
- DM2 : Disjoncteur(SF6) double sectionnement;
- CM, CM2 : Transformateurs de potentiel;
- GBC-A, GBC-B Mesures d'intensité et/ou de tension ;
- GIM : Gaine intercalaire;
- GBM : Gaine de liaison ;
- GAM2 : Gaine d'arrivée;
- SM : Sectionneur. [6].

➤ **Types de cellule:**

- L'équipement type réduit est composé de cellules modulaires équipées d'appareillages fixes sous enveloppe métallique, utilisant l'hexafluorure de soufre(SF6):
- Cellule interrupteur.
- Cellule sectionneur.
- Cellule protection (Fusibles et Disjoncteur).
- Cellule transformateur.



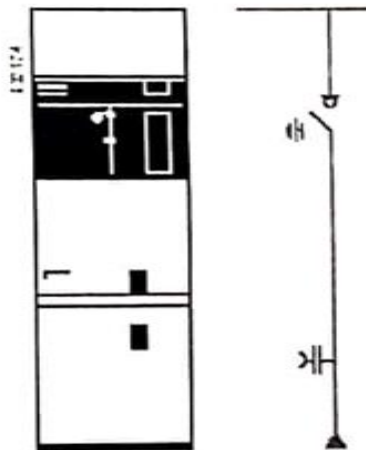
Figure II-8: L'équipement type réduit.

Les cellules SM6-36 permettent de réaliser la partie MT des postes de transformation MT/BT de distribution publique et des postes de livraison ou de répartition MT/MT de 30kV. [6]

➤ **Fonctionnement des cellules :**

❖ **Cellule arrivée ou départ :**

Equipée d'un interrupteur sectionneur à trois positions, elle permet d'assurer la continuité du jeu de barres de l'ensemble des cellules avec les câbles, de couper le courant assigné, d'isoler ce tronçon ou de mettre simultanément à la terre les trois phases des câbles Moyenne Tension.



Arrivée ou départ

Figure II-9: Cellule arrivée ou départ.

❖ Cellule interrupteur:

- ✓ La fermeture de l'interrupteur n'est possible que si le sectionneur de terre est ouvert et le panneau d'accès en place.
- ✓ La fermeture du sectionneur de terre n'est possible que si l'interrupteur est ouvert.
- ✓ L'ouverture du panneau d'accès aux raccordements n'est possible que si le sectionneur de terre est fermé.

L'interrupteur est verrouillé en position « ouvert » lorsque le panneau d'accès est enlevé.

Les manœuvres du sectionneur de terre sont alors possibles pour des essais.

➤ Equipement de Base:

- Interrupteur et sectionneur de terre.
- Jeu de barres tripolaire.
- Commande CIT.
- Indicateurs de présence de tension.
- Plages de raccordement pour câbles secs.
- 3 transformateurs de courant.
- Arrivée ou départ IM (750 mm).
- Tension assignée : 36 kV.
- Niveau d'isolement.
- Sectionnement : 195(kV crête).
- Pouvoir de coupure.
- Transformateur à vide : 16 A.
- Câbles à vide : 50 A.
- Courant de courte durée admissible 20 (kA/1s).

Le pouvoir de fermeture est égal à 2,5 fois le courant de courte durée admissible.

Caractéristique électrique. [6]

➤ Commande de manœuvre:

·commande CI2 manuelle ou motorisée avec déclencheurs d'ouverture et de fermeture à mise de tension.

➤ Accessoires:

- Motorisation.
- Contacts auxiliaires.
- Verrouillages par serrures.

- Élément chauffant 150 W.
 - Compateur de phases.
 - Indicateurs de défaut.
 - Caisson additionnel ou caisson de raccordement pour arriver câbles par le haut sans indicateur de tension.
 - Relais.
 - Plages de raccordement pour câbles secs unipolaires.
 - Sectionneur de terre aval.
 - Interrupteur et sectionneur de terre.
 - Jeu de barres tripolaire.
 - Commande CIT.
 - Indicateurs de présence de tension.
 - Équipement pour 3 fusibles à percuteur DIN.
 - Plages de raccordement pour câbles secs.
 - Unipolaires.
 - Sectionneur de terre aval.
- **Commande de manœuvre :**
- Commande C11
- **Accessoires en option :**
- Motorisation avec déclencheur d'ouverture à mise de tension.
 - Contacts auxiliaires.
 - Verrouillages par serrures.
 - Élément chauffant 150W.
 - Contact de signalisation fusion fusible.
 - Fusibles à percuteur DIN.
 - Déclencheur d'ouverture à mise de tension.
 - Caisson additionnel ou caisson de raccordement pour arriver câbles par le haut sans indicateur de tension.
 - Relais.

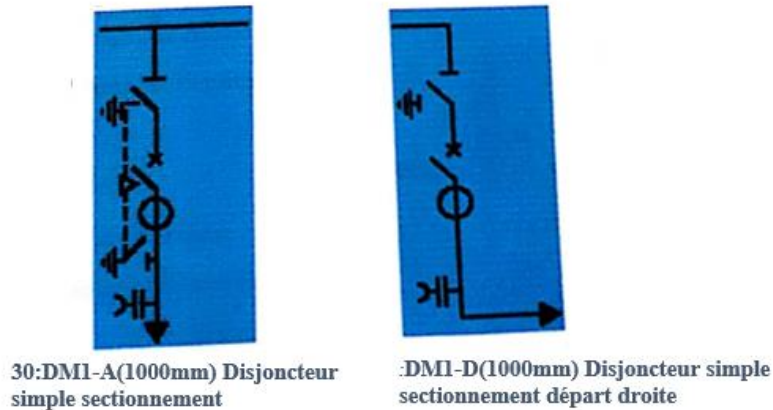
❖ **Cellule protection des transformateurs :**➤ **Disjoncteur simple sectionnement:**

Figure 0-10: Disjoncteur simple sectionnement.

- **Equipement de Base :**

- Disjoncteur SF1.
- Sectionneur et sectionneur de mise à la terre.
- Jeu de barres tripolaire.
- Commande disjoncteur RI.
- Commande sectionneur CS.
- 3 transformateurs de courant.
- Contacts auxiliaires sur disjoncteur.
- Plages de raccordement pour câbles secs.
- Sectionneur de terre aval.
- Jeu de barres tripolaire inférieur.

- **Accessoires:**

- Contacts auxiliaires sur sectionneur.
- Caisson additionnel ou caisson de raccordement pour arriver câbles par le haut sans indicateur de tension.
- Protection par unité électronique programmable Sepam si disjoncteur SF1.
- Verrouillages par serrures.
- Élément chauffant 150 W.
- Plages de raccordement pour câbles secs unipolaires.

- **Disjoncteur:**
 - Motorisation.
 - Déclencheurs.
 - Compteur de manœuvres sur commande manuelle.

- ❖ **Cellule de protection des transformateurs :**
 - **Disjoncteur double sectionnement.**
 - **Equipement de base:**
 - Disjoncteur SF1.
 - Jeu de barres tripolaire.
 - Commande disjoncteur RI.
 - 3 transformateurs de courant.
 - Contacts auxiliaires sur disjoncteur.
 - Sectionneur et sectionneur de mise à la terre.
 - Commandes sectionneurs CS.

