

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etude de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière :Génie Electrique

Spécialité : ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE

Présenté par
Samir BERKANE

Mémoire dirigée par Karim HADJSAID

Thème

Technologies Des Equipements Electriques Des Postes HTB.

Mémoire soutenu publiquement le 23 / 09 / 2017 devant le jury composé de :

M Meziane AOUES

MACA, UMMTO, Président

M Karim HADJSAID

MACA, UMMTO, Encadreur

M Azzouz MIOUAT

MACA, UMMTO, Examineur

M Hamza BESSAI

MACA, UMMTO, Examineur

Remercîments

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail.

je tiens à exprimer mes plus sincères et chaleureuses remerciements et gratitude pour mon encadreur M^r HADJSAID Karim qui m'a proposé ce sujet et la suite de ses aides durant ce travail.

je remercie également toutes les personnes, qui m'ont soutenu, membres de la famille et mes amis

je remercie vivement les membres de jury qui

me feront l'honneur d'évaluer

mon travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- Mes parents.
- Mes frères et soeurs.
- Mes neveux.
- Mes cousins et cousines
- Mes amis.

Liste des figures

Figure I-1 : Schéma simplifié de l'alternateur	3
Figure I-2 : Schéma de principe d'un réseau d'énergie électrique	4
Figure I-2 : Schéma de principe d'une centrale hydroélectrique.....	5
Figure I-3 : Schéma d'une turbine a vapeur	6
Figure I-4 : Schéma de principe d'une centrale à gaz	7
Figure I-5 : Schéma de principe d'une centrale solaire	7
Figure I-6 : Schéma de principe d'une centrale photovoltaïque.....	8
Figure I-7 : Schéma de principe d'une centrale nucléaire	9
Figure I-8 : Centre de contrôle dispatching	13
Figure II.1 : Un transformateur de puissance dans un poste électrique.....	16
Figure II.2 : Schéma de principe d'un transformateur de courant avec une seule spire au primaire	17
Figure II.3 : Schéma d'un autotransformateur.....	18
Figure II.3 : Poste classique extérieur.....	22
Figure II.4 : Poste blindé.....	23
Figure II. 5: Remorque HT 220/60-30kv.....	25
Figure II. 6 : phase associées	28
Figure II. 7 : phase mixte	28
Figure. III.1 : Disjoncteur à air comprimé	34
Figure III-2 : Constitution d'un disjoncteur à huile.....	35
Figure III-3: disjoncteur au SF6.....	36
Figure III.4 : Disjoncteur auto pneumatique.....	38
Figure III.5 : Disjoncteur auto soufflage	39
Figure IV. 1: Sectionneur de type verticale	55
Figure IV.2 : Sectionneur de type extérieure.....	56
Figure IV.3 : Sectionneur à 2 colonnes tournantes à coupure centrale	58

Figure V.1 Représentation schématique du principe de fonctionnement d'un transformateur	60
Figure V.2 : Représentation transformateur de puissance	61
Figure VI.1 : Batterie de condensateurs avec une résistance de décharge	76
Figure VI.2 : – Condensateur HTA avec et sans fusibles internes : schémas de la disposition interne	77
Figure VI.3 : Vue interne d'un condensateur à fusible internes	78
Figure VI.4 : Évolution des technologies des condensateurs	79
Figure VII-1: Transformateur de tension.....	81
Figure VII-2 : Transformateur de courant	83
Figure VII-3 : Transformateur de courant avec ampèremètre	84

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	----------

CHAPITRE I:GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES HT

I.1 Introduction	2
I.2 Les réseaux électriques à Haute Tension.....	2
I.3 Les dispatching	12
I.4 Mouvement d'énergie variation de la demande et variation de la production.....	13
I-5-Conclusion	14

CHAPITRE II: POSTE ELECTRIQUES HAUTE TENSION

II.1 Introduction	15
II.2 les éléments des postes HT	15
II.3 Famille des postes	21
II.4 Architecture Et Schémas De Postes	25
II.5 Différents types de jeux de barre et travées	27
II.6 Conclusion.....	31

CHAPITRE III : TECHNOLOGIE DES DISJONCTEURS HAUTE TENSION

III.1 Généralités	32
III.2 Les différents types de disjoncteurs.....	33
III.3 Les commande des disjoncteurs	43
III.4 Les protections des disjoncteurs	46
III.5 Les accessoires des disjoncteurs	49
III.6 Les courbes de déclenchement	49
III.7 Conclusion	52

CHAPITRE IV : TECHNOLOGIE DES SECTIONNEURS HAUTE TENSION

IV.1 Généralités	53
IV.2 Caractéristique des sectionneurs.....	53
IV.3 Différentes types.....	54
IV.4 Conclusion	58

CHAPITRE V : TECHNOLOGIE DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

V.1 Généralités	59
V.2 Définition	59
V.3 constitution et principe de fonctionnement.....	59
V.4 Différentes types des transformateurs.....	62
V.5 Couplage des transformateurs.....	64
V.6 Accessoires des transformateurs de puissance.....	68
V.7 Les protections des transformateurs.....	72
V.8 Conclusion	74

CHAPITRE VI: LES BATTERIE DE CONDENSATEURS

VI.1 Introduction.....	75
VI.2 Généralités sur batterie de condensateurs.....	75
VI.3 Mode de réglage des dispositifs de compensation	77
VI.4 Constitution des batteries des condensateurs.....	77
VI.5 Conclusion	80

CHAPITRE VII : TECHNOLOGIE DES TRANSFORMATEURS DE MESURE

VII.1	Introduction	81
VII.2	Les transformateurs de tension.....	81
VII.3	Les transformateurs de courant	82
VII.4	Conclusion.....	84

CHAPITRE VIII: LES SERVICES AUXILIAIRES

VIII.1	but et définition	85
VIII.2	Constitution (TSA, tableaux des auxiliaires alternatif, batteries redresseur ,groupe électrogène)	85

CONCLUSION GENERALE	90
----------------------------------	-----------

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION GENERALE

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 réseaux de distributions ont pour rôle de mettre l'énergie électrique de bonne qualité à la disposition des abonnés, une qualité parfaite de l'énergie suppose une continuité de service. L'importance des conséquences possibles d'une interruption de service de quelques minutes peut être considérable, tant sur la marche des centrales que pour les usagers.

L'acheminement de l'énergie électrique des centrales de production jusqu'aux centres de consommations ne se fait pas toujours dans les meilleures conditions; souvent les réseaux de transport sont le siège d'un nombre d'incidents causés par des défauts susceptibles d'affecter aussi bien la continuité que la qualité de service. L'étude des moyens à mettre en oeuvre pour obtenir une bonne qualité de service, nécessite la connaissance du fonctionnement des réseaux de distribution en régime normal et en présence des défauts. Une exploitation rationnelle d'un réseau électrique est donc tributaire en grande partie de dispositifs de protections chargés de la détection et la séparation sélective de tout élément du réseau en défaut et cela dans les plus brefs délais, sous peine de détruire les installations, de provoquer l'effondrement du réseau et de priver d'énergie les utilisateurs potentiels. L'évolution des dispositifs de protection est étroitement liée à l'évolution de puissance et de structures des réseaux électriques.

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.

Notre objectif est d'étudier la technologie des équipements électriques pour bien protéger et de mettre en service une installation électrique et de son réseau de distribution. Pour ce faire on a subdivisé notre travail en huit chapitres:

- * Le premier chapitre généraliste sur les réseaux électriques HT.
- * Le deuxième chapitre est réservé à les postes électriques HT.
- * le troisième chapitre est consacré à la technologie des disjoncteurs HT.
- * le quatrième chapitre, la technologie des sectionneurs HT.
- * le cinquième chapitre technologies des transformateurs de puissance.
- *Le sixième chapitre pour les batteries de condensateurs.
- *Le septième chapitre pour la technologie des transformateurs de mesure.
- *Le dernier chapitre, les services auxiliaires. En fin on termine par une conclusion générale.

Chapitre I:

GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUE HT

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.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

I.2 Les réseaux électriques a haute tension :

I.2.1 Description des réseaux modernes :

Un réseau d'énergie électrique est aujourd'hui un ensemble de circuits complexes interconnectés.

Le réseau électrique peut être subdivisé en quatre parties essentielles :

La production de l'énergie électrique

Le transport et les répartitions

La distribution

La charge

I.2.1.1 La production :

L'alternateur :

Un alternateur est une machine rotative qui convertit l'énergie mécanique fournie au rotor en énergie électrique à courant alternatif.

Plus de 95 % de l'énergie électrique est produite par des alternateurs : machines électromécaniques fournissant des tensions alternatives de fréquence proportionnelle à leur vitesse de rotation. Ces machines sont moins coûteuses et ont un meilleur rendement que les dynamos, machines qui délivrent des tensions continues (rendement de l'ordre de 95 % au lieu de 85 %).

Le moteur d'entraînement peut être :

- Un moteur diesel
- Une turbine à gaz, à vapeur ou hydraulique
- Ou une éolienne

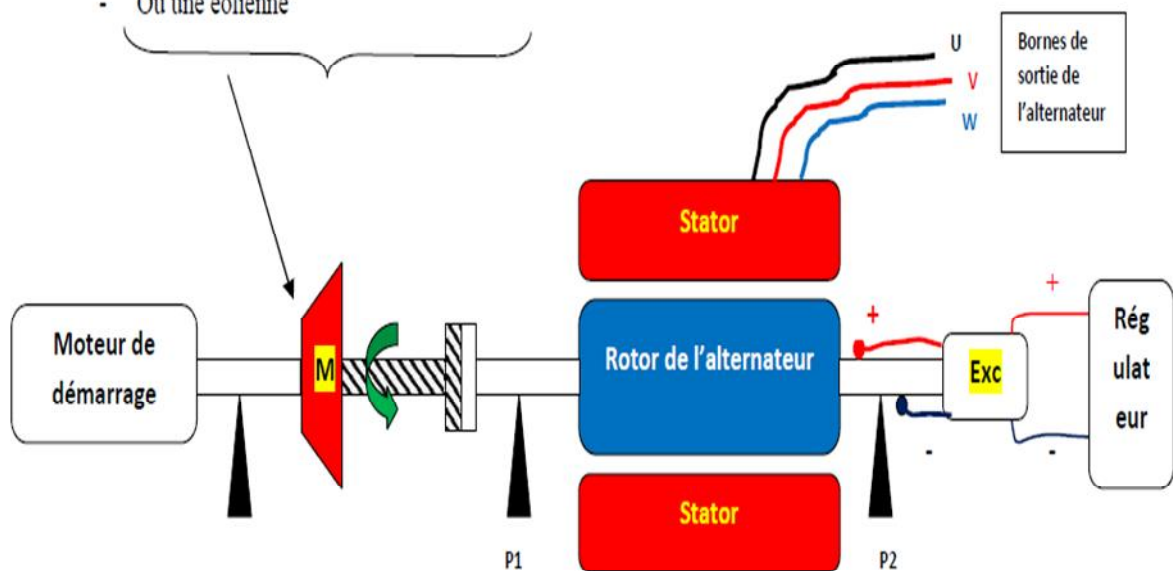


Figure I-1 : Schéma simplifié de l'alternateur.

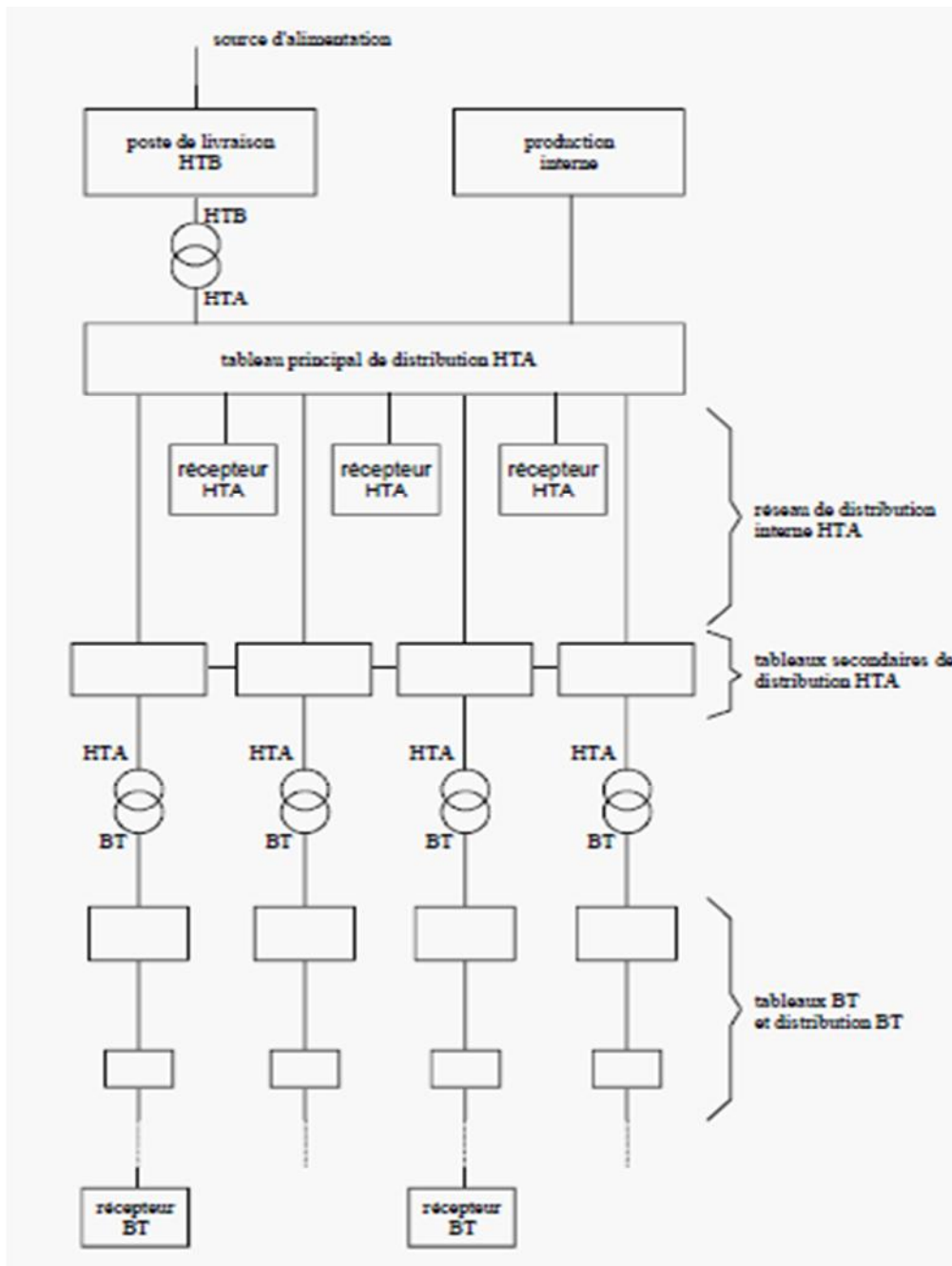


Figure I-2 : Schéma de principe d'un réseau d'énergie électrique

La source d'énergie mécanique soit :

Une turbine est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide gazeux (vapeur, air, gaz de combustion) ou d'un liquide, pour faire tourner un arbre solidaire des pales de la turbine.

Une turbine hydraulique est une roue à aubes destinée à être entraînée par un liquide en mouvement.

Une **turbine hydraulique** est une machine tournante qui produit une énergie mécanique à partir d'eau en mouvement (cours d'eau ou marée) ou potentiellement en mouvement (barrage). Elle constitue le composant essentiel des centrales hydroélectriques destinées à produire de l'électricité à partir d'un flux d'eau. Elle a été inventée par Benoît Fourneyron en 1832.

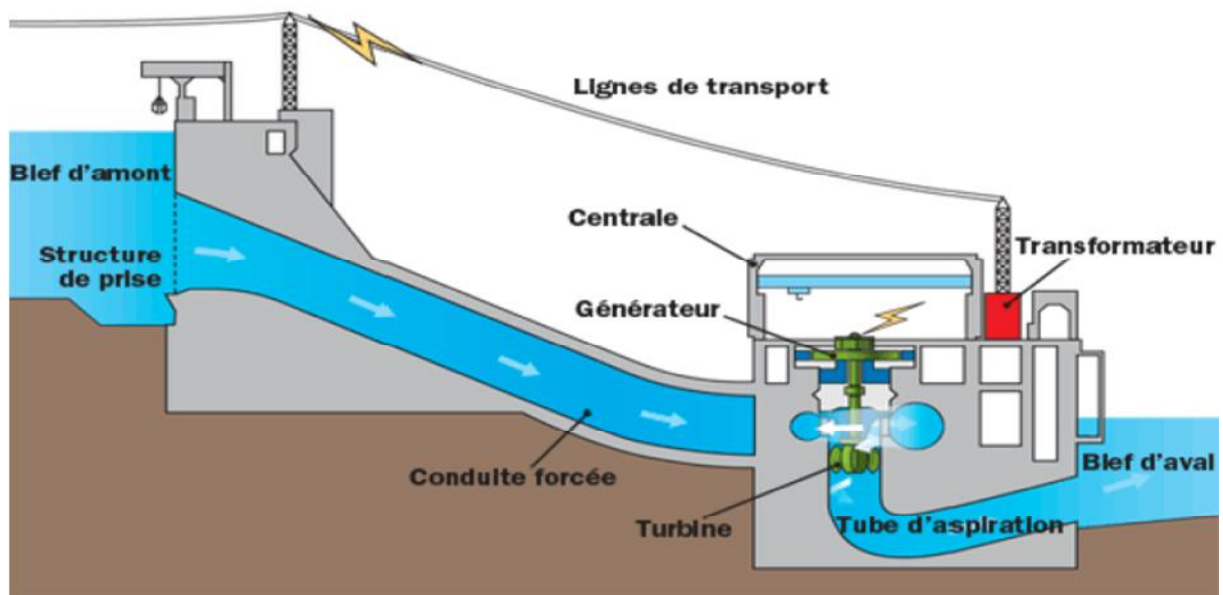


Figure I-2 : Schéma de principe d'une centrale hydroélectrique.

Une turbine à vapeur :

Une turbine est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide gazeux (vapeur, air, gaz de combustion) ou d'un liquide, pour faire tourner un arbre solidaire des pales de la turbine.

Les roues à aubes ou les ailes des moulins sont des turbines.

Dans une centrale thermique « turbine à vapeur » de production d'électricité, une source de chaleur produit de la vapeur (à 600 °C et 160 bars) qui entraine la turbine qui à son tour entraine un alternateur qui produit alors de l'électricité.

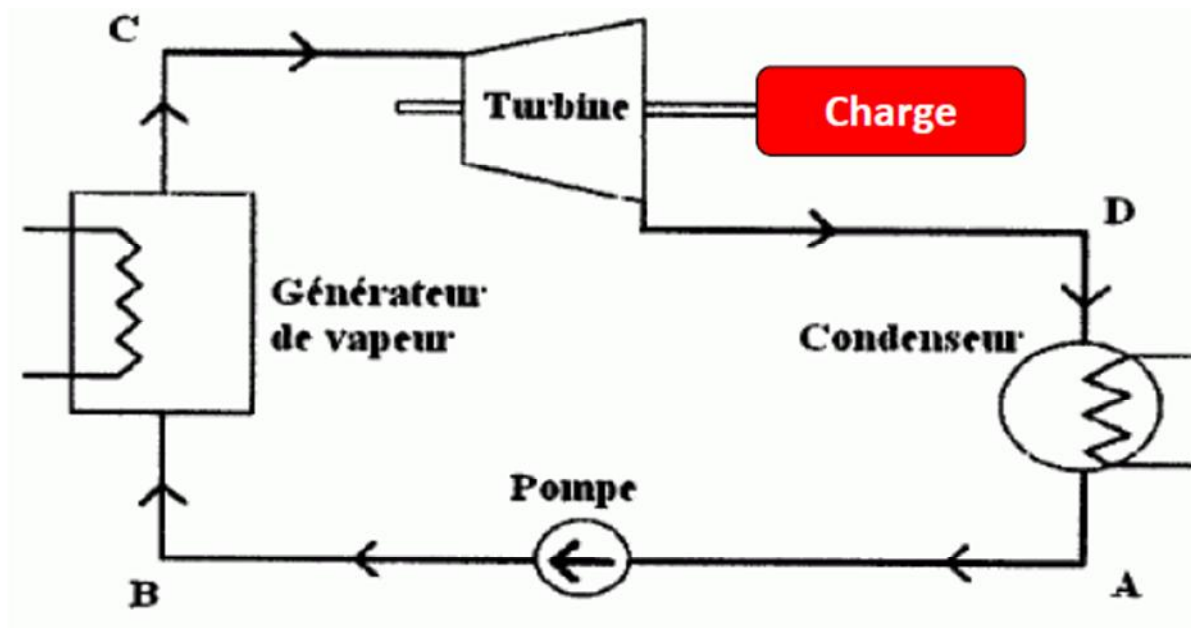


Figure I-3 : Schéma d'une turbine a vapeur.

Centrale thermique à gaz :

Les centrales électriques à vapeur existent depuis plus de 100 ans. La principale amélioration est le remplacement dans les machines de Watt des moteurs à pistons par des turbines. La température maximum de la vapeur, même sous haute pression ne dépasse pas 500°C, ce qui fait que les ailettes en acier des turbines résistent bien et peuvent être amincies et profilées.

