République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Dr.Yahia Farès de MEDEA

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Génie des procédes
Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Memoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme Master en Génie des procédes

Spécialité: Hygiène et sécurité industrielle

Thème

Diagnostique des défaillances d'une installation électrique

Etudié par :

-GHRIB Fouzia Hanaa
-LABDELLAOUI Noceiba

Dirigé par :

- Dr : FERHAT samira

promotion 2019-2020

REMERCIEMENT

Ce travail a été effectué dans le cadre de la préparation du mémoire de Master en « **Hygiène et sécurité industrielle** », A l'entreprise Sonelgaz de Médéa

Avant tout nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir guidé sur ce chemin, pour nous avoir alloué santé et volonté et pour nous avoir aidé à accomplir ce travail.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères et respectueux à notre promoteur : **MR L'ingénieur KHALIL CHERFI HACENE** d'avoir accepté de nous encadrer et de nous avoir fait confiance en nous proposant ce sujet, pour les conseils qu'il nous a prodigués, sa gentillesse et sa bienveillance attention ainsi que sa sympathie.

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de loin ou de prés pour la réalisation de ce travail, en particulier **Mme FRHATE SAMIRA** pour leur disponibilité permanente, leur gentillesse et leurs précieux conseils.

Nous remercions également tous nos camarades de cette promotion, tous nos amis pour leurs encouragements.

Merci à tous

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A l'homme de ma vie, Papa que j'aime. A la lumière de mes jours, Mama que j'adore, qui sont mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, ceux qui s'ont toujours sacrifiés pour me voir réussir, que Dieu vous procure bonne santé et longue vie.

A ma chère sœur Amira pour leur encouragement et leur soutien moral

A mes chers frères Nazim et Islam pour leur appui et leur encouragement

A toute la famille MERACHI en particulier ma tante Chafia

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures

Fouzia Hanaa

DEDICACES

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents surtout mon adorable papa qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Papa est mon équilibre, ma source d'inspiration qui m'a toujours soutenu, encouragé et sacrifié pour mon bien. Et qui m'a appris à être toujours à la hauteur et aimer le bon travail.

Je t'aime mon papa …

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés et le fruit de vos innombrables sacrifices. Qu'ALLAH vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur.

A mes adorables sœurs Nourelhouda, Narimane avec qui je partage des moments de joie chaque jour. Je vous souhaite tout le bonheur du monde. Merci d'être toujours là à mes côtés.

A mon mari qui m'a toujours aidé et encouragé, qui a étais toujours à mes côtés, et qui m'a accompagné durant mon chemin d'études supérieures merci infiniment.

A toute ma grande famille et m'a belle-famille et plus spécialement à ma grand-mère Mamati, cousins et cousines.

A mes amies et sœurs Djihane, Besma, Zineb, Rania, Fouzia

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ma réussite.

A tous mes amis, et toute personne que je connais

Noceiba.

ملخص

في الوقت الحاضر، تعد الطاقة الكهربائية سلعة استهلاكية في حد ذاتها أصبحت ضرورية، ليس فقط للحياة اليومية للجميع ولكن أيضًا لاقتصاد البلدان وتستمر في الازدياد مع زيادة عدد السكان والصناعة، مما يجعل شبكات الطاقة أكثر قوة وتعقيدًا. في الواقع، إن أدنى انقطاع للتيار الكهربائي له عواقب اقتصادية واجتماعية كبيرة.

الكهرباء هي طاقة غير قابلة للتخزين يجب إنتاجها ونقلها وتوزيعها للاستهلاك. "الطاقة الكهربائية المستهلكة تتوافق دائمًا مع الطاقة المنتجة".

الشبكة هي العنصر الأساسي الذي تتمثل مهمته في تحقيق التوازن في جميع الأوقات بين إنتاج الطاقة الكهربائية والاستهلاك اللازم لجميع العملاء المتصلين بالنظام.

لذلك فإن الحاجة إلى شبكات كهرباء موثوقة واقتصادية هي قضية ذات أهمية متزايدة. وهذا يفرض علينا أن نكون أكثر دقة في دراساتنا المتعلقة بالتحجيم أثناء إنشاء الأعمال الكهربائية وقبل كل شيء لتلبية المتطلبات الأساسية للشبكة الكهربائية وهي: الاستقرار والاقتصاد واستمرارية الخدمة.

حماية العنصر البشري من مخاطر العمل تعني حماية الاقتصاد الوطني والمجتمع، وفي حال قراءة البيانات الإحصائية المتوفرة للعمل والحوادث الناتجة في حالة الوفاة أو العجز الكلي أو الآثار الجزئية أو السلبية الأخرى على مختلف المستويات الإنسانية والاجتماعية والاقتصادية، تبدو الأهمية التي يجب أن يشغلها هذا الموضوع (تشخيص فشل التركيبات الكهربائية) واضحة تمامًا.

Résumé

De nos jours, l'énergie électrique est un bien de consommation à part entière devenu indispensable, non seulement pour la vie quotidienne de chacun mais, également, pour l'économie des pays et ne cesse d'augmenter avec l'augmentation de la population et de l'industrie, qui rend les réseaux électriques plus robuste et plus complexe. En effet, les moindres pannes électriques ont des conséquences économiques et sociétales considérables.

L'électricité est une énergie non stockable, elle doit être produite, transportée et distribuée pour être consommée. « L'énergie électrique consommée correspond toujours à l'énergie produite ».

Le réseau est l'élément essentiel qui a pour tâche de réaliser à chaque instant l'équilibre entre la production d'énergie électrique et la consommation nécessaire à l'ensemble des clients connectés au système.

Ainsi la nécessité d'avoir des réseaux électriques fiables et économiques est un enjeu de plus en plus important. Cela nous oblige à être plus précis dans nos études concernant le dimensionnement lors de construction des ouvrages électriques et surtout répondre aux exigences essentielles d'un réseau électrique qui sont : stabilité, économie et continuité du service.

La protection de l'élément humain des risques du travail signifie pour protéger l'économie nationale et la société, et si on lit les données statistiques disponibles du travail et les accidents qui résultent en cas de décès ou d'invalidité totale ou d'invalidité partielle, ou d'autres effets négatifs sur différents niveaux humanitaire, social et économique, l'importance qui devrait être occupé par ce sujet (Diagnostique des défaillances d'une installation électrique) semble tout à fait clair.

abstract

Nowadays, electric energy is a consumer good in its own right that has become essential, not only for everyone's daily life but also for the economy of countries and continues to increase with the increase in population and industry, which makes power grids more robust and complex. Indeed, the slightest power outages have considerable economic and societal consequences. Electricity is non-storable energy; it must be produced, transported and distributed to be consumed. "The electrical energy consumed always corresponds to the energy produced". The network is the essential element whose task is to achieve at all times the balance between the production of electrical energy and the consumption necessary for all customers connected to the system. The need for reliable and economical electricity networks is therefore an increasingly important issue. This forces us to be more precise in our studies concerning the sizing during the construction of electrical works and above all to meet the essential requirements of an electrical network which are: stability, economy and continuity of service. The protection of the human element from the risks of work means to protect the national economy and society, and if one reads the available statistical data of work and the resulting accidents in the event of death or total disability or disability partial, or other negative effects on various humanitarian, social and economic levels, the importance which should be occupied by this subject (Diagnosis of the failures of an electrical installation) seems quite clear.

SOMMAIRE

CHAPITRE I : GENERALITES

I.1 Les définitions des risques……..20

I.1.1 Historique…….....20

I.1.2 Définitions et terminologie……...20

I.1.2.1 C'est quoi un danger ?.....20

I.1.2.2 C'est quoi un risque ?.....21

I.1.3 Les principaux risques professionnels …….....22

I.1.3.1 Notion de risque professionnel….....23

I.2 Causes et dommages des risques….....23

I.2.1 Introduction……..23

I.2.2 Définition du risque électrique……..23

I.2.3 Nature des accidents causés par l'électricité…….....24

I.2.4 Les dommages causés par l'électricité……..24

I.2.4.1 Dommage sur l'être humain……...24

a)L'électrisation ……...24

a.1) Les contacts électriques…….....25

a.1.1) Le contact électrique direct……..25

a.1.2) Le contact électrique indirect……..26

b) L'électrocution ……27

C) Les phénomènes d'amorçage…….....28

d) Les court-circuit…….....28

e) Principales situations à risque……..28

I.2.5 Les dommages sur l'environnement …….....30

I.2.5.1 Les incendie……..30

I.2.5.2 Les explosions……...30

I.3 Principaux textes législatifs et règlementaire de santé et de sécurité au travail (SST)……....31

Norme de réalisation…….....31

Norme de conception ……31

CHAPITRE II : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE SONELGAZ

II. Présentation d'organisme d'accueil……33

II.1 Présentation de la wilaya de MEDEA……..33

II.1.1 Localisation……33

II.1.2 Climat ……...33

II.1.3 Démographie……..34

II.1.4 Répartition de la population par sexe et par âge……34

II.1.5 AEP et Assainissement……..34

II.1.6 Hydraulique ……..34

II.1.7 Organisation de la wilaya……..34

II.2 Présentation de la direction de la distribution de l'électricité et du gaz……..35

II.2.1 Historique……..35

II.2.2 Création de Sonelgaz 1969 ……...35

II.3 Les sites de Sonelgaz……36

II.3.1 Direction de Distribution de Médéa……..37

II.3.2 Les missions de la direction de distribution d'électricité et du gaz de Médéa……38

II.4 Présentation des différentes structures et leurs missions……..38

II.5 Le rôle de l'ingénieur HSE……...42

II.5.1 Les tâches de l'Ingénieur HSE……..42

CHAPITRE III : RESEAUX ELECTRIQUE HTA

III.1 Constitution du réseau national……...45

Introduction……45

III.1.1 Structure générale des réseaux électriques……...46

III.1.1.1 Production……46

III.1.1.2 Transport et interconnexion……..47

III.1.1.3 Répartition……47

III.1.1.4 Distribution……..48

III.1.1.5 Tensions normalisées……48

III.1.1.6 Structure générale d'un réseau de distribution……49

III.1.1.7 Topologies des réseaux électriques……...50

III.1.1.7.1 Réseau maillé ……50

III.1.1.7.2 Réseau bouclé……50

III.1.1.7.3 Réseau radial……50

III.1.1.7.4 Réseau arborescent……51

III.1.2 Types de réseaux HTA……51

III.1.2.1 Les réseaux type radiale……...51

III.1.2.2 Les réseaux type bouclés……..53

III.2 Intérêt d'utiliser la haute tension (HT)……...54

III.3 Postes HTA/BT……..55

III.3.1 Equipements des postes……..55

III.3.2 Qualités recherchées dans un poste……56

III.3.3 Architectures des postes…….56

III.3.4 Structure d'un poste HTA/BT……56

III.3.5 Composition d'un départ HTA……..57

III.3.6 Différents types de postes HTA/BT……...57

III.3.6.1 Poste HTA/BT sur poteau (ACC)……....58

III.3.6.2 Poste HTA/BT sous enveloppe préfabriqué…….58

III.3.6.3 Poste HTA/BT maçonné……..59

III.3.6.3.1. Poste HTA/BT de distribution publique (DP) ……59

III.3.6.3.2. Poste HTA à comptage BT (S≤360 KVA) ……60

III.3.6.3.3. Poste HTA à comptage HTA (S> 630 KVA)……..60

III.4 Comptage BT dans un poste HTA/BT……...61

III.4.1 Rôle du dispositif du comptage BT……61

III.4.2 Composition et positionnement du Dispositif de Comptage BT……61

III.5 Protection des postes HTA / BT……61

III.5.1 Définition……62

III.5.2 La norme NF C 13-100 impose……...62

III.5.2.1 La protection contre les contacts électrique impose…….62

III.5.2.2 La protection contre les surtensions……..62

III.5.2.3 La protection électrique consiste à assurer ……...62

III.5.2.4 La protection contre les effets thermiques et autres effets nocifs impose de respecter des règles d'installation……62

III.5.2.5 Les verrouillages et asservissements…….62

III.6 - Qualités principales d'un système de protection……..63

III.6.1 Rapidité……...63

III.6.2 Sélectivité…….....63

III.6.2.1 Sélectivité ampérométrique……..64
III.6.2.2 Sélectivité chronométrique……...64
III.6.2.3 Sensibilité ……....65
III.6.2.4 Fiabilité……65
III.7 Cellules HTA…….65
III.7.1 Qu'est-ce qu'une cellule HTA ? ……65
III.7.2 Différents composants d'une cellule HTA…….65
III.7.3 Différents types de cellules HTA ……..66
III.8 Cellule raccordement au réseau…….67
III.8.1 Raccordement en antenne (ou simple dérivation) …….67
III.8.2 Raccordement en coupure d'artère……68
III.8.3 Raccordement en double dérivation……..68
III.9 Cellule protection par interrupteur fusible……68
III.10 Cellule protection par disjoncteur……...70
III.10.1 Disjoncteur ……..70
III.10.2 Milieu de protection par disjoncteur……70
III.11 Protection transformateur par des fusibles……..71
III.11.1 Généralité…….71
III.11.2 Transformateur…….71
III.11.2.1 Technologie de construction…….71
III.11.2.2 Grandeurs dimensionnantes……..72
III.11.2.3 Les contraintes subies par les transformateurs……..72
III.11.2.4 Politique de protection……..72
III.11.3 Les fusibles……...73
III.11.3.1 Classification des fusibles HTA……74
III.11.3.2 Critères de sélection……..75

CHAPITRE IV : AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité)

Introduction……..77
IV.1 La sûreté de fonctionnement……....77
IV.2. L'objectif de l'analyse des risques……..77
IV.3. Méthodologie de l'analyse et évaluation des risques……..78

IV.4. Panorama des méthodes d'analyse des risques……...78
IV.4.1 La méthode HAZOP……....79
IV.4.2 La méthode Layer of Protection Analysis (LOPA)……79
IV.4.3 La méthode Nœud Papillon……80
IV.4.4 la méthode what-if (que se passe-t-il si ?)……81
IV.4.5 La méthode MOSAR……...81
IV.4.6 La méthode d'analyse préliminaire des risques (APR) ……..81
IV.5 La méthode AMDEC……..82
IV.5.1 Qu'est-ce que l'AMDEC ?.....82
IV.5.2 Les objectifs de L'AMDEC……83
IV.5.3 Aspects de la méthode……83
IV.5.4 Intérêts……84
IV.5.5 Limites……84
IV.5.6 Définition de la défaillance……..84
IV.5.7 Qu'est-ce qu'un mode de défaillance ?.....84
IV.5.8 Cause de défaillance…….....84
IV.5.9 Effet de la défaillance……...84
IV.5.10 Mécanisme de défaillance……..85
IV5.11 Taux de défaillance……85
IV.5.12 Classification des défaillances……...85
IV.5.13 Typologie des défaillances……86
IV.6 Les étapes de la méthode AMDEC……87
IV.6.1 Etude de la criticité……87
IV.6.2 Indice de non-détectabilité (probabilité)……..88
IV.6.3 Indice de fréquence……..89
IV.6.4 Indice de gravité……..90
IV.7 Mise en œuvre de la méthode……90
IV.7.1 Etude structurel du réseau HTA……..90
IV.7.1.1 Fonction des composants ……91
IV.7.1.2 Analyse des défaillances sur le réseau électrique……92
IV.7.1.3 Les défaillances des composants……..92
IV.7.1.4 Calcule de la criticité de chaque défaillance……93
Plan d'action ……98

Conclusion général ……..102
Notes et références……....103

Liste des figures

Figure I.1 : dommage du courant électrique sur l'environnement et l'être humain……...24

Figure I.2 : mécanisme d'électrisation……...25

Figure I.3 : mécanisme d'accident avec contact direct…….25

Figure I.4 : Les différentes façons d'électrisation avec des contacts directs……26

Figure I.5 : mécanisme d'accident avec contact indirect……..26

Figure I.6 : Les différentes façons d'électrisation avec des contacts indirects…….26

Figure I.7 : Electrocution mortelle…….....27

Figure I.8 : court-circuit……28

Figure I.9 : travaux extérieurs……...28

Figure I.10 : travaux intérieurs……..29

Figure I.11 : Explosion d'origine électrique…….30

Figure II.1 : Localisation de la wilaya de Médéa…….33

Figure II.2 : Direction de la Planification et de l'Aménagement du territoire de la wilaya de Médéa (2017)……34

Figure II.3: Organisation territoriale de la wilaya de Médéa……34

Figure II.4: les agences commerciales de Sonelgaz……..37

Figure II.5: organisme d'accueil……...37

Figure II.6 : schéma d'organisation générale de la macrostructure de la société Sonelgaz.....38

Figure III.1 : Schéma synoptique d'un réseau électrique……..45

Figure III.2 : Structure générale d'un réseau de distribution…….....50

Figure III.3 : Différentes topologies des réseaux électriques……51

Figure III.4 : Réseau type radial en simple antenne……..52

Figure III.5 : Réseau type radial en double antenne avec couplage……..52

Figure III.6 : Réseau type radial en double antenne sans couplage……..53

Figure III.7 : Réseau type radial en double dérivation……..53

Figure III.8 : Réseau type en boucle ouverte……54

Figure III.9 : Structure générale d'un poste HTA/BT……...57

Figure III.10 Poste HTA/BT en haut de poteau……58

Figure III.11 Poste HTA/BT sous enveloppe préfabriqué……59

Figure III.12 : Poste de distribution publique…….....59

Figure III.13 : Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique……...60

Figure III.14 : Schéma unifilaire d'un poste de livraison HTA…….60

Figure III.15 : Schéma de dispositif de comptage……..61

Figure III.16 : Exemple de verrouillage HTA/BT……..63

Figure III.17 : Fonctionnement d'une sélectivité ampèremétrique…….64

Figure III.18 Principe de la sélectivité chronométrique……..64

Figure III.19 : Cellules de raccordement au réseau…….67

Figure III.20 : Raccordement en antenne (ou simple dérivation)……...67

Figure III.21 : Raccordement en coupure d'artère……..68

Figure III.22 : Raccordement en double dérivation……68

Figure III.23 : Cellules interrupteur-fusibles combinés et associés……69

Figure III.24 : Protection par disjoncteur dans le gaz SF6…….70

Figure III.25 : Protection par disjoncteur dans le vide……...71

Figure III.26 : Caractéristique d'un fusible…….74

Figure III.27 : Sélectivité entre fusible HTA et protection BT……...75

Figure IV.1: Les concepts de sûreté de fonctionnement…….77

Figure.IV.2 : le processus d'analyse et d'évaluation des risques……78

Figure IV.3: Nœud papillon……80

Figure IV.4 : Déroulement pas à pas de la méthode MOSAR……81

Figure IV.5 : Analyse des défaillances……....85

Figure IV.6 : Processus de l'AMDEC…….87

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Exemples de dangers et de leurs effets……..21

Tableau I.2 : Les répercussions du courant sur l'homme…….27

Tableau II.1 **:** La capacité et nombre des ouvrages…….34

Tableau III.1 – La norme en vigueur appliquer par SONELGAZ……..48

Tableau IV. 1 : évaluation de criticité…….88

Tableau IV.2 : Evaluation de la criticité……..88

Tableau IV.3 : évaluation de non détection……89

Tableau IV.4 : évaluation de la fréquence……....89

Tableau IV.5 : Evaluation de la gravité……90

Tableau IV.6 : Les défaillances des composants……..93

Tableau IV.7 : Evaluation de la gravité G et l'occurrence F des défaillances…….94

Tableau IV.8 : Valeur de la criticité des défaillances……...94

Tableau IV.9 : Analyse préliminaire des défaillances AMDEC……97

Liste des abréviations

ACC : Avec coupe circuit
AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

APR : **Analyse** préliminaire des risques

BT : Basse tension

BTA : Basse tension catégorie A

BTB : Basse tension catégorie B

CC : Court-circuit

DP : Distribution publique

EPIC : établissement public à caractère industriel et commercial

HAZOP : HAZard and OPerability analysis (analyse de risques et de sécurité de fonctionnement)

HT : Haut tension

HTA : Haute tension catégorie A

HTB : Haute tension catégorie B

LOPA : The Layer Of Protection Analysis (l'analyse de la couche de protection)

MOSAR : Méthode organisée systémique d'analyse des risques.