 - **Accessoires:**
 - Contacts auxiliaires sur sectionneur.
 - Caisson contrôle.
 - Protection par relais Stat Imax ou par unité.
 - Électronique programmable Spam.
 - Verrouillages par serrures.
 - Élément chauffant 150 W.
 - Caisson additionnel ou caisson de raccordement pour arriver câbles par le haut sans indicateur de tension.

 - **Disjoncteur:**
 - Motorisation.
 - Déclencheurs d'ouverture Miton, ou à manque de tension.
 - Déclencheurs d'ouverture et de fermeture à mise de tension.
 - Compteur de manœuvres sur commande manuelle.
 - Accessoires.
 - Contacts auxiliaires sur sectionneur.
 - Caisson contrôle.

- Protection par relais Stat I_{max} ou par unité.
- Électronique programmable Spam.
- Verrouillages par serrures.
- Élément chauffant 150 W.
- Caisson additionnel ou caisson de raccordement pour arriver câbles par le haut sans indicateur de tension.

II.4) Avantages et inconvénients des équipements classique et réduite :

➤ **Avantages des équipements types réduit:**

- Un concept adapté pour l'extension de vos installations.
- Un produit conçu pour coller aux contraintes normatives.
- Des options pour la télé conduite de vos installations.
- Un faible encombrement avec des cellules au pas réduit.
- Une rationalisation de l'espace nécessaire à l'installation des tableaux.
- Une réduction des frais de génie civil.
- Une intégration aisée dans les postes de transformations.
- Les parties actives (coupure et mise à la terre) intégrées dans des enceintes scellées à vie.
- Les mécanismes de commande prévus pour fonctionner avec un entretien réduit dans les conditions normales d'exploitation.
- Une endurance électrique accrue en coupure.
- Facilité d'installation.
- Une réduction des dimensions et du poids.
- Une solution adaptée au raccordement des câbles.
- Une conception simplifiée du jeu de barres.
- Un interrupteur à 3 positions pour empêcher les fausses manœuvres.
- Un plein pouvoir de fermeture du sectionneur de mise à la terre.
- Une coupure certaine des indicateurs de position.
- Une tenue arc interne dans les compartiments câbles et appareillage.
- Un synoptique clair et animé.
- Un seul levier de manœuvre avec une fonction « anti-réflexe ».
- Des cellules compartimentées.
- Les installations, assurent la continuité de l'alimentation électrique et réduisent les temps de coupure.

➤ **Inconvénients d'équipement type réduit :**

Le SF6 est un gaz à effet de serre notable. Son coefficient GWP100 (Global Warming Potentiel sur une durée de 100ans)

Est de 24000. Ce qui veut dire qu'un kilogramme de SF6 a le même impact sur le Réchauffement climatique que celui de 24000 kg de CO₂. Sa durée de vie dans l'atmosphère est très longue, estimée entre 800 et 3200 ans. La contribution du SF6 au réchauffement terrestre pose le problème de la réduction de son utilisation à court terme, et de son Remplacement à moyen terme.

➤ **Avantages d'équipement type classique :**

- Une transparence totale des appareillages.
- Coupure visible de l'appareil.
- Possibilité d'intervention dans les cellules.
- Changement des pièces défectueuses facilement.
- Moins cher « prix d'achat intéressant ».

➤ **Inconvénients d'équipement type classique :**

- Coupure dans l'air « naissance de l'arc électrique ».
- Destruction fréquentes des interrupteurs lors des manœuvres.
- Une grande surface pour le montage de l'équipement « encombrement ».
- Lors d'achat l'équipement démonté à 100 % par plusieurs pièces et tôles.
- Difficulté lors du montage nombre important de boulonneries.
- Peu de protection pour les intervenants, limités.
- Le non possibilité de connaître l'ordre des phases, pour la phase à phase.
- La tété exploitation impossible « commande à distance ».
- Ouverture et fermeture manuelle et moins rapide.
- Signalisation absente de voyants lumineux.
- Absence d'automatisation.
- Distances de gardes importantes par rapport à la masse.
- Jeu de barre de longueur importante.
- Différents points de raccordements « point faible ».
- Effort physique lors des manœuvres. [6]

II.5) Comparaison entre les deux types de cellule : [1]

Critère	AIS POSTES OUVERTS	GIS POSTES BLINDES
Cout initial	Faible	élevé
Encombrement au sol	Important	Réduit
Maintenance	Maintenance régulière sur Les parties a l'air libre. Possibilité de facilement remplacer un composant	Peu de maintenance mais Nécessaire le support du Constructeur en cas D'intervention (souvent critique).
Flexibilité	Facile à étendre et à Modifier (sous réserve de place au sol disponible).	Extensions réalisables Mais cout élevé. Forte Dépendance vis-à-vis du Constructeur de l'équipement.
Fiabilité	Selon les composantes	Excellente (durée de vie de 30 ans
Pollutions : environnement Salin, pollution chimique, Conditions climatique extrêmes.	Sensible au niveau des parties à l'air libre.	Très résistant aux conditions extrêmes.
Installation	Réalisable par une société de services.	Nécessite le support du constructeur.
Gestion des déchets industriels	SF6 dans les chambres de Coupure des disjoncteurs, volume limité.	Gros volumes de SF6 dans les cuves.

II.6) Les techniques de coupure en MT :**➤ Les techniques de coupure :**

Pour couper les courants de charge ou de défaut, les constructeurs ont développé et perfectionné les appareils de coupure, disjoncteurs et contacteurs notamment, utilisant divers milieux de coupure : l'air, l'huile, le vide et le SF6. Si la coupure dans l'air ou l'huile a tendance à disparaître, il n'en va pas de même de la coupure dans le vide ou le SF6, « reine » de la moyenne tension.

- La coupure dans l'air.
- La coupure dans l'huile.
- La coupure dans le vide.
- La coupure dans le SF6.

On s'intéresse à deux techniques soit : l'air et le SF6.

❖ **La coupure dans l'air :**

Les appareils utilisant la coupure dans l'air à la pression atmosphérique ont été les premiers employés (disjoncteur magnétique). L'air à pression atmosphérique, malgré sa rigidité diélectrique relativement faible et sa constante de temps de dés ionisation élevée (10 μ s), peut être utilisé pour la coupure jusqu'à des tensions voisines de 20 kV. Pour cela il faut disposer d'une puissance de refroidissement suffisante et d'une tension d'arc élevée après le passage à zéro du courant pour éviter l'emballement thermique. [7]

• **Le mécanisme de coupure dans l'air :**

Le principe retenu consiste à maintenir l'arc suffisamment court, tant que l'intensité est importante, pour limiter l'énergie dissipée puis à l'allonger seulement à l'approche du zéro de courant. Ce principe a conduit à la création pour chaque pôle d'appareil, d'une chambre de coupure. Il s'agit d'un volume situé au voisinage de l'espace inter contacts et divisé par des plaques réfractaires (plaques à grande capacité d'accumulation d'énergie thermique), entre lesquelles l'arc s'étire. En pratique, lorsque le courant décroît, l'arc soumis aux efforts électromagnétiques pénètre entre ces plaques. Il s'allonge et se refroidit au contact du matériau réfractaire jusqu'à ce que sa tension d'arc devienne supérieure à celle du réseau, ainsi, la résistance d'arc augmente fortement. La puissance que peut lui apporter le réseau demeure alors inférieure à la puissance de refroidissement et la coupure devient effective.