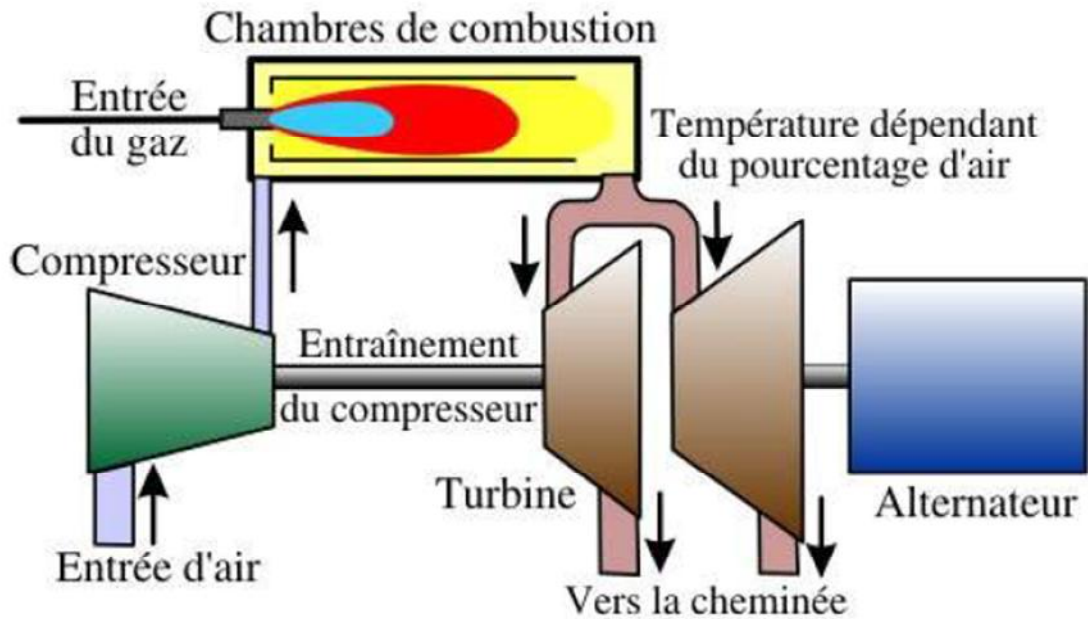


Figure I-4 : Schéma de principe d'une centrale à gaz.

Centrales électriques TV fonctionnant à l'énergie solaire (Ou centrales solaires thermodynamiques).

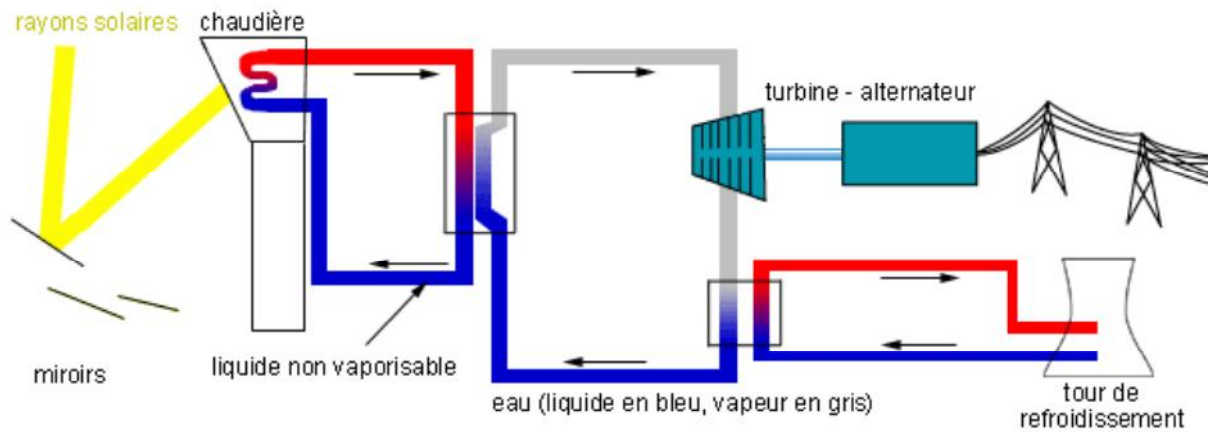


Figure I-5 : Schéma de principe d'une centrale solaire.

Centrale photovoltaïque :

Une centrale photovoltaïque est un moyen de production d'électricité industriel qui permet de produire de l'électricité grâce à la lumière du soleil.

Les panneaux photovoltaïques sont capables de créer un courant électrique grâce à l'énergie qu'ils reçoivent du soleil sous forme d'ondes électromagnétiques appelées photons. C'est l'effet photovoltaïque, découvert en 1839 par Becquerel.

3. éléments principaux sont nécessaires à une installation photovoltaïque :

1. des panneaux solaires,
2. un onduleur
3. et un compteur.

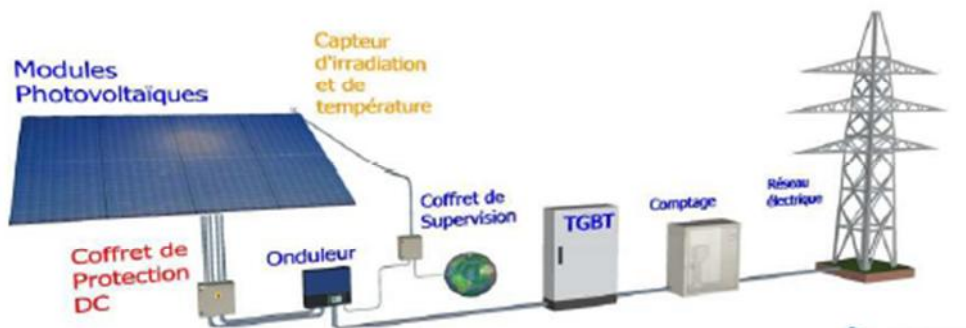


Figure I-6 : Schéma de principe d'une centrale photovoltaïque.

Centrale nucléaire :

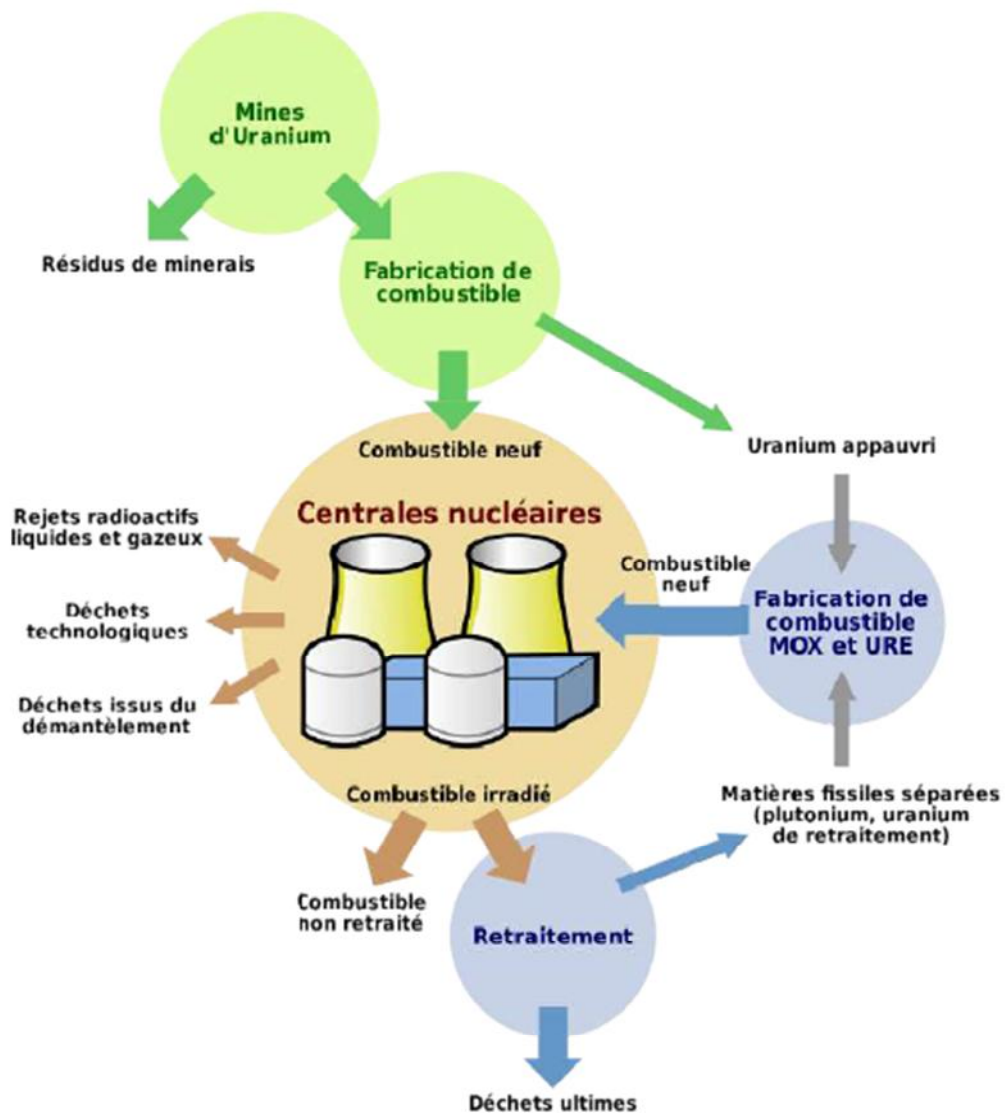


Figure I-7 : Schéma de principe d'une centrale nucléaire.

Les lignes électriques se décomposent en trois catégories :

a) Les réseaux de transport :

Tout transfert d'énergie impose d'utiliser un système de liaisons associant une grandeur de flux et une grandeur d'effort. Pour le transfert d'énergie par l'électricité, la grandeur d'effort est la tension et la grandeur de flux est l'intensité du courant. La plus grande partie de l'énergie perdue lors de ce transfert dépend de la grandeur de flux, responsable des pertes liées au déplacement.

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

Les pertes en ligne sont principalement dues à l'effet Joule, qui ne dépend que de deux paramètres : la résistance et l'intensité du courant. L'utilisation de la haute tension permet, à puissance transportée équivalente, de diminuer le courant et donc les pertes. Par ailleurs, pour diminuer la résistance, aux fréquences industrielles, il n'y a que deux facteurs, la résistivité des matériaux utilisés pour fabriquer les câbles de transport, et la section de ces câbles. À matériau de fabrication et section équivalents, les pertes sont donc égales, en principe, pour les lignes aériennes et pour les lignes souterraines.

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

Stabilité des réseaux :

Il existe deux types de stabilités de réseaux :

1 Stabilité en fréquence

La stabilité en fréquence se rapporte à l'équilibre entre la production et la consommation de puissance active, et au maintien du synchronisme entre les alternateurs de toutes les centrales d'un réseau [1].

2 Stabilité en tension

La stabilité en tension est l'aptitude d'un réseau d'énergie à maintenir la tension dans les plages requises au niveau de tous les nœuds du réseau, en conditions d'exploitation normales ou perturbées [1].

Pour assurer donc un fonctionnement normal d'un réseau, il faut ; veiller à ce que la puissance totale fournie par l'ensemble des machines raccordées au réseau compense exactement la totalité des puissances demandées et les pertes dans le réseau. La gestion du réseau est assurée par un organisme centralisateur appelé dispatching national, au quel sont adjoints les dispatchings régionaux, il a pour rôle de contrôler les grandeurs électriques permettant la sureté du réseau dans une situation idéale ou dans le cas contraire apporter des parades pour éviter la dégradation de service qui peut aller jusqu'à l'écroulement complet du réseau.

Malgré l'ensemble de toutes ces infrastructures, le rôle joué par chaque élément constituant le réseau électrique, et la présence de dispatchings, la sureté du réseau est souvent menacée, à cause des différentes agressions auxquelles il est en permanence soumis à une prochaine étape, qui consistera à traiter les différentes formes d'agressions qui mettent en danger la stabilité et la sûreté du réseau [1].

b. Les réseaux de répartitions :

Les réseaux de répartition sont à haute tension, ils jouent le rôle d'intermédiaire entre le réseau de transport et le réseau de distribution.

L'énergie est injectée essentiellement par le réseau de transport à l'aide des transformateurs et également par des centrales électriques de moyenne tension. [2]

c. Les réseaux de distribution :

Ces réseaux constituent les lignes et les postes de transformations servant à alimenter les clients.

Lignes moyenne tension alimentées par des postes HT/MT, elles fournissent de l'énergie électrique soit directement aux consommateurs importants (livraison), soit aux différents postes MT/BT [3].

I.3 Les dispatchings :

La demande en électricité varie constamment :

- ✓ Au cours d'une journée en fonction des horaires de travail, de la durée du jour ou de la température.
- ✓ D'une journée à l'autre, d'un mois à l'autre en fonction des périodes de congé, les jours de la semaine, la saison en cours et des événements du calendrier.

L'électricité produite par des centrales ne se stocke pas.

Aussi, pour ajuster très précisément la production à la demande, le réseau s'appuie sur des dispatchings, des centres de répartition de l'électricité. Des prévisions de consommation définissent les besoins théoriques et des ajustements ont lieu en permanence pendant la journée.

En Algérie, il existe :

1 dispatching national (cnc) qui gère le réseau d'interconnexion à 400 kv et les échanges avec l'étranger ;

5 dispatchings régionaux (crc) se chargent de la conduite des réseaux régionaux.

Dans le monde de l'énergie, le dispatching, ou conduite réseau, recouvre les actions liées au maintien de l'équilibre offre-demande, à la maîtrise du plan de tension et des transits sur les réseaux nationaux et les interconnexions européennes. Ces fonctions sont assurées principalement par le RTE, le Réseau de Transport d'Electricité en charge de la très haute tension.

Bien qu'une certaine partie de ce réglage s'effectue directement au niveau de la centrale électrique, une autre partie est nécessairement gérée au niveau national par un **dispatching** national. [4]



Figure I-8 : Centre de contrôle dispatching.

I.4 Mouvement d'énergie (variation de la demande et variation de la production) :

A) Besoins du réseau :

Récapitulatif des besoins du réseau

Les variations de puissance sont en fait relativement lentes et limitées et ainsi le terme « pic de puissance » couramment utilisé ou la « pointe », n'est pas bien représentatif de la réalité, ce sont des courbes « molles ».

Il faut distinguer les grandes variations saisonnières de plus ou moins 20% en moyenne étalées sur plusieurs mois et variations journalières de plus ou moins 15% à des taux de variations à 15%/heure. Il faut préciser que ces variations étant prévisibles à environ 2 % près la veille, la gestion des prévisions de fonctionnement est facilitée, (en dehors des « écarts systématiques, jours ouvrés, les week end », la prévision tient compte essentiellement de la variable météorologique, qui est de mieux en mieux cernée).

La consommation d'électricité est éminemment variable. Cette variabilité est sensible à l'échelle d'une année, avec des consommations plus ou moins fortes selon

les saisons. Dans les pays plus froids, où le chauffage électrique est très répandu, la « pointe saisonnière » a lieu en hiver.

Dans les pays plus chauds, largement équipés en climatisation, la pointe saisonnière a plutôt lieu en été. La consommation d'électricité varie également sensiblement à l'échelle d'une journée journalière.

L'équilibrage du réseau est particulièrement crucial à la « pointe maximale », c'est-à-dire lorsque la demande atteint son maximum durant les jours de très grande consommation. C'est la valeur de cette pointe qui dimensionne le réseau d'électricité ; pour assurer la sécurité du réseau, des capacités de production complémentaires doivent être dédiées à la couverture de cette pointe.

I-5-Conclusion:

Ce premier chapitre est consacré à des généralités sur les réseaux électriques, nous avons étudié la structure de réseaux, on allant de la production jusqu'à la distribution.

Chapitre II :

LES POSTES ELECTRIQUE HAUTE TENSION

II.1 Introduction :

Tous ces réseaux sont reliés entre eux par des postes électriques. Ils existent plusieurs types de postes électriques :

- Postes de sortie de centrale : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau ;
- Postes d'interconnexion : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques ;
- Postes élévateurs : le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur.
- Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

L'aspect des postes électriques varie fortement suivant leurs fonctions. Les postes peuvent être en surface à l'intérieur d'une enceinte, souterrains, dans des bâtiments qu'ils desservent. [5].

II.2 Les éléments constituant les postes HT :

Les éléments d'un poste se distinguent en deux parties :

Les éléments primaires qui sont les équipements à haute tension.

Les éléments primaires regroupent des transformateurs, des disjoncteurs, des sectionneurs, des jeux de barre et des batteries de condensateurs.

a) Transformateurs :

Les transformateurs utilisés dans les postes électriques sont de quatre types :

➤ Les transformateurs de puissance

Le transformateur de puissance est certainement le dispositif qui a permis l'essor puis la domination des réseaux alternatifs pour le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique. La première fonction d'un

transformateur a été l'élévation de la tension de transport afin de réduire le courant et donc les pertes joules générées dans les lignes. Cette élévation est bien entendue allée de pair avec l'abaissement de la tension aux points d'utilisation. D'un point de vue plus général, un transformateur est un élément indispensable à l'interconnexion des différents réseaux d'énergie.



Figure II.1 : Un transformateur de puissance dans un poste électrique.

➤ **Transformateur de courant :**

Les transformateurs de courant (TI ou TC) qui :

- a) abaissent la valeur des courants de circulation
- b) permettent aussi commander l'ouverture d'appareils de protection en cas de défaut (surintensité).

Principe de fonctionnement : Le primaire N_1 peut être constitué d'un conducteur unique traversant le circuit magnétique du TC : le courant I_1 est le courant que l'on veut mesurer et I_2 est l'image d' I_1 qui circule dans l'enroulement N_2 . Les deux courants sont liés par un rapport de transformation : On mesure le courant I_2 en mettant le secondaire S1 – S2 du TI en court-circuit.

Note importante : Le sens de branchement du TC ou TI est important car une inversion provoque une erreur de déphasage qui introduit une erreur de mesurage et par conséquent du comptage de l'énergie.

Chapitre II: Poste électriques Haute Tension

On ne doit en aucun cas « ouvrir » le circuit II d'un TC sous peine de voir apparaître entre ses bornes une tension qui peut atteindre plusieurs kV : cette manœuvre entraîne la destruction du TC et peut blesser gravement l'utilisateur.

Dans les réseaux haute tension où des courants de plusieurs kA transitent, la mesure de ces courants élevés est difficile. Pour la faciliter, les transformateurs de courant ont pour rôle de diviser la valeur du courant à mesurer par un facteur constant. Cette démarche permet également de standardiser les équipements de mesure du courant et de les isoler d'électriquement du réseau haute tension.

L'équipement de mesure connecté à son secondaire est en général un ampèremètre, mais on peut également brancher un wattmètre ou des relais de protection. Tous sont conçus pour mesurer des courants de quelques ampères.

La caractéristique la plus importante d'un transformateur de courant est donc son rapport de transformation, exprimé par exemple sous la forme 400 A/1 A.

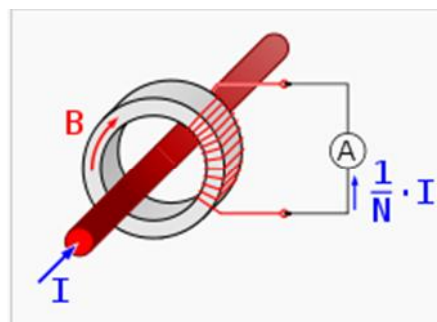


Figure II.2 : Schéma de principe d'un transformateur de courant avec une seule spire au primaire.

➤ 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 d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions ».

Il s'agit donc d'un appareil utilisé pour la mesure de fortes tensions électriques. Il sert à faire l'adaptation entre la tension élevée d'un réseau électrique HTA ou HTB (jusqu'à quelques centaines de kilovolts) et l'appareil de mesure (voltmètre, ou wattmètre par exemple) ou le relais de protection, qui eux sont prévus pour mesurer des tensions de l'ordre de la centaine de volts. [6]

➤ Autotransformateur

Un autotransformateur est un transformateur dont on connecte le primaire et le secondaire de sorte qu'ils aient un enroulement en commun. Un schéma de principe est donné à la figure suivante, avec le nombre de spires de chaque enroulement.

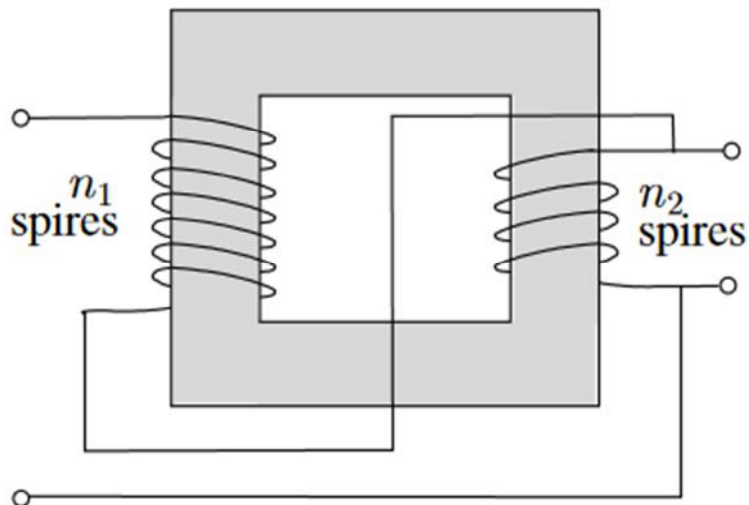


Figure II.3 : Schéma d'un autotransformateur.

b) Disjoncteurs à haut tension :

Un disjoncteur à haute tension est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée (la tension maximale du réseau électrique qu'il protège), selon la définition donnée par la Commission électrotechnique internationale¹. Il opère à la fois :

- dans des conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique;
- dans des conditions anormales spécifiées, en particulier pour éliminer un court-circuit dans le réseau provoqué par la foudre (Voir aussi la partie spécifique) ou d'autres causes.

De par ses caractéristiques, un disjoncteur est l'appareil de protection essentiel d'un réseau à haute tension, car il est seul capable d'interrompre un courant de court-circuit et donc d'éviter que le matériel connecté sur le réseau soit endommagé par ce court-circuit.

Le principe de fonctionnement d'un disjoncteur séparant des contacts dans un gaz (air, SF₆..) ou dans un milieu isolant.

a) Sectionneur à haute tension :

La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir séparer (un disjoncteur isole mais ne sépare pas <notions de distance>) un élément d'un réseau électrique (ligne à haute tension, transformateur, portion de poste électrique, ...) afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque. Le sectionneur doit :

- indiquer sans ambiguïté sa position : on parle parfois de « coupure visible », sinon « certaine » quand les contacts ne sont pas directement visibles .
- pouvoir être cadenassé pour garantir à l'opérateur qu'un circuit isolé ne sera pas refermé par inadvertance .