Norme de réalisation installation électrique :

NF C 15 100 : installations électriques à basse tension

NF C 13 100 : poste de livraison/BT

NF C 13 200 : installations électriques en haute tension

Construction du matériel électrique :

NF C20-010 : classification des degrés de protection procurés par enveloppes

NF C20-030 : règles de sécurité relatives a la protection contre les chocs électriques

NF C71-008 : règles particulières concernant les baladeuses (éclairage portail).

SCC : Sans coupe circuit
SDA : Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz d'Alger

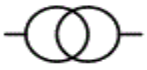
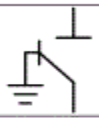
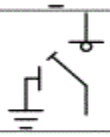
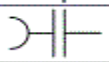
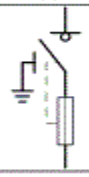
SDC : Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz du centre

SDE : Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz de l'est

SDO : Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz d'ouest

SST : santé et de sécurité au travail

Tableau des symboles

	Appareil ou circuit disposant d'une pleine puissance de court-circuit et appareil disposant d'un plein pouvoir de fermeture (excepté pour les sectionneurs)		Transformateurs de tension entre phases
	Appareil ou circuit disposant d'une puissance de court-circuit limitée et appareil disposant d'un pouvoir de fermeture limité		Transformateurs de tension entre phase et terre
	Disjoncteur débrochable		Transformateur de puissance
	Interrupteur sectionneur		Appareillage de coupure 2 positions avec choix entre connexion à la terre et au jeu de barre
	Sectionneur de terre		Terminaison de câble
	Appareillage de coupure à trois positions: interrupteur-sectionneur et sectionneur de terre	-----	Liaison mécanique
	interrupteur		Liaison mécanique entre la commande d'un sectionneur de terre et la commande de la fonction mis à la terre d'un appareil à 3 positions
	sectionneur		Verrouillage mécanique bidirectionnel entre un sectionneur de terre et un interrupteur sectionneur. Si un des appareils est en position fermée, l'autre ne peut pas être fermé
	disjoncteur		Verrouillage mécanique. Le sectionneur ne peut être manœuvré que si l'interrupteur ou le disjoncteur est en position ouverte
	Combiné interrupteur fusible		Verrouillage mécanique. L'appareil à 2 positions sectionneur/sectionneur de mise à la terre ne peut être manœuvré que si l'interrupteur est en position ouverte
	VDS (voltage detection system)		
	Combiné interrupteur fusible à 3 positions		Transformateur de courant

abstract

Nowadays, electric energy is a consumer good in its own right that has become essential, not only for everyone's daily life but also for the economy of countries and continues to increase with the increase in population and industry, which makes power grids more robust and complex. Indeed, the slightest power outages have considerable economic and societal consequences. Electricity is non-storable energy; it must be produced, transported and distributed to be consumed. "The electrical energy consumed always corresponds to the energy produced". The network is the essential element whose task is to achieve at all times the balance between the production of electrical energy and the consumption necessary for all customers connected to the system. The need for reliable and economical electricity networks is therefore an increasingly important issue. This forces us to be more precise in our studies concerning the sizing during the construction of electrical works and above all to meet the essential requirements of an electrical network which are: stability, economy and continuity of service. The protection of the human element from the risks of work means to protect the national economy and society, and if one reads the available statistical data of work and the resulting accidents in the event of death or total disability or disability partial, or other negative effects on various humanitarian, social and economic levels, the importance which should be occupied by this subject (Diagnosis of the failures of an electrical installation) seems quite clear. For this, we have divided our modest work into four chapters as follows:

- The first chapter talks about risks of electrical origin;
- The second chapter contains a general presentation of the SONEGAZ MEDEA company, the place where we did our practical training;
- The third chapter deals with generalities on HTA electricity networks;
- The fourth chapter and the last one which discusses risk analysis and safety improvements by applying the AMDEC method.

And we ended with a general conclusion of this work.

CHAPITRE I

Généralités

Généralités

I.1 Les définitions des risques

Définir le mot « **risque** » est indispensable pour bien comprendre les politiques publiques de prévention des **risques**. En effet, le **risque** est une notion délicate à cerner. Etymologie débattue, définition à double sens, usage dans des contextes divers, confusion avec des termes voisins…

Entre le **risque** que prendre un joueur pour s'enrichir et les « catastrophes » que constituent certains accidents industriels, il ne semble pas y avoir grand-chose de commun. Pourtant la notion de **risque** est applicable à tous les aspects de la vie.

I.1.1 Historique

La première publication concernant une théorie du risque fut écrite par **Christian Huygens en 1657** dans De ratiociniis in alea ludo (De la logique du jeu de dé) à la suite des discussions qu'il a eues avec Pascal sur le sujet.

Presque un siècle plus tard, en **1738**, le mathématicien et statisticien **Daniel Bernoulli** fait paraître une étude sur le risque en matière économique (voire 1).

En économie, depuis les années **1920** et l'analyse de **Frank Knight**, on distingue le risque de l'incertitude. Le risque peut comporter des alternatives probabilisables, contrairement à l'incertitude (voire 2).

Une des premières analyses de l'importance croissante de cette notion dans notre culture contemporaine a été conduite par le sociologue allemand **Ulrich Beck** dans un ouvrage paru en **1986**, La société du risque - Sur la voie d'une autre modernité.

La théorie d'**Ulrich Beck** repose sur l'observation d'une « rupture à l'intérieur de la modernité », qui se manifeste par la remise en cause de la « religion du progrès »[1]. La notion de progrès qui sous-entend le développement des sociétés industrielles depuis le XIXème siècle est toujours considérée comme créatrice de richesses. Mais elle est désormais vue aussi comme génératrice de menaces, de dangers, d'atteintes à la santé et à la sécurité, qu'**Ulrich Beck** identifie comme les composantes du concept de « **risque** ». La question prédominante du « partage de la richesse » laisse la place à la question de la « **gestion du risque** ». Celle-ci devient centrale pour les sociétés modernes, au sein desquelles on assiste à une perte de confiance dans la science et la technique, dans la mesure où les **risques** ne sont pas considérés comme maîtrisés.

I.1.2 Définitions et terminologie

Ne pas confondre « **risque** » et « **danger** »

Souvent, les dictionnaires ne donnent pas de définitions précises du mot risque, ce dernier et toujours associe au terme « danger ». Par exemple, plusieurs dictionnaires proposent « risque » comme synonyme de « danger », ce qui explique pourquoi un grand nombre de personnes utilisent indifféremment ces termes. Or le **risque** n'est pas synonyme de **danger[2] .**

[1] https//www.ineris.fr/fr/risques/est-risque/comment-definir-risque

[2] https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html

I.1.2.1 C'est quoi un danger ?

Un danger est un évènement intrinsèque d'un produit, d'un équipement, d'une situation susceptible de causer un dommage potentiel qui peut entraîner un préjudice ou des effets nocifs pour les personnes ((des effets sur la santé), pour les organisations (pertes de biens ou d'équipement) ou pour l'environnement) [3] .

Quelques exemples de danger et de leurs effets dans le milieu de travail :

Les dangers dans le milieu de travail peuvent provenir de nombreuses sources. Les exemples généraux comprennent les substances, les procédés, les pratiques, etc., qui peuvent entraîner un préjudice ou un effet nocif pour la santé humaine ou pour les biens (Tableau I.1).

Exemples de dangers et de leurs effets		
Danger dans le milieu de travail	Exemple de danger	Exemple de préjudice
Chose	Couteau	Coupure
Substance	Benzène	Leucémie
Matière	Mycrobacteriumtuberculosis	Tuberculose
Source d'énergie	Électricité	Choc, électrocution
Condition	Plancher glissant	Chutes
Procédé	Soudage	Maladie des fondeurs de laiton
Pratique	Exploitation minière en roche dure	Silicose
Comportement	Intimidation	Anxiété, peur, dépression

Tableau I.1 : Exemples de dangers et de leurs effets

Les dangers dans le milieu de travail comprennent également les pratiques ou les conditions dans lesquelles une énergie non contrôlée est libérée, par exemple :

- Un objet qui tombe d'une hauteur (énergie potentielle ou gravitationnelle) ;
- Une réaction chimique d'emballement en chaîne (énergie chimique) ;
- La libération de gaz comprimé ou de vapeur (pression ; température élevée) ;
- Des cheveux ou des vêtements qui se coincent dans une machine tournante (énergie cinétique) ;
- Un contact avec les électrodes d'une batterie ou d'un condensateur (énergie électrique).

Les dangers sont généralement classés dans les catégories suivantes :

- Biologiques (bactéries, virus, insectes, plantes, oiseaux, animaux et humains, etc.…) ;
- Chimiques (dépendent des propriétés physiques, chimiques et toxiques du produit) ;

[3] https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html?=undefined

- Physiques (rayonnements, champs magnétiques, pressions extrêmes (haute pression ou vide), bruit, etc.…) ;
- Psychosociaux (stress, violence, etc.…) ;
- Liés à la sécurité (sources de chute et de trébuchement, surveillance inadéquate des machines, défectuosités ou pannes de l'équipement).

I.1.2.2 C'est quoi un risque ?

Le risque est omniprésent, tous les jours, partout dans notre société, dans tous les domaines.

Un risque est la probabilité qu'un danger susceptible de causer un dommage potentiel qui peut entraîner un préjudice ou des effets nocifs pour les personnes (des effets sur la santé), pour les organisations (pertes de biens ou d'équipement) ou pour l'environnement.

Le risque est associé à une idée d'incertitude au danger.

Ce n'est sans doute pas une coïncidence si, historiquement, la notion moderne de « **risque** » se généralise en France au XVIIe siècle, en même temps qu'est développée la théorie mathématique des probabilités.

I.1.3 Les principaux risques professionnels

La totalité des risques possibles rencontrés dans les établissements industriels, commerciaux, administratifs, dans les infrastructures routières, portuaires … ou dans les moyens de transport et les chantiers, est bien difficile à établir tant les situations sont diverses ; il en est de même pour les mesures de prévention ou de maîtrise des dangers afférents.

Toutefois, on peut dresser un panorama général des risques fréquemment rencontrées qui sont :

- Mécaniques : heurts par les parties mobiles en mouvement des machines, écrasement par des chutes d'objets ou des véhicules, coupures et perforations par les outils de travail, projections de particules solides (copeaux de métal, de bois, de roche) ou de matière incandescente, contraintes posturales et visuelles et gestes répétitifs … ;
- Physiques : vibrations produites par les engins, niveau sonore trop élevé, température trop forte ou trop basse, intempéries pour les travaux extérieurs (humidité, vent…), niveau d'éclairement, qualité de l'air sur le lieu de travail (poussières …), courant électrique, incendie et explosion … ;
- Chimiques : exposition à des substances chimiques par inhalation, ingestion ou contact cutané, produits gazeux, liquides ou solides, cancérigènes, mutagènes, toxiques, corrosifs, irritants, allergisants… ;
- Biologiques : exposition à des agents infectieux (bactériens, parasitaires, viraux, fongiques) et allergisants par piqûre, morsure, inhalation, voie cutanéo-muqueuse … ;
- Radiologiques : existence de radiations ionisantes et radioéléments, de rayonnements laser, de radiations UV et IR, rayonnements électromagnétiques divers… ;
- Psychologiques : agression physique ou verbale sur le lieu de travail par un client, harcèlement moral par un supérieur hiérarchique, stress managérial, charges mentales excessives (travail permanent sur écran …).

Les risques peuvent être classés en 3 niveaux :

- Les risques intolérables ;
- Les risques qui doivent être limités autant que possible ;
- Les risques acceptables.

La gravité des risques est classée en 4 catégories :

- Catastrophiques ;
- Dangereux ;
- Marginaux ;
- Négligeables.

I.1.3.1 Notion de risque professionnel

C'est tout risque ayant pour origine l'activité professionnelle tout phénomène, tout évènement qui apparait en milieu de travail et qui présente un danger pour le salarié est appelé risque professionnel, il n'est pas indispensable que l'atteinte à la santé ait lieu obligatoirement dans les locaux et pendant les horaires de travail, comme c'est le cas de certaines maladies professionnelles qui se manifestent souvent plusieurs années, voire quelque décennie après l'exposition

La législation est cependant plus exigeante et donne des définitions plus précises et plus restrictives aux accidents et aux maladies dus au travail, qui sont les manifestations et règlementation accompagnentç les risques professionnels et leur prévention doublées par une normalisation et documentation technique des plus utiles) [4] .

I.2 Causes et dommages des risques

I.2.1 Introduction

Nous allons parler particulièrement sur les causes et les dommages du risque électrique, c'est le but de notre travail.

Dans notre société industrielle, l'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée. Les travailleurs sont amenés à utiliser du matériel électrique. Cela implique que toute entreprise peut être confrontée à un accident d'origine électrique. Si le nombre d'accidents liés à l'électricité diminue régulièrement, ceux-ci sont souvent très graves.

L'électricité ne se voit pas, ne s'entend pas, n'a pas d'odeur mais entraine chaque année des accidents graves par contact direct ou indirect avec des pièces nues sous-tension.

En matière d'accidents de travail, l'électricité constitue une cause relativement peu fréquente, mais elle comporte un facteur de gravité important.

Le nombre d'accident d'origine électrique est diminué par rapport aux années Soixante (dont 1/10 des accidents graves), les accidents d'origine électrique sont dix fois plus souvent mortels que l'ensemble des accidents de travail. Les lésions occasionnées sont pour la moitié des brûlures. Et sont généralement localisées au niveau des mains, des yeux et de la tête.

[4] http://www.inrs.fr/demarche/evaluation-risques-professionnels/ce-qu-il-faut-retenir.html

Le risque électrique comprend le risque de contact, direct ou non, avec une pièce nue sous tension, le risque de court-circuit, et le risque d'arc électrique. Ses conséquences sont l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion.

I.2.2 Définition du risque électrique

Le risque électrique peut causer des lésions ou la mort par le choc électrique (d'électrisation, d'électrocution) ou une brûlure pouvant résulter :

- D'une possibilité de contact direct ou indirect d'un salarié avec une pièce sous tension ;
- Du seul fait de sa présence à proximité d'un équipement électrique particulièrement dans la catégorie haute tension (travail au voisinage) ;
- D'une isolation ne convenant pas dans les conditions d'utilisation prévues ;
- D'un phénomène électrostatique (contact d'une personne avec des parties chargées) ;
- D'un rayonnement thermique ou des phénomènes tels que la projection de particules en fusion et les effets chimiques dus à des courts circuits, surcharges, etc….

I.2.3 Nature des accidents causés par l'électricité

On peut classer les accidents d'origine électrique soit par :

- Leurs actions ;
- La nature du contact (direct, indirect) ;
- Le domaine d'activité dans lequel ils surviennent (milieu domestique : prise du courant, cordons et fiches) ;
- Milieux agricoles ;
- L'électricité statique, la foudre ;
- Les incendies, et les explosions etc.…).

I.2.4 Les dommages causés par l'électricité

Les dommages causés par l'électricité, pour l'homme, sont de différentes natures. Il s'agit principalement des dommages d'électrisation, d'électrocution et de brûlure. Ces risques ont pour origines des contacts directs ou indirects et des arcs électriques.(Il existe en outre un risque important d'incendie ou d'explosion lié à l'électricité (, arc électrique, échauffement, foudre…) : on estime en effet que 30% des incendies seraient d'origine électrique) [5].