Du fait de la longue constante de temps de dés ionisation de cette technique, l'énergie d'arc à dissiper reste élevée. En contrepartie, le risque de surtension à la coupure est quasi nul. [7]

• **Les domaines d'application de la coupure dans l'air :**

Ce type d'appareil a été très utilisé dans de nombreuses applications, mais son emploi reste limité à des tensions inférieures à 24 kV. Pour des tensions supérieures, l'air comprimé est employé de manière à améliorer la tenue diélectrique et la vitesse de refroidissement et de dés ionisation. L'arc est alors refroidi par des systèmes de soufflage à haute pression (entre 20 et 40 bars).

Cette technique a été utilisée pour des disjoncteurs à hautes performances ou pour des tensions élevées (jusqu'à 800 kV). En BT, la technique de coupure dans l'air à pression atmosphérique est utilisée universellement pour sa simplicité, son endurance, son absence de surtension et son effet limiteur. En MT d'autres techniques ont été préférées car la coupure dans l'air présente plusieurs inconvénients : c encombrement de l'appareillage (dimensions plus grandes à cause de l'allongement de l'arc), c pouvoir de coupure influencé par la présence des cloisons métalliques de la cellule contenant l'appareil et par l'humidité de l'air, c coût et bruit. Les disjoncteurs MT à coupure dans l'air ne sont quasiment plus fabriqués aujourd'hui.

- **Principales caractéristiques d'un dispositif de coupure dans l'air :**

La dimension de la chambre de coupure est principalement définie par la puissance de court-circuit du réseau (en MVA). Dans les appareils de type Solénarc, la longueur très importante de l'arc (plusieurs Mètres sous 24 kV) est obtenue dans un volume raisonnable grâce au développement de l'arc sous la forme d'un solénoïde. Compte tenu des vitesses requises pour l'ouverture des contacts, de quelques m/s, les énergies de commande sont de quelques centaines de joules. [7]

- ❖ **La coupure dans le SF6 :**

L'hexafluorure de soufre SF6, est un gaz apprécié pour ses nombreuses qualités chimiques et diélectriques. La technique de coupure dans ce gaz a été développée, dans les années 70, comme celle du vide.

- **Propriétés du SF6 :**

- **Propriétés chimiques :**

C'est un gaz non polluant, incolore, inodore, non inflammable et non toxique à l'état pur. Il est insoluble dans l'eau. Il est chimiquement inerte : sa molécule a toutes ses liaisons chimiques saturées et une énergie de dissociation élevée (+1096 kJ/mol) ainsi qu'une grande capacité d'évacuation de la chaleur produite par l'arc (enthalpie élevée). Pendant la période d'arc, sous l'effet de la température qui peut atteindre 15 000 à 20 000 K, le SF6 se décompose. Cette décomposition est quasi réversible : quand le courant diminue la température diminue, les ions et les électrons se recombinaient alors pour reconstituer la molécule de SF6. Une faible quantité de sous-produits résulte de la dégradation du SF6 en présence d'impuretés telles que le dioxyde de soufre ou le tétra fluorure de carbone.

Ces sous-produits restent confinés dans les ampoules et sont très facilement absorbés par des éléments actifs comme le silicate d'aluminium souvent placés dans l'enceinte de coupure. Le rapport 61634 de la CEI sur l'utilisation du SF6 dans l'appareillage de coupure donne des valeurs typiques de sous-produits trouvés après plusieurs années de service. Les quantités produites restent faibles et sans risque pour les personnes et l'environnement. [7]

- **Propriétés physiques**

La conductivité thermique du SF6 est équivalente à celle de l'air, mais l'étude de la courbe de conductivité thermique du SF6 à des hautes températures révèle un pic à la température de dissociation du SF6.

- **Propriétés diélectriques :**

Le SF6 a une rigidité diélectrique très élevée grâce aux propriétés très électronégatives du fluor - La durée de vie de ses électrons libres reste très faible et ils forment avec les molécules de SF6 des ions lourds à faible mobilité. La probabilité de rupture diélectrique par avalanche est ainsi retardée. - Il confère à son milieu une constante de temps de dé ionisation extrêmement faible, de l'ordre de 0,25 μ s.

• **Le mécanisme de coupure dans le SF6 :**

L'arc électrique dans le SF6 Son étude thermique permet de le décrire comme étant formé d'un plasma de SF6 dissocié, de forme cylindrique, constitué d'un noyau à une température très élevée fonction du courant coupé, entouré d'une gaine de gaz plus froid. Le noyau et la gaine sont séparés par un palier de température lié à la température de dissociation de la molécule. Proche de 2000 °C, ce palier reste inchangé lorsque l'intensité du courant varie.

➤ **Comparaison des différentes techniques :**

Aujourd'hui, dans le domaine de la BT, la coupure magnétique dans l'air est, sauf quelques rares cas particuliers, la seule employée. En THT, la technique de coupure dans le SF6 est pratiquement la seule mise en œuvre. Pour la MT, où toutes les techniques peuvent être utilisées, celles de la coupure dans le SF6 et dans le vide ont remplacé celles dans l'air pour des raisons de coût et d'encombrement et celles dans l'huile pour des raisons de fiabilité, de sécurité et de réduction de maintenance

Selon les pays, l'une ou l'autre de ces techniques est majoritairement employée essentiellement pour des raisons historiques ou de choix de constructeurs. [7]

II.7) Conclusion :

Dans ce chapitre nous pouvons conclure que la cellule type réduit (blindée (GIS)) possède des avantages techniques et économique par rapport à la cellule type classique (conventionnelle (AIS)): compacité, fiabilité, maintenance réduite. Cependant son coût de fabrication représente un investissement supérieur à celui de la technologie réduit (conventionnelle). Une analyse du coût du cycle de vie, en intégrant les aspects de coût du terrain, investissement, fiabilité, maintenance et finalement recyclage du gaz SF₆ et démantèlement peut montrer qu'elle est finalement au global moins chère.

Chapitre III:

Simulation et résultats

III.1) Introduction :

Le potentiel et le champ électrique à la fréquence industrielle est un phénomène qui existe autour de tout ouvrage de transport d'énergie électrique, lignes et postes électriques, c'est la valeur de plus en plus élevée des tensions utilisées qui conduit à prendre les conséquences de ce phénomène en considération.

Dans cette partie nous avons utilisé le logiciel COMSOL qui nous a permis de simuler (le champ électrique E et le potentiel V).

Pour cela, nous avons rendu visite à SONELGAZ LAGHOUAT, et avec l'aide des opérateurs, nous avons mesuré les dimensions réelles de deux postes (classique, réduit) qui ne fonctionnent pas, pour nous aider à obtenir un meilleur résultat. Tension de service est 30 kV.