- posséder une isolation entre les bornes, qui garantisse à l'opérateur qu'une surtension ne puisse pas mettre en défaut cette isolation et remettre malencontreusement le circuit sous tension.
- Ils doivent aussi pouvoir supporter des courants de court-circuit entre 25KA et 63KA. [7]

a. Jeu de barre :

Les jeu de barre sont généralement des barres plates ou des tubes creux en cuivre ou en aluminium (les plus grands jeu de barres peuvent atteindre un diamètre de 120mm et une section de 1000mm²). En haute tension les jeu de barres peuvent être « posés » sur des isolants, dans ce cas ce sont des tubes. Ils peuvent être « tendus », c'est-à-dire que les jeux de barre sont flexibles et suspendus par des chaînes isolantes à des structures métalliques. Les jeux de barres permettent de relier les différentes composantes d'un poste électrique, ce qui les rend très importants mais aussi très fragiles. En effet, si un jeu de barres est soumis à un court-circuit, c'est le poste entier qui est mis hors tension. Généralement, plusieurs jeux de barres connectés en parallèle permettent d'empêcher ce problème et permettent de faire la maintenance d'un jeu de barres sans mettre le poste entier hors service. [7]

b. Les protections :

Les différentes branches d'un réseau de transport (transformateurs, lignes jeu de barre) peuvent être le siège d'un défaut (court-circuit monophasé, court-circuit biphasé, coupure d'une ou de deux phases de l'une des deux extrémités de la coupure et quelles que soient sa nature et son origine, ce défaut doit être éliminé immédiatement du réseau sous peine de causer des dégâts importants aux matériels, c'est le rôle des protections.

Un système de protection peut être défini comme étant un ensemble de dispositifs plus ou moins complexes dont le rôle est de détecter le défaut et de commander l'ouverture du disjoncteur protégeant l'organe en cause.

Une protection doit assurer :

La détection de l'état du réseau, ce qui nécessite un organe de mesures de certaines grandeurs caractéristiques (courant, tension...).

La comparaison de ces grandeurs caractéristiques mesurées, à des valeurs fixées à l'avance ce qui nécessite un organe de comparaison.

L'envoi d'un ordre et l'exécution d'une manœuvre.

Un certain nombre de contrôles peuvent bloquer, accélérer ou temporiser l'envoi de l'ordre. Les protections doivent donc avoir les qualités suivantes : fiabilité, sensibilité, rapidité, sélectivité (n'éliminer que la plus petite fraction du réseau).

L'élimination de défaut, c'est-à-dire la mise hors tension rapide de l'élément en cause, a pour finalité d'une part ; de limiter les dégâts qui pourraient être causés à l'élément protégé et d'autre part et surtout de préserver le reste du réseau électrique.

II.3 Familles de poste :

- On peut classer les postes en deux catégories :

Postes AIS (ouverts) :

Postes AIS ouverts les postes à isolation dans l'air, également appelés postes « conventionnels » ou AIS (Air Insulated Switchgear). on parle parfois de « postes 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 desquelles ont été obtenues les dimensions géométriques des installations.

Il existe deux postes :

-Postes extérieurs : à double jeu de barres, un jeu de barre (ps), poste avec barre de transfert.

-Postes intérieurs : Ils ont même composants sauf ils sont construits dans 1 bâtiment.



Figure II.3 : Poste classique extérieur.

Poste GIS blindés :

Les poste à isolation gazeuse, appelés, aussi postes sous enveloppe métallique, ou GIS (Gas Insulated Switchgear). On parle par fois de « postes 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 .

Le poste blindé ou GIS (sous enveloppe métallique) se présente donc comme un assemblage de caissons remplis de SF6 et contenant, non seulement les conducteurs, mais divèes aussi les appareils à haute tension pour des raisons de sécurité, ces caissons sont devisés en compartiments étanches et surveilles individuellement.



Figure II.4 :Poste blindé.

Comparatif

Des études effectuées par ABB ont montré que pour les réseaux de distribution urbains, la combinaison de disjoncteurs HT isolés au gaz (GIS) et de câbles HT présente d'importants avantages par rapport aux systèmes formés de disjoncteurs isolés à l'air (AIS) et de lignes aériennes. En raison de leur compacité et de leur flexibilité, les postes GIS peuvent être installés à proximité des centres de consommation d'énergie, ce qui permet une configuration beaucoup plus efficace, tant pour le système HT que pour le réseau de distribution MT. Les économies en investissements et en frais d'exploitation compensent largement les frais plus élevés des GIS et des câbles. Les avantages s'étendent à une fiabilité accrue et à la possibilité d'implanter un poste GIS complet dans un bâtiment existant, par exemple : lorsqu'un terrain adéquat n'est pas disponible.

Les deux types de postes réalisent exactement la même fonction et le choix de l'un et de l'autre dépend de différents facteurs.

Chapitre II: Poste électriques Haute Tension

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.

Tableau récapitulatif de comparaison entre AIS postes ouverts et **GIS** postes blindes.

Les cabines mobiles :

C'est une sous-station électrique montée sur des remorques mobile pour quelle soit transportable d'un site pour les besoins urgents de l'exploitation.

Elle est constituée d'un module tête blindé (une travée ligne), une remorque HT (le transformateur de puissance) et un module MT.

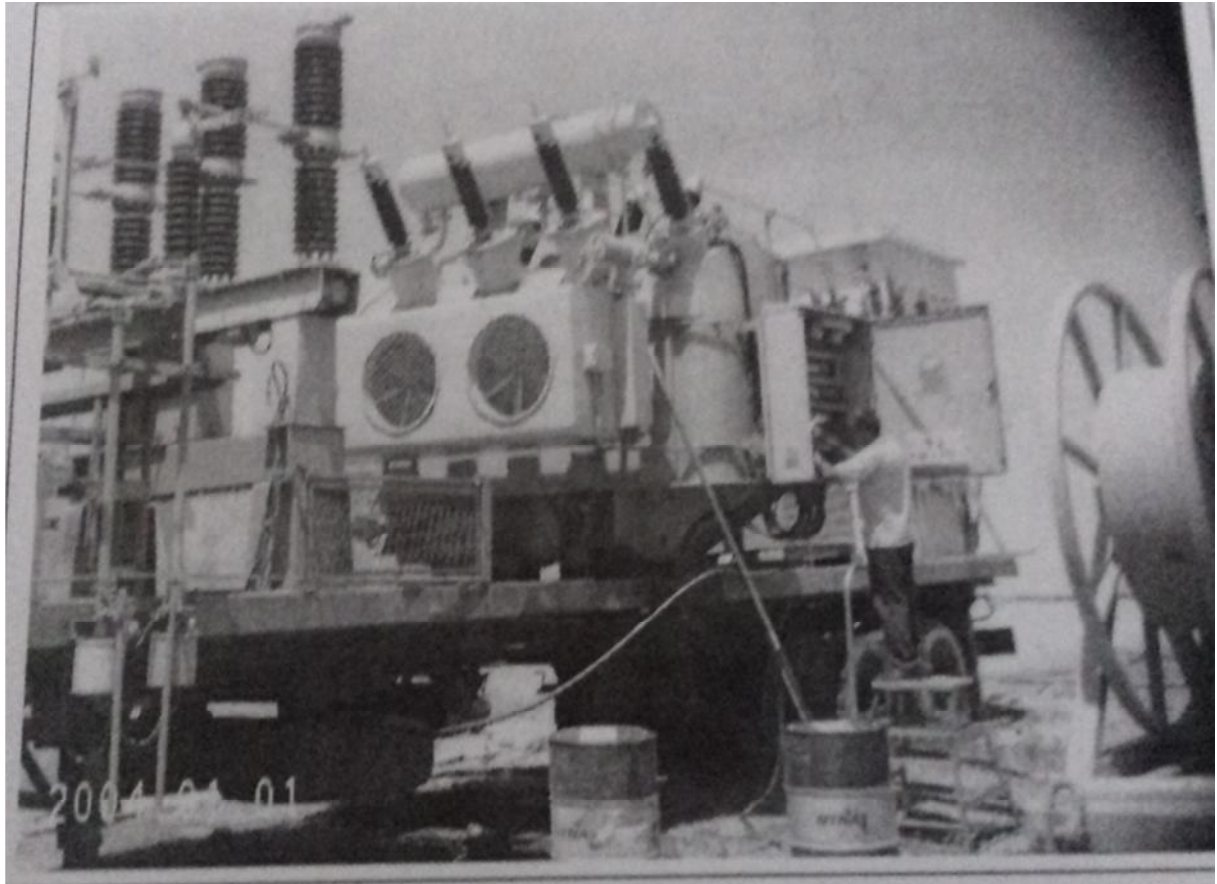



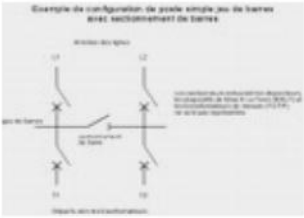

Figure : Remorque HT 220/60-30kv

II.4 Architecture et schéma de postes :

Il existe plusieurs manières de raccorder les éléments entre eux (disjoncteurs et sectionneurs). On appelle cela le "schéma" du poste.

Chapitre II: Poste électriques Haute Tension

Le tableau suivant récapitule le différent schéma existant et leurs principaux avantages et inconvénients et leur application principale [4] :

Schéma	Avantages	Inconvénients	Application principale
<p>Simple jeu de barres</p> 	Simple et économique.	-Risque de perte totale de l'installation ne cas de défaut sur le jeu de barres. -Coupure du jeu de barre obligatoire en cas de maintenance. -Peu de flexibilité en exploitation.	Postes industriels, postes sources.
<p>Simple jeu de barres sectionné</p> 	-Simple et économique. -Permet de garder une moitié de poste en fonctionnement en cas de défaillance sur le jeu de barre ou de maintenance.	Identique au simple jeu de barre sur une moitié de poste.	Postes industriels, postes sources.
<p>Double jeu de barre</p> 	-Flexibilité, continuité de services en cas de défaut sur un jeu de barres ou d'intervention de maintenance. -Possibilité d'utiliser le disjoncteur de couplage comme secours.	Cout d'acquisition élevé.	Postes d'interconnexion, postes de sortie de centrale.

5.1.1 Phase associées :



Figure II. 6 : Phase associées

5.1.2 Phase mixte :



Figure II. 7 : Phase mixte

5.2 Travées :

L'ensemble des appareils de coupure ainsi que l'appareillage de mesure et de protection propres à une liaison sont regroupés dans une travée.

Les différents types de travées sont : travées lignes, travées transformateurs, travées couplages, travées arrivée transformateur, travée arrivée groupe.

5.2.1 Travées lignes : elles sont composées de :

- Jeux de barre en tube
- Sectionneurs barres ou sectionneur d'aiguillage
- Disjoncteur.
- Sectionneur de ligne et sectionneur de terre.
- Transformateur de courant (un par phase).
- Transformateur de tension de type capacitif (3 par travée pour le 220KV et un par travée pour le 90KV et 60KV).

5.2.2 Travée transformateur : elles sont composées de :

- Jeux de barre de tube.
- Sectionneurs barres ou sectionneur d'aiguillage (deux pour le cas de deux jeux de barres et un pour le cas des postes simplifié).
- Disjoncteur.
- Le transformateur de puissance lui-même avec l'appareillage annexe (parafoudres sectionneur de neutre assurant sa mise à la terre rapide transformateur des services auxiliaires du poste « TSA »).
- Sectionneur d'isolement.
- Pour les transformateurs 60/10kv on ajoute une bobine de point neutre et résistance de terre.

-Pour les transformateurs 60/30kv on ajoute une résistance de terre.

5.2.3 Travées arrivée transformateur : elles sont composées de :

-Jeux de barre de tube.

-Sectionneurs barres ou sectionneur d'aiguillage (deux pour le cas de deux jeux de barres et un pour le cas des postes simplifié).

-Disjoncteur.

-Transformateur de courant (un par phase).

-Transformateur de tension de type inductif.

-Sectionneur d'isolement.

5.2.4 Travées couplage des barres : elles permettent de relier entre eux deux jeux de barres à la même tension du poste. Leur équipement comprend :

-Disjoncteur.

-Les sectionneurs d'isolement.

-Transformateur de courant (pour le 220kv et 400kv).

5.2.5 Tronçonnements et sectionnement de barres : il est possible d'obtenir plusieurs tronçons séparables à partir d'un même jeux de barres, il existe deux solutions :

-Le sectionnement par le disjoncteur qui comporte un disjoncteur auquel est associée généralement une protection de débouclage ou une protection de jeux de barres les sectionneurs d'isolement et les réducteurs de mesure (TC et TT).

-Le sectionnement par sectionneur : dépourvu de tout autre équipement annexe, il permet d'éliminer à vide un tronçon de jeux de barres en défaut.

II-6-Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons étudiés les éléments de postes HT électriques (types et nature) puis la description globale d'un poste de transformation avec leur appareillage. A la fin, on a résumé dans un tableau l'architecture et schéma de poste citant les avantages, inconvénients et leurs applications principales.

Chapitre III :

**TECHNOLOGIE DES DISJONCTEURS HAUTE
TENSION**

III.1 Généralités :

Le disjoncteur est un appareil de protection dont le rôle est d'établir ou d'interrompre des courants normaux ou anormaux dans le fonctionnement des réseaux.

Il peut être utilisé comme un gros interrupteur commandé, soit par un bouton poussoir ou télécommandé.

Le disjoncteur est destiné à la protection des réseaux de distribution et des postes de transformation. Il est doté d'un pouvoir de coupure important, il peut interrompre des courants de courts-circuits de 4 à 5 fois le courant nominal sous une tension élevée, en quelques millièmes de seconde.

Un disjoncteur est caractérisé par :

- Sa tension **Un** qui conditionne les distance d'isolement.
- Son intensité nominale **In** qui conditionne les sections de passage des contacts.
- Son pouvoir de coupure (**Pc**) (en KVA ,MKA) qui caractérisé la possibilité de couper les courants de court-circuit. Le pouvoir de coupure est fonction de la tension de rétablissement **Ur** immédiatement après la coupure et de l'intensité efficace **Ir** à l'instant de séparation de des contacts.

$$Pc=Ur.Ir.3= Un.Icc.3$$

Son pouvoir de fermeture (**Pf**) qui est plus élevé que le pouvoir de coupure **Pc**, (**Pf**, **Pc**) car il est plus facile d'établir un courant que de couper. Le pouvoir de fermeture (**Pf**) caractérisé par l'intensité de courant que le disjoncteur est capable d'établir il est en fonction de la vitesse de fermeture (nécessité un dispositif de fermeture rapide).

III.2 DIFFERENTS TYPES DE DISJONCTEURS :

Les disjoncteurs les plus utilisés sont :

- Disjoncteurs à air comprimé.
- Disjoncteurs à l'huile.
- Disjoncteurs au SF6.
- Disjoncteurs auto pneumatique.
- Disjoncteurs auto soufflage.

1. Disjoncteurs à air comprimé

Le gaz contenu dans les disjoncteurs à air comprimé est maintenu sous haute pression (30 à 35 bars) à l'aide d'un compresseur. Cette haute pression permet d'assurer la tenue diélectrique et de provoquer le soufflage de l'arc pour la coupure.

Le soufflage intense exercé dans ces disjoncteurs a permis d'obtenir de très hautes performances (courant coupé jusqu'à 100 kA sous haute tension) et avec une durée d'élimination du défaut très courte permettant d'assurer une bonne stabilité des réseaux en cas de défaut.

Ces disjoncteurs nécessitent un entretien périodique, en particulier de leurs compresseurs, ce qui explique qu'ils ont été progressivement supplantés par une autre génération de disjoncteurs, les disjoncteurs à SF6 (ou hexafluorure de soufre).

A noter que la technique à air comprimé est la seule qui permet encore aujourd'hui d'atteindre les pouvoirs de coupure les plus élevés (275 kA sous 36 kV) qui sont exigés pour certaines applications (disjoncteurs de générateurs).

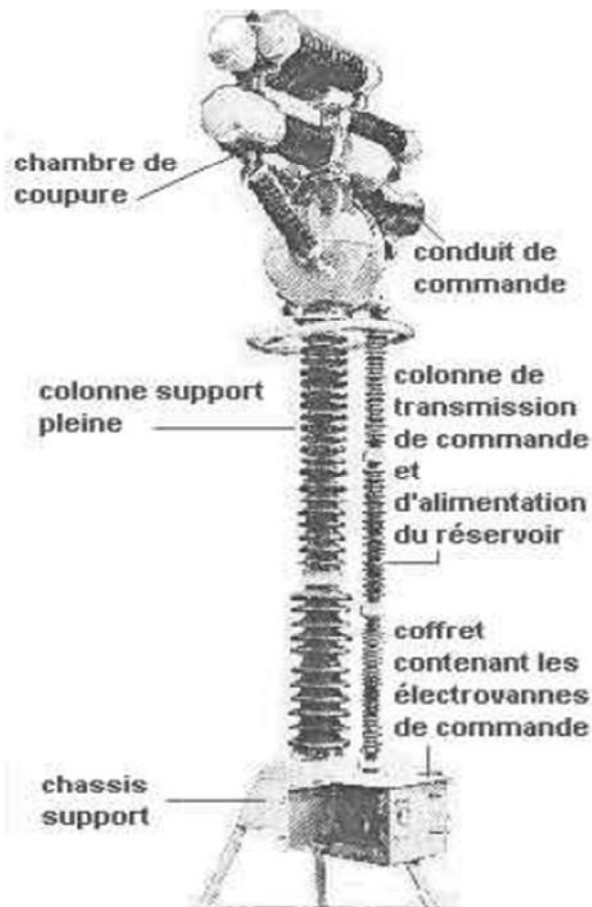


Figure. II.1 : Disjoncteur à air comprimé. [6]

2. Disjoncteurs à l'huile :

La coupure dans l'huile s'est imposée en haute tension après avoir été utilisée en moyenne tension. Sous l'action de l'arc électrique, l'huile est décomposée, plusieurs types de gaz sont produits (essentiellement de l'hydrogène et de l'acétylène) lors de cette décomposition.

L'énergie de l'arc est dissipée dans l'huile, ce qui permet de refroidir le milieu entre les contacts et par la suite d'interrompre le courant.

Les premiers disjoncteurs à huile avaient des contacts de coupure qui étaient plongés dans de l'huile contenue dans une cuve métallique. Ils sont appelés « disjoncteurs à gros volume d'huile ». Certains sont toujours en service actuellement. Par la suite, dans les années 1950, les « disjoncteurs à faible volume d'huile » ont été

conçus pour réduire la quantité d'huile nécessaire et surtout limiter le risque d'incendie lié aux disjoncteurs à gros volume d'huile.

L'arc se développe dans un cylindre isolant afin de limiter sa longueur et de contrôler autant que possible l'énergie contenue dans l'arc. Cette énergie est utilisée pour générer le soufflage par vaporisation de l'huile.

Ce type de disjoncteurs est appliqué pour des tensions assignées atteignant 765 kV et des courants de défaut très élevés, pouvant atteindre 50 kA.

Mais ils nécessitent un entretien important et délicat (remplacement de l'huile usagée). Ils ont été supplantés par les disjoncteurs à SF₆ qui nécessitent peu de maintenance et ont une longue durée de vie. [10]

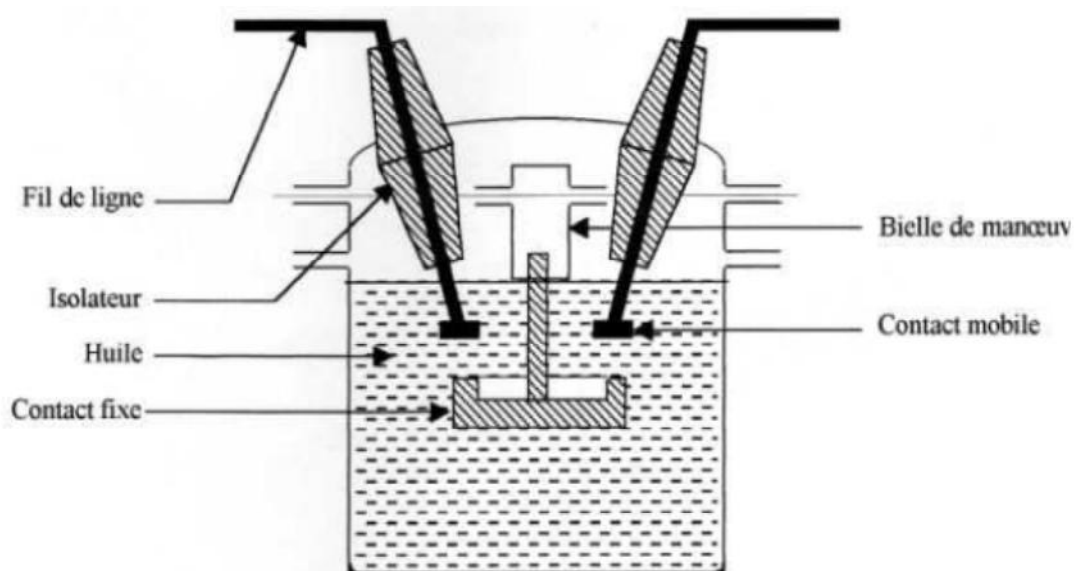


Figure II-2 : Constitution d'un disjoncteur à huile [5].

3. Disjoncteurs au SF₆ :

Gaz SF₆ : hexafluorure de soufre

6 atomes de fluor (verts) sont regroupés autour d'un atome de soufre (jaune).

20°C et sous 1 bar, sa densité est de 6,08 g/l (5 fois plus lourd que l'air).

Incolore, inodore et chimiquement neutre (inerte)

- Le SF₆ est non toxique pour l'homme et ne contient aucun polluant nocif.
- Le SF₆ n'est pas considéré comme une substance dangereuse par la législation sur les produits chimiques.