[5] https://www.preventica.com/dossier-risque-electrique-definition.php

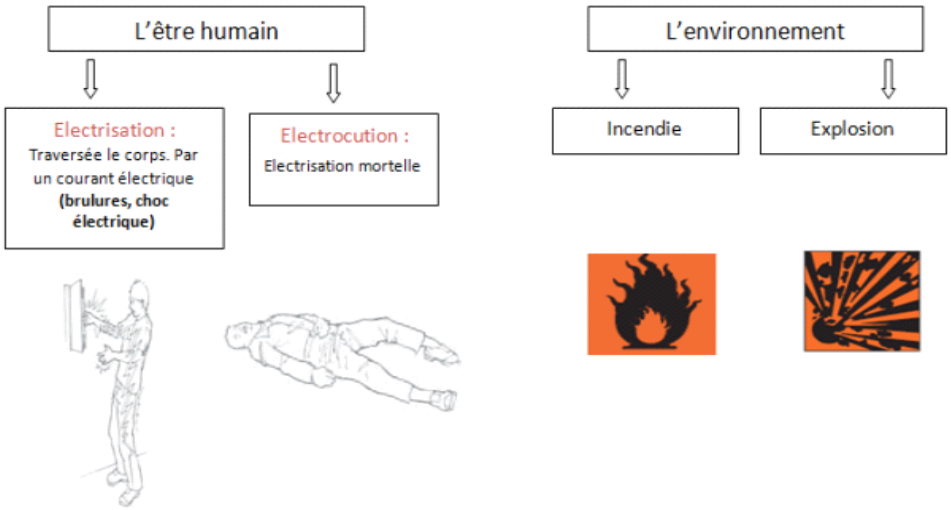


Figure I.1 : dommage du courant électrique sur l'environnement et l'être humain

I.2.4.1 Dommage sur l'être humain

Effets du courant électrique sur le fonctionnement de l'organisme sont :

a) **L'électrisation** :

(L'électrisation est le passage d'un courant électrique dans le corps, provoquant des blessures plus ou moins graves) [6] . (Lorsque le corps humain est soumis entre deux points à une tension Uc (tension de contact) il est traversé par un courant le qui dépend de l'impédance Zch entre les deux points de contact. L'impédance du corps humain, mesurée entre les extrémités du corps est variable)[7].

Elle varie selon la nature de la peau (sèche, humide, grasse, etc.), les matériaux au contact, l'état de santé, etc.

L'impédance de la peau est pratiquement inversement proportionnelle à : la tension de contact (phénomène de claquage ou de rupture diélectrique), l'humidité et la fréquence (à 500 Hz, l'impédance de la peau est environ le dixième de celle à 50 Hz, dans ces conditions l'impédance totale du corps humain peut être assimilée à son impédance interne).

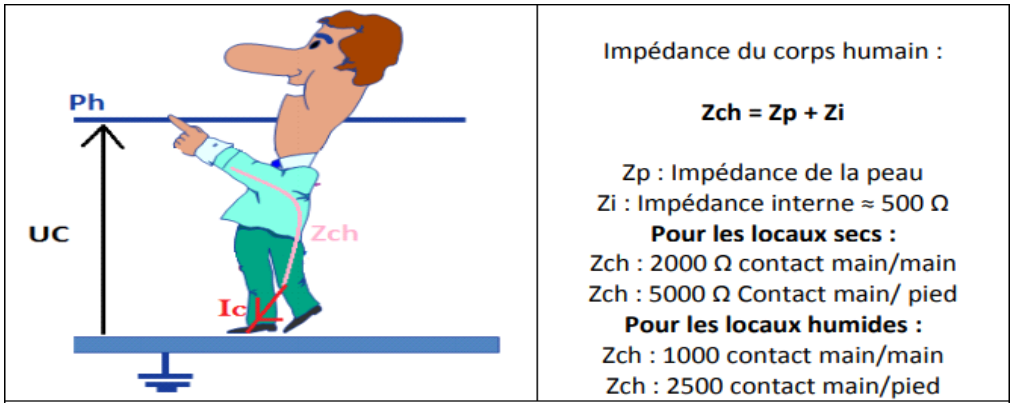


Figure I.2 : mécanisme d'électrisation

[6] https://www.ameli.fr/assure/sante/urgence/accidents-domestiques/electrisation-electrocution

[7] https://docplayer.fr/81282289-Memoire-amelioration-de-la-prevention-contre-les-risques-electriques-et-choix-des-appareils-de-protection.html

La gravité de l'électrisation dépend de plusieurs facteurs :

- L'intensité du courant (A) ;
- La tension du courant ;
- Le type de courant : alternatif ou continu ;
- La durée du passage de l'électricité dans le corps ;
- La superficie de la zone de contact avec la source électrique ;
- La trajectoire du courant ;
- L'état de la peau : normale ou calleuse, sèche ou humide (l'humidité est un facteur aggravant) ;
- La nature du sol (matériau isolant ou conducteur).

a.1) Les contacts électriques : On distingue 2 sortes de contact électrique :

a.1.1)(Le contact électrique direct : l'opérateur touche directement un élément sous tension avec une partie de son corps) [8] . (Deux cas de figure se présentent alors : soit le courant électrique traverse le corps pour rejoindre la terre (entre une phase et la terre), soit le courant électrique traverse le corps pour faire un court-circuit (entre deux phases)) [9] .

Ce type de contact représente 45% des accidents.

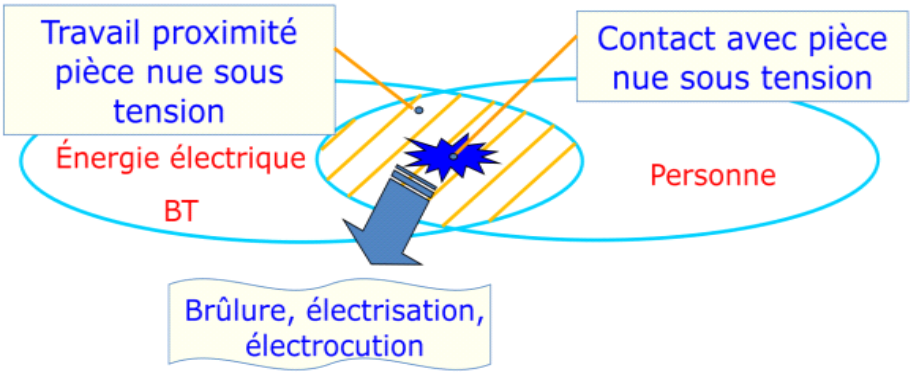


Figure I.3 : mécanisme d'accident avec contact direct

[8] https://blog-signals.fr/securite-au-travail-le-risque-electrique/

[9] https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Dossiers-prevention/Le-risque-electrique

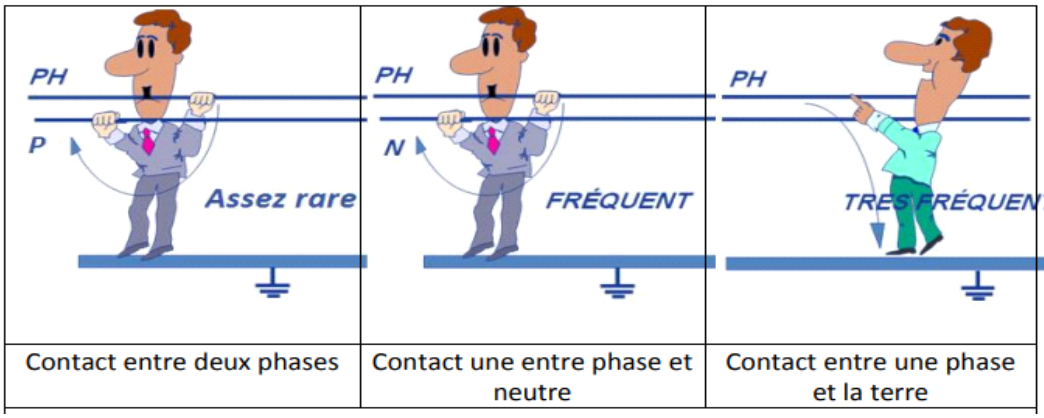


Figure I.4 : Les différentes façons d'électrisation avec des contacts directs

a.1.2) Le contact électrique indirect : l'opérateur touche une masse conductrice (métallique ou autre) non reliée à la terre qui est accidentellement mise sous tension. (Le courant traverse alors le corps pour rejoindre la terre) [10].

Electrisations peu fréquentes elle représente 20% des accidents de ce type.

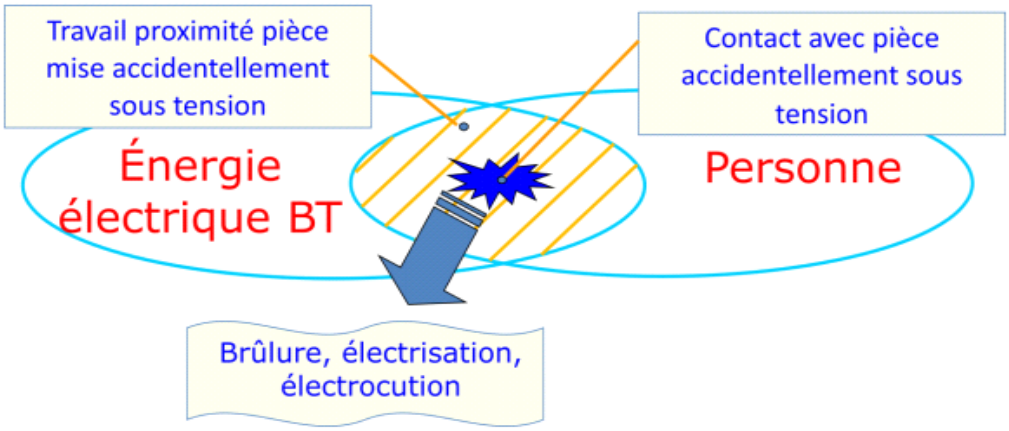


Figure I.5 : mécanisme d'accident avec contact indirect

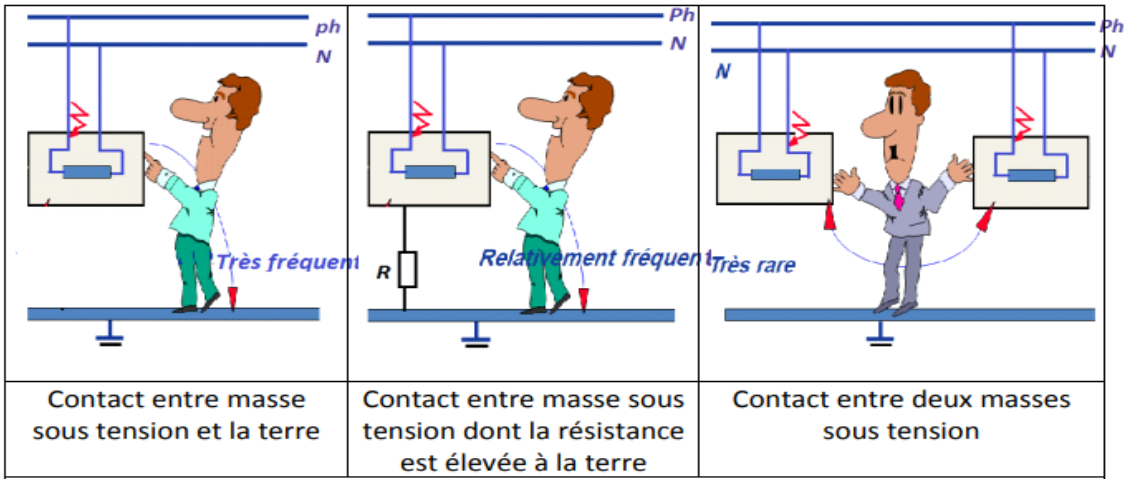


Figure I.6 : Les différentes façons d'électrisation avec des contacts indirects

[10] : https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Dossiers-prevention/Le-risque-electrique

b) L'électrocution :

C'est un terme qui désigne une électrisation immédiatement mortelle[11] .



Figure I.7 : Electrocution mortelle

(Dans les deux cas, il existe un risque d'électrisation voire d'électrocution)[12] . Les conséquences sont variables en fonction d'un certain nombre de paramètres liés, par exemple, à la présence d'humidité qui favorise le passage du courant, la nature des contacts, l'état de santé de l'opérateur et de l'intensité du courant (A : en ampères) qui traverse l'organisme ainsi que la différence de potentiel (la tension V : en volts).

Suivant les individus, les seuils de danger varient, mais on peut estimer qu'à partir de 5 mA, il peut y avoir des répercussions sur l'homme.(Il s'agit le plus souvent de lésions qui touchent principalement la main, les membres supérieurs et les yeux (brûlures, contusions, commotions, plaies)) [13] .

A partir de 30 mA, les muscles respiratoires se tétanisent, ce qui peut aboutir au bout de quelques minutes à une asphyxie, le seuil de 30 mA entraîne aussi une(fibrillation ventriculaire, en affectant directement les organes vitaux et le cœur) [14] .

[11] : http://elearning.centre-univ-mila.dz/pluginfile.php/22157/mod_resource/content/2/co/module_CH2_12.html

[12] : https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Dossiers-prevention/Le-risque-electrique

[13] http://experton.unblog.fr/2014/02/

[14] https://www.preventica.com/dossier-risque-electrique-definition.php

Intensité	Perception des effets	Temps
0,5 à 1 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réactions brutales	
10 mA	Contraction des muscles des membres	4 minutes 30
20 mA	Début de tétanisation de la cage thoracique	60 secondes
30 mA	Paralysie ventilatoire	30 secondes
40 mA	Fibrillation ventriculaire	3 secondes
75 mA	Fibrillation cardiaque	1 seconde
300 mA	Arrêt cardiaque	110 millisecondes
500 mA	Arrêt cardiaque	100 millisecondes
1000 mA	Arrêt cardiaque	25 millisecondes
2000 mA	Centre nerveux atteints	instantané

Tableau I.2 : Les répercussions du courant sur l'homme

C) Les phénomènes d'amorçage

Sur des tensions élevées (haute tension), il n'y a pas besoin d'entrer en contact avec la pièce nue, dès l'approche, un amorçage peut avoir lieu ; cet amorçage permet le passage du courant. Plus la tension est élevée, plus ce phénomène est amplifié.

d) Les courts-circuits



Figure I.8 : court-circuit

Principaux effets :

- (Brûlures par projection de matière en fusion) [15] ;
- Rayonnement ultraviolet intense ;
- Dégagement de gaz toxiques.

[15] : https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Dossiers-prevention/Le-risque-electrique

(Il peut également occasionner des chutes de personnes (ou d'objets lâchés par ces personnes), dues à l'effet de surprise provoqué par ces chocs électriques) [16].

(Il existe en outre un risque important d'incendie ou d'explosion lié à l'électricité (court-circuit, arc électrique, échauffement, foudre…) : on estime en effet que 30% des incendies seraient d'origine électrique) [17] .

e) Principales situations à risque

- Les travaux extérieurs



Figure I.9 : travaux extérieurs

(Le premier cas concerne les travaux à l'extérieur avec des canalisations électriques enterrées. Les travaux de terrassement sont donc exposés, particulièrement s'ils interviennent en milieu urbain. Le godet d'une pelle peut en effet arracher accidentellement une canalisation. De même, un ouvrier peut sectionner un câble avec un outil de type marteau-piqueur) [18] .

Avec les lignes aériennes, le risque est à priori visible, les accidents sont néanmoins fréquents car il faut tenir compte de l'évolution dans l'espace des engins qui peuvent à un moment donné de leur course heurter les canalisations : grues à tour, PEMP, pelle ou tracto-pelle, engin de levage, camion-toupie, etc.

Les risques peuvent être également liés à l'utilisation d'échafaudages ou d'échelles lors de la phase de montage/démontage du matériel : les opérateurs situés en hauteur peuvent toucher accidentellement les lignes avec un outil ou un accessoire. D'une façon générale, les conséquences du heurt d'une ligne aérienne seront d'autant plus importantes que les engins sont métalliques donc conducteurs et que la tension est élevée.

[16] http://elearning.centre-univ-mila.dz/pluginfile.php/21853/mod_resource/content/3/co/module_CH1Securiteelectrique_10.html

[17] https://www.preventica.com/dossier-risque-electrique-definition.php

[18] : https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Dossiers-prevention/Le-risque-electrique

- Les travaux intérieurs



Figure I.10 : travaux intérieurs

Le second cas de risque de contact concerne les travaux à l'intérieur des bâtiments. Les risques d'électrisation sont plus faibles car les installations sont souvent protégées. Là encore, il faut distinguer deux cas de figure : d'une part, les installations fixes et, d'autre part, les installations temporaires qui doivent toutes deux répondre à la norme NF C 15-100.

Les risques lors de travaux, par exemple de peinture, sont liés à l'arrachement d'appareillage électrique, à des fils dénudés ou endommagés. Une grande source de risque réside dans les opérations de perçage dans les cloisons. Les conséquences peuvent être un court-circuit entre deux phases ou une mise en contact qui seront aggravées s'il y a présence d'humidité.

I.2.5 Les dommages sur l'environnement

I.2.5.1 Les incendie : 30 % des incendies sont d'origine électrique. Les principales causes sont :

- L'échauffement des câbles dû à une surcharge[19] ;
- Le court-circuit entraînant un arc électrique. -(un défaut d'isolement conduisant à une circulation anormale du courant entre récepteur et masse ou entre récepteur et terre) [20];
- Des contacts défectueux (de type connexion mal serrée ou oxydée) entraînant une résistance anormale et un échauffement ;
- La foudre ;
- Certains facteurs peuvent aggraver les échauffements :
- Une ventilation insuffisante.
- L'accumulation de poussières ou de dépôts de graisse.
- (Le stockage de matériaux inflammables à proximité d'installations électriques)[21].
- L'empilage des câbles empêchant l'évacuation de la chaleur.

[19] https://www.exutech.fr/electricit%C3%A9/installation-%C3%A9lectrique/

[20] https://www.r2diag.fr/diagnostic-electricite.html

[21] https://www.scribd.com/document/371460853/Risques-electriques

I.2.5.2 Les explosions : (Dans les zones à risque d'explosion, les installations électriques, aussi bien de puissance que de commande, constituent une source potentielle d'inflammation pour l'atmosphère explosible)[22] . Afin de réduire ce risque, ces installations sont réduites au strict minimum. De plus le matériel électrique utilisé dans ces zones respecte des conditions de construction, montage et fonctionnement définies dans des normes.