III.2) Présentation du logiciel COMSOL multiphysics (version 5.5) :

➤ Définition :

Le logiciel COMSOL, anciennement appelé FEMLab, est avant tout un outil de résolution d'équations aux dérivées partielles par éléments finis. Sa particularité est de disposer d'une base de données d'équations permettant de modéliser différents phénomènes physiques comme l'électrostatique, l'écoulement de fluides ou encore la déformation des matériaux. Développé initialement comme une toolbox de Matlab, il dispose aujourd'hui de son propre environnement graphique permettant à la fois le dessin des géométries et l'affichage de résultats en post-traitement. Ce programme permet de coupler des physiques "simples" ou d'étudier des phénomènes multi physiques. Pour étendre les simulations possibles, COMSOL Multiphysics comprend plus de 30 modules complémentaires qui offrent des interfaces et des outils spécialisés en génie électrique, mécanique, fluidique et chimique. [7]

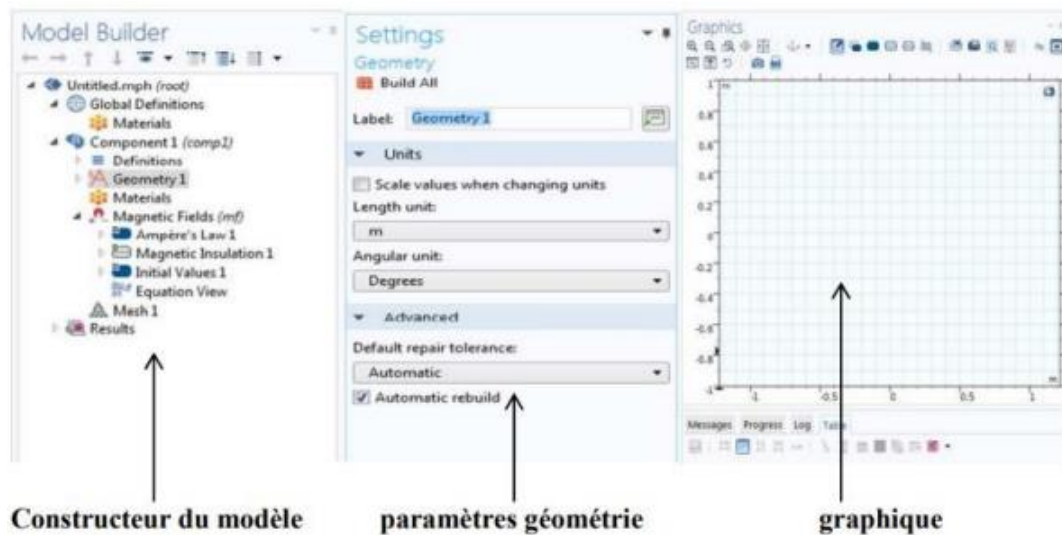


Figure III-1:Présentation du logiciel COMSOL.

➤ **Principe d'utilisation :**

Des modules d'applications optionnels offre des interfaces spécialisées notamment en mécanique linéaire et non-linéaire, acoustique, écoulement, transfert de chaleur, Génie chimique, géophysique, électromagnétisme basse et haute fréquence corrosion, Plasma suivi particule optimisation, MEMS, ainsi qu'avec les logiciels de CAO et MATLAB. Ce logiciel est multi plateforme (Windows, Mac, Linux). En plus des physiques précitées, COMSOL MULTIPHYSICS autorise l'utilisateur à définir ses propres systèmes d'équations aux dérivées partielles (EDP), soit sous forme différentielle, soit sous formulation faible. Les couplages avec des équations aux dérivées ordinaires (EDO) et des équations allégo différentiels (EAD) sont également possibles. Les différentes étapes du processus de modélisation :

- Choix de la dimension : 3D, 2D, axisymétrique...
- Choix des modules physiques : Transfert de chaleur, transport d'espèces...
- Choix du type d'étude : Stationnaire, Temporelle, Fréquentielle...
- Construction de la géométrie.
- Choix du (des) matériau(x).
- Identification du module physique.
- Paramétrage et calcul du maillage.

- Paramétrage et calcul de l'étude.
- Représentation graphique des résultats. [7]

III.3) Le maillage :

Le maillage correspond à la géométrie (appelés mailles) définis par des points (appelés nœuds). Ces nœuds constituent les connexions entre les mailles. Le maillage peut être réalisé automatiquement par le logiciel. L'algorithme prend pour point de départ les éléments de la géométrie et crée des nœuds supplémentaires jusqu'à satisfaire des critères prédéfinis comme le nombre de mailles ou la taille maximale des mailles. On peut utiliser les tailles prédéfinies (extra grossier, grossier, normal, fine, extra fine ...) par le logiciel ou agir sur les paramètres de génération du maillage. [7]

III.4) Présentation et discussion des résultats obtenus :

❖ Cellule classique :

Une cellule moyenne tension type classique ayant l'arrangement et les coordonnées géométriques montrés dans les figures présentées ci-dessous, la tension service est 30kV. Nous avons procédé dans le cadre de ce travail à des calculs effectués sur l'électrostatiques. Le calcul du champ électrique et le potentiel dans notre étude est effectué sur les dimensionnement suivant :

- Hauteur des conducteurs : $H1 = H2 = H3 = 2.4\text{m}$.
- Espacement entre conducteur : $D12 = 40\text{ cm}$, $D23 = 40\text{ cm}$,
- Espacement entre la masse de cellule est le conducteur $DM1 = DM3 = 46\text{ cm}$.
- Hauteur de cellule : $H = 350\text{cm}$.
- Largeur de cellule : $L = 172\text{cm}$.
- Rayon du conducteur de phase $= 5\text{cm}$.

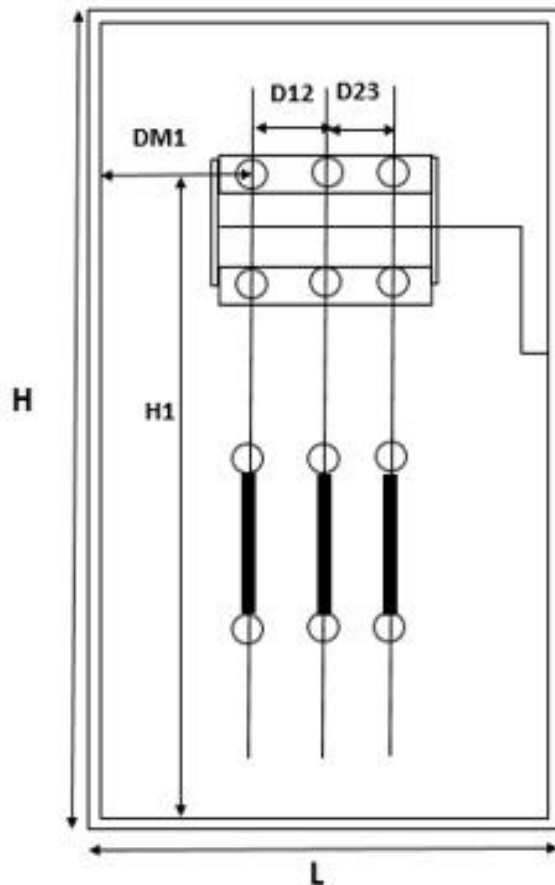


Figure III-2: Schéma de cellule de protection classique.