L'hexafluorure de soufre est un gaz inerte, incolore et ininflammable. Son pouvoir extingueur à l'arc est dix fois supérieur à celui de l'air. En plus, ils permettent une grande économie d'espace tout en étant plus silencieux que les disjoncteurs à air comprimée. Les disjoncteurs au SF₆ sont alors considérés de haute qualité. Ce type de disjoncteur est utilisé lorsqu'il faut réduire les dimensions du disjoncteur.



Figure III-3: disjoncteur au SF₆ .[6]

Avantages présentés par l'utilisation du SF₆ dans l'appareillage électrique en exploitation

Parmi tous les types d'appareillage électrique en service, l'appareillage électrique isolé au SF₆ offre une sécurité d'exploitation et une disponibilité maximales.

- La conception du SF₆ exclu toute cause de défaillance :
 - Pas de contacts chauds : pas d'oxydation des contacts et des connexions

- Pas de tension disruptive : la réduction de l'isolation due à des facteurs extérieurs est exclue
- Absence de défauts internes : insensibilité aux effets ambiants extérieurs et aux erreurs humaines
- Grande disponibilité
 - Durée de vie prolongée par l'absence de corrosion
 - Aucune maintenance requise
 - Probabilité de défaillance réduite au minimum
- Enceinte métallique enveloppante reliée à la terre :
 - Confinement total et antichoc de toutes les pièces sous tension
 - Impossibilité d'ouverture intempestive par les opérateurs du compartiment de gaz avec accident consécutif
- Probabilité de défauts d'arc nettement inférieure à celle d'un appareil électrique isolé à l'air.
- Commutateur SF₆ de qualité supérieure (rupture de charge) dans une enceinte isolée au SF₆ hermétique pendant tout le cycle de vie.
- En cas d'improbable fuite (incluant le défaut d'arc), la sécurité des personnes n'est pas menacée.
- Conséquences minimales en cas d'incendie en raison de l'inflammabilité limitée des composants de l'appareillage électrique au SF₆.

4. Disjoncteurs auto-pneumatiques :

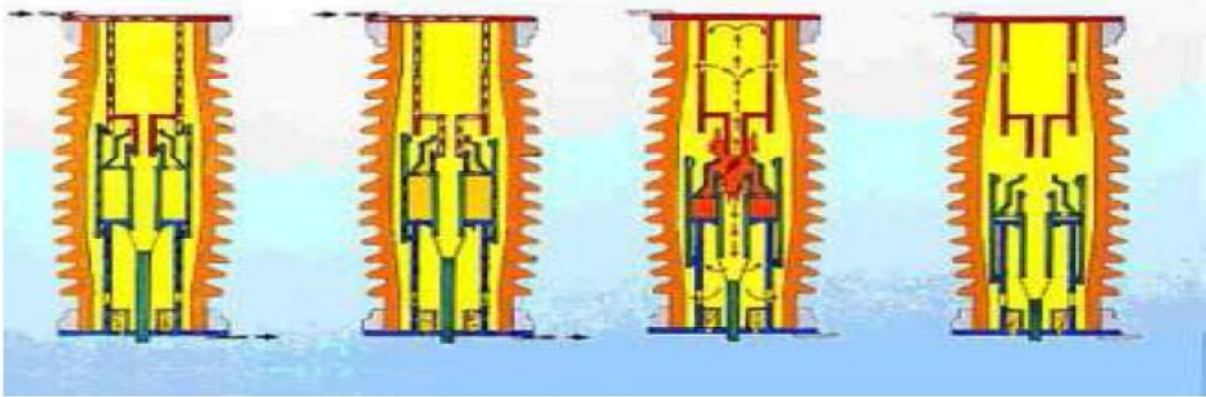


Figure III.4 : Disjoncteur auto pneumatique.

Lorsque le disjoncteur est en position "fermé", le courant transite par des contacts dits "permanents" qui sont situés sur le diamètre extérieur de la partie active. Lors d'un déclenchement du disjoncteur, la partie mobile se déplace vers le bas, entraînant la séparation des contacts permanents. Le courant passe alors par une autre série de contacts, appelés "contacts d'arc". Quand la partie mobile a fait une course suffisante, les contacts d'arc se séparent, ce qui provoque l'amorçage d'un arc entre ces contacts. Les contacts d'arc sont réalisés avec des matériaux à base de tungstène de manière à pouvoir supporter sans dommage les effets de l'arc électrique.

Pendant la manœuvre d'ouverture, le disjoncteur produit lui-même la compression du gaz nécessaire au soufflage de l'arc. Le déplacement relatif du cylindre de soufflage par rapport au piston fixe crée une surpression dans le cylindre qui s'évacue à l'intérieur de la buse et refroidit l'arc, permettant ainsi son extinction.

5. Disjoncteur auto soufflage :

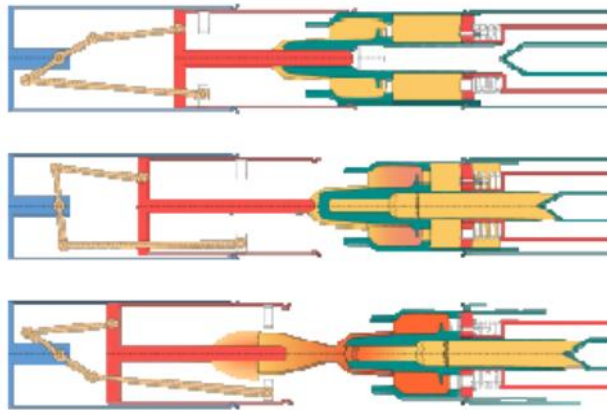


Figure III.4 :Disjoncteur auto soufflage .

Les disjoncteurs à auto-soufflage sont caractérisés par le fort développement des moyens de calcul et de modélisation des disjoncteurs SF6. Grâce à l'utilisation de ces moyens, de nouveaux appareils à faible énergie de manœuvre ont été développés.

Les disjoncteurs à auto-soufflage sont caractérisés par l'utilisation importante de l'énergie d'arc pour la coupure : l'auto-soufflage s'est substitué en grande partie au soufflage auto-pneumatique pour la coupure des forts courants. La coupure des courants faibles est toujours obtenue par un soufflage auto-pneumatique, l'énergie de l'arc n'étant pas suffisante pour contribuer au soufflage.

Une évolution des chambres de coupure à auto-soufflage a consisté à introduire un clapet en V entre le volume d'expansion et le volume de compression. [7]

6. Disjoncteur de l'air atmosphérique:

Un exemple de technologie de coupure dans l'air : le "Solénarc"

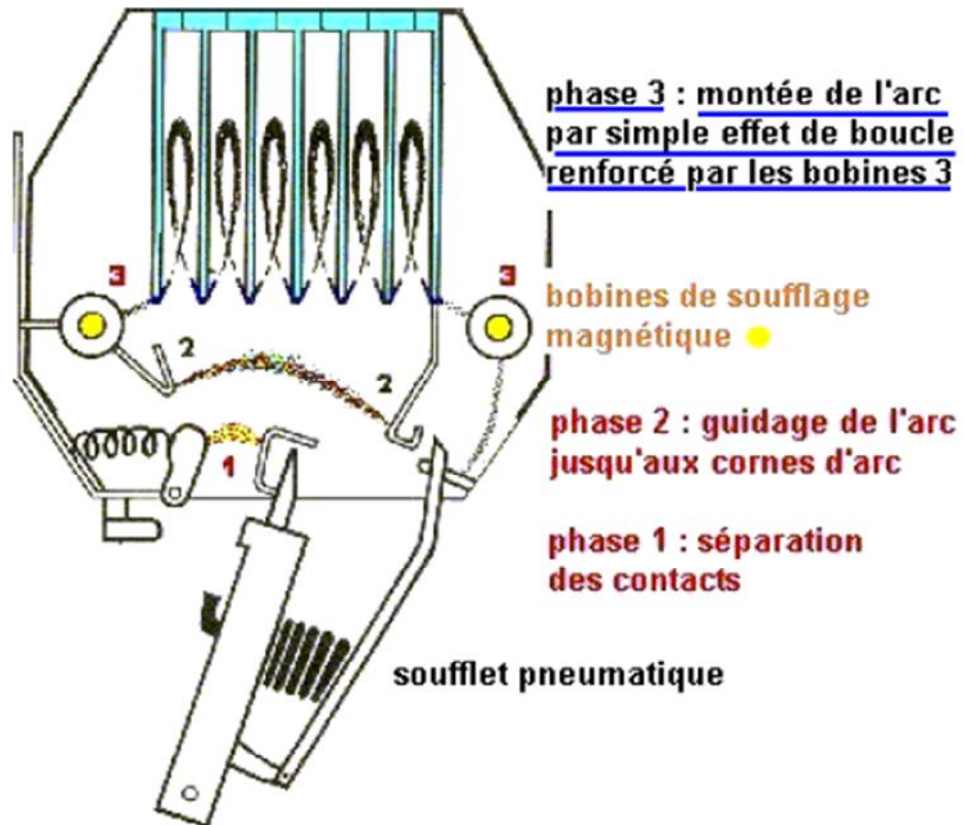
Il s'agit d'un disjoncteur Merlin Gerin fonctionnant en poste intérieur jusqu'à 24 kV.

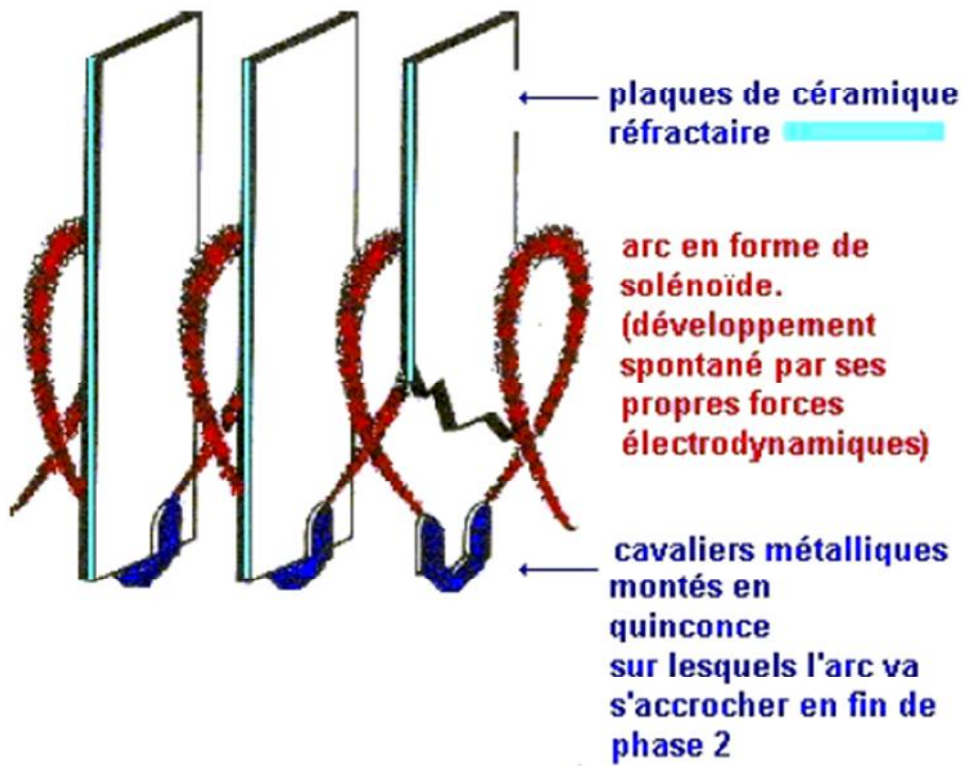
Le nom de "Solénarc" vient de la forme de solénoïde (en hélice) donnée à l'arc électrique au stade précédant l'extinction.

Dans ce dispositif, l'arc va passer par 3 phases : il est d'abord allongé sur des cornes d'arc, puis il est fixé sur des cavaliers disposés en quinconce, ce qui le fractionne, et

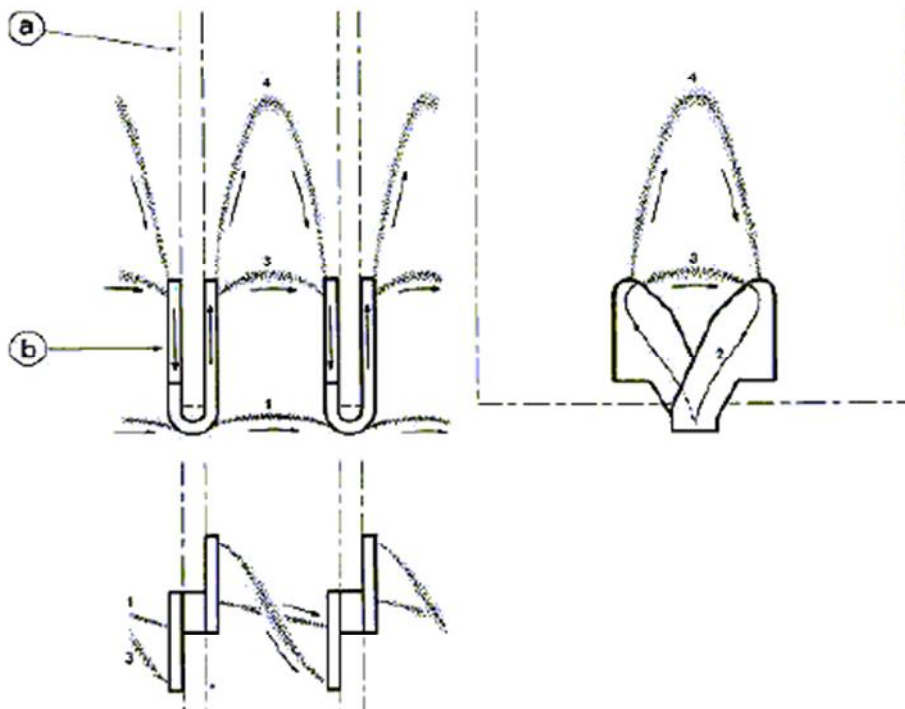
enfin, par un effet de boucle avec chemin imposé entre des plaques, il va pouvoir "s'éteindre".

L'allongement est important (plusieurs m) et ceci dans un volume réduit (~1 litre), le refroidissement est assuré par des plaques réfractaires; le temps de coupure est de l'ordre de 5 à 10/100 centièmes de seconde.



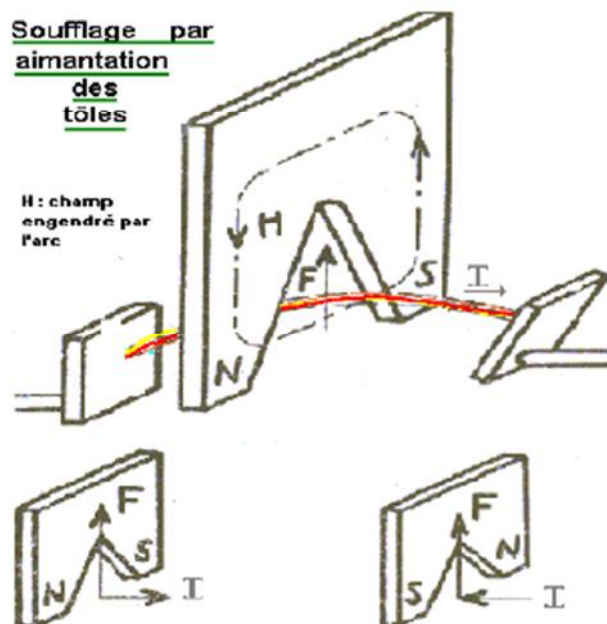


Détails de la phase 3:



- 1: fractionnement de l'arc sur les cavaliers (b)
- 2: cheminement de l'arc sur les cornes de cavaliers
- 3: formation du solénoïde par le circuit arc + cavaliers
- 4: étirement de l'arc entre les plaques réfractaires (a)

Les racines de chaque élément d'arc, guidées par les cornes en V de chaque cavalier, pénètrent entre les plaques réfractaires. Ces cornes sont montées en quinconce, de ce fait, elles contraignent chaque élément d'arc à former avec elles une petite spire quasi triangulaire. De cette façon, l'arc prend la forme hélicoïdale d'un solénoïde, et, sous l'effet des forces électrodynamiques, chacune des spires s'agrandit. De plus, laminé dans l'intervalle entre 2 plaques, il se refroidit et son extinction intervient au passage à 0 du courant.



III.3 : Commandes Des Disjoncteurs :

C'est la partie où est développée l'énergie nécessaire au déplacement du contact mobile et à l'établissement ou l'interruption de courant.

La commande comporte des dispositifs à accumulation d'énergie appelés les accumulateurs, dont le rôle est d'accumuler l'énergie nécessaire pour l'ouverture ou la fermeture et maintenir la commande prête à lever cette énergie lorsque demandée.

Les accumulateurs d'énergie les plus courants sont les ressorts et les cylindres regonflés en azote.

Les différents types de la commande :

1. Mécanique à ressort
2. Pneumatique
3. Oléopneumatique
4. Hydromécanique

En fonction du nombre de commandes par pôle de disjoncteur on distingue :

1. les disjoncteurs monopolaires : ces appareils sont utilisés sur les travées lignes aériennes.
2. les disjoncteurs tripolaires : ces appareils sont utilisés sur les travées transformateurs, couplage, les câbles souterrains, les selfs, et les batteries de condensateur.

1. Commande à ressort :

La commande fonctionne sur un ordre électrique de fermeture ou d'ouverture en locale ou à distance, l'énergie libérée est transmise par l'arbre tournante aux leviers des pôles et assure la fermeture ou l'ouverture.

L'énergie nécessaire au fonctionnement du disjoncteur est accumulée dans les ressorts d'ouverture ou de fermeture.

Les ressorts d'enclenchement sont tendus par l'intermédiaire d'un ensemble motoréducteur. Ils peuvent aussi être tendus manuellement grâce à une manivelle de commande lorsque la position de commande en locale est activée.

Les ressorts de déclenchement sont tendus automatiquement lors de la manœuvre de fermeture de disjoncteur. La commande de déclenchement mécanique peut être réalisée en manuel locale grâce à un bouton poussoir prévu à cette effet (déclenchement de secours).

La commande à ressort est composée :

- De ressort destiné à l'enclenchement et au déclenchement, ces ressort peuvent être de type hélicoïdal ou spiral.
- Un ensemble motoréducteur destiné à tendre le ressort d'enclenchement.
- Un système de transmission de mouvement (pignons, chaîne ou cordon de transmission).
- Les bielles et l'ensemble de la tringlerie .
- Les cliques de déclenchement et d'enclenchement destinés à la maintenir l'énergie mécanique emmagasinée.
- Les systèmes d'amortissement en ouverture et fermeture.

2. Commande pneumatique :

Les mécanismes pneumatiques sont un choix logique pour des disjoncteurs à air comprimé, car l'air est déjà employé pour l'isolation .

L'énergie nécessaire au fonctionnement du disjoncteur est accumulée dans un réservoir à air comprimé qui actionne à travers des électrovalves des pistons pour l'ouverture et la fermeture.

Dans certains disjoncteurs des ressorts sont utilisés pour le déclenchement, ces ressorts sont tendus automatiquement lors de la manœuvre de fermeture.

La commande pneumatique est composée :

- ✓ un ensemble moto compresseur (compresseur et moto électrique) destiné à la compression de l'air.
- ✓ un réservoir de stockage d'air comprimé.
- ✓ Des pistons pour actionner la tige de commande (un ressort est utilisé, pour le déclenchement pour certains types de commandes).
- ✓ Un ensemble de tuyauterie et muni d'un ensemble clapet anti retour, des vannes et de manomètres.
- ✓ Un pressostat pour le contrôle du moteur électrique (arrêt et démarrage) ainsi que pour la signalisation (alarme baisse pression) et le verrouillage de disjoncteur.
- ✓ Des électrovalves pour la fermeture et l'ouverture du disjoncteur.

La compression est réalisée soit dans une salle dite salle des compresseurs ou bien grâce à des compresseurs installés pour chaque disjoncteur et des compresseurs de secours.

3. Commande oléopneumatique :

Ce mécanisme utilise une huile de commande. Il possède un réservoir séparé. L'huile à basse pression comprimée par la pompe d'huile à haute pression est alors entreposée dans un accumulateur partagé en deux compartiments. Le premier est destiné à contenir l'huile et le second de l'azote.

L'énergie nécessaire au fonctionnement du disjoncteur est ainsi accumulée et libérée lors de la commande d'ouverture et de fermeture à travers un vérin qui actionne la tige de commande.

La commande oléopneumatique est composée :

- Un ensemble moto pompe destinée à la compression d'huile.
- Un réservoir de stockage d'huile à basse pression.
- Un accumulateur constitué en deux compartiments. Le premier est destiné à contenir l'huile et le second de l'azote.

- Des vérins pour actionner la tige de commande.
- Un pressostat pour contrôler la pression d'huile.
- Un ensemble distributeur et électrovalves.
- Des manomètres indiquant la pression d'huile.

L'huile de commande utilisée est de type **ASF4** (aéro-shell fluide 4).

4. Commande hydromécanique :

Ces commandes s'adaptent à tout les disjoncteurs à coupure dans l'huile, dans le vide, dans le SF6, elles disposent d'une importante réserve d'énergie sous un faible volume d'huile grâce à l'utilisation de ressort à disque au lieu de technique à l'azote.

Les commandes hydromécaniques comme les commandes oléopneumatique sauf que l'accumulateur d'azote est remplacé par un ressort à disque qui agit tant qu'accumulateur mécanique.

Avantages :

- Encombrement réduit.
- Faible niveau de bruit : le système d'amortissement des vérins en fin de course réduit considérablement le niveau de bruit.
- Limitation des problèmes de fuite de gaz de l'accumulateur.
- Limite les effets de la température ambiante sur l'énergie stockée.

III.4 Les protections des disjoncteurs :

1. Relais anti-pompage :

Le relais anti-pompage est un dispositif qui assure l'exécution d'une seule manœuvre de fermeture pour chaque commande de fermeture.