Figure I.11 : Explosion d'origine électrique

En conclusion les dommages l'action du courant électrique sur le corps humain, selon les paramètres décrits ci-avant et également en fonction de la tension, peut entraîner les conséquences suivantes :

- Secousse, choc électrique, avec retour apparent à l'état antérieur (mais l'examen est nécessaire pour déterminer des suites éventuelles) ;
- Asphyxie (pouvant être mortelle) ;
- Fibrillation ventriculaire (mortelle le cas échéant) ;
- Brûlures (mortelles suivant graviter, surtout en haute tension). Les suites peuvent être diverses.
- Cardio-vasculaires (tachycardie, lésions vasculaires...) ;
- Neurologiques (pertes de conscience, de force musculaire...) ;
- Sensorielles (troubles de la vision, de l'audition...) ;
- Rénales (insuffisance) ;
- Pour les brulures par arc : dermiques, oculaires (coup d'arc), électrothermiques profondes, thromboses, œdèmes, nécroses, etc.…

I.3 Principaux textes législatifs et règlementaire de santé et de sécurité au travail (SST)

La prévention du risque électrique relève pour l'essentiel de la réglementation du travail.

D'autres prescriptions peuvent compléter les règles de protection des travailleurs, celles du ministère de l'Industrie pour encadrer la conception et l'utilisation de matériels électriques, celles du ministère de l'Environnement pour assurer la sécurité des travaux à proximité de réseaux.

Les règles de prévention des risques électriques figurent dans le Code du travail et se décomposent en 2 parties. L'une s'adresse aux maîtres d'ouvrage. Elle porte sur la conception et la réalisation des installations électriques pour la construction et l'aménagement de bâtiments. La seconde s'adresse aux employeurs qui

[22] http://www.inrs.fr/risques/electriques/accidents-origine-electrique.html

utilisent des installations électriques, en assurent les vérifications et effectuent des opérations sur ou au voisinage des installations électriques.

(Le décret exécutif n° 01-342 du 28 Octobre 2001 relatif aux prescriptions particulières de protection et de sécurité des travailleurs contre les risques électriques au sein des organismes employeurs) [23] .

Les justifications des travaux et modifications effectuées pour pallier à la défectuosité tés constatées dans les rapports précités. En fin, le chapitre 08 émet des dispositions particulières et notamment les conditions de formation des personnels requis pour administrer les premiers soins aux victimes d'accidents électriques.

La norme est donc un ensemble de textes d'application volontiers et contractuelle. Elle n'est pas obligatoire et correspondant à des critères momentanés qui peuvent évoluer dans le temps. Dans certains cas, elle peut être rendus obligatoire par arrête :

(C'est le cas pour la norme NFC15-100, norme de réalisations portant sur les installations électrique basse tension. Elle existe différentes familles de norme)[24]:

Norme de réalisation : Elles définissent les règles de réalisation des installations électriques :

(NF C 15 100 : installations électriques à basse tension)[25] ;

(NF C 13 100 : poste de livraison/BT ;

NF C 13 200 : installations électriques en haute tension).[26]

Norme de conception : Pour les normes de conception : elles définissent les règles de construction du matériel électrique :

NF C20-010 : classification des degrés de protection procurés par enveloppes (boitier, Carcasses de machine...) ;

NF C20-030 : règles de sécurité relatives a la protection contre les chocs électriques ;

NF C71-008 : règles particulières concernant les baladeuses (éclairage portail).

[23] https://www.slideserve.com/laurel/politique-nationale-sur-la-s-curit-et-la-sant-au-travail

[24] https://www.academia.edu/36589784/I._Normes_et_texte_r%C3%A9glementaires_I.1_La_r%C3%A9glementation

[25] : https://installation-electrique.ooreka.fr/astuce/voir/84794/la-norme-nf-c-15-100-installations-electriques-a-basse-tension

[26] https://www.academia.edu/36589784/I._Normes_et_texte_r%C3%A9glementaires_I.1_La_r%C3%A9glementation

CHAPITRE II

Présentation de l'entreprise Sonelgaz

Présentation de l'entreprise Sonelgaz

II. Présentation d'organisme d'accueil

II.1 Présentation de la wilaya de MEDEA

II.1.1 Localisation

La wilaya est située Au Nord de l'Algérie, Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 88 km sud-ouest de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie de 8.775,65 Km². Situé au cœur de l'Atlas Tellien, la wilaya de Médéa est caractérisée par une altitude élevée et un relief mouvementé enserrant quelques plaines assez fertiles mais de faible extension pour s'estomper ensuite aux confins des hautes plaines steppiques, en une série de collines mollement ondulées. Une telle position stratégique a fait de Médéa une zone de transit principale et un trait d'union entre le Tel et le Sahara, d'une part, et entre les Hauts Plateaux de I'Est et ceux de I'Ouest, d'autre part.

La wilaya de Médéa est limitée par les wilayas suivantes :

- La Wilaya de Blida au Nord ;
- La wilaya de Djelfa au Sud ;
- Les wilayas d'Ain Defla et Tissemsilt à l'Ouest ;
- Les Wilaya de M'sila et Bouira à l'Est.



Figure II.1 : Localisation de la wilaya de Médéa

II.1.2 Climat

Le climat de Médéa se distingue par des caractéristiques dues à de nombreux facteurs qui sont entre autres :

Son altitude qui atteint 1240 m au-dessus du niveau de la mer (sommet de Benchicao).

- Sa position sur les monts de I 'Atlas tellien ;
- Son exposition aux vents et aux vagues de courants venant de I' Ouest.

II.1.3 Démographie

La population totale de la wilaya est estimée à 861 204 habitants (2011), soit une densité de 99 habitants par Km².

II.1.4 Répartition de la population par sexe et par âge

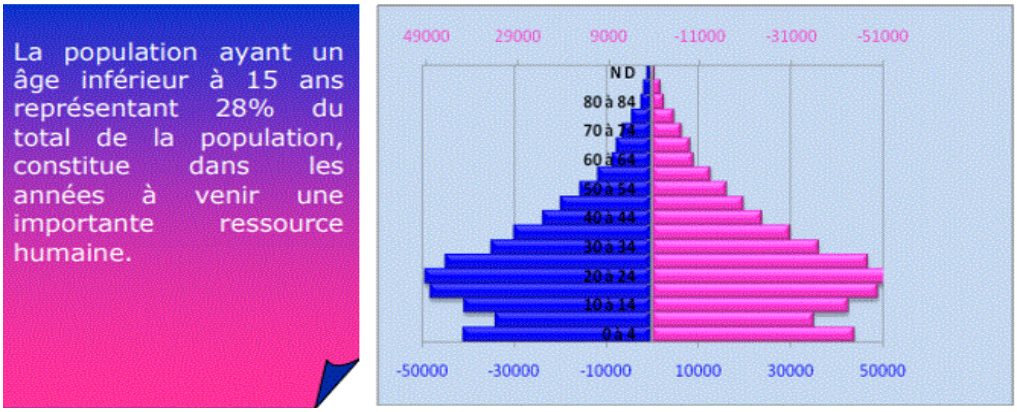


Figure II.2 : Direction de la Planification et de l'Aménagement du territoire de la wilaya de Médéa (2017)

II.1.5 AEP et Assainissement

- A.E.P eau potable : Taux de raccordement est 94% ;
- Assainissement : Taux de raccordement est 95 %.

II.1.6 Hydraulique

La capacité totale des barrages et retenues collinaires.

Ouvrages	Nombre	Capacité (m3)
Petits Barrages	20	27.967.000
Retenues collinaires	50	3.827.000
Capacité total	70	31.794.000

Tableau II.1 **:** La capacité et nombre des ouvrages

II.1.7 Organisation de la wilaya

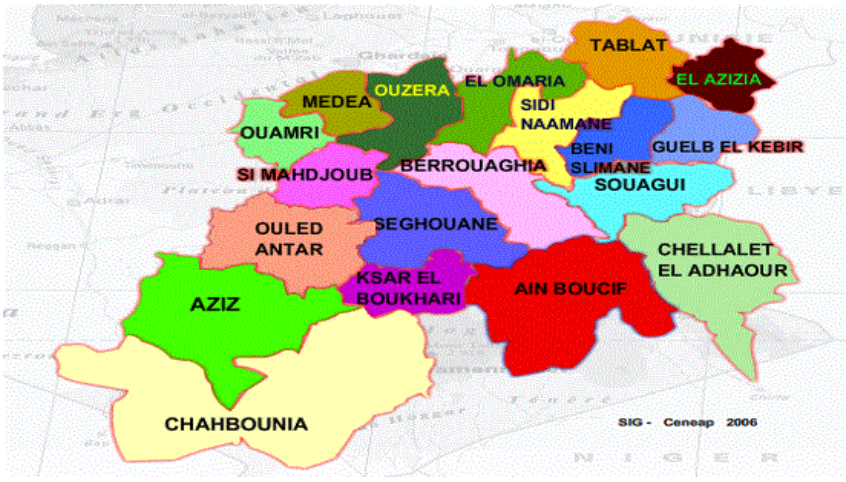


Figure II.3: Organisation territoriale de la wilaya de Médéa

II.2 Présentation de la direction de la distribution de l'électricité et du gaz

II.2.1 Historique

- Les débuts de l'électricité en Algérie : Au début du 20eme siècle, 16 sociétés se partageaient les concessions électriques en Algérie, le groupe Lebon (compagnie centrale d'éclairage par le gaz) et la société algérienne d'éclairage et de force (SAEF) au centre et à l'ouest, la compagnie du Bourbonnais à l'est ainsi que les usines Lévy a Constantine. Par le décret du 6 Aout 1947, ces 16 compagnies concessionnaires sont transférées à EGA, elle détenait alors 90% des propriétés industrielles électriques et gazières du pays.
- Soutenir le développement économique et social de l'Algérie (1962-1969): La prodigieuse trajectoire de cette grande entreprise nationale reflété celle de la nation algérienne qui, depuis son accession à l'indépendance en 1962, a su mobiliser ses efforts pour réorganiser son économie et répondre aux nombreux besoins sociaux d'une population à forte croissance.

II.2.2 Création de Sonelgaz 1969

C'est l'ordonnance N°69-59 du 28 juillet 1969 qui dissout l'établissement public d'électricité et gaz d'Algérie (EGA), issue des lois françaises de nationalisation de 1947, et promulgue les statuts de la société nationale de l'électricité et du gaz (Sonelgaz).

En 1969 Sonelgaz était déjà une entreprise de taille importante dont le personnel est de quelque 6000 agents, elle desservait 700000 clients.

Dés sa mise en place, l'entreprise a effectué outre la vente d'énergie, l'installation et l'entretien des appareils domestiques fonctionnant à l'électricité ou au gaz.

Elle s'est attachée à promouvoir l'utilisation du gaz naturel et de l'électricité dans les secteurs industriels, artisanaux et domestiques.

- Plans nationaux d'électrification (1977) : A partir de 1977, son action est concentrée sur le programme d'électrification totale du pays. Ainsi, elle a largement contribué à la modernisation de l'économie et à l'amélioration des conditions de vie des citoyens en Algérie.
- Premières restructurations (1983) : Naissance des filiales travaux SONELGAZ est restructurée une première fois et a donné naissance a six (6) entreprises travaux, spécialisées ainsi qu'une entreprise de fabrication :
  - KAHRIF : pour l'électrification rurale ;
  - KAHRAKIB : pour les infrastructures et installations électriques ;
  - KANAGHAZ : pour la réalisation des réseaux gaz ;
  - INERGA : pour le génie civil ;
  - ETTERKIB : pour le montage industriel ;
  - AMC : pour la fabrication des compteurs et appareils de mesure et de contrôle.

C'est grâce à ces sociétés que Sonelgaz dispose actuellement d'infrastructures électriques et gazières répondant aux besoins du développement économique et social du pays.

- Un nouveau statut pour Sonelgaz (1991) : Sonelgaz devient un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) en 1991.

Le décret exécutif N°9-280 du 17 septembre 1995 confirme la nature de Sonelgaz entant qu'établissement public à caractère industriel et commercial placé sous tutelle du ministre chargé de l'énergie et des mines et doté de la personnalité morale tout en jouissant de l'autonomie financière.

- La transformation en SPA (2002) : Suite à la promulgation de la loi N°02/01 du 5 février 2002 relative à l'électricité et la distribution du gaz par canalisation, Sonelgaz devient société algérienne de l'électricité et du gaz, une société par actions (SPA).

Ce statut lui donne la possibilité d'élargir ses activités à d'autres domaines relevant du secteur de l'énergie et aussi d'intervenir hors des frontières de l'Algérie.

En tant que SPA, elle doit détenir un portefeuille d'actions et autres valeurs mobilières et a la possibilité de prendre des participations dans d'autres sociétés

Cela annonce l'évolution de 2004 ou Sonelgaz devient un groupe industriel.

- En 2006, cinq (5) autres sociétés sont créées il s'agit de :
  - Opérateur du système électrique (os) chargé de la conduite du système production/transport de l'électricité ;
  - Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz d'Alger (SDA) ;
  - Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz du centre (SDC) ;
  - Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz de l'est (SDE) ;
  - Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz d'ouest (SDO).

Durant cette même année, les cinq (5) entreprises travaux ont réintégré le groupe.

Au-delà de cette évolution, assurer le service public reste la mission essentielle de Sonelgaz et constitue le fondement de sa culture d'entreprise.

- Amendements des statuts de Sonelgaz (2011) : Les statuts de Sonelgaz, adoptés en 2002, ont été révisés et approuvés par le conseil des ministres, le lundi 2 mai 2011 et deviennent, de ce fait en conformité avec le dispositif de la loi N°02-01 du 5 février 2002 relative à l'électricité et la distribution du gaz par canalisations.

Désormais, Sonelgaz. SPA est organisée en société holding sans création d'une personne morale nouvelle, et prend la dénomination de Sonelgaz. Par ailleurs la société holding Sonelgaz et ses sociétés filiales forment un ensemble dénommé : ″groupe Sonelgaz ″.

Dans les statuts amendes, Sonelgaz conserve le rôle de détenteur du portefeuille des actions constituant le capital social de ses filiales.

Les conseils d'administration des filiales, constituent les relais incontournables permettant à la société holding de suivre et d'orienter le pilotage des filiales.

II.3 Les sites de Sonelgaz

- **Société de Distribution d'électricité et de gaz d'Alger**

  41 RUE KHELIFA BOUKHALFA

  Alger, Algérie (16ème), Algérie

- **Société de distribution d'électricité et de gaz du Centre**

  Boulevard Mohamed Boudiaf - Blida

- **Société de distribution d'électricité et de gaz de l'Ouest**

  2 rue des Sœurs Benslimane-Oran

- **Société de distribution d'électricité et de gaz de l'Est**

  2 Rue Raymonde Peschard. Coudiat Constantine.

II.3.1 Direction de Distribution de Médéa

Boulevard Ben AYAD Tahar-Médéa

- Nombre d'Agence commerciales : 06 (Médéa, Berrouaghia, Ksar El Boukhari, Beni Slimane, Ain Boucif, Tablat) ;
- Nombre de clients électricité : 156 219 ;
- Nombre de clients gaz : 68 109 ;
- Longueur des réseaux Electricité 3806km ;
- Longueur des réseaux Gaz 3854 km ;
- Nombre des travailleurs 796.

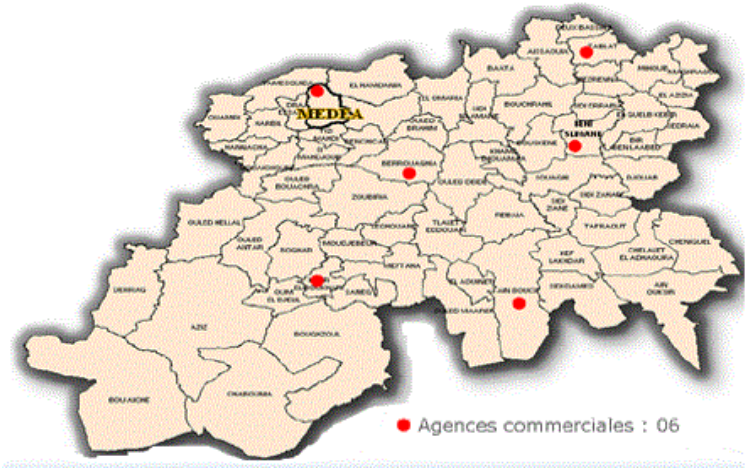


Figure II.4: les agences commerciales de Sonelgaz



Figure II.5: organisme d'accueil

II.3.2 Les missions de la direction de distribution d'électricité et du gaz de Médéa

- Distribuer l'électricité ;
- Acheter et distribuer le gaz ;
- Participer à l'élaboration de la politique de la direction générale de distribution (recouvrement des créances, développement des ventes, en matière de prestation vendeuse aux clients…) ;
- Assurer la gestion (conduire, exploitation et maintenance) et le développement des réseaux MT/BT et MP/BP des installations annexes ;
- Satisfaire aux meilleures conditions de coûts et de délais la demande de raccordement des clients MT/BT, MP/BP des installations annexes ;
- Mettre en œuvre la politique commerciale de l'entreprise et sous contrôle l'application ;
- Elaborer et mettre en œuvre le développement de la construction, la maintenance, et l'exploitation des ouvrages ;
- Assurer une bonne continuité de service à sa clientèle (en qualité et quantité), assure la représentation de Sonelgaz aux niveaux locaux.