C'est un type de cellule électrique où les conducteurs sont disposés sur un même plan horizontal c'est-à-dire même hauteur par rapport à la terre est entre eux. Utilisé dans les postes électriques de type classique (isolation par air).

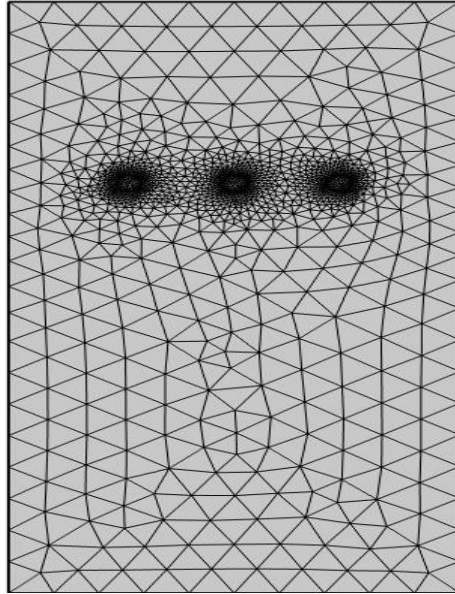


Figure III-3:Maillage de la cellule classique

Pour ce type cellule nous avons calculé le champ électrique et le potentiel, pour une tension de service 30kV. Nous avons trouvé les résultats suivant :

➤ **Potentiel électrique :**

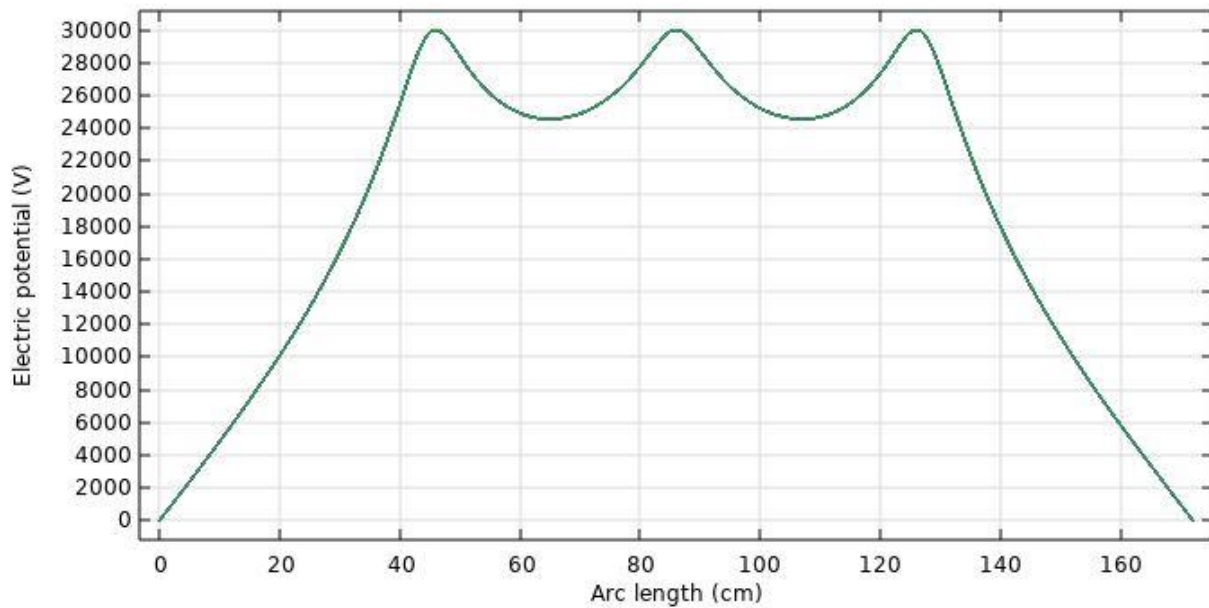


Figure III-4:Potentiel électrique.

On constate que les valeurs obtenues pour le potentiel sont confondues avec les valeurs exactes pour la majorité des points $V=30$ kV la valeur de potentiel électrique atteindre la valeur maximale au niveau du les trois conducteurs mais il diminuer entre eux .

- **Champ électrique :**
 - **Entre masse-phase :**

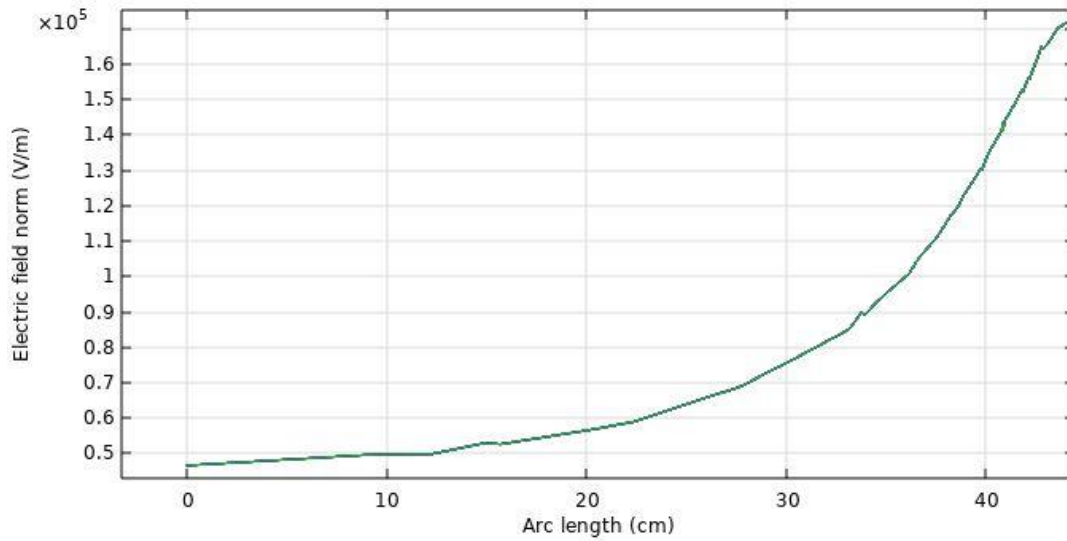


Figure III-5: Champ électrique entre phase-masse.

D’après la figure III.5 ont vu que le champ électrique crée entre la masse de cellule et le conducteur augmente jusqu’à une valeur de $1.72 \cdot 10^5$ (V/m).

- **Entre phase-phase :**

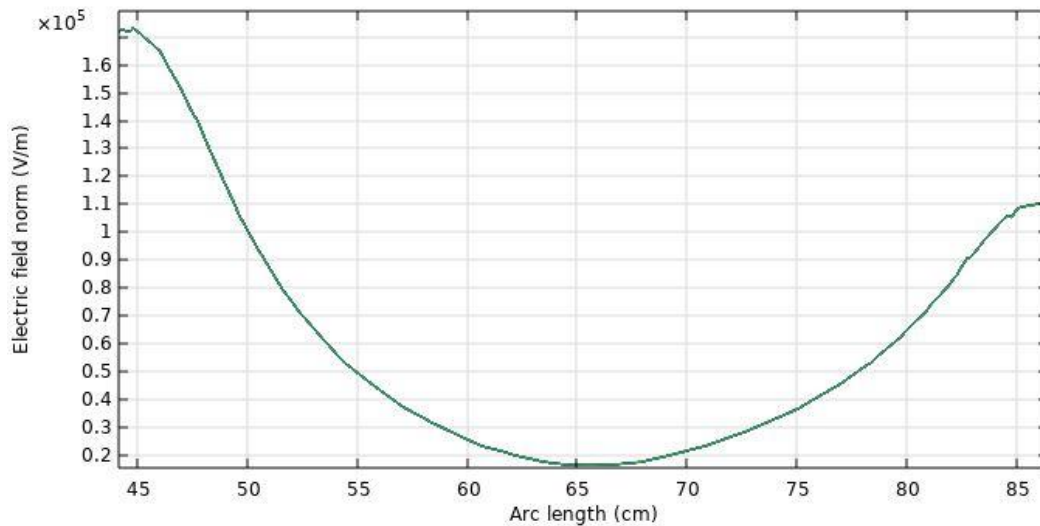


Figure III-6: Champ électrique entre phases.