2. Discordance de phase (discordance de pôle) :

C'est un dispositif utilisable sur les disjoncteurs à commande unipolaire utilisant des contacts auxiliaires indiqués que toutes les phases sont dans la même position.

Si les pôles sont dans des positions déférentes une temporisation démarre et au bout d'un pré-réglé une commande de déclenchement et un signal d'alarme sont normalement initialisés.

3. soupape de surpression :

Elle est utilisée dans les commandes pneumatiques et oléopneumatiques elle permet d'éviter les surpressions en limitant la pression dans le volume de compression à la valeur réglée.

4. densimètre :

Le densimètre est un pressostat à compensation en température. il comprend un système différentiel qui surveille la pression de SF6.

Il a deux fonctions : alarme et verrouillage. Ainsi, le signal d'alarme et la fonction de blocage ne sont activés que lorsque la pression chute à cause d'une fuite, il existe un densimètre commun pour les trois pôles ou un densimètre pour chaque pôle.

5. Amortisseur :

L'amortisseur permet de réduire l'intensité des chocs mécaniques lors des manœuvres du disjoncteur, constitué par un couvercle, un piston, un cylindre, des garnitures, des joints et de l'huile.

III.5 Les accessoires des disjoncteurs haute tension :

1. Le manomètre :

Composé par un indicateur à cadran, il indique la pression de gaz.

Il peut aussi avoir un contact indiquant la pression d'alarme et deux contacts qui contrôlent les relais de verrouillage du dispositif de surveillance de gaz (seuil min et max), dans ce cas il remplace le densimètre.

2. Le clapet anti-retour :

Utilisé dans les commandes pneumatiques, oléopneumatiques et hydromécanique le clapet anti-retour a pour fonction d'autoriser le passage de fluide ou de l'air dans un sens unique, ou bien de maintenir une position en charge. il existe des clapets avec un tarage qui permet d'ouvrir le clapet a une pression donnée, ainsi que des clapets pilotés qui permettent le passage de fluide et d'air dans le sens inverse de commande.

3. Bobine de manœuvre :

Les bobines d'enclenchement et des déclenchements des mécanismes de commande permettent de commander le disjoncteur électriquement par la réception d'un ordre en provenance des protections et/ou des systèmes de contrôle commandent.

Une bobine d'enclenchement et deux bobines de déclenchement (principale 1 et principale 2) sont fournies standard.

4. Interlocks :

C'est un ensemble de contacts auxiliaires permettant d'indiquer les position du disjoncteur, de réaliser les verrouillages, les signalisations et les'inter-déclenchements. de protection et toutefois disponible.

5. Sélecteur local :

Le sélecteur local /distant/déconnexion est utilisé pour commuter entre l'exploitation en mode distant et local. Un dispositif de contournement du déclenchement de protection est toutefois disponible.

6. Compteur de manœuvre :

C'est un composant électromécanique non réinitialisable qui compte chaque manœuvre de disjoncteur.

7. Réchauffeurs (régulateur d'humidité) :

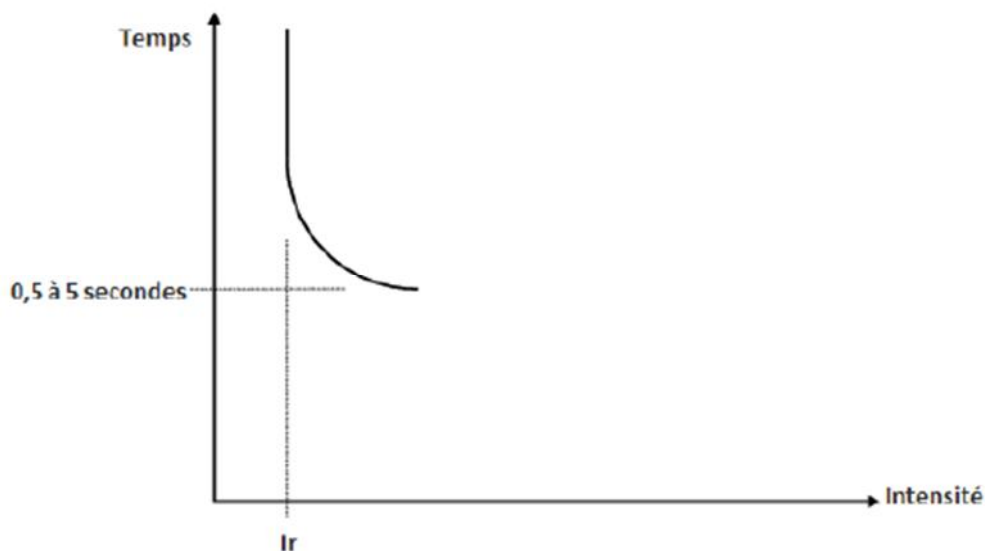
Chaque mécanisme de commande possède une résistance chauffante anti-condensation connectée en continu.

Une ou plusieurs résistances chauffantes réglées sont installées en fonction de la température et de l'humidité ambiantes. Ces résistances chauffantes peuvent être contrôlées par un thermostat ou un hygromètre (pour l'humidité).

III.5 Les courbes de déclenchement :

Le déclencheur permet l'ouverture des pôles du disjoncteur lors d'un défaut (court-circuit, surcharge). Il est de nature magnétothermique ou électronique.

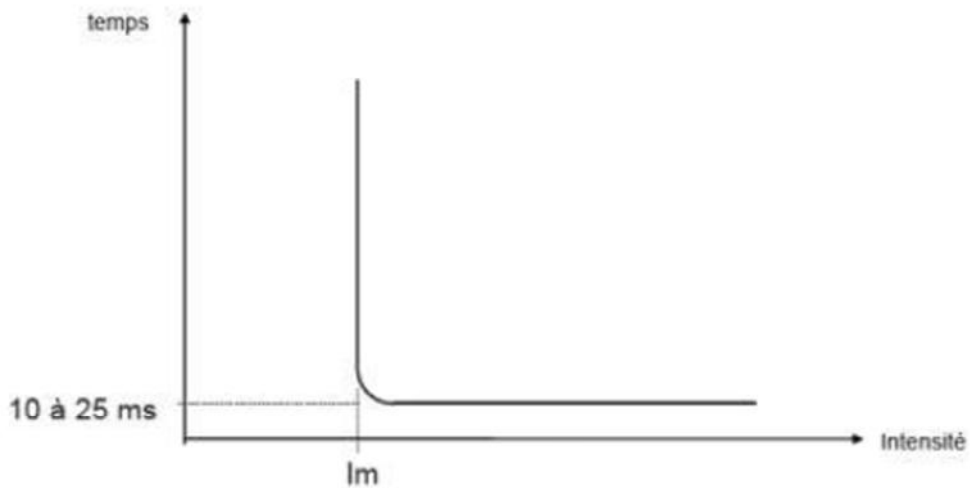
Courbe de déclenchement du relais thermique :



Cette courbe montre que le déclenchement du relais thermique:

- Dépend énormément du temps.
- Et que le disjoncteur ne peut déclencher instantanément, il lui faut un certain laps de temps pour s'ouvrir.

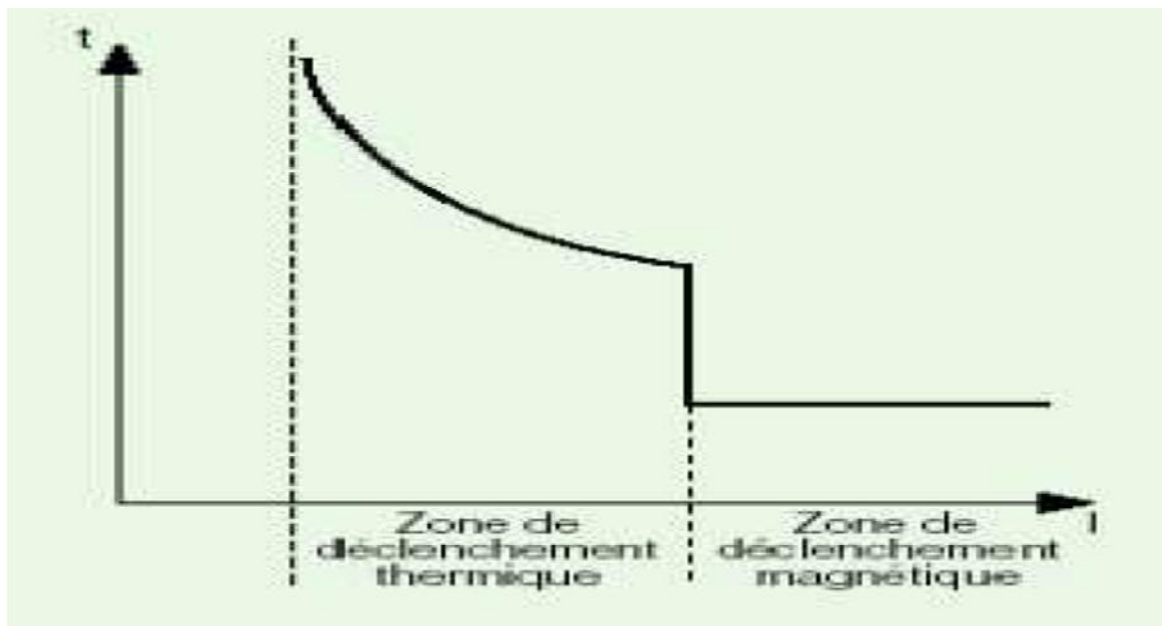
Courbe de déclenchement du relais magnétique :



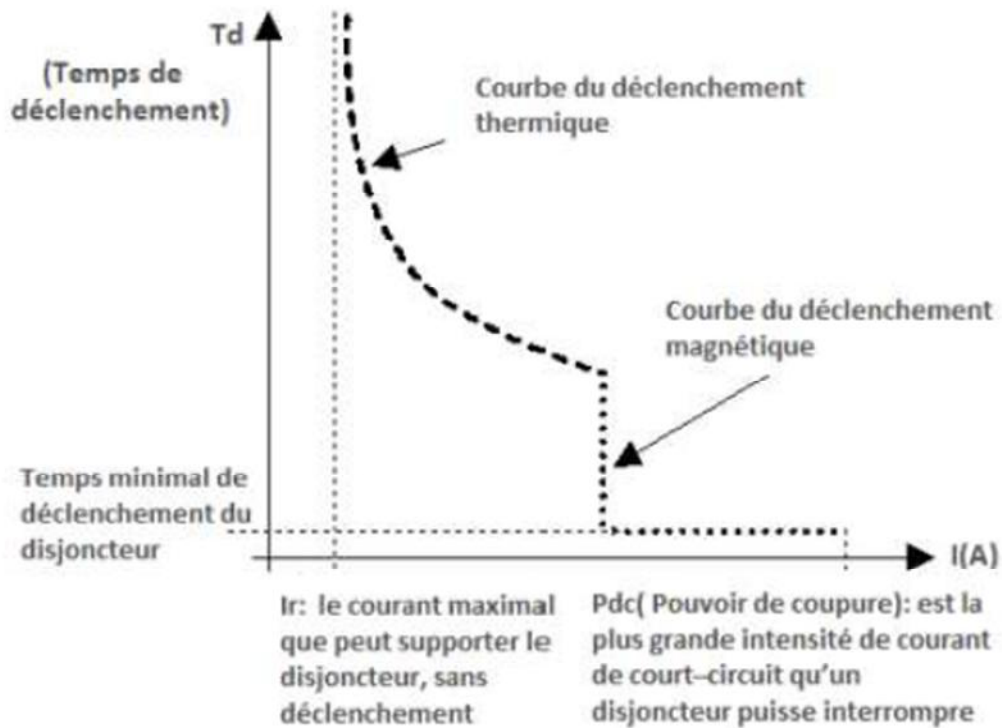
Cette courbe montre que le déclenchement du relais magnétique:

- Ne dépend peu du temps, au delà d'une certaine intensité (I_m) et quel que soit le temps, on a le déclenchement,
- Et permet de ne pas laisser passer des pointes de courant (plusieurs fois I_n).

Courbe de déclenchement complète :



Déclencheur magnétothermique



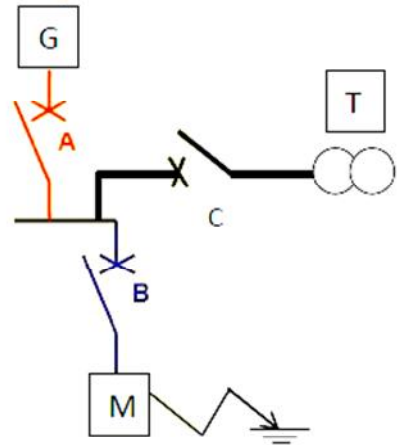
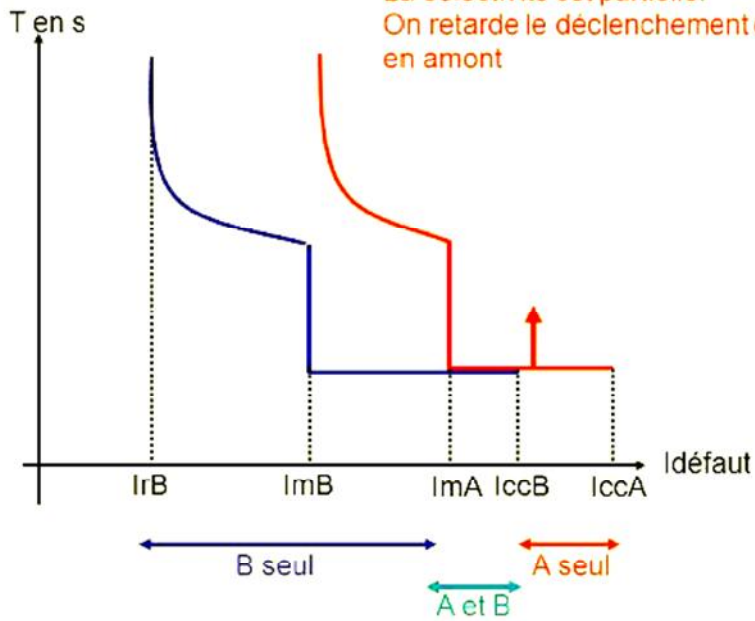
Cette courbe regroupe les deux précédentes afin d'obtenir la courbe complète de déclenchement du disjoncteur.

Elle indique que si on se trouve à droite et /ou au dessus de la courbe, on aura déclenchement.

Sélectivité :

Généralisation: Sélectivité entre deux disjoncteurs:

Sélectivité chronométrique:



III-7-Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons étudiés la technologie des disjoncteurs à haute tension dans des différents milieux et leur commande. A la fin, on termine par la protection et les courbes de déclenchements.

Chapitre IV:

TECHNOLOGIE DES SECTIONNEURS HAUTE TENSION

IV.1 Généralités

Un sectionneur est un appareil qui a pour rôle d'ouvrir ou de fermer un circuit électrique à vide. (Le courant est nul). Il ne possède aucun dispositif de coupure de l'arc électrique (son pouvoir de coupure est nul). C'est pourquoi il est strictement interdit de manœuvrer le sectionneur en plein charge, car il peut causer la détérioration de l'appareil et voir même la blessure ou la mort de l'opérateur.

Le sectionneur assure à la fois la fonction d'exploitation et de sécurité, parmi ces fonctions :

- Aiguillage d'un départ sur l'un ou l'autre des jeux de barres d'un poste.
- Ouverture ou fermeture de sectionneur d'un départ dont le disjoncteur est ouvert.
- Manœuvre d'isolement de lignes, câbles, transformateurs pour entretien ou réparation

IV.2 Caractéristique des sectionneurs :

Le sectionneur doit assurer le passage du courant normal de service sans échauffement exagéré et supporter le courant de court-circuit I_{cc} jusqu'à l'ouverture de disjoncteur.

La commande des sectionneurs n'est jamais automatique, son ouverture ou fermeture est toujours assuré par un opérateur (manuelle, électrique, mécanique).

Un sectionneur est composé généralement de:

- Un ou plusieurs pôles (unipolaire ou tripolaire)
- Un châssis
- Un mécanisme de commande

IV.3 Différents types de sectionneurs :

Sectionneur horizontal :

Ces sectionneurs de deux ou trois colonnes comprennent une rupture simple (SHD) ou double rupture (SHCR), avec des pôles opposés et pour installation extérieure. Ils peuvent être fournis avec commande manuelle, électrique, locale ou à distance. Les manœuvres de fermeture et d'ouverture sont réalisées en faisant tourner la lamedé contact mobile dans un plan horizontal. En option, cet équipement peut également être fourni pour un montage vertical ou suspendu.

Caractéristiques :

- Jusqu'à 245 kV
- Jusqu'à 50 kA (rms)/4000 A
- Installation et maintenance faciles
- Certification CEI/ANSI
- Résistant aux forces sismiques
- Résistant au gel
- Double rupture/rupture simple

Sectionneur vertical :

Ce sectionneur à rotation verticale est conçu pour l'extérieur. Il est composé de trois isolateurs, deux fixes (support) et une tige de manœuvre. La manœuvre est effectuée par une commande de moteur manuelle, électrique, locale ou à distance. Les manœuvres de fermeture et d'ouverture sont effectuées par rotation (**SVN**) ou déplacement (**SVL**) des tiges et des mécanismes de manœuvre, qui pivotent la lame autour de l'arbre lors de l'ouverture/fermeture, et tournent dans un plan vertical au cours de la transition entre les positions d'ouverture et de fermeture.

Caractéristiques :

- Jusqu'à 245 kV
- Jusqu'à 40 kA (rms)/3150 A
- Installation et maintenance faciles
- Certifié cation CEI/ANSI
- Résistant aux forces sismiques
- Résistant au gel
- Option d'un commutateur de mise à la terre inclus



Figure IV. 1:sectionneur de type verticale.

Sectionneur pantographe :

Ces sectionneurs de type pantographe ont des pôles séparés et sont destinés à être installés à l'extérieur. Ils peuvent être fournis avec une commande manuelle ou électrique. Les manœuvres de fermeture et d'ouverture sont effectuées en déplaçant la lame de contact dans un plan vertical. Ces appareils sont de conception simple et sont faciles à assembler.

Caractéristiques :

- Jusqu'à 420 kV
- Jusqu'à 50 kA (rms)/4000 A
- Installation et maintenance faciles
- Certification CEI/ANSI
- Résistant aux forces sismiques
- Résistant au gel



Figure IV.2 : Sectionneur de type extérieure.

Sectionneurs semi-pantographe:

Ces sectionneurs semi-pantographe ont des pôles séparés et sont destinés à être installés à l'extérieur. Ils peuvent être fournis avec commande manuelle ou électrique. Les manœuvres de fermeture et d'ouverture sont effectuées en déplaçant une seule lame articulée. Ces appareils sont de conception simple et sont faciles à assembler.

Cette conception articulée leur fournit une haute résistance mécanique à la tenue électrodynamique au court-circuit, ce qui leur permet d'atteindre des performances élevées.

Caractéristiques :

- Jusqu'à 550 kV
- Jusqu'à 63 kA (rms)/4000 A
- Installation et maintenance faciles
- Certification CEI/ANSI
- Résistant aux forces sismiques
- Résistant au gel

Sectionneur à 2 colonnes tournantes à coupure centrale:

Descriptif technique

Sectionneur à ouverture centrale.

Contacts entre bras principaux et entre bras et bornes :

- Contact mâle : cylindrique à contact tangentiel en cuivre argenté.
- Contact femelle : 2 lames de contact fendues en cuivre argenté.

Pression assurée par 2 lames ressort.

Bras : - Constitués de 2 lames en cuivre, continues et entretoisées.

Pivot : - Axe de rotation en acier inoxydable pivotant dans deux bagues autolubrifiantes fixées sur le châssis par une lanterne en alliage d'aluminium.

Châssis constitués de profils en acier galvanisé.

Montage posé, horizontal, vertical, inversé.

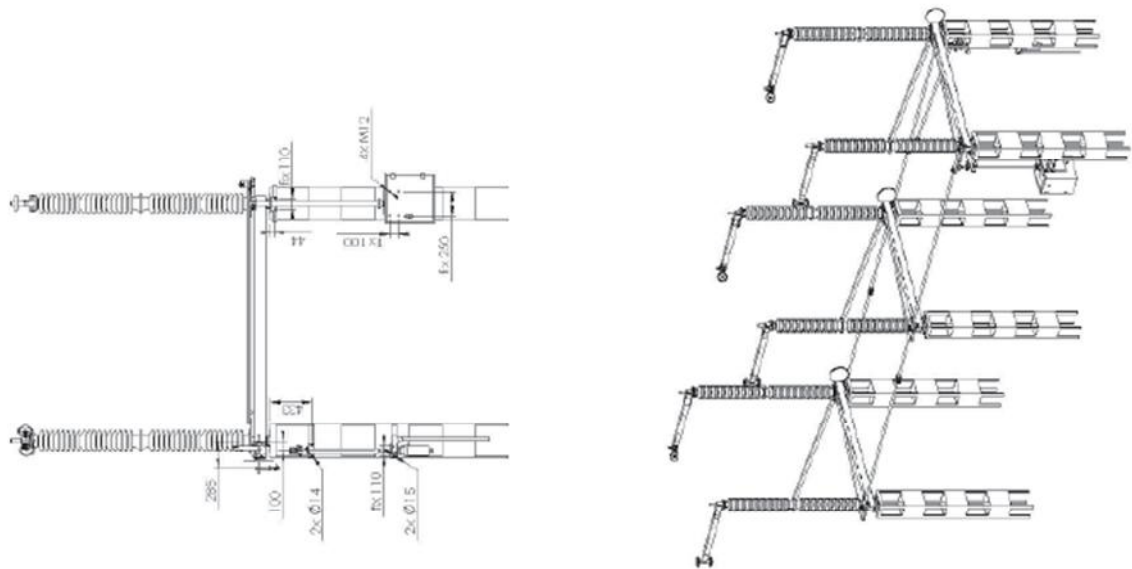


Figure IV.3 : Sectionneur à 2 colonnes tournantes à coupure centrale.