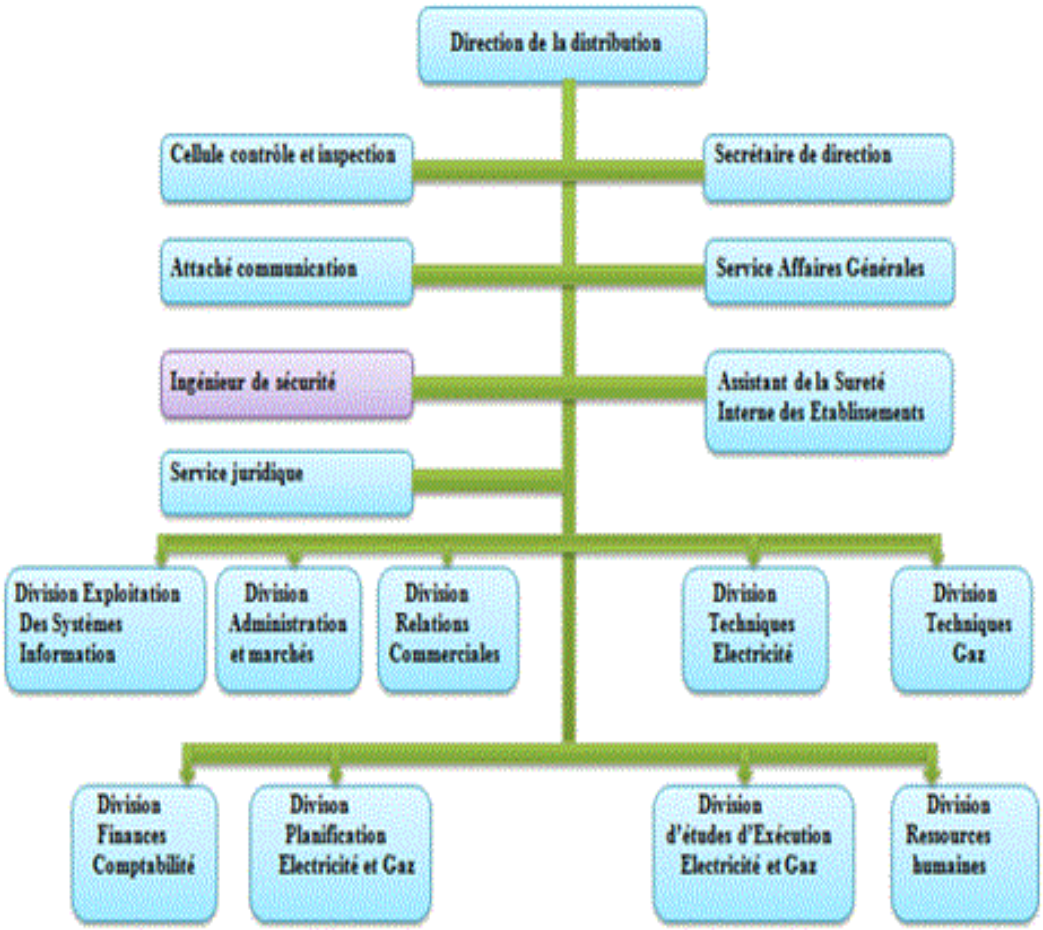


Figure II.6 : schéma d'organisation générale de la macrostructure de la société Sonelgaz

II.4 Présentation des différentes structures et leurs missions

- **Direction générale** : est chargée de :
  - Réaliser toutes les opérations nécessaires au fonctionnement de la direction, aux relations internes et extrêmes et l'organisation du temps ;
  - Traiter les dossiers confus ;
  - Préparer les réunions et les déplacements.
- **Division technique ″Electricité ″ :** est chargée de :
  - Création d'une équipe de réalisation d'électricité ;
  - Suppression du service de développement des réseaux d'électricité ;
  - Assurer la qualité et la continuité de service ;
  - Intervenir sur l'ensemble du réseau d'électricité ;
  - Prévoir l'acquisition des équipements spécifiques ;
  - Gérer et assurer la maintenance des équipements spécifiques ;
  - Veiller à l'application du guide technique de distribution d'électricité.
- **Division technique ″gaz ″ :** est chargée de :
  - Création d'une équipe de réalisation du gaz ;
  - Le rattachement de l'équipe d'intervention au service exploitation des réseaux de gaz ;
  - Station propane pour les régions éloignées ;
  - Veiller à la réalisation des études de développement et d'agglomération ;
  - Etablir les prévisions de matériels, équipements et outillages ;
  - Assurer le diagnostic des réseaux et l'élaboration du programme d'entretien ;
  - Prévoir l'acquisition des équipements spécifiques.
- **Division ″planification d'électricité et du gaz** ″ : est chargée de :
  - Les développements des réseaux ; électricité et gaz ;
  - Etudier les schémas de restructuration et de planification des réseaux MT des agglomérations ;
  - Assurer pour les besoins de la direction de distribution, toutes les études spécifiques (perte, compensation…) ;
  - Constituer une banque de données pour les besoins des études (suivi des consommations, de développement en profondeur et en surface, foisonnement …) ;
  - Etablir annuellement un plan d'équipement à court et â moyen terme sur la base des décisions arrêtées par les différents comités, et s'assurer de leur mise en œuvre ;

- Approuver les plans d'équipement et de génie civil des postes clients MT dont la puissance est supérieure à 630 KVA ;
- Calculer les valeurs des protections à afficher au niveau des postes.

➢ **Division ″études d'exécution et travaux″ d'électricité et du gaz** : est chargée de :

- Rassembler les dossiers techniques des ouvrages à réaliser ;
- Organiser les ouvertures des chantiers avec les entreprises de réalisation ;
- Surveiller, contrôler et inspecter les chantiers du point de vue programmation et qualité des prestations fournies par les réalisateurs ;
- Vérifier et approuver les attachements ;
- Assurer la représentation du maitre d'œuvre auprès des autorités locales.

➢ **Division ″administration et marchés″** : est chargée de :

- Suivre l'exécution des crédits.
- Réceptionner et procéder à l'ordonnancement de tous les facteurs d'entreprise de réalisation ;
- Suivre la procédure d'obtention des autorisations de construire ;
- Etablir les éléments statistiques des réalisations.

➢ **Division ″relations commerciales″** : est chargée d'assurer :

- Respect des procédures de raccordement par la nouvelle clientèle ;
- Etablissement et conformité des contrats d'abonnement BT/BP, MT/MP puis HT/HP ;
- Etablissement de gestion de la facturation sur mémoire (transitoirement jusqu'à décentralisation vers l'agence commerciale) ;
- Contrôle et inspection des agences commerciales pour s'enquérir de la bonne application des règles de gestion ;
- Respect des procédures de gestion des clients (coupures et remises, intégrations, résiliations…).

➢ **Division ″ressources humaines″** : est chargée de :

- Valoriser les compétences existantes pour le développement des nouvelles activités ;
- Veiller à l'adéquation entre les ressources humaines présentes (compétences, potentialités) et le développement des activités ;
- Développer l'information, l'écoute et la concertation en matière de relation socioprofessionnelle et de conditions de travail ;
- Décliner en plan opérationnel le système de gestion adopté par la société ;
- Assurer la coordination des diverses activités du personnel au sein de la direction de distribution notamment, le recrutement l'accueil / intégration, l'affectation, la promotion, la mutation.

- **Division ″finances et comptabilité″ :** est chargée de :
  - Suivre les comptes de trésorerie et contrôler les comptes bancaires ccp ;
  - Elaborer les prévisions de trésorerie à court terme ;
  - Procéder aux rapprochements des comptes bancaires ccp ;
  - Suivre la réglementation des marchés (gestion des engagements) ;
  - Validation et édition des états journaliers de la trésorerie ;
  - Transmission des journaux et états de gestion au service exploitation DFC pour comptabilisation.
- **Division ″exploitation des systèmes d'informations″ :** est chargée de :
  - Maintenance des systèmes d'exploitation ;
  - Gestion des bases de données ;
  - Administration du réseau et télécoms ;
  - Gestion et maintenance du parc d'information.
- **Service juridique :** est chargé de :
  - Assister les structures dans la prise en charge des problèmes à caractère juridique ;
  - Représenter la société de distribution par délégation du directeur de distribution devant les instances judicaires, et prendre les mesures amiables dans l'intérêt de la société ;
  - Formaliser et contrôler les dossiers sinistres ;
  - Examiner et traiter les demandes d'indemnisation de toues nature ;
  - Participer à la rédaction des cahiers de charges, contrats à la commission des marches ;
  - Assurer la défense des intérêts de la DD auprès des tribunaux, en tant que demandeur ou défendeur.
- **Services ″affaires générales″** : est chargé de :
  - Gérer et rapprocher le fichier auxiliaire ;
  - Assurer les prestations des relations extérieures (billets d'avion, hôtellerie …) ;
  - Gérer les contrats de prestations extérieures ;
  - Elaborer et réaliser le programme d'investissement ;
  - Réaliser le programme d'équipement et l'acheter sur le marché national et extérieur ;
  - Gérer les contrats de prestation de maintenance et de transport ;
- **Service ″attacher à la communication″ :** est chargé de :
  - Concevoir l'information destinée au public et à la clientèle ;
  - Participer avec la direction générale de la société générale aux manifestations commerciales ;

- Proposer des thèmes sur la publicité et l'information de la clientèle ;
- Entretenir des relations étroites avec les médias ;

➢ **Service ″ingénieure de la sécurité″ :** est chargé de :

- Faire planning des visites avec programmation des actions de sensibilisation ;
- Mettre en application toutes les directives et prescription concernant la sécurité ;
- Diffuser les fiches d'accidents types.

➢ **Assistants de la sureté interne des établissements :** sont chargés de :

- Suivre de manière permanente, tous les aspects de la sureté interne de la direction régionale, et toutes les structures ;
- Faire des visites périodiques de la structure relevant de la direction régionale pour contrôle de l'état du dispositif de la sureté interne ;
- Elaborer des rapports d'inspection en préconisant toutes les mesures qui s'imposent à l'amélioration de l'efficience de la sureté interne des établissements ;
- Etablir des comptes rendus prédiques des activités de sureté interne au directeur de distribution ;
- Rendre compte sans délais au directeur de distribution de toute anomalie ou fait saillant relatif à la sureté interne.

II.5 Le rôle de l'ingénieur HSE

➢ Prendre les précautions nécessaires afin de protéger les travailleurs, les populations avoisinantes et l'environnement ;

➢ S'assurer que les travailleurs suivent les procédures de travail ;

➢ S'assurer que les travailleurs portent leurs équipements de protection individuelle (EPI) ;

➢ Informer les travailleurs des dangers sur les lieux de travail ;

➢ Faire des investigations pour toute situation que le travailleur soupçonne dangereuse ;

➢ S'assurer que les équipements sont utilisés avec leurs protections appropriées ;

➢ Donner des instructions écrites en détaillant les procédures de sécurités ;

➢ S'assurer que les lieux de travail, les équipements, les employés et les sous-traitants respectent la législation, la réglementation et la politique HSE en vigueur dans l'entreprise.

II.5.1 Les tâches de l'Ingénieur HSE

➢ **En matière d'accidentologie :**

- Élabore les statistiques des accidents de travail (mensuel, trimestriel, semestriel et annuel). Ces statistiques vont servir au calcul des paramètres de sécurité (Taux de fréquence et Taux de gravité) et de déterminer leur évolution par rapport aux exercices précédents ;
- Analyse les accidents de travail ;

- Réalise les enquêtes d'accidents, pour déterminer les causes et mettre en œuvre les actions correctives et préventives.

➢ **En matière de CHS (en sa qualité de secrétaire de la CHS)**

- Élabore un programme de travail de la commission hygiène et sécurité de l'unité ;
- Organise les réunions de travail de la CHS ;
- Prépare et anime les réunions de travail de la CHS ;
- Suit la mise en œuvre des recommandations et décisions de la CHS.

➢ **En matière d'inspection**

- Met en œuvre un programme d'inspections ;
- Réalise les inspections dans les délais requis et transmet les non conformités constatées ainsi que les éventuelles recommandations aux structures concernées pour prise en charge ;
- Réalise les inspections inopinées pour déterminer le degré d'application des instructions mises en œuvre.

➢ **En matière de formation, d'information et de sensibilisation**

- Met en œuvre un programme de formation sur les thèmes liés aux risques identifiés,
- Coordonne avec le service formation de la DRH, pour la programmation et la réalisation des séances de formation,
- Anime les séances de formation sur les risques liés aux activités,
- Anime des actions de sensibilisation sur les lieux de travail,
- Affiche les supports d'information et de communication relatifs au HSE,
- Anime les journées de sensibilisation sur les risques liés à l'utilisation de l'électricité et gaz destinées au public (Elèves, Etudiants, citoyens, clients, Associations, etc.). Ces actions sont réalisées conjointement avec la structure commerciale de l'unité.

➢ **En plus de ces tâches, l'ingénieur HSE**

- Contribue au choix des EPI ;
- Procède à l'habilitation des agents conformément à la procédure d'habilitation mise en place par le groupe (Sensibilisation, test, validation par la CHS, établissement et remise des titres d'habilitation) ;
- Veille sur la conformité des équipements de détection et de lutte anti incendie (vérification périodique des extincteurs, essais périodiques du fonctionnement des pompes du réseau incendie et de la détection incendie) ;
- Elabore les plans d'intervention (ORSEC, PII, etc.) et veille sur leur actualisation ;
- Elabore les bilans périodiques d'activité HSE ;
- Elabore les rapports d'inspection et suit les recommandations émises.

CHAPITRE III

RESEAUX ELECTRIQUE

RESEAUX ELECTRIQUE HTA

III.1 Constitution du réseau national

Introduction :

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie produite par les centrales de production (centrales hydrauliques, thermiques...) jusqu'à l'endroit où elle est consommée (villes, usines...) par l'intermédiaire d'un réseau de lignes électriques aériennes ou souterraines connectées entre elles par des postes électriques. Ces lignes électriques permettent de transporter et de distribuer l'énergie électrique sur l'ensemble du territoire national (Figure III-1).

Un réseau électrique doit assurer :

- L'acheminement vers des consommateurs lointains ;
- Le transport sans pertes, ou avec le minimum de pertes ;
- La livraison dans tout le territoire national ;
- L'adaptation selon l'utilisation ;
- La fourniture sans coupure ;
- La qualité ;
- La sécurité du réseau ainsi du consommateur ;
- Le respect de l'environnement.

Avec une gestion dynamique.

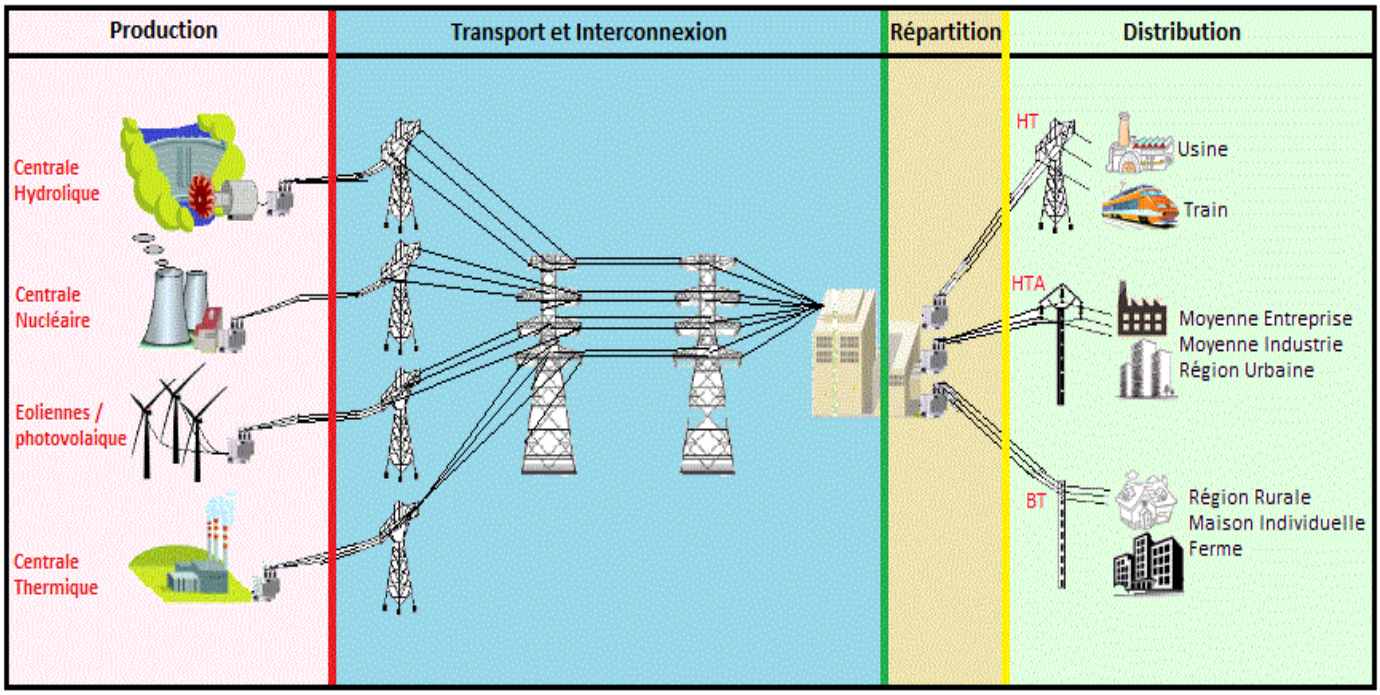


Figure III.1 : Schéma synoptique d'un réseau électrique

III.1.1 Structure générale des réseaux électriques

(L'énergie électrique n'est pas consommée au lieu de sa production, elle est donc) [27] :

- Produite ;
- Transportée ;
- Distribuée aux consommateurs ;

L'énergie produite avant d'être transportée doit subir une première transformation, une élévation à l'aide d'un transformateur élévateur (survolteur) et une dernière transformation un abaissement à l'aide d'un transformateur abaisseur (sous-volteur), (qui permet de fournir une tension au client final dans les normes) [28].

D'une façon générale, un réseau électrique est dissocié en quatre grandes parties :

- Production
- Transport et interconnexion
- Répartition
- Distribution

III.1.1.1 Production

Elle consiste en la génération de l'ensemble de la puissance active consommée par le réseau tout entier. En grande majorité, les tensions associées à cette production sont produites sous la forme de systèmes triphasés par l'intermédiaire d'alternateurs entraînés à partir de divers types de sources d'énergie dites primaires :

- Fossile : pétrole, charbon, gaz naturel ;
- Nucléaire : réaction par fission de l'uranium ;
- (Hydraulique : force du courant d'eau d'une rivière)[29] ;
- Renouvelable : vent, soleil, vagues.