D'après la figure III.6 on a vu que l'intensité de champ électrique diminue lorsque on s'en va si loin du conducteur électrique à une valeur très faible puis il augmente jusqu'à une valeur de $1.1 \cdot 10^5$ (V/m).

➤ **Champ électrique :**

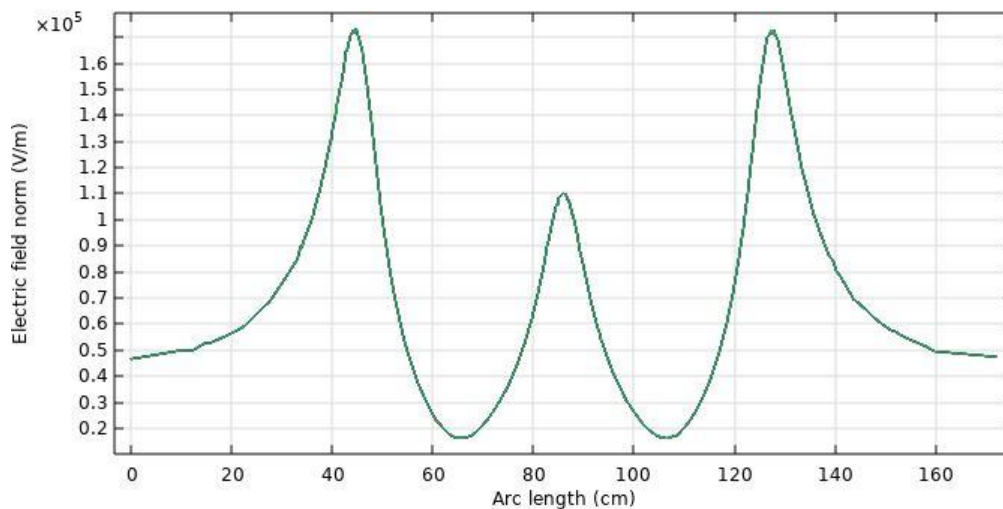


Figure III-7: Champ électrique.

D'après la figure III.7 pour une tension $V=30$ kV, on peut alors déduire que le calcul présente une bonne précision, la courbe montre que le champ électrique augmente dans les conducteurs aux cotés jusqu'à $E_{\max} = 1.72 \cdot 10^5$ (V/m) puis il atteint un minimum à une distance située entre les conducteurs, il augmente ensuite lentement jusqu'au point de symétrie de $1.1 \cdot 10^5$ (V/m) puis croît de nouveau, est à cause de la mutualité des champs électriques créés par les deux conducteurs.

❖ **Cellule réduite :**

On considère une cellule moyenne tension type réduite ayant l'arrangement et les coordonnées géométriques montrés dans les figures présentées ci-dessous, la tension service est 30 kV. Nous avons procédé dans le cadre de ce travail à des calculs effectués sur l'électrostatique. Le calcul du champ électrique et le potentiel dans notre étude est effectué à une hauteur de 1.10 m à partir du sol.

Hauteur des conducteurs : $H_1 = H_2 = H_3 = 1.10$ m.

Espacement entre conducteurs : $D_{12} = 25$ cm, $D_{23} = 25$ cm, $D_{13} = 25$ cm, $D_{1M} = 47$ cm

Rayon du conducteur de phase = 7 cm

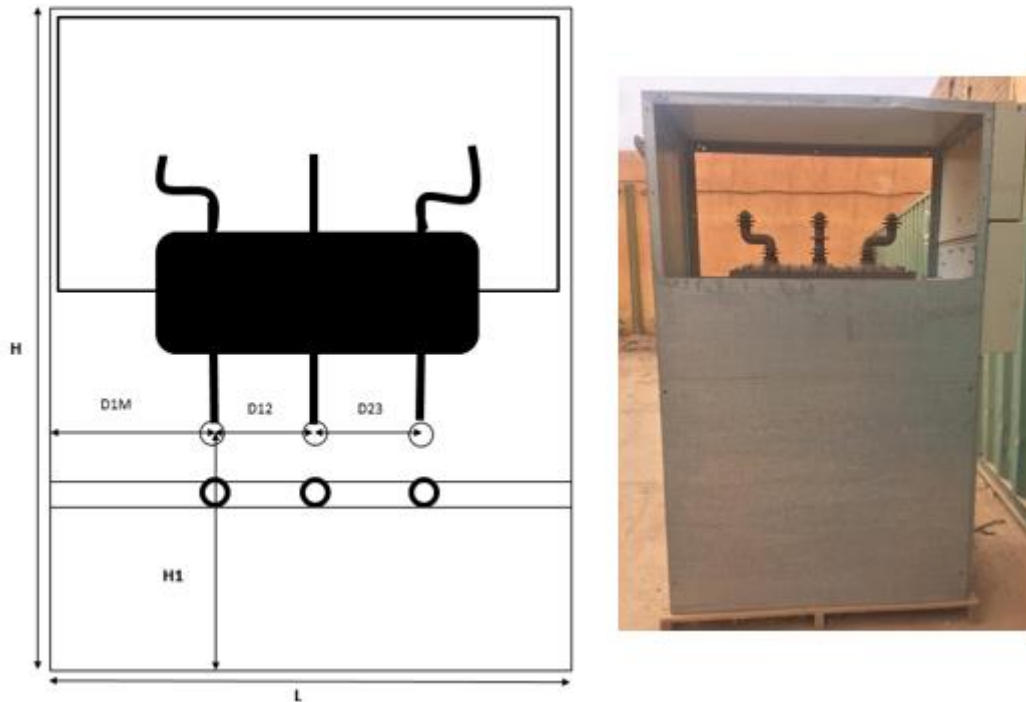


Figure III-8:Schéma de cellule de départ réduit.

C'est un type de cellule électrique où les conducteurs sont disposés sur un même plan horizontal c'est-à-dire même hauteur par rapport à la terre est entre eux. Utilisé dans les postes électriques de type réduit (isolation par air).