IV-4-Conclusion:

Ce quatrième chapitre est consacré à la technologie des sectionneurs, nous avons étudié les caractéristiques et les différents types.

Chapitre V :

TECHNOLOGIE DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

V.1 Généralités :

Le transformateur triphasé règle et achemine, à chaque instant, la tension issue des centrales de production d'énergie à travers tout le territoire. La tension triphasée produite est d'abord transportée en HT pour être ensuite distribuée en B.T aux clients. La valeur de la tension livrée a pour valeur: (400V/230V) Ces deux fonctions (élévateur et abaisseur de tension) sont assurées par le transformateur triphasé. Par ailleurs, l'isolation galvanique entre enroulement HT et BT réalisée par le transformateur permet la modification du schéma de liaison à la terre (S.L.T).

V.2 Définitions:

Le transformateur est une machine électrique statique destinée à transformer une tension ou un courant alternatif en une autre tension ou courant alternatif, d'une amplitude généralement différente (abaisseur ou élévateur) mais de la même fréquence. Cela avec un excellent rendement (plus de 99 % pour les transformateurs de grandes puissances).

Pour le transport et la distribution de l'énergie électrique le transformateur de puissance est un élément incontournable. Il répond au besoin de l'utilisateur.

V.3 Principe de fonctionnement et constituant d'un transformateur :

La totalité des transformateurs de puissances comprennent (Comme la montre la figure V.1)

Un circuit magnétique fermé :

- de perméabilité magnétique aussi haute que possible afin de faciliter le plus possible le passage des lignes de champ magnétique
- d'hystérésis aussi faible que possible pour limiter les pertes
- feuilleté (tôles de 0,2 à 0,3 mm d'épaisseur) afin de limiter les courants de FOUCAULT
- de résistance électrique aussi élevée que possible, toujours dans le but d'affaiblir les courants de FOUCAULT, à cette fin on utilise des aciers au silicium (2 à 3 %).

Deux enroulements (bobines) :

Le **primaire** alimenté par un générateur de tension alternative de tension V_1 et comportant n_1 spires. Il absorbe le courant I_1 . Le primaire transforme l'énergie électrocinétique reçue en énergie magnétique. C'est un récepteur d'énergie électrique qui transforme cette énergie en énergie magnétique.

Le **secondaire** comporte n_2 spires ; il fournit, sous la tension V_2 , un courant I_2 au dipôle récepteur. Le secondaire transforme l'énergie magnétique reçue du primaire en énergie électrocinétique. C'est un générateur d'énergie électrique.

Les deux enroulements sont isolés électriquement, mais magnétiquement couplés par le flux.

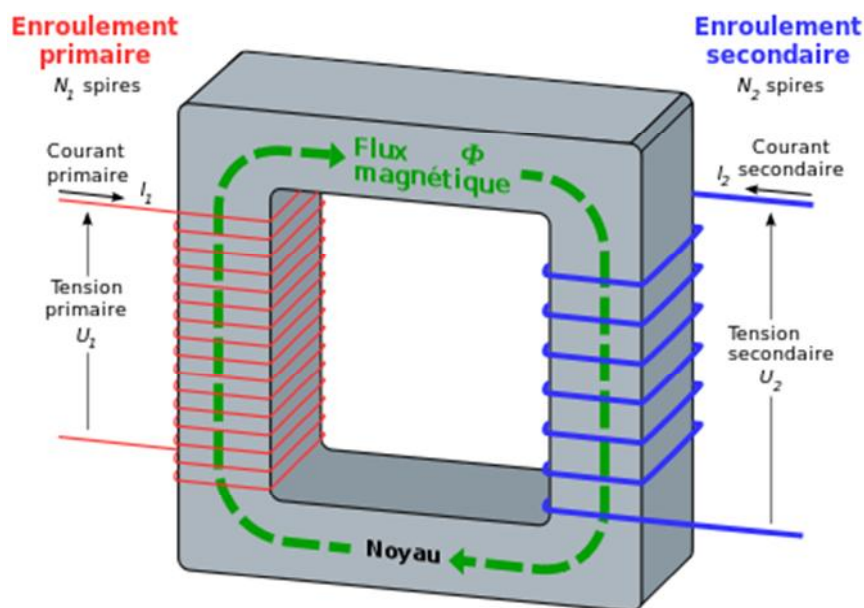


Figure V.1 Représentation schématique du principe de fonctionnement d'un transformateur.

Principe de fonctionnement :

Lorsqu'on applique une tension alternative à la source, ceci crée un flux alternatif dans le noyau magnétique. Selon la loi de Faraday, ce flux crée des forces électromotrices dans les bobines. La force électromotrice induite est proportionnelle au

nombre de tours dans la bobine et au taux de variation du flux. Selon le rapport du nombre de tours entre le primaire le secondaire, le secondaire alimente la charge avec une tension différente de celle de la source.

Principaux constituant d'un transformateur de puissance :

Comme la montre la figure suivante le transformateur est constitué de plusieurs éléments:

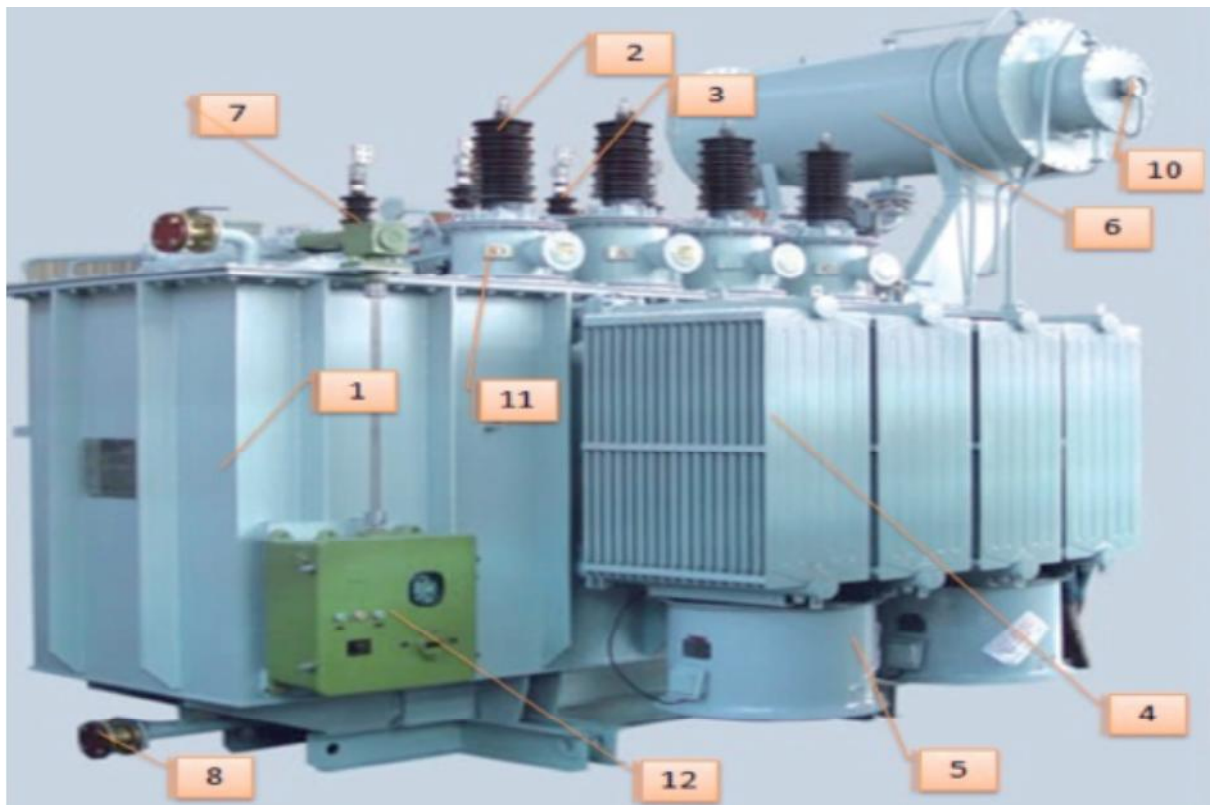


Figure V.2 : Représentation transformateur de puissance.

1. **Cuve du transformateur** : contient les bobinages du transformateur et son fluide d'isolation (remplie d'huile).
2. **Traversée haute tension** : terminaux où les bobinages du primaire du transformateur terminent et qui servent comme isolant avec la cuve du transformateur.
3. **Traversée basse tension** : comme pour la traversée haute tension, terminaux où les bobinages du secondaire du transformateur terminent et qui servent comme isolant avec la cuve du transformateur.

4. **Ailettes de refroidissement / Radiateur** : afin que le transformateur puisse dissiper la chaleur générée dans son huile isolante, des ailettes de refroidissement et des radiateurs sont généralement fixés sur la cuve du transformateur.
5. **Ventilateurs** : peuvent habituellement être trouvés attachées aux ailettes de refroidissement.
6. **Réservoir de conservation (ou conservateur)** : un système de préservation de l'huile dans lequel l'huile dans la cuve principale du transformateur est isolée de l'atmosphère, dans les limites de température spécifiées, au moyen d'un réservoir auxiliaire partiellement rempli d'huile et connecté à la cuve principale pleine.
7. **Système terminal de mise à la terre** : généralement présent quand une connexion en Y est utilisée dans le bobinage des transformateurs.
8. **Vanne de vidange** : utilisée pour vidanger l'huile du transformateur.
9. **Assécheur d'air (ne figure pas sur le schéma)** : empêche l'humidité normale de l'air de venir en contact avec l'huile dans les équipements électriques quand la charge ou la température changent. Ceci réduit la dégradation de l'huile et aide à maintenir ses capacités d'isolation.
10. **Indicateurs de la température / de la pression d'huile** : utilisés pour contrôler les caractéristiques internes du transformateur, spécialement ses bobinages.
11. **Transformateurs de courant pour traversée** : situés au niveau des terminaux du transformateur et utilisés à des fins de mesure et de relayage.
12. **Armoire de contrôle** : contient les équipements de contrôle et les équipements auxiliaires du transformateur.

V.4 Différents types des transformateurs :

Ils existent différents type de transformateurs mais nous nous intéressons à l'étude des transformateurs de puissance de réseaux électriques car ils présentent le plus grand intérêt dans le développement de l'interconnexion des réseaux De point de

vue construction deux principales technologies sont distinguées à savoir les transformateurs à colonnes et les transformateurs cuirassés.

Transformateurs à colonnes :

Le transformateur à colonnes est constitué de deux enroulements concentriques par phase. Ces enroulements sont montés sur un noyau ferromagnétique qui se ferme à ses extrémités via des culasses généralement des sections circulaires afin d'assurer une bonne canalisation de flux magnétique. Dans cette technologie ce sont les enroulements qui entourent le circuit magnétique. Ce type de transformateur est particulièrement répandu dans le monde pour tout type d'application.

Ce type de transformateurs présente des avantages et des inconvénients :

Les avantages :

- Décuvage aisé
- Technologie plus courante que cuirassé, plus économique

Les inconvénients :

- Réfrigération moins efficace
- Tenue aux chocs moindre

Transformateurs type cuirassé :

Dans cette technologie, le circuit magnétique entoure les enroulements formés de bobines rectangulaires à axe horizontal. Le circuit magnétique de section rectangulaire est constitué de tôles posées à plat. La cuve assure le calage du circuit magnétique et des enroulements.

Ces transformateurs sont utilisés au sein des réseaux de transport et de répartitions où les surtensions sont fréquentes. Dans cet environnement ils doivent se prémunir des effets néfastes de ces surtensions sur les enroulements. Pour cela des écrans sont utilisés afin de réduire les contraintes liées aux champs électriques dans les bobinages.

Ce type de transformateurs présente des avantages et des inconvénients :

Les avantages :

- Circuit magnétique court
- Simplicités des enroulements
- Réfrigération efficace
- Volume moins important

Les Inconvénients :

- Ces enroulements sont moins accessibles à l'agent de refroidissement.
- L'examen et la réparation sont plus difficiles.

V.5 Couplages des transformateurs :

Pour des raisons de continuité de service, ou de variations journalières ou saisonnières de consommation d'énergie, il est intéressant de pouvoir coupler deux ou plusieurs transformateurs en parallèle.

Le rôle du transformateur est d'adapter le niveau de tension aux nœuds de connexion. Il adapte aussi les indices horaires. En effet, si les réseaux 400kV et 225kV ont les mêmes indices horaires, ce n'est absolument pas le cas des autres réseaux. En prenant les réseaux THT comme référence, le réseau 63kV des régions nord et est de la France a pour indice horaire 0 tandis que le réseau 63 kV des régions sud-est et sud-ouest a pour indice horaire 11. Cette diversité est encore plus grande si on s'intéresse aux réseaux HTA et BT.

1. Conditions de couplage

Puissance :

La puissance totale disponible est la somme des puissances des transformateurs. Si les puissances des transformateurs sont différentes, la puissance du plus gros transformateur ne doit pas dépasser deux fois la puissance du plus petit.

Réseau :

Les transformateurs sont alimentés par le même réseau.

Connexions et indices horaires :

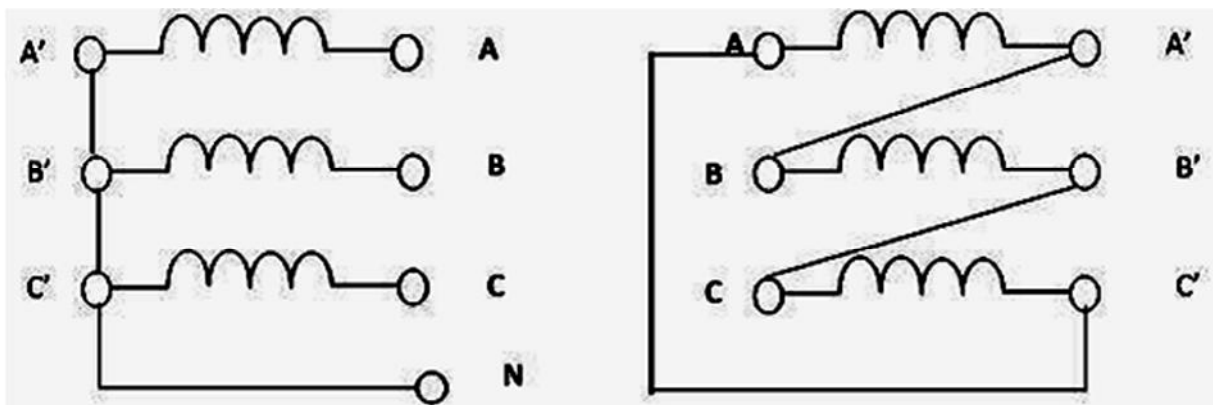
Mêmes longueurs de connexion surtout côté BT. Même indice horaire de couplage.

Tensions :

Tensions de court-circuit égales à 10 % près ; tensions secondaires très peu différentes selon la charge (0,4 %).

Couplages des enroulements :

Au primaire les enroulements peuvent être connectés soit en étoile(Y) soit en triangle(D).



Couplage en Y

Couplage en D

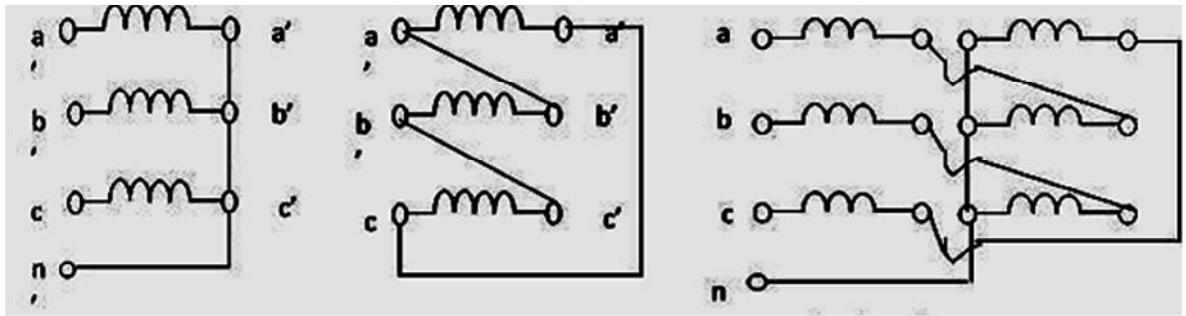
Couplage des enroulements au primaire

Au secondaire les enroulements peuvent être couplés de 3 manières différentes :

_ étoile(y).

_ triangle(d).

_ zigzag(z).



Couplage Y

Couplage d

Couplage Z

Couplage des enroulements au secondaire

On obtient ainsi 6 couplages possibles entre primaire et secondaire :

1. Y-y : étoile-étoile
2. Y-d : étoile-triangle
3. Y-z : étoile-zigzag
4. D-y : triangle- étoile
5. D-d: triangle -triangle
6. D-z: triangle-zigzag

Choix de couplage

Le choix du couplage repose sur plusieurs critères :

- La charge nécessite la présence du neutre (par exemple réseau BT de la Steg).Le secondaire doit être connecté soit en étoile soit en zigzag.
- Le fonctionnement est déséquilibré (courant de déséquilibre dans le neutre I_n est supérieur à 0.1 le courant nominal), le secondaire doit être couplé en zigzag.
- Coté haute tension on a intérêt à choisir le couplage étoile (moins de spire à utiliser).
- Pour les forts courants, on préfère le couplage triangle.

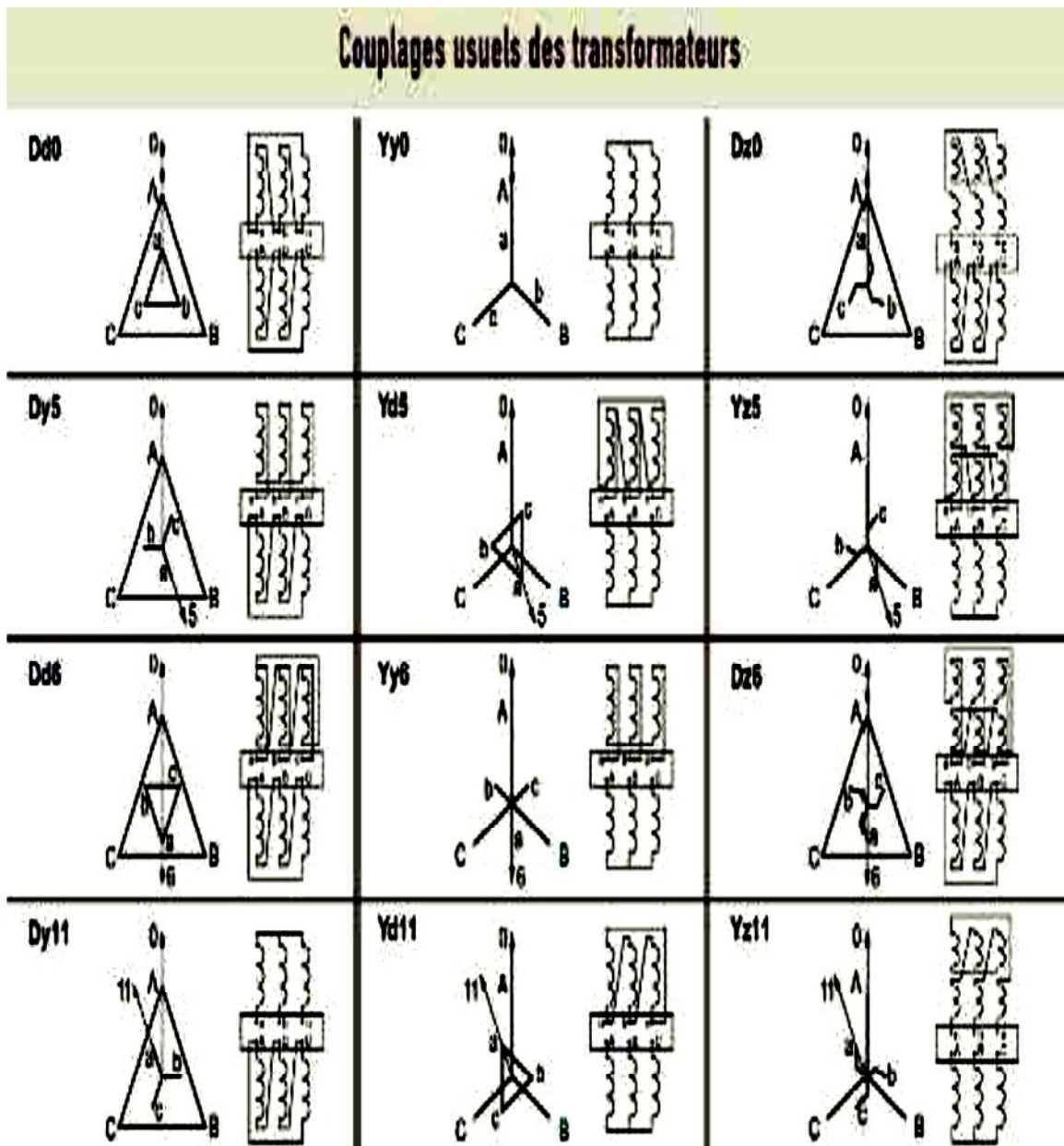
L'indice horaire :

L'indice horaire (I_h) est un nombre entier compris entre 0 et 11 qui traduit le déphasage entre deux tensions primaire et secondaire homologues.

$$I_h = \frac{\theta}{\pi/6}$$

$$\theta = (\vec{V}_A, \vec{v}_a) = (\vec{V}_B, \vec{v}_b) = (\vec{V}_C, \vec{v}_c)$$

On donne ci-dessous les couplages usuelles utilisés dans les transformateurs de



puissance :

Les différentes modes de refroidissement:

ONAN : Circulation naturelle d'huile circulation naturelle d'air radiateurs.

ONAF: Circulation naturelle d'huile circulation forcée d'air radiateurs + ventilateurs.

OFAF: Circulation forcée d'huile circulation forcée d'air pompe + aéroréfrigérant
l'aéroréfrigérant peut être monté côté HT ou MT.