La production est assurée par des centrales :

- (Centrales hydrauliques : on utilise des chutes d'eau, plus ou moins haute (basse chute, moyenne chute, haute chute) pour faire tourner des turbines) Chaque turbine entraîne un alternateur qui produit une tension en général de l'ordre de 30 kV.
- (Centrales thermiques : on chauffe de l'eau avec un combustible (fuel, gaz ou charbon))[30]. Cette eau chauffée produit de la vapeur d'eau sous pression qui est à son tour dirigée vers des turbines. Chaque turbine entraîne un alternateur qui produit une tension en général de l'ordre de 30 kV.
- Centrales nucléaires : on utilise la réaction de fission nucléaire pour chauffer un caloporteur qui va chauffer de l'eau. (Cette eau chauffée produit de la vapeur d'eau sous pression qui est à son tour

[27] https://www.scribd.com/document/372127944/1

[28] https://www.slideshare.net/AchrafSaadaoui2/rapport-de-stage-dinitiation-ge-asment-temara

[29] https://www.scribd.com/document/152791320/Chapitre-19-Reseaux-Haute-Tension

[30] : http://elec.jbd.free.fr/etude/Chapitre%2019%20Reseaux%20haute%20tension.pdf

dirigée vers des turbines)[31]. Chaque turbine entraîne un alternateur qui produit une tension en général de l'ordre de 30 kV.

Actuellement la majorité de l'électricité produite en Algérie est d'origine thermique (99%).

D'autres centrales de production (énergie renouvelable) sont utilisées de façon plus marginale dans d'autres pays :

- (Energie éolienne : on utilise l'énergie du vent pour faire tourner des turbines.
- Energie solaire : on utilise des cellules photovoltaïques pour transformer la lumière (photons) en tension) [32].

III.1.1.2 Transport et interconnexion

(Il consiste à acheminer les puissances produites par les unités de production auprès des lieux de consommation)[33]. Le « grand transport » consiste à parcourir de longues distances en direction des extrémités du territoire national.

L'ordre de grandeur de ces distances impose, entre autres, le fait de véhiculer l'énergie électrique sous très haute tension HTB (225 ou 400 kV) quelques fois 800 kV.

(La dispersion géographique entre les lieux de production et les centres de consommation, l'irrégularité de cette consommation et l'impossibilité de stocker l'énergie électrique nécessitent un réseau électrique capable de la transporter sur de grandes distances et de la diriger)[34]. Ses lignes atteignent des milliers de kilomètres.

La finalité de ce réseau est triple :

- Une fonction de "transport" dont le but est d'acheminer l'électricité des centrales de production aux grandes zones de consommation ;
- Une fonction "d'interconnexion nationale" qui gère la répartition de l'offre en orientant la production en fonction de la répartition géographique et temporelle de la demande ;
- Une fonction "d'interconnexion internationale" pour gérer des flux d'énergie entre les pays en fonction d'échanges programmés (pays voisin Tunisie).

Seuls quelques abonnés à très forte consommation sont raccordés sur ces réseaux.

Réseau maillé essentiellement de type aérien.

III.1.1.3 Répartition

Ces réseaux comprennent les lignes de transport et les postes de transformation intermédiaires entre le réseau de transport et le réseau de distribution[35].

---

[31] https://www.woongarnieringschoepen.be/13090_la+centrale+%C3%A9lectrique+au+charbon+co%C3%BBte+ppt.html

[32] : https://fr.scribd.com/document/152791320/Chapitre-19-Reseaux-Haute-Tension

[33] https://studylibfr.com/doc/6093920/%C3%A9lectrotechnique

[34] https://www.academia.edu/39689645/Stabilit%C3%A9_transitoire_du_r%C3%A9seau_%C3%A9lectrique_interconnect%C3%A9_du_Burundi_en_tenant_compte_des_projets_%C3%A0_court_terme

[35] : https://www.academia.edu/36051359/Memoire_Chapitre

Les réseaux de répartition sont à haute tension entre 25 kV et 275 kV, et ont pour rôle d'assurer la fourniture et la répartition d'électricité. (L'énergie y est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs)[36].

(La finalité de ce réseau est avant tout d'acheminer l'électricité du réseau de transport vers les grands centres de consommation[37]

Ces centres de consommation sont :

- Soit du domaine public avec l'accès au réseau de distribution HTA)[38],
- Soit du domaine privé avec l'accès aux abonnés à grande consommation livrés directement en HT, il s'agit essentiellement d'industriels tels la sidérurgie, la cimenterie, le transport ferroviaire, aéroport…

(C'est l'ultime ramification des lignes et des installations qui permet également un passage progressif des très hautes tensions du transport aux basses tensions de la consommation) [39]. Ces réseaux peuvent être aériens ou souterrains en boucle ouverte ou fermée.

III.1.1.4 Distribution

(Constitue le dernier maillon de la chaîne et concerne tous les usages du courant électrique)[40].

Ils ont pour rôle de fournir aux réseaux d'utilisation la puissance dont ils ont besoin. Ils utilisent deux tensions :

- Le réseau de distribution HTA : La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de répartition aux points de moyenne consommation (postes de distribution publique HTA/BT et postes de livraison aux abonnés à moyenne consommation) . La structure est de type aérien ou souterrain en boucle ouverte. Les tensions sur ces réseaux sont comprises entre quelques kilovolts et 30 kV.
- (Le réseau de distribution BT : La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de distribution HT aux points de faible consommation dans le domaine public avec l'accès aux abonnés BT. Il représente le dernier niveau dans une structure électrique. Ce réseau permet d'alimenter un nombre très élevé de consommateurs correspondant au domaine domestique) [41]. Sa structure, de type aérien ou souterrain radial, maillés et bouclés, est souvent influencée par l'environnement. (Les tensions sur ces réseaux sont comprises entre 100 et 440 V)[42].

[36] : https://slideplayer.fr/slide/13588883/

[37] : https://www.memoireonline.com/05/08/1081/m_optimisation-production-structure-energie-electrique-colonies-fourmis2.html

[38] https://www.memoireonline.com/05/08/1081/m_optimisation-production-structure-energie-electrique-colonies-fourmis2.html

[39] : https://fr.scribd.com/document/220327259/Eustachio-02

[40] http://thesis.univ-biskra.dz/1873/3/chapitre%2001.pdf

[41] : https://www.academia.edu/37641179/R%C3%A9seaux_%C3%A9lectriques_industriels

[42] : http://student.4must.be/wp-content/uploads/2011/10/ch-12-r%C3%A9seau-%C3%A9lectriques-P1%C3%A0-8.pdf

III.1.1.5 Tensions normalisées

(Dans la plupart des pays, les installations électriques doivent répondre à un ensemble de réglementations nationales ou établies par des organismes privés agréés)[43]. Il est essentiel de prendre en considération ces contraintes locales avant de démarrer la conception de l'installation.

(Chaque réseau électrique est organisé à partir de quelques niveaux de tension normalisés, le respect, de ces valeurs est une nécessité pour exploiter les structures de transport en assurant leur sûreté)[44], le respect des plages contractuelles, et de façon générale afin de réduire les coûts et les contraintes sur les appareillages.

La norme en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux de tension alternative comme suit :

Domaines de Tension		**Valeur de la tension composée nominale (U_n en Volts)**	
		Tension Alternatif	Tension Continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTB	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA ou MT	$1000 < U_n \leq 50\,000$	$1500 < U_n \leq 75\,000$
	HTB	$U_n > 50\,000$	$U_n > 75\,000$

Tableau III.1 – La norme en vigueur appliquer par SONELGAZ.

On distingue 3 domaines selon la valeur de la tension (Volt) du courant qui y circule

- Basse Tension (BT) : Tension comprise entre 50 et 1.000 Volts.
- Haute Tension (HTA) : Tension comprise entre 1.000 et 50.000 Volts.
- Haute Tension (HTB) : Tension supérieure à 50.000 Volts.

Chaque domaine possède ses propres caractéristiques techniques selon qu'il est installé en aérien ou souterrain.

Domaine Basse Tension (BT)

- Ouvrage aérien nu : La ligne est située au minimum à 6 m au-dessus du sol.
- Ouvrage aérien torsadé : La ligne est située au minimum à 4 m au-dessus du sol.
- (Ouvrage souterrain : La ligne est placée dans un fourreau situé à une profondeur de 0,60 à 0,85 m, et signalé par un grillage avertisseur "Rouge" posé 0,20 m au-dessus du fourreau.

[43] https://fr.electrical-installation.org/frwiki/R%C3%A9glementations_et_normes_%C3%A9lectriques

[44] : https://pmb.univ-saida.dz/butecopac/doc_num.php?explnum_id=243

Domaine Moyenne Tension (HTA)

- Ouvrage aérien nu : La ligne est située au minimum à 8 m au-dessus d'une voie et à 6 m au-dessus d'un terrain ordinaire.
- Ouvrage aérien torsadé : La ligne est située au minimum à 5 m au-dessus du sol.
- Ouvrage souterrain : La ligne est placée dans un fourreau situé à une profondeur de 0,60 à 0,85 m, et signalé par un grillage avertisseur "Rouge" posé 0,20 m au-dessus du fourreau. Le câble dispose d'un dispositif d'isolation (Synthétique, papier huilé))[45].

Domaine Haute Tension (HTB)

- (Ouvrage aérien nu : La ligne est située au minimum à 8 m au-dessus d'une voie, ou 9 m en cas de tension supérieure à 400.000 Volts)[46]. Elle est située à 6,30 m au-dessus d'un terrain ordinaire, ou 8,00 m en cas de tension supérieure à 400.000 Volts.
- Ouvrage aérien torsadé : Inexistants.
- (Ouvrage souterrain : La ligne est placée dans un fourreau situé à une profondeur de 0,60 à 0,85 m, et signalé par un grillage avertisseur "Rouge" posé 0,20 m au-dessus du fourreau. Le câble dispose d'un dispositif d'isolation (Synthétique, matière visqueuse sous pression, ou protection cathodique))[47].

NB : (Le réseau de transport HTB en ALGERIE :

- 220 kV (et bientôt 400kV) réseau national ;
- 63 et 90 kV réseau régional ;
- 30 et 10 kV distribution HTA)[48] .

III.1.1.6 Structure générale d'un réseau de distribution

Un réseau de distribution comporte :

- Un étage HTB alimenté par une ou plusieurs sources ;
- Un ou plusieurs transformateurs HTB / HTA ;
- Un étage principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres ;
- Des récepteurs HTA ;
- Des transformateurs HTA / BT (pour les Postes de Distribution Publique) ;
- Des tableaux et des réseaux basse tension
- Des réceptrices basses tensions.

[45] https://www.wikitp.fr/000/electriques-basse-tention-bt-haute-tensiona-hta-haute-tensionb-htb

[46] : http://sunsilkhairstory.lk/site/0c3c5.php?ce67e9=diff%C3%A9rence-entre-basse-tension-et-haute-tension

[47] : https://www.wikitp.fr/000/electriques-basse-tention-bt-haute-tensiona-hta-haute-tensionb-htb

[48] : https://www.academia.edu/37641179/R%C3%A9seaux_%C3%A9lectriques_industriels

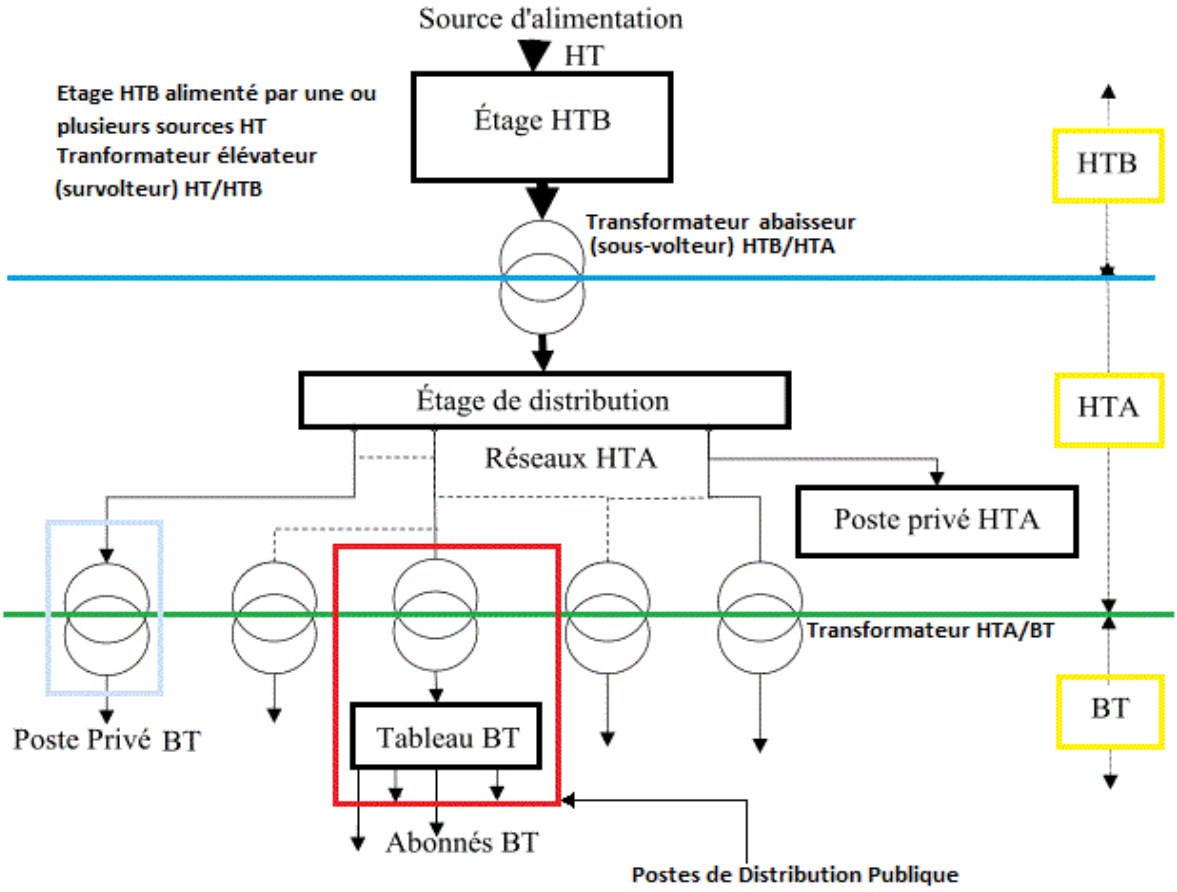


Figure III.2 : Structure générale d'un réseau de distribution

III.1.1.7 Topologies des réseaux électriques

(Les topologies diffèrent d'un type de réseau à un autre. Cette topologie est dictée par : le niveau fiabilité recherché, la flexibilité et la maintenance, ainsi que les coûts d'investissement et d'exploitation)[49]. Les différentes topologies qu'on trouve usuellement sont illustrés sur la Figure.III.3.

III.1.1.7.1 Réseau maillé

(Cette topologie est presque la norme pour les réseaux de transport. Tous les centres de production sont liés entre eux par des lignes THT au niveau des postes d'interconnexion, ce qui forme un maillage. Cette structure permet une meilleure fiabilité mais nécessite une surveillance à l'échelle nationale voire continentale)[50].

III.1.1.7.2 Réseau bouclé

Cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de répartition et distribution HTA. Les postes de répartition HT ou HTA alimentés à partir du réseau THT sont reliés entre eux pour former des boucles, ceci dans le but d'augmenter la disponibilité. Cependant, il faut noter que les réseaux HTA ne sont pas forcements bouclés.

[49] https://www.exoco-lmd.com/reseaux-electriques/architectures-des-reseaux-electriques-power-system-design/?action=dlattach;attach=5939

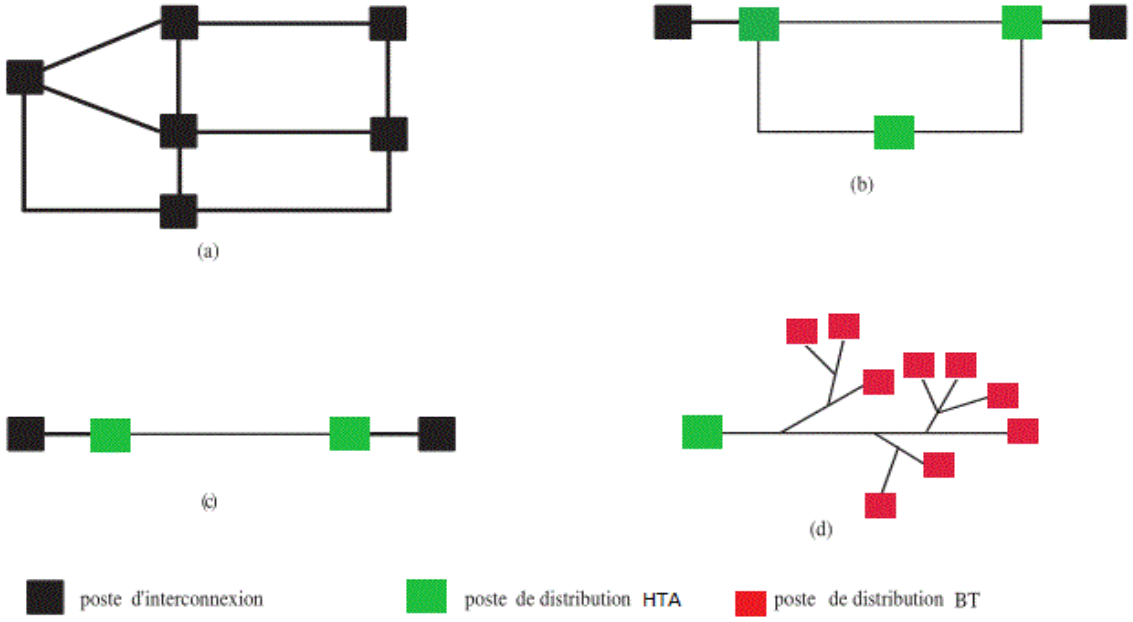
[50] https://studylibfr.com/doc/4309271/table-des-mati%C3%A8res---e

III.1.1.7.3 Réseau radial

C'est une topologie simple qu'on trouve usuellement dans la distribution HTA et BT. Elle est composée d'une ligne alimentée par des postes de distribution HTA ou BT alimentés au départ par un poste source HT ou HTA. En moyenne tension cette structure est souvent alimentée des deux côtés afin d'assurer la disponibilité.