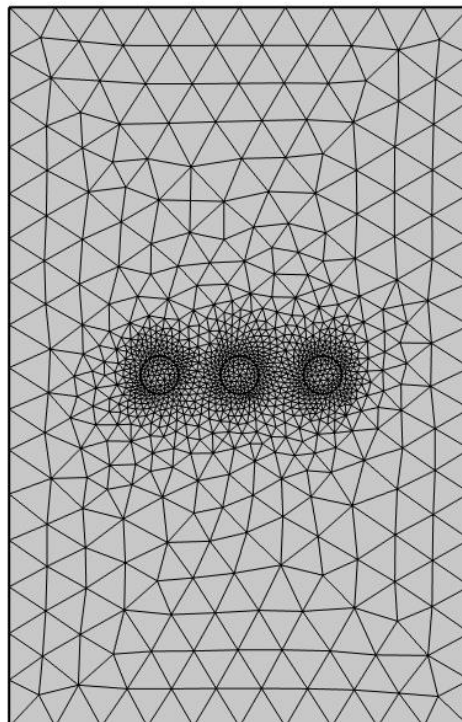


Figure III-9:Maillage cellule réduit.

Pour ce type cellule nous avons calculé le champ électrique et le potentiel, pour une tension de 30 kV. Nous avons trouvé les résultats suivant :

➤ **Potentiel électrique :**

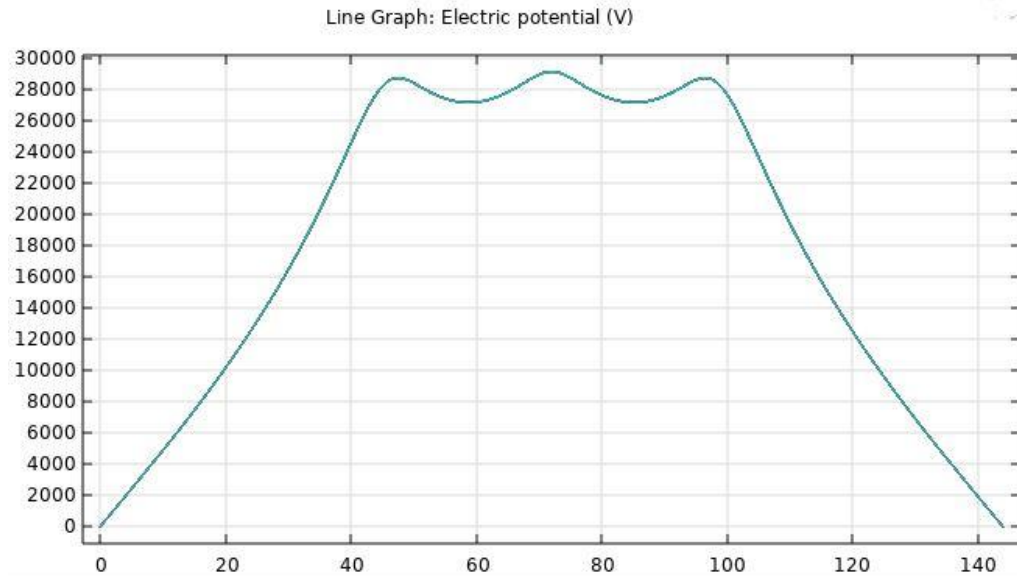


Figure III-10:Potentiel électrique.

D’après la figure III.10 La valeur du potentiel calculée vaut $V = 30\text{kV}$ ces valeurs obtenues sont confondues avec les valeurs exactes pour la majorité des points, aussi bien pour les conducteurs de phases que ceux de bornes.

➤ **Champ électrique :**

- **Entre masse-phase :**

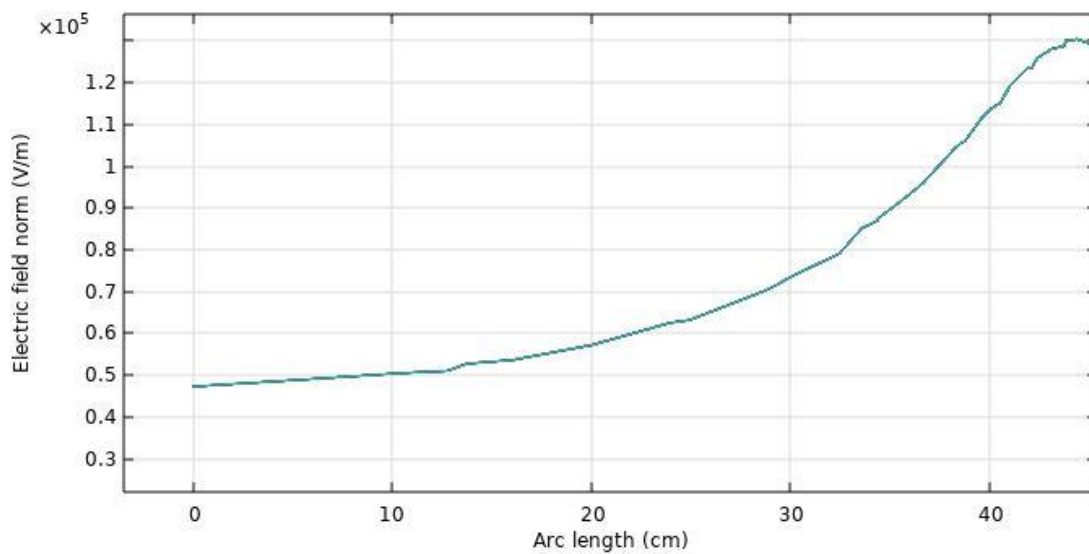


Figure III-11:Champ électrique masse-phase.

D'après la figure III.11 ont vu que le champ électrique crée entre la masse de cellule et le conducteur augmente jusqu'à une valeur de 1.3×10^5 (V/m) .

- **Entre phases :**

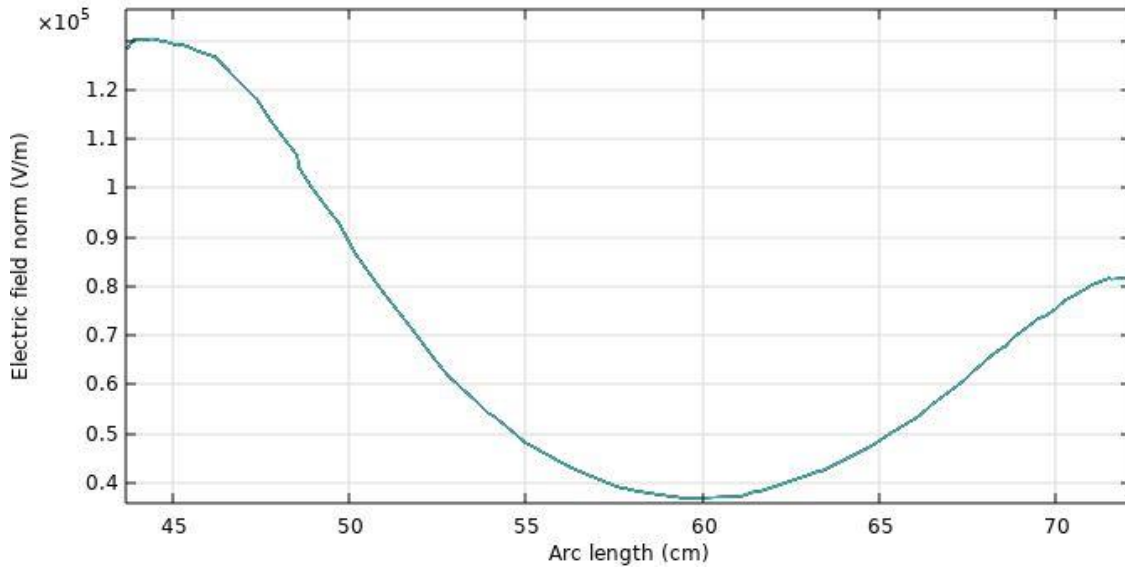


Figure III-12:Champ électrique entre phases.