ODAF: Circulation dirigée d'huile circulation forcée d'air pompe + aéroréfrigérant
l'aéroréfrigérant peut être monté côté HT ou MT.

V.6 Accessoires de transformateurs de puissance :

Bloc de Protection multifonctions pour transformateur hermétique à remplissage total :

Il assure la :

Détection de dégagement gazeux :

En cas de dégagement provenant de la décomposition d'isolants solides et liquides, un contact se ferme et déclenche la protection amont.

Une baisse accidentelle du niveau du diélectrique est aussi détectée.

Mesure de la température :

La lecture de la température est assurée par un thermomètre. 2 contacts (versions DGPT2) se ferment pour 2 seuils de températures (alarme et déclenchement de la protection amont et aval.)

Détection de suppression :

Toute augmentation excessive de pression interne ferme un contact permettant le déclenchement de la protection amont.

Lecture du niveau du diélectrique :

Le niveau du diélectrique est visualisé par un flotteur.

Il protège les transformateurs immergés Respirant, avec Conservateur,

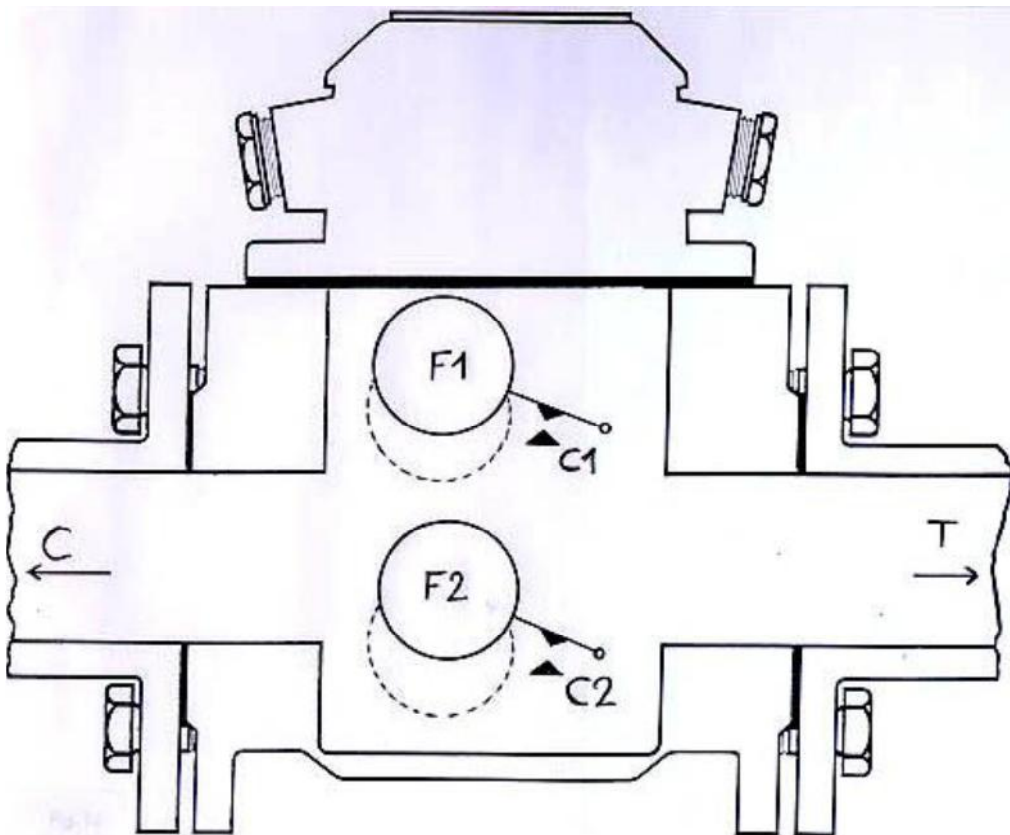
Contre les défauts internes :

Dégagement gazeux **lent** ou fuite de liquide diélectrique entraînant le basculement du flotteur *F1*.

Alarme.

Dégagement gazeux **violent** ou fuite de liquide diélectrique entraînant le basculement du flotteur *F2*

Déclenchement



Thermostats :

Les thermostats compensés à 2 seuils montés sur les transformateurs sont utilisés pour la signalisation « alarme » et le déclenchement.

Ces appareils sont constitués d'un ensemble thermométrique équipé d'une sonde pouvant se monter dans un doigt de gant.

Thermomètre :

Le thermomètre est muni d'une sonde placée dans un doigt de gant rempli d'huile, la sonde étant reliée au boîtier pour un capillaire. Il peut être monté directement sur le doigt de gant ou à distance via un capillaire allongé. Il peut être équipé d'un index à maximum et/ou des contacts alarme et déclenchement.

Relais de protection DGPT :

Protège les transformateurs immergés ou étanches à remplissage total :

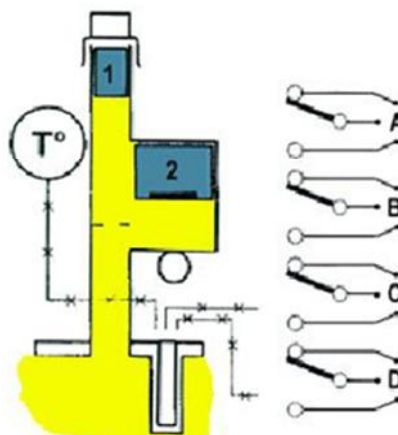
Contre les défauts internes :

Baisse de niveau ou dégagement gazeux (Contact A),
Surpression (Défaut interne) ; seuil : 0,2 bar (Contact B),

Mise hors tension

- Contre les sur-échauffements (Surcharges prolongées, mauvais refroidissement) :
- Contrôle de la température par thermostat :
- Alarme 90°C (Contact C)
- Déclenchement 100°C (Contact D)

Mise hors charge



Relais de protection DGPT :

Maintenances des transformateurs :

Le but de ce paragraphe est de détecter le plus tôt possible les anomalies qui peuvent mettre en danger le bon fonctionnement du transformateur.

Visites d'inspection mensuelle

Inspection visuelle et auditive des appareils en service pour mettre en évidence d'éventuelles anomalies telles que fuite, bruit, échauffement, encrassement.

Observations particulières :

- des niveaux d'huile (conservateurs et assécheurs)
- des bornes au niveau des joints,
- des brides de raccordement entre circuits
- des brides de raccordement des appareils (pompe de circulation, vannes, etc.)
- des échangeurs,
- des thermomètres.

Écoutes particulières :

- des motos ventilateurs, pompes de circulation,
- bruits inhabituels issus du transformateur (cliquetis, grésillements, etc.)

Compteur de décharge des parafoudres

- Relever le nombre de décharge,

Visites d'inspection Annuelle.

L'inspection approfondie nécessitant la mise hors tension de l'appareil.

État général du transformateur :

- traces de rouille,
- manque de peinture,
- état de la visserie,
- état des chemins de câbles,

- état des tuyauteries,
- état du couvercle supérieur du transformateur.

État des accessoires

Analyses d'huile

V.7 Protection des transformateurs :

Protection en amont.

Des perturbations peuvent provenir du réseau amont (HTA) ; ce sont surtout des surtensions, ou la foudre. On emploie souvent des parafoudres, ou des limiteurs de surtensions.

On peut détecter trois types de défauts :

- L'élévation anormale de température du transformateur : on utilise un thermostat qui signale l'anomalie et peut couper l'alimentation si la température est trop élevée.
- Le dégagement de gaz : lorsqu'un transformateur est immergé, tout défaut d'isolement se manifeste par un arc électrique qui décompose l'huile et provoque un dégagement gazeux qui se porte au sommet de la cuve. Des relais type Buchholz (voir image ci-dessous) détectent ce dégagement gazeux.
- La protection masse cuve : permet de détecter tout défaut interne entre le transformateur et la masse.

Ces deux dernières protections sont surtout employées pour des transformateurs de puissance supérieure à 5 000 kVa.



Relais Buchholz

Spécification Techniques des Transformateurs de puissance MT/BT :

Tout transformateur doit être muni de plaque signalétique résistant aux intempéries, fixée à un emplacement visible et donnant les indications énumérées ci-dessous,

marquées de manière indélébile :

1. type de transformateur;
2. le numéro de série;
3. la date de fabrication;
4. le nom du fabricant ;
5. la fréquence assignée (en Hz);
6. la Puissance assignée (en KVA ou en MVA);
7. la tension assignée MT ou HT (en kV);

8. la tension assignée BT (en V) ou MT (en KV)
9. le courant primaire (A)
10. le courant secondaire (A)
11. le niveau d'isolement (en kV)
12. le mode de refroidissement (ONAN, ONAF ou OFAF)
13. le symbole de couplage;
14. la tension de court-circuit en %;
15. le nombre de phases;
16. le régleur à vide : nombre de position et tension correspondantes
17. la masse totale du transformateur;
18. la masse de l'huile isolante (dans le cas des transformateurs immergés)
19. l'isolement (normal, sur-isolé ou spécial).

V.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur la constitution des transformateurs et leurs couplages et accessoires. Est-on terminée par la protection.

Chapitre VI :

LES BATTERIES DE CONDENSATEURS

VI 1 Introduction :

Sur le réseau, les condensateurs sont groupés sous forme de batteries avec l'appareillage indispensable à leur mise en service et à leur protection. Une batterie de condensateurs est un générateur de puissance réactive nécessaire pour alléger la puissance apparente des réseaux en amont des lieux de consommation. Ce composant passif du réseau est sollicité particulièrement pendant les périodes de forte consommation (périodes de pointes et de surcharges).

Sa disponibilité sur le réseau pendant ces périodes est très souhaitable pour réduire les chutes de tension et les pertes en réseau et donc pour optimiser le coût du kilowattheure.

Les moyens de compensation :

Les moteurs synchrones

Les condensateurs statiques

VI.2 Généralités sur les batteries de condensateurs :

La capacité d'un condensateur dépend de milieu et des caractéristiques géométriques.

La puissance réactive **produite** par une capacité C soumise à une tension U est égale à:

$$Q_c = U I_c = C \omega U^2$$

Avantages :

- Maintenance et exploitation faciles.
- Le montage et facile (pas de besoin de fondation).
- Les pertes spécifiques dans la batterie sont faibles.

Inconvénients :

La puissance réactive dépend essentiellement de la tension du réseau

Sont très sensibles aux harmoniques supérieurs dans le réseau.

Sont très sensibles aux surtensions internes et atmosphériques : la probabilité de claquage augmente.

La décharge d'un condensateur :

Après le débranchement d'une batterie la tension restante :

Le diagnostic de la présence de décharges partielles dans les condensateurs est particulièrement complexe pour différentes raisons :

- la capacité d'un condensateur industriel est très élevée (par rapport aux capacités d'autres matériels électriques), d'où la présence d'un bruit de fond élevé (il faut distinguer les impulsions dues aux bruits de celles des décharges partielles).

Après le débranchement d'une batterie la tension restante :

Il est dangereux d'intervenir sur la batterie après son débranchement :

La décharge naturelle se déroule lentement.

Il faut alors la décharge artificielle on branche en parallèle une résistance de décharge.

D'après la norme on doit décharger le condensateur jusqu'à 50v pendant le temps de décharge de 60s.

Le choix de cette résistance dépend des pertes qui vont être engendrées dans la résistance et le temps de décharge qui est fonction du rapport R sur C.

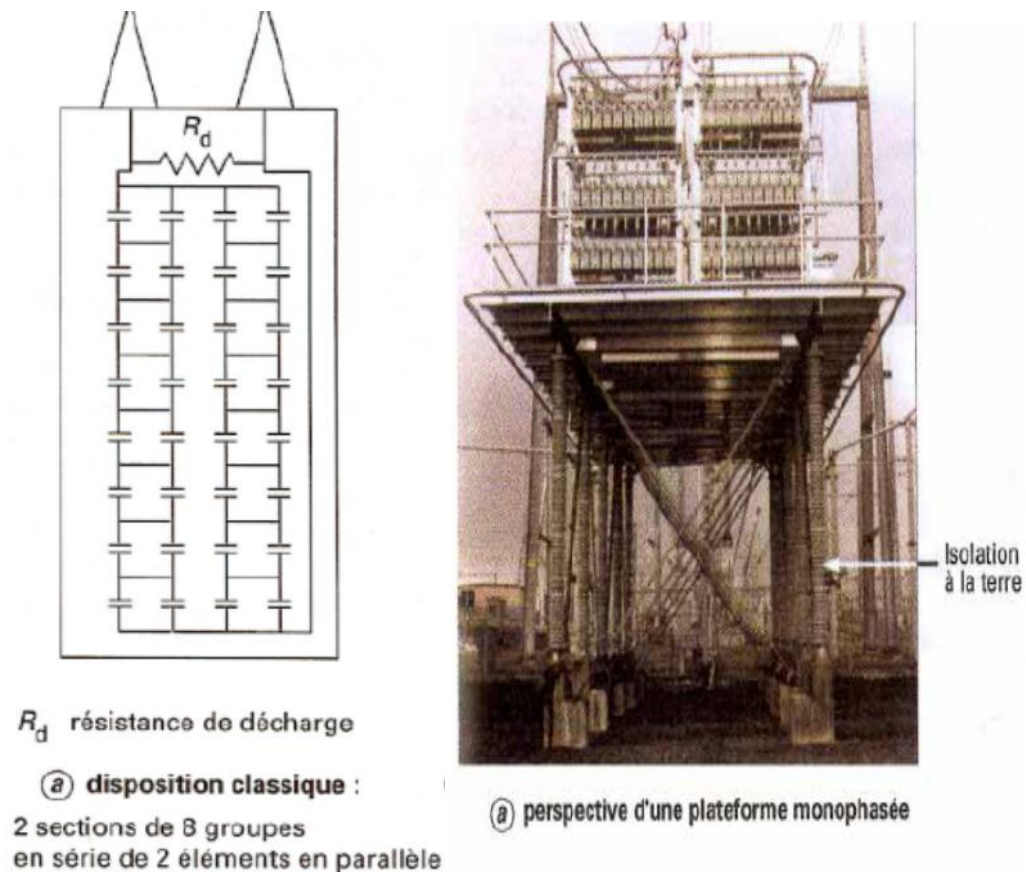


Figure VI.1 : Batterie de condensateurs avec une résistance de décharge.

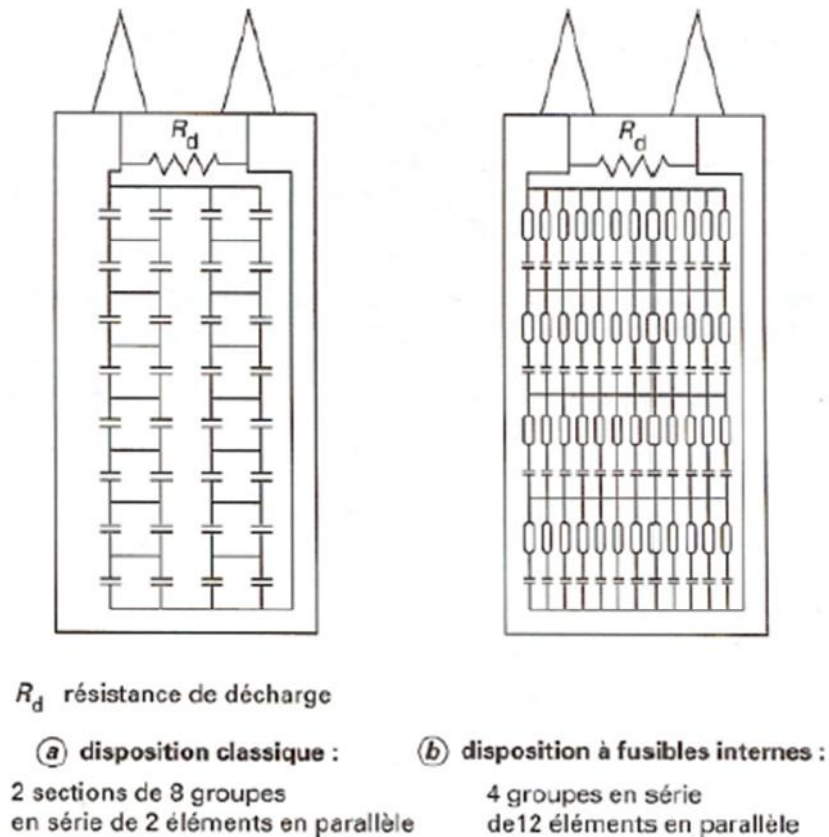


Figure VI.2 : – Condensateur HTA avec et sans fusibles internes : schémas de la disposition interne

VI.3 Mode de réglage de dispositif de compensation :

- En fonction de Q consommée.
- En fonction de $\cos \omega$.
- En fonction de la tension.
- En fonction de la charge.
- En fonction du temps(horloge).

VI.4 Constitution des batteries de condensateurs :

Les condensateurs haute tension sont constitués à partir de capacités élémentaires ou partielles connectées généralement en plusieurs groupes série – parallèle permettant d'obtenir les caractéristiques électrique souhaitées de l'appareil.

La tension nominale d'un condensateur dépend de groupes en série.

La puissance nominale d'un condensateur dépend de nombre de capacités partielles en parallèles par groupe.

Chapitre VI: Les batteries de condensateurs

Chaque capacité élémentaire est fabriquée à partir de deux feuilles d'aluminium constituant les armatures ou les électrodes et de films polypropylènes spécifiques de grande qualité, pour faciliter l'imprégnation, assurant une partie de l'isolant.

L'ensemble des capacités ainsi câblé, appelé (partie active) est positionné dans une cuve en acier inoxydable, équipée à la partie supérieure de borne ou de traversées isolées, en porcelaine, permettant le raccordement de l'appareil.

Cette partie active après avoir été séchée, traitée, est imprégnée sous vide d'un diélectrique liquide de type :

- Non chloré.
- Non toxique.
- Biodégradable.

Ce diélectrique liquide doté d'une remarquable stabilité chimique, d'un haut pouvoir d'absorption des gaz et d'extinction des décharge partielles dont le point éclair se situe aux environs de 150°C, assure avec le film polypropylène l'isolement total entre électrodes. Cette technologie de condensateurs dits (tout film) présente les caractéristiques principales suivantes : une très bonne tenue aux champs électriques importants.

Des pertes wattées très faibles, autorisant des économies non négligeables dans le cadre des batteries de condensateur de forte puissance.

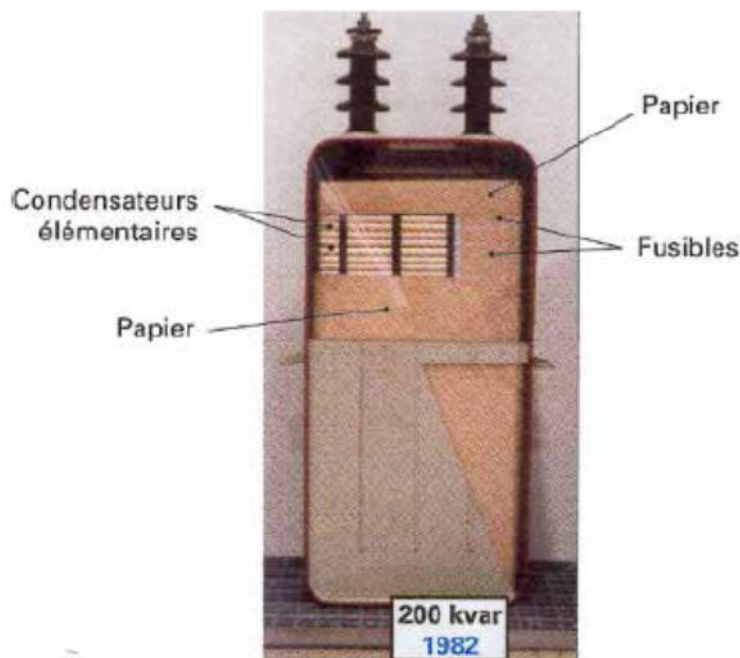


Figure VI.3 : vue interne d'un condensateur à fusibles internes.

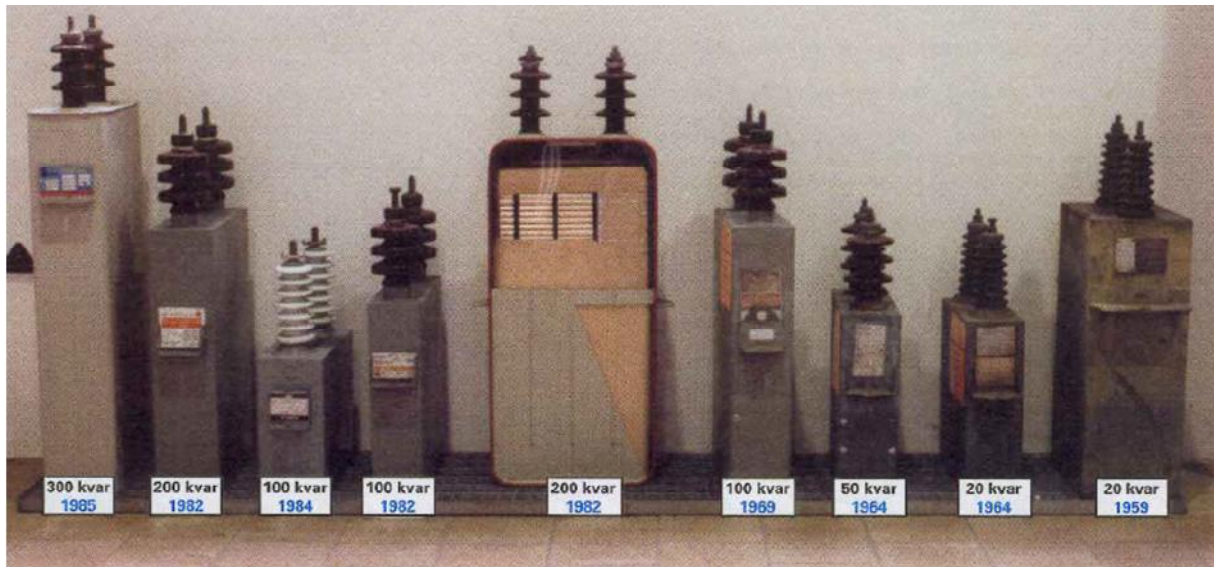


Figure VI.4 : Évolution des technologies des condensateurs

Les condensateurs modernes sont équipés de résistance de décharge interne ramenant la tension résiduelle à 75v en 10 minutes après déconnexion de réseau.