III.1.1.7.4 Réseau arborescent

Cette structure est très utilisée en milieu rural et quelque fois en milieu urbain où la charge n'est pas très sensible aux interruptions. Elle est constituée d'un poste de répartition qui alimente plusieurs postes de distribution (BT) grâce à des piquages à différents niveaux des lignes alimentant les postes HTA /BT.



(a) Réseau maillé, (b). Réseau bouclé, (c). Réseau radial, (d). Réseau arborescent.

Figure III.3 : Différentes topologies des réseaux électriques

III.1.2 Types de réseaux HTA

(Les principales structures de réseaux HTA permettant d'alimenter les tableaux secondaires et les transformateurs HTA / BT. La complexité détermine la disponibilité de l'énergie électrique et le coût d'investissement. Le choix de l'architecture sera donc fait pour chaque application sur le critère de l'optimum technico-économique)[51] . On distingue essentiellement deux principaux types de réseaux qui sont :

- Type radial qui est sous 4 formes d'architecture (simple antenne, double antenne avec couplage, double antenne sans couplage et double dérivation) ;
- Type bouclés (ouverte et fermée).

[51] : https://fr.scribd.com/document/28402360/01-Architecture-Reseaux

III.1.2.1 Les réseaux type radiale

a) Radial en simple antenne (Figure III.4)

- Les postes sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage ;
- Cette architecture est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles.

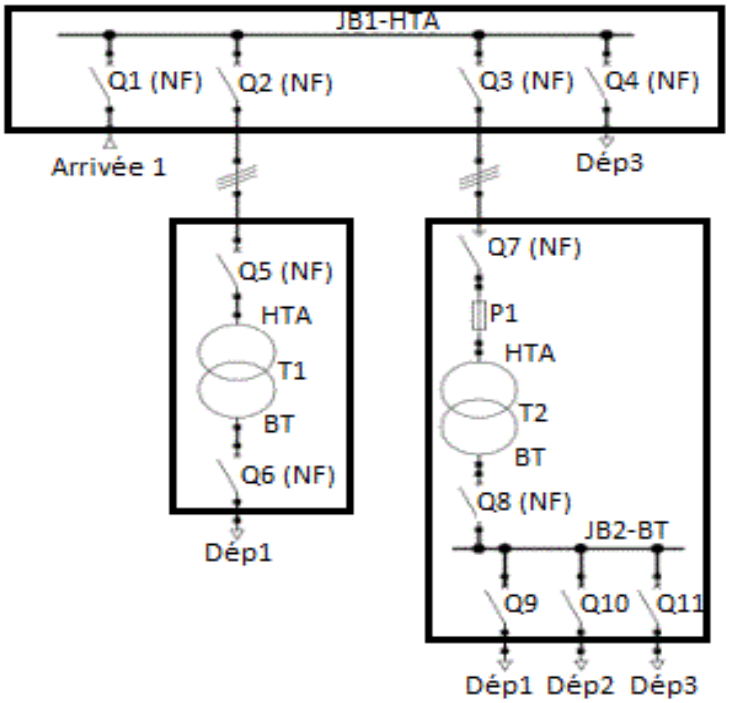


Figure III.4 : Réseau type radial en simple antenne

b) Radial en double antenne avec couplage (Figure III.5)

- Le poste est alimenté par 2 sources avec couplage. En fonctionnement normal, les disjoncteurs de couplage sont ouverts.
- Chaque ½ de barres peut être dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre des sources.

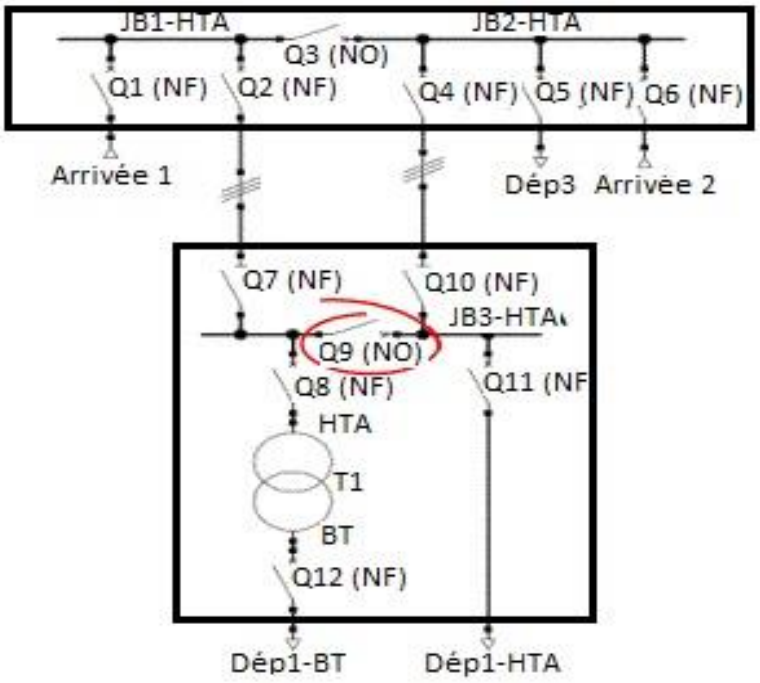


Figure III.5 : Réseau type radial en double antenne avec couplage

c) Radial en double antenne sans couplage (Figure III.6)

- Le poste est alimenté par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre ;
- La disponibilité est bonne.

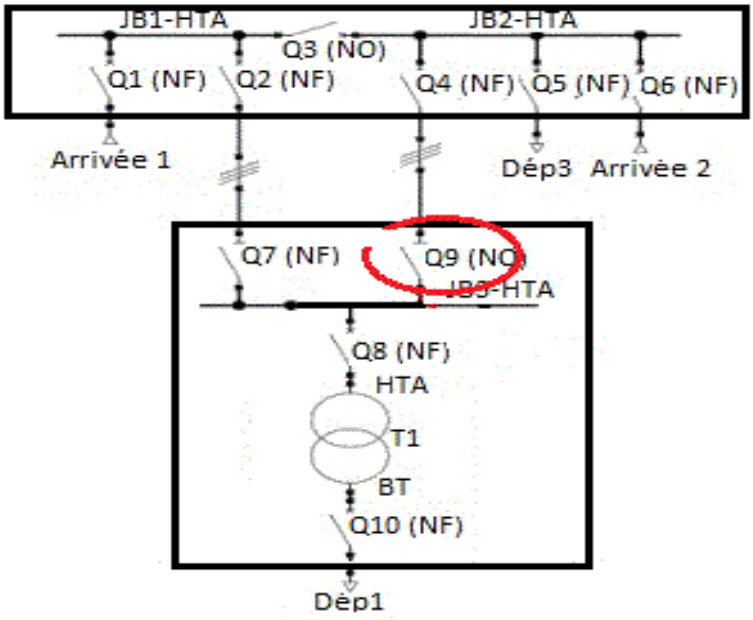


Figure III.6 : Réseau type radial en double antenne sans couplage

d) Radial en double dérivation (Figure III.7)

- Les postes 1 et 2 peuvent être dépannés et être alimentés par l'une ou l'autre des sources indépendamment
- Une très bonne disponibilité.

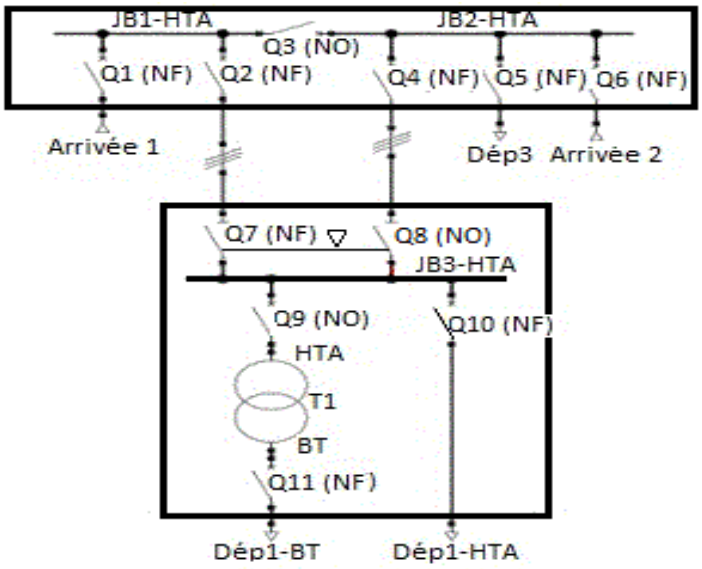


Figure III.7 : Réseau type radial en double dérivation

III.1.2.2 Les réseaux type bouclés (Figure III.8)

a) Boucle ouverte

- (Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs ;
- Les appareils de coupure des postes 1, 2 et 3 sont des interrupteurs ;
- Les jeux de barre peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources ;
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte au point déterminé par l'exploitation ;
- En état d'incident, suite défaut sur un câble ou la perte d'une source une autre configuration de boucle pour alimente tous les postes)[52].

[52] : https://www.academia.edu/37641179/R%C3%A9seaux_%C3%A9lectriques_industriels

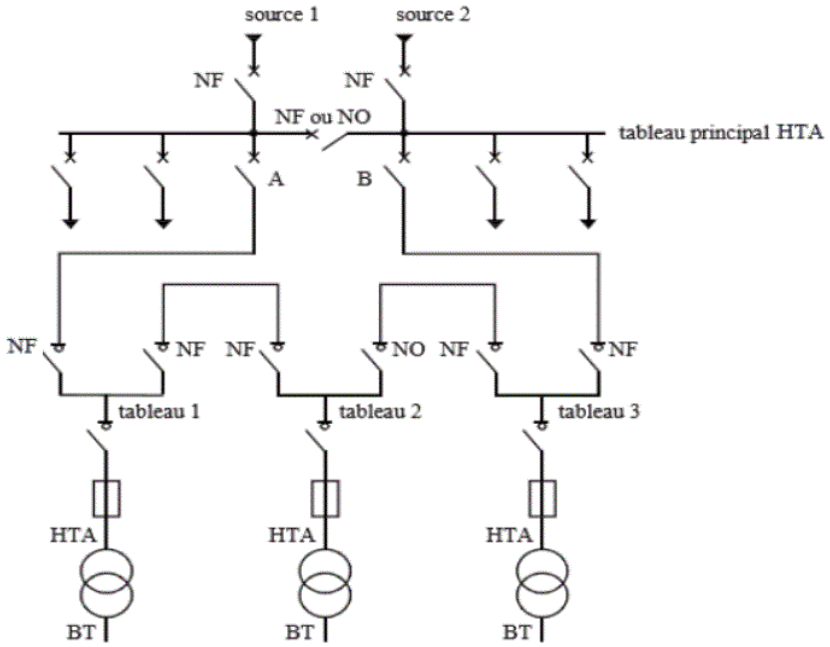


Figure III.8 : Réseau type en boucle ouverte

b) Boucle fermée

Le schéma en boucle fermée et le même qu'en boucle ouverte

- Les jeux de barre peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources.
- Tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est fermée au point déterminé par l'exploitation.
- Le système de protection permet d'éviter les coupures d'alimentation lors d'un défaut sur un câble ou la perte d'une source.

Lors d'un défaut, la configuration en boucle (ouverte ou fermée) engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automatisme de reconfiguration de boucle est installé. La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation.

Cette solution est plus performante que le cas de la boucle ouverte car elle évite les coupures d'alimentation. Par contre, elle est plus onéreuse car elle nécessite des disjoncteurs dans chaque tableau et un système de protection plus élaboré.

III.2 Intérêt d'utiliser la haute tension (HT)

Question : Pourquoi utilise-t-on la haute tension pour le transport de l'énergie électrique ?

L'énergie électrique sort des centrales avec une tension de quelques kV (5 à 10 kV), le transport se fait avec une haute tension (220 kV et plus) pour minimiser les pertes Joule dans la ligne et de pouvoir transiter de grandes puissances.

Transformateur idéal :

$$P_{entrée} = P_{sortie} \Rightarrow U_1 I_1 = U_2 I_2 \Rightarrow I_2 = I_1 \frac{U_1}{U_2}$$



D'après l'expression ci-dessus, l'élévation de la tension (U 2 > U 1) permet de limiter les pertes en diminuant le courant et permet également de faire transiter de plus grandes puissances.

Or tout conducteur électrique présente une « impédance » dont la partie « résistive » est notée R.

- Le transport de l'énergie de la source vers la consommation revient à l'acheminement de la puissance : P=V.I.cosϕ
- La puissance perdue dans la résistance R s'écrit :

$$P_R = P.R^2, \text{ ou } P_R = R \times (P^2/V^2.\cos^2\phi)$$

Cela implique que pour acheminer la puissance P avec un minimum de pertes : La tension V doit être la plus grande possible, le facteur de puissance doit être le plus proche possible de 1.

(L'usage des tensions élevées se trouve donc imposé malgré les contraintes d'isolement qui se traduisent par des coûts de matériel plus importants, la solution la plus facile étant l'utilisation de lignes aériennes.

III.3 Postes HTA/BT

III.3.1 Equipements des postes

Dans une analyse globale d'un réseau électrique un poste est considéré comme une barre ou tout simplement un nœud où transitent des flux de puissances. Ce poste constitue une pièce majeure dans le système de répartition ou de distribution, dans la mesure où c'est à ce niveau qui est organisée la configuration de la topologie du réseau, et c'est aussi un point de surveillance de contrôle et de protection.

Un poste électrique est un ensemble d'appareillage arrangé de sorte à :

- Faire transiter la puissance d'un niveau de tension à un autre, en général s'il s'agit d'un poste de répartition ou de distribution, le poste sert à baisser la tension ;
- Réglage de la tension, comptage de puissance, surveillance...etc.

Cet ensemble d'appareillage comporte :

- Des jeux de barres ;
- Des transformateurs ;
- Des disjoncteurs et sectionneurs (appareillage de coupure);
- Des compensateurs ;
- Appareillage de mesure et de comptage de puissance ;
- Autres)[53].

[53] : http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ramanamisetaMandaSJA_ESPA_ING_15.pdf

III.3.2 Qualités recherchées dans un poste

Les qualités recherchées lors d'un choix d'architecture d'un poste électrique sont :

- La sécurité qui est l'aptitude à conserver un maximum de dérivations (départs) saines en service, en cas de non ouverture du disjoncteur chargé d'isoler une partie en défaut.
- La souplesse ou l'aptitude d'un poste à réaliser plusieurs découplages et y raccorder n'importe quel départ.
- Une maintenabilité permettant la poursuite de l'exploitation d'une dérivation malgré l'indisponibilité d'un disjoncteur.
- Une simplicité de sorte à pouvoir changer de configuration en manœuvrant le minimum d'appareils.

(La focalisation sur une qualité donnée dépend du type de poste et des options d'exploitation. En règle générale, les postes THT et HT couvrent de très larges zones, c'est pourquoi on favorise avant tout la sécurité. Pour les postes HTA, la charge couverte est beaucoup moins importante, alors on favorise plutôt l'économie)[54].

III.3.3 Architectures des postes

Le choix de l'architecture d'un poste dépend de plusieurs paramètres technico-économiques (Fiabilité, flexibilité, maintenance, les coûts d'investissement et de maintenance). La fiabilité et la flexibilité d'un poste sont déterminées par son architecture, et plus précisément du nombre et disposition des jeux de barres, nombre et disposition des appareils de coupure (disjoncteurs), et éventuellement des lignes qui alimentent le poste.

Les postes peuvent être classés en fonction de leurs architectures indépendamment de leurs types en deux familles :

- Poste à couplage de barres où les jeux de barres couplent en eux les différents départs ;
- Poste à couplage de disjoncteurs où les disjoncteurs couplent entre eux les différents départs.

III.3.4 Structure d'un poste HTA/BT

(Le poste HTA/BT en distribution publique est localisé entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, cet ouvrage est pour Assurer le passage de la HTA à la BT. Le schéma type de ce poste est évidemment beaucoup plus simple.

Comparativement au poste HTA/HTA, en particulier, l'appareil de base HTA utilisé est l'interrupteur et non plus le disjoncteur) [55] . Ces postes sont constitués de quatre parties :

- L'équipement HTA pour le raccordement au réseau amont ;
- Un ou plusieurs transformateurs afin d'assurer les fonctions suivantes :
    - Dérivation du courant sur le réseau ;
    - Protection du transformateur côté HT ;
    - Transformation HTA/BT ;

[54] http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/st06_lessons_ge-reseaux_transport.pdf

[55] : https://docplayer.fr/48384374-Calcul-des-protections-d-un-depart-hta-30-kv.html

- Protection du transformateur côté BT ;
- Comptage d'énergie.

➢ Le tableau des départs BT comme points de raccordement du réseau aval de distribution (en BT) ;

➢ Et de plus en plus souvent une enveloppe extérieure préfabriquée (métallique ou de plus en plus souvent en béton) qui contient les éléments précédents.