D'après la figure III.14 ont vu que l'intensité de champ électrique diminuer lorsque on quand on s'en va si loin du conducteur électrique puis il augmente jusqu'à une valeur de 1.1×10^5 (V/m).

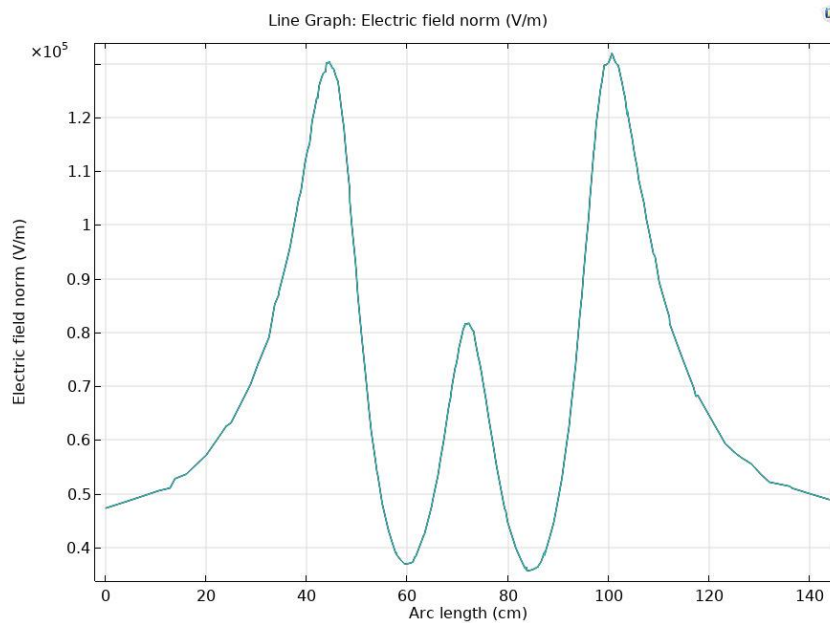


Figure III-13:Champ électrique.

D'après la figure III.13. Nous remarquons que la distribution du champ est presque similaire à la configuration précédente, le champ électrique augmente légèrement aux niveaux des conducteurs de côté jusqu'à $E_{max} = 1.3 \cdot 10^5$ (V/m). Est diminué dans le conducteur du centre pour une valeur de $E = 0.8 \cdot 10^5$ (v/m) par effet de la mutualité des champs électrique attenant. L'intensité du champ électrique est par rapport la valeur maximale obtenue Mais le potentiel resté le même.

➤ **Comparaison entre cellule classique et réduit :**

	Cellule classique	Cellule réduit	Déférence
Largeur (m)	1.72	1.40	20%
Hauteur (m)	3.50	2.25	36%
Distance phase/phase (cm)	40	25	37.5%
Type d'isolant	air	SF6	SF6 mieux que l'aire
Intensité de champ électrique (v/m)	$2.2 \cdot 10^5$	$1.95 \cdot 10^5$	11%
Installation	Réalisable par une société de services	Nécessite le support du constructeur	Nécessite le support du constructeur

III.5) Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la présentation des différents résultats obtenus par logiciel de simulation COMSOL Multiphysics au calcul des champs électriques générées par les deux types de cellule. (Classique/réduit)

Nous avons remarqué à travers les résultats obtenus que la variation du champ électrique E en fonction du lieu isolant que le champ électrique possède une distribution symétrique, le champ électrique généré par une cellule classique est élevé par rapport au champ électrique calculé au niveau cellule réduit, mais le potentiel reste le même

Les résultats permettent de donner des plusieurs avantages soit de l'aspect financier ou d'investissement, et l'aspect important, qui est de protéger l'environnement et la vie humaine

III.6) Conclusion Générale :

Il est connu que les postes électriques sont des éléments principaux du réseau électrique. Ils reçoivent l'énergie électrique, la transforment (en passant d'un niveau de tension à une autre) et la répartissent (en assurant la jonction des différents réseaux électriques).

Nous avons présenté dans ce mémoire, les différents types, architecture et constitution et différent d'isolement dans les postes MT.

Par la suite, on a fait une comparaison entre deux cellules d'un poste MT pour cela on peut conclure que :

Les équipements de type classique, présentent une gamme de dispositifs utilisée auparavant par la SONELGAZ en Algérie, mais néanmoins ces équipements sont devenus anciens et même dépassés face aux dispositifs de haute qualité. Pour ces raisons les dispositifs de type réduit ont remplacé l'équipement type classique Les équipements type réduit sont parfaitement adaptés à la télé conduite et à la motorisation avec la possibilité d'une protection et de contrôle.

La SONELGAZ dans ces dernières années a écarté ses équipements classiques pour être remplacé par les équipements de type réduit.

Pour notre étude pratique, nous avons simulé numériquement à l'aide du logiciel de COMSOL Multiphysics l'influence du type d'isolant utilisé (air.SF6 ...) sur la variation du champ électrique aussi que le potentiel électrique. D'après les résultats de simulation on constate que le type d'isolant et le changement de coordination d'isolement affecte beaucoup sur la variation de champ électrique aussi que le potentiel.

Cela donne beaucoup des avantages pour le développement des postes électriques MT

Parmi ces avantages :

- Moindre le coût de construction des postes électriques
- Minimise le dimensionnement d'équipement électrique
- Développement et de technologie de commande et protection
- Minimiser l'intervention humaine sur la gestion des postes électriques

Ce travail nous a permis d'enrichir les connaissances acquises pendant notre formation universitaire. Enfin, nous espérons que ce travail apportera un plus aux études à venir.

Bibliographie

Références bibliographiques

- [1]. Saoudi Hiba, Tchamakdji Chaima,«ETUDE D'UN POSTE ELECTRIQUE THT/HT»,Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene,JUIN 2020.
- [2] Suivi et Réalisation Des Postes MT-BT. (Sonelgaz) (2002)..
- [3]. Radhwane Sadouni, «La sécurité dans les postes de distribution MT/BT»,Département Sciences et Technologies, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université de Ghardaia.
- [4]. Samir Berkane, «Technologies Des Equipements Electriques Des Postes HTB».Universite mouloud mammeri de tizi-ouzou,2017.
- [5]. D. Fulchiron, «surtensions etcooordination de l'isolement»,édition décembre 1992.
- [6]. Kouadri Hadda, « Equipement des postes de distrubition MT/BT »Mèmoire de fin d'études,Universite amar telidji, laghouat,juin 2006.
- [7]. Mokhtari mehdi, Amarouche Samir,«Etude d'un système de stockage thermique par chaleur latente à changement de phase : application au refroidissement d'un capteur photovoltaïque»,Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou,.
- [8]: Éclateur d'isolement vx-1 - INGESCO.