Caractéristiques électriques :

Tolérance de capacité	-5 % à +10 % pour éléments et batteries jusqu'à 100 kvar -5 % à +5 % pour éléments et batteries au-delà de 100 kvar
Gamme de température	Min : de -50 à +5°C Max : de +40 à +55°C
Intensité de surcharge admissible	$1,3 \times I_N$
Tension de surcharge admissible	$1,1 \times U_N$, 8 h toutes les 24 h $1,15 \times U_N$, 30 min chaque 24 h $1,2 \times U_N$, 5min $1,3 \times U_N$, 1min $2,15 \times U_N$ pour 10 s (

Normes de référence :

- CEI 60358 : Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs.
- CEI 60815 : Guide pour le choix des isolateurs sous pollution.
- CEI 60060-1 : Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.
- CEI 60060-2 : Système de mesure.
- CEI 60270 : Mesure des décharges partielles.
- CEI 60168 : Essais des isolateurs support en céramique.
- CEI 60273 : Caractéristiques des supports isolants int & ext de tension nominale > 1000V.

Française :C54102

International :CEI871.1et 2 condensateur réseaux CEI110 condensateurs pour fours à induction refroidi à air ou à eau .

Allemande :VDE 0560/4 ,VDE 0560/9

Surcharges admissibles

En intensité :1.31 nominale en permanence

En tension entre bornes :1.1 U nominale 12h/24h

1.15U nominale 30 minutes /24h

1.2U nominale 5 minutes /24h

1.3U nominale 1 minutes /24h

Protection des batteries de condensateurs

Par fusibles internes.

Par relais à max I à action instantanée.

Par protection contre le déséquilibre (homopolaire) .

VI-5-Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons présentés les généralités sur les batteries de condensateurs et leur mode de réglage des dispositifs de compensation, puis on a terminé par la constitution et les caractéristiques.

Chapitre VII :

LES TRANSFORMATEURS DE MESURES

VII.1 Introduction :

Les transformateurs de mesures sont des transformateurs permettant de convertir des courants ou des tensions élevées en courants ou en tensions mesurables et normalisées, de façon proportionnelle et en phase avec le signal primaire. Ceux-ci peuvent alimenter des instruments de mesure, des compteurs ou des relais de protection. De plus, les appareils de mesure ou de protection raccordés sont isolés par rapport aux parties de l'installation sous tension.

VII.2 Le transformateur de tension (TT):

Ils permettent de mesurer une tension du domaine de la H.T avec une bonne précision et sans intervention sur l'installation haute tension. L'isolation galvanique réalisée par le transformateur isole et sécurise l'utilisateur et le matériel car la tension recueillie aux bornes du secondaire appartient au domaine B.T : 100 à 150V en général.

On distingue deux types de transformateurs de tensions :

- TT inductif.
- TT capacitif.

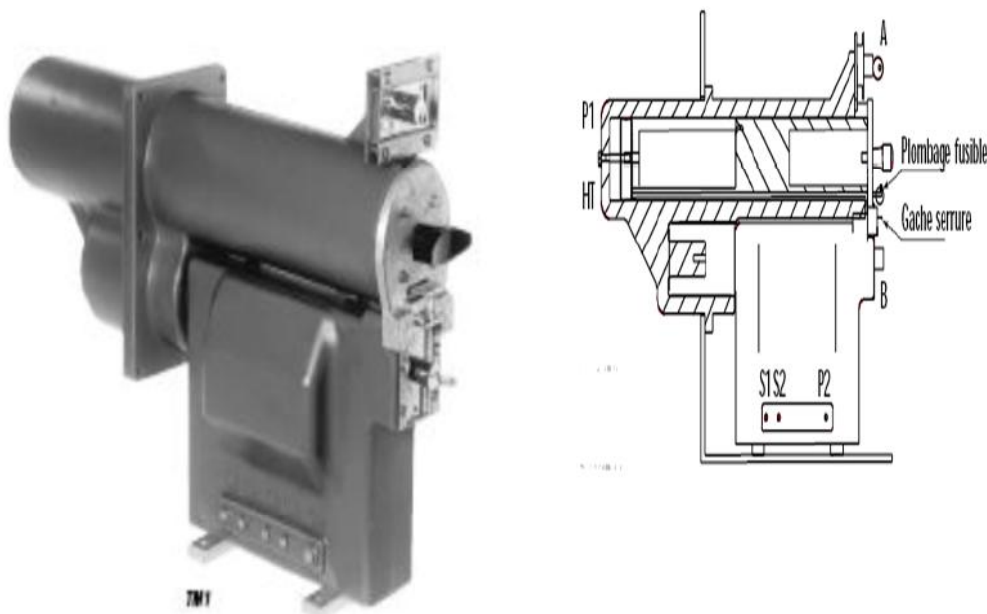
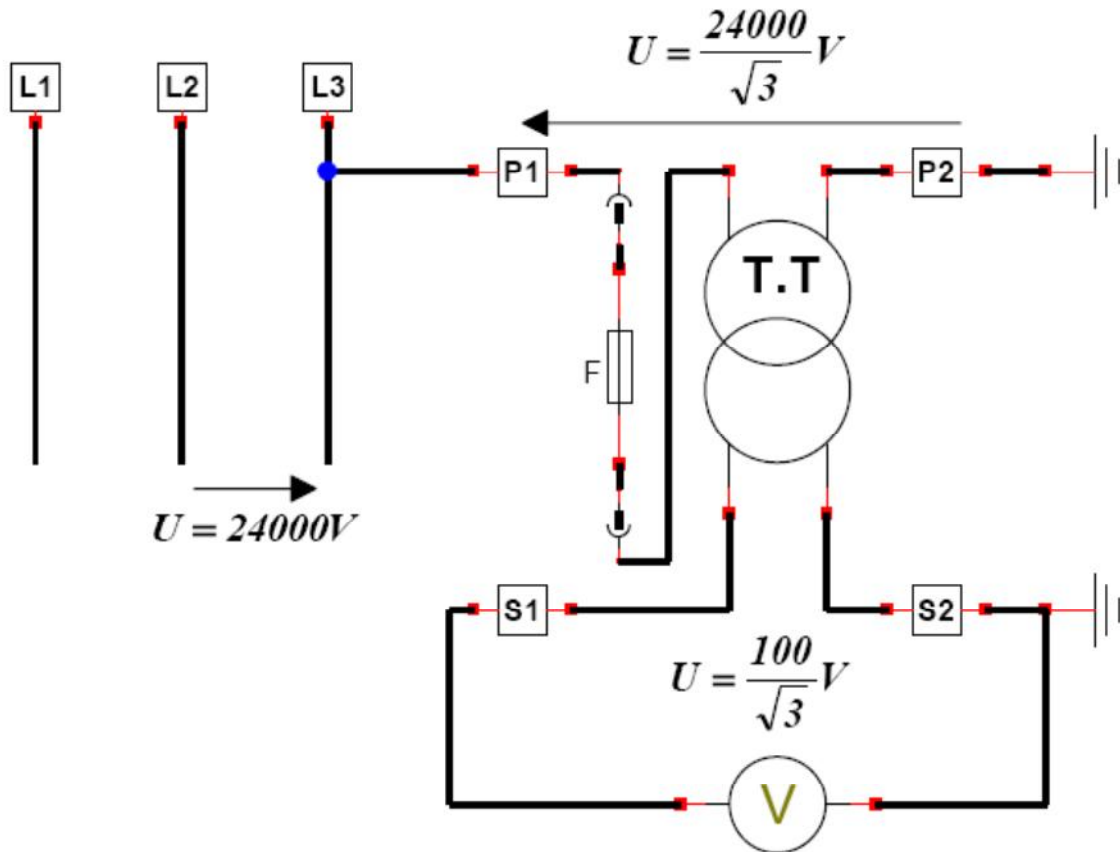


Figure VII-1: transformateur de tension.



Transformateur de tension dans un circuit électrique

VII.3 Transformateur de courant (TC et TI) :

On utilise les transformateurs de courant (TC) en B.T et en H.T lorsque l'on veut mesurer avec précision des courants de très forte valeur.

a. Constitution

Un TC possède 2 circuits :

- ▶ Un primaire : N_1 .
- ▶ Un secondaire : N_2 .
- ▶ Un circuit magnétique cylindrique (torique) .

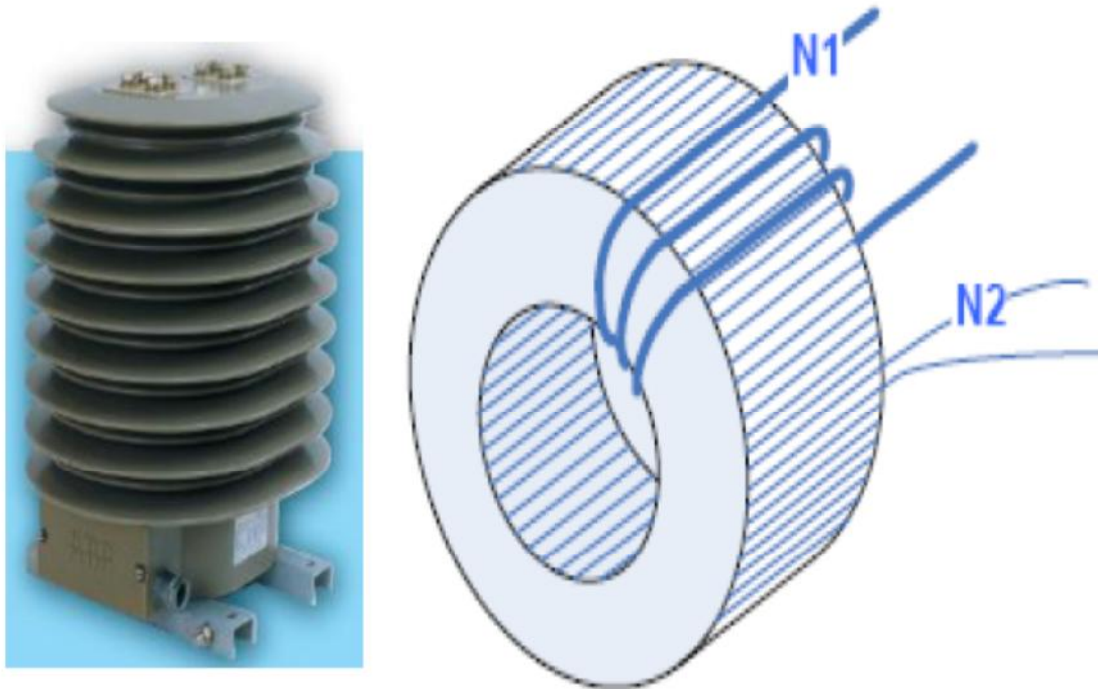


Figure VII-2 : transformateur de courant.

b. Raccordement

- ▶ Le **primaire** du TC doit être traversé par le courant I_1 dont on veut connaître la valeur.
- ▶ Le **secondaire** mis en court-circuit génère le courant I_2 lié à I_1 par le rapport de transformation m : $I_2 = \frac{I_1}{m}$.

Il suffit d'insérer un ampèremètre dans l'enroulement secondaire pour connaître la valeur de I_2 et par conséquent de I_1 .

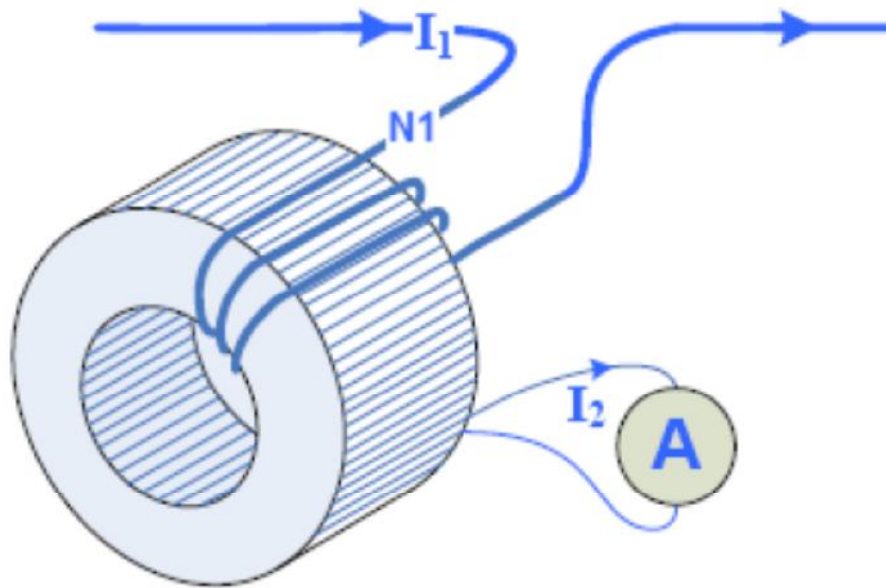


Figure VII-3 : transformateur de courant avec ampèremètre.

Normes applicables :

Norme CEI 60044-1 : transformateur de mesure-partie 1 : transformateur de courant .

Norme CEI 60044-2 : transformateur de mesure-partie 2 : transformateur de tension inductif.

Norme CEI 60044-2 : transformateur de mesure-partie 2 : combinés de mesure.

Norme CEI 60044-5 : transformateur de mesure-partie 5 : transformateur de tension capacitif.

Norme CEI 60044-6:transformateur de mesure-partie 6 : prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour réponse en régime transitoire.

Norme CEI 60044-7 : transformateur de mesure-partie 5 : transformateur de tension électronique.

Norme CEI 60044-8 : transformateur de mesure-partie 8 : transformateur de courant électronique.

VII-4-Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons étudiés la technologie des transformateurs de mesure qui sont compose de courant et de tension.

Chapitre VIII :

LES SERVICES AUXILIAIRES

VIII.1 But et définition :

L'ensemble des services auxiliaires comprend :

- Les services auxiliaires à courant alternatif 220/380 volts.
- Les services auxiliaires à courant continu 127 et 48volts.

Les services auxiliaires à courant alternatif seront alimentés en tension alternative triphasée 50HZ 220/380 volts par l'un des transformateurs MT/BT. Un groupe diésel assurera le secours d'une partie des auxiliaires.

Les services auxiliaires fournissent au poste l'énergie nécessaire au fonctionnement normal pour :

- Les utilisations demandant une puissance assez importante (éclairage chauffage force motrice des disjoncteurs des sectionneurs et des régulateurs en charge prise de courant etc...).
- Les redresseurs.
- Les services auxiliaires à courant continu seront constitués :
- d'un premier (redresseur –batterie) pour l'alimentation d'une barre CC principale 127 VCC.
- d'un deuxième (redresseur –batterie) pour l'alimentation d'une barre CC principale 127 VCC.

Un redresseur de réserve assure le secours de chaque redresseur.

Les services auxiliaires à courant continu assurent deux fonctions principales :

- Alimentation des dispositifs de commande protection signalisation et des automates.
- Secours de certaines fonctions (éclairage) en cas de défaillance de réseau alternatif.

Le matériel de télécommunication sera alimenté en 48 VCC par un ensemble de (redresseur -batterie) et un (redresseur de secours)

VIII.2 Constitution :

A proximité de chaque transformateur de service auxiliaire il sera prévu :

Une armoire comportant la commande électrique local et distance regroupant le disjoncteur du TSA le disjoncteur et l'inverseur des aérorefrigérants.

Un coffret d'alimentation des appareils de traitement d'huile.

Transformateur des services auxiliaires :

Ces transformateurs permettant d'alimenter l'ensemble des auxiliaires(TSA) dans les postes sources. Ils sont connectés au réseau HTA directement sur le jeu de barre au secondaire du transformateur de puissance du poste (THT ou HTB).

Tableaux de distribution pour les auxiliaires à courant alternatif :

Celui-ci comprend :

- Les deux jeux de barre (normale et secours).
- Les différents départs équipés de disjoncteurs magnétothermiques.
- 3transformateurs de courant.
- 1 ampèremètre
- 1 compteur d'énergie active

1 relais manque U 380V pour le démarrage de groupe diesel.

Il sera également installé dans la salle des auxiliaires une armoire équipée d'inverseur et de contacteur disjoncteur.

Cette armoire permettra :

En temps normal la continuité entre les barres à courant alternatif (normal et secours).

En cas d'indisponibilité du groupe de secours la continuité par simple manœuvre d'inversion double.

En cas de manque alternatif l'alimentation par le groupe de secours des barres courant alternatif.

- Pour les auxiliaires à courant continu 127 VCC :

Les disjoncteurs d'arrivé redresseur N°1 et N°2.

Les disjoncteurs d'arrivé batteries N°1 et N°2.

Les embases des disjoncteurs d'arrivées des redresseurs de réserves.

- Les armoires de distribution 127 VCC de tranche principale comportent :

Le jeux de barre bipolaire B1.

Les disjoncteurs de différents départs 127 VCC.

- Les armoires de distribution 127 VCC de tranche de secours comportent :

Le jeux de barre bipolaire B1.

Les disjoncteurs de différents départs 127 VCC.

- Pour chaque jeu de barre :
 - 1 ampèremètre avec shunt.
 - 1 voltmètre
 - 1 relais manque de UN
 - 1 détecteur de terre.
 - 1 relais de surveillance de tension.

Batteries d'accumulateurs 127 VCC :

Chaque batterie d'accumulateur sera prévue pour marche en floating avec un redresseur.

Caractéristiques :

Stationnaire au plomb

58 éléments

Capacité à déterminer

Tension de floating à déterminer par le constructeur mais doit à voisiner 127 V soit 2,5V par élément.

Tension de charge à déterminer par le constructeur mais doit à voisiner 133,4 V soit 2,3V par élément.

La tension min batterie : 110,02VCC soit 2,15 par élément.

La tension max batterie : 135VCC soit 2,3 par élément.

La capacité de la batterie est dimensionnée pour assurer une autonomie de 4 heures.

Batteries d'accumulateurs 48 VCC télécommunication :

Chaque batterie d'accumulateur 48 VCC sera prévue pour marche en floating avec un redresseur.

Caractéristiques:

Stationnaire au plomb

24 éléments

Capacité :200Ah.

Tension de floating à déterminer par le constructeur mais doit à voisiner 52 V soit 2,17V par élément.

Tension de charge à déterminer par le constructeur mais doit à voisiner 54V soit 2,25V par élément.

Moyennes d'entretien batteries

Un nettoyeur de borne.

Un pèse acide

Une pipete à poire d'aspiration pour prélèvement de l'électrolyte des batteries .

Un remplisseur

Redresseur 127VCC :

Il y a 3 redresseurs identique pour l'alimentation des batteries 1 et 2.

Le redresseur n° 3 assure le secours pour chacune de ses deux redresseurs.

Redresseur 48VCC :

Il y a 2 redresseurs identique dont le premier pour l'alimentation de batterie et l'autre sera branché en secours par embrochage des disjoncteurs l'encadrant.

Calibre

le courant nominal de redresseur est déterminer par $I_N = C/10 + I_F$.

C :la capacité de la batterie

I_F :courant nominal absorbé par l'installation en service normal

Alimentation :

Alimentation en triphasé 220/380V.

Limite de variation de la tension :0.9-1.1Un.

Limite de variation de la fréquence :48-52Hz.

Tension nominale de floating et égalisation .

Groupe de secours :

Il sera installé dans le local du groupe électrogène .et sera constitué :

D'un moteur diesel

Un alternateur triphasé

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'énergie électrique, peut être produite par plusieurs techniques et, ce en utilisant une énergie primaire tel que l'énergie potentielle de l'eau, l'énergie thermique issue de la combustion du gaz, l'énergie nucléaire dû à la fission d'un atome, ainsi que les énergies renouvelables, résultant de la vitesse du vent, la lumière du jour....etc.

La protection des réseaux électriques est une nécessité et une condition incontournable pour assurer la continuité et la meilleure qualité de service.

Le travail présenté dans ce mémoire est consacré à la technologie des équipements électriques HTB des postes. La recherche bibliographique nous a permis de voir les différentes types appareilles disjoncteurs, transformateur, sectionneur, les transformateurs de mesure et les batteries de condensations et leurs technologie qui nous facilite le choix de notre installation. Grace à cette technologie, nous avons conçu une protection des postes d'interconnexions et cela en exploitant les structures existantes.

Nous souhaitons que ce modeste travail constituera une contribution à la bibliographie universitaire, et une amorce à d'autres sujets sur la technologie des équipements électriques HTB des postes pour les futures promotions.

Résumé :

Ce travail porte sur l'étude de la technologie des équipements électriques des postes HT.

Le premier chapitre du mémoire est consacré aux généralités des réseaux électriques. On nous a étudié les moyens de production ainsi que le transport et la distribution de l'énergie électrique aux consommateurs et les différents schémas électriques des postes de livraison HTA et HTB et le mode d'alimentation des tableaux HTA à l'intérieur d'un site industriel et les différents types de sources électriques.

Le deuxième chapitre du mémoire est consacré aux postes électriques et leurs architectures.

Le troisième chapitre du mémoire est consacré aux technologies des disjoncteurs à haute tension.

Le quatrième chapitre est consacré aux technologies des sectionneurs à haute tension.

Le cinquième chapitre est consacré aux technologies des transformateurs de puissance.

Le sixième chapitre est consacré à parler sur les batteries des condensateurs et leurs modes de réglage des dispositifs de compensation.

Le septième on a parlé sur la technologie des transformateurs de mesure de tension et de courant.

Le dernier chapitre est consacré aux services auxiliaires.

Mots-clés: réseaux, site industriel, disjoncteurs, sectionneurs, relais, fusibles, alternateur, transformateurs, jeux de barres.