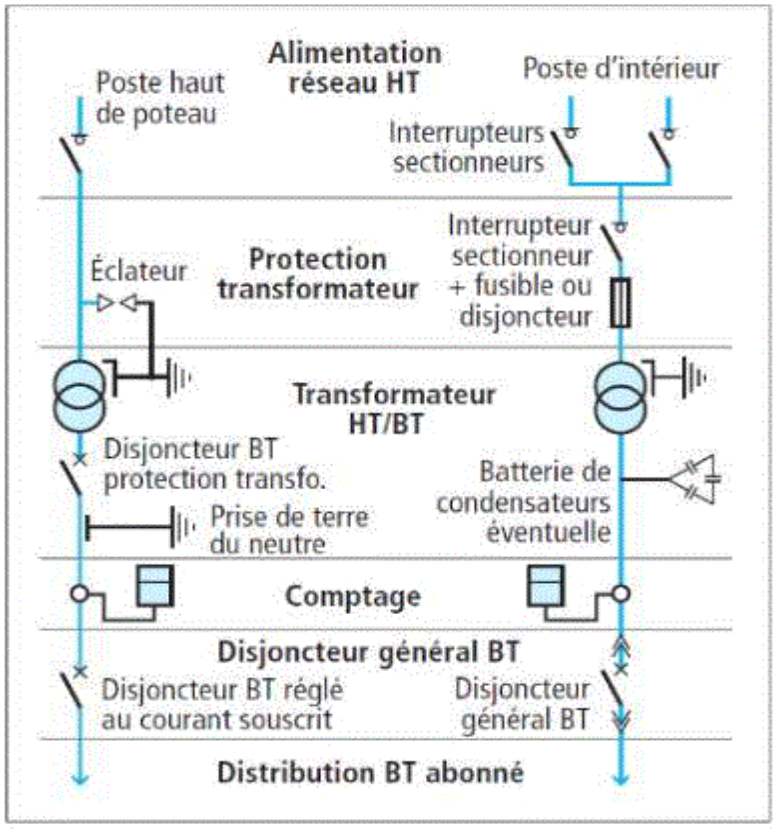


Figure III.9 : Structure générale d'un poste HTA/BT

III.3.5 Composition d'un départ HTA

Un départ HTA est issu d'une rame alimentée par un transformateur HT/HTA.

La cellule du départ HTA comprend une partie du jeu de barres alimentées par le transformateur HT, le disjoncteur qui est le moyen de coupure et de manœuvres, les TC, la protection qui est composée par des relais destinés à recevoir les réglages à afficher qui vont par la suite commander le fonctionnement du disjoncteur (ouverture et fermeture), donc fournir ou couper l'alimentation en énergie électrique.

III.3.6 Différents types de postes HTA/BT

On peut classer les postes HTA/BT en trois catégories :

➢ (Poste sur poteau (dit ACC) ($S \leq 160$ KVA).

➢ Poste sous enveloppe préfabriqué.

➢ Poste en maçonnerie.

Remarques :

- Le poste HTA/BT est alimenté par une tension normalisée de 20 kV. Dans certaines régions, cette tension peut être de 5, 10, 15 ou 30 kV.
- L'alimentation peut être aérienne ou souterraine. Selon les cas, elle s'effectue en simple dérivation, en boucle, en coupure d'artère ou en double dérivation)[56].
- Pour les puissances inférieures à 1 250 kVA, on aura souvent intérêt à choisir un poste avec comptage en basse tension, moins onéreux.

III.3.6.1 Poste HTA/BT sur poteau (ACC)

Protection :

- Côté haute tension : protection contre la foudre par éclateur + disjoncteur contre les surintensités.
- Côté basse tension : un disjoncteur protège le transformateur contre les surintensités.

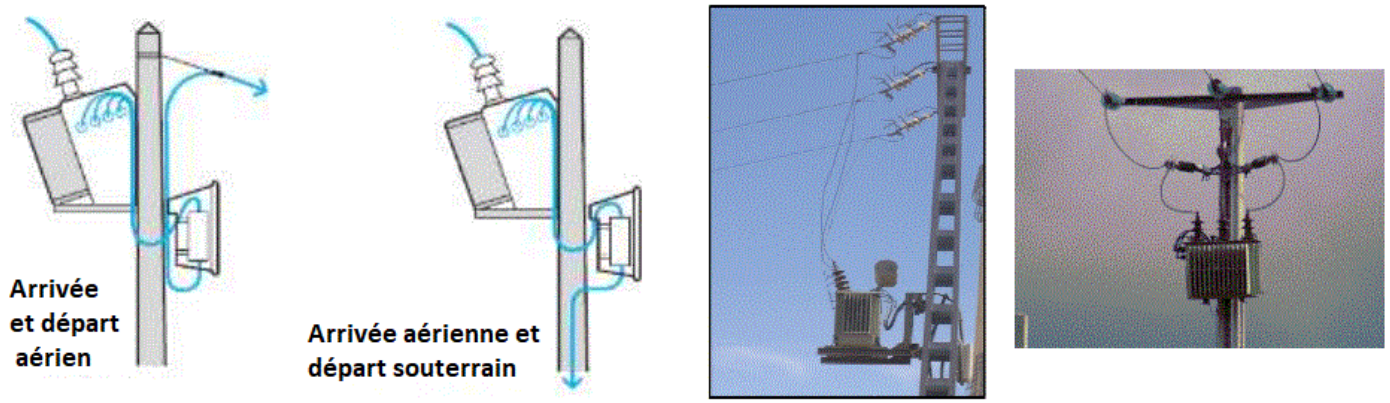


Figure III.10 Poste HTA/BT en haut de poteau

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

Le transformateur est accroché en haut d'un poteau principal. Le disjoncteur BT est enfermé dans un coffret étanche, lui-même accroche sur le poteau, et en plus de son fonctionnement automatique sur défauts basse tension, il peut être manœuvré manuellement au moyen d'une commande ramenée en bas du poteau par une tringleriez. Des câbles isolés assurent la liaison entre le transformateur et le coffret basse tension d'une part, et entre le coffret et la ligne basse tension alimentant le réseau de distribution, d'autre part. Dans un poste sur poteau, le nombre maximum de départs basse tension est fixé à deux.

[56] https://www.researchgate.net/publication/329483238_La_securite_dans_les_postes_de_distribution_MTBT

III.3.6.2 Poste HTA/BT sous enveloppe préfabriqué

Les postes sous enveloppe préfabriqué peuvent être soit en bas de poteau, soit sur une plate-forme extérieure. Le raccordement s'effectue par câble, soit au réseau aérien, soit au réseau souterrain.

Le tableaux HTA, le tableau BT (comporte un interrupteur avec fusibles ou un disjoncteur avec coupure visible), transformateur, ... etc., regroupés dans une enveloppe métallique ayant pour rôle la protection contre les influences externes et d'assurer un degré de protection vis à vis du public.

Le transformateur, l'appareillage HTA et BT, les connexions, et les équipements auxiliaires sont assemblés, câblés et testés par le constructeur.

La puissance du transformateur est comprise entre 100 kVA et 1 000 kVA.

Ces postes sont très compacts et leur mise en place est très rapide, parmi les avantages les Plus connus :

- Génie civil simplifié (uniquement plateforme) ;
- Disponibilité immédiate clés en mains (dès l'ouverture du chantier) ;
- Montage consiste à raccorder les câbles d'arrivée et de départ ;
- Gain de temps et d'espace.

Ce type de poste est transporté par camion. Il est déposé sur une dalle en ciment.

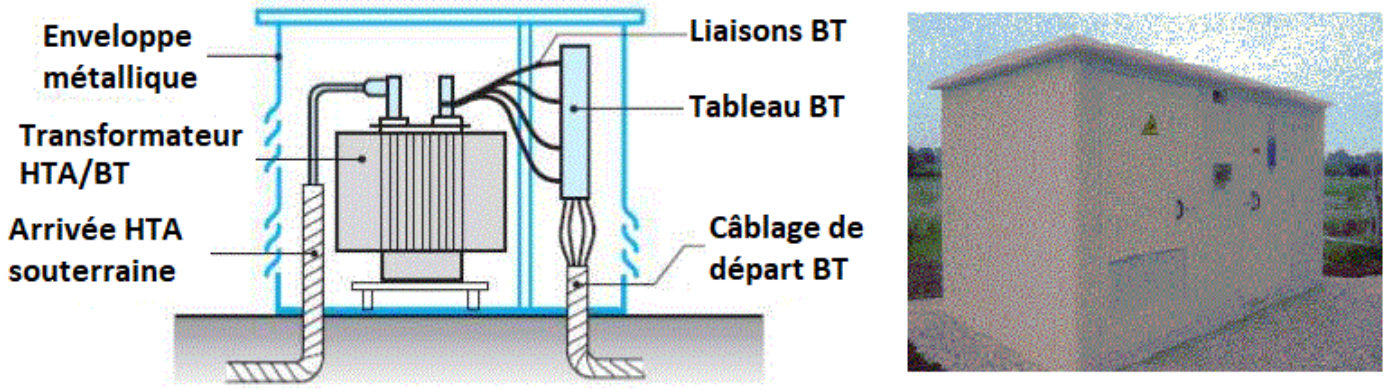


Figure III.11 Poste HTA/BT sous enveloppe préfabriqué

III.3.6.3 Poste HTA/BT maçonné

On distingue trois types essentiels des postes maçonnés :

- Postes de distribution publique (DP) ;
- Postes HTA à comptage BT (S≤360 KVA) ;
- Postes HTA à comptage HTA (S> 360 KVA).

III.3.6.3.1. Poste HTA/BT de distribution publique (DP)

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

Ces postes sont constitués de trois parties :

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



Figure III.12 : Poste de distribution publique

Le schéma unifilaire type de ces postes est donné par la figure III.13.

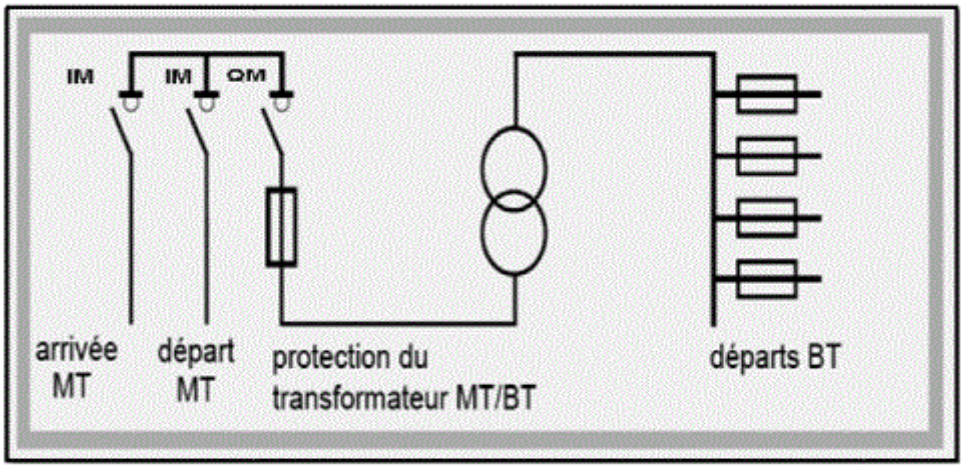


Figure III.13 : Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique

III.3.6.3.2. Poste HTA à comptage BT (S≤360 KVA)

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

III.3.6.3.3. Poste HTA à comptage HTA (S> 630 KVA)

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

- Postes HTA à protection par cellule disjoncteur DM1 (I>45A).
- Postes HTA à protection par cellule interrupteur fusible combiné QM (I<45A) La protection par disjoncteur est obligatoire lorsque le courant côté HTA est supérieur à 45A (norme CEI 60265). Le schéma unifilaire des postes HTA à comptage HTA est donné par la figure III.14.

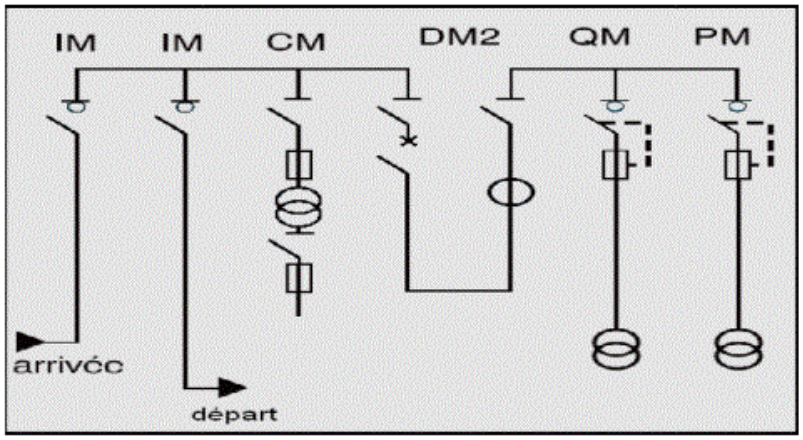


Figure III.14 : Schéma unifilaire d'un poste de livraison HTA

Ce type de poste comprend :

- Une cellule arrivée (réseau) ;
- Une cellule départ (réseau) ;
- Une cellule Comptage et mesure ;
- Une cellule de protection générale par disjoncteur double sectionnement ;
- Une ou plusieurs cellules de protection individuelles.

III.4 Comptage BT dans un poste HTA/BT

III.4.1 Rôle du dispositif du comptage BT

Le Dispositif de Comptage, implanté à proximité du Point de Livraison, a pour fonction principale de mesurer les flux d'énergie soutirée du Réseau Public de Distribution et de mettre à disposition cette information sous différentes formes. Il peut, dans certains cas, assurer des fonctions complémentaires de mesures ou d'informations sur les grandeurs mesurées et sur les conditions de fonctionnement rencontrées.

Ils sont régis par la norme NF C 13-100, ils ne comportent qu'un seul transformateur dont le courant secondaire est inférieur ou égal à 2000 A, soit une puissance inférieure ou égale à 1 250 kVA sous une tension nominale de 1 à 35 kV.

Le comptage BT doit être remplacé par un comptage HTA dès que l'installation dépasse 2 000 A, ou s'il existe plusieurs transformateurs.

III.4.2 Composition et positionnement du Dispositif de Comptage BT

(Le Dispositif de Comptage est généralement composé des éléments suivants :

- Compteurs et éventuels accessoires associés (dispositifs de communication, de raccordement, …) ;
- Transformateurs de mesures éventuels, câbles et connectique associés ;
- Appareils de commande et de protection éventuels (disjoncteurs, organe de coupure, dispositif de protection à cartouche fusible, …)[57] ,

[57] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Protection_%C3%A0_maximum_de_courant

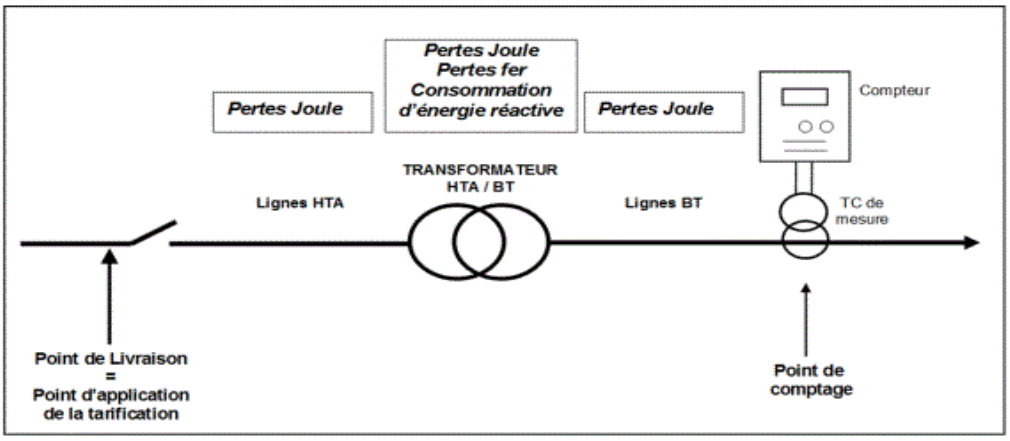


Figure III.15 : Schéma de dispositif de comptage

III.5 Protection des postes HTA / BT

Les dispositifs de protection surveillent en permanence l'état électrique des éléments d'un réseau et provoquent leur mise hors tension (par exemple l'ouverture d'un disjoncteur), lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable : court-circuit, défaut d'isolement, surtension…etc. Le choix d'un dispositif de protection n'est pas le fruit d'une réflexion isolée, mais une des étapes les plus importantes de la conception d'un réseau électrique. A partir de l'analyse du comportement des matériels électriques (moteurs, transformateurs, câbles, …etc.) sur défauts et des phénomènes qui en découlent, on choisit les dispositifs de protection les mieux adaptés.

III.5.1 Définition :

La Commission Electrotechnique Internationale (C.E.I) définie la protection comme l'ensemble des dispositions destinées à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs disjoncteurs et, si nécessaire d'élaborer d'autres ordres de signalisations.

III.5.2 La norme NF C 13-100 impose :

- Protections contre les chocs électriques et protections contre les surtensions ;
- Protections électriques ;
- Protection contre les effets thermiques et autres effets nocifs ;
- Verrouillages et asservissements.

III.5.2.1 La protection contre les contacts électrique impose :

- Une protection contre les contacts directs (mise hors de portée des personnes par éloignement ou au moyen d'obstacles, câbles isolés, bornes BT et du disjoncteur protégés) ;
- Une protection contre les contacts indirects (liaison équipotentielle entre toutes les masses du poste et tous les éléments conducteurs du sol, y compris le sol. L'installation ne doit pas pouvoir propager des potentiels dangereux).

III.5.2.2 La protection contre les surtensions : Doit être réalisée par des parafoudres HTA à résistance variable, reliés aux circuits de terre des masses du poste, si le poste est alimenté par un réseau comprenant des parties aériennes près de celui-ci.

III.5.2.3 La protection électrique consiste à assurer :

- La protection contre les surcharges ;
- La protection des transformateurs ;
- La protection contre les courts-circuits entre phase (soit par disjoncteur, soit par fusibles) ;
- La protection contre défaut à la terre.

III.5.2.4 La protection contre les effets thermiques et autres effets nocifs impose de respecter des règles d'installation :

- Transformateur secs obligatoires dans les Immeubles de Grandes Hauteurs.
- Transformateurs immergés interdits dans les IGH et autorisés ailleurs après avoir consulté les normes selon les diélectriques utilisés).

III.5.2.5 Les verrouillages et asservissements : Consistent à obliger, par un jeu de clefs, à réaliser des manœuvres dans les postes selon une procédure préétabli et ceci en toute sécurité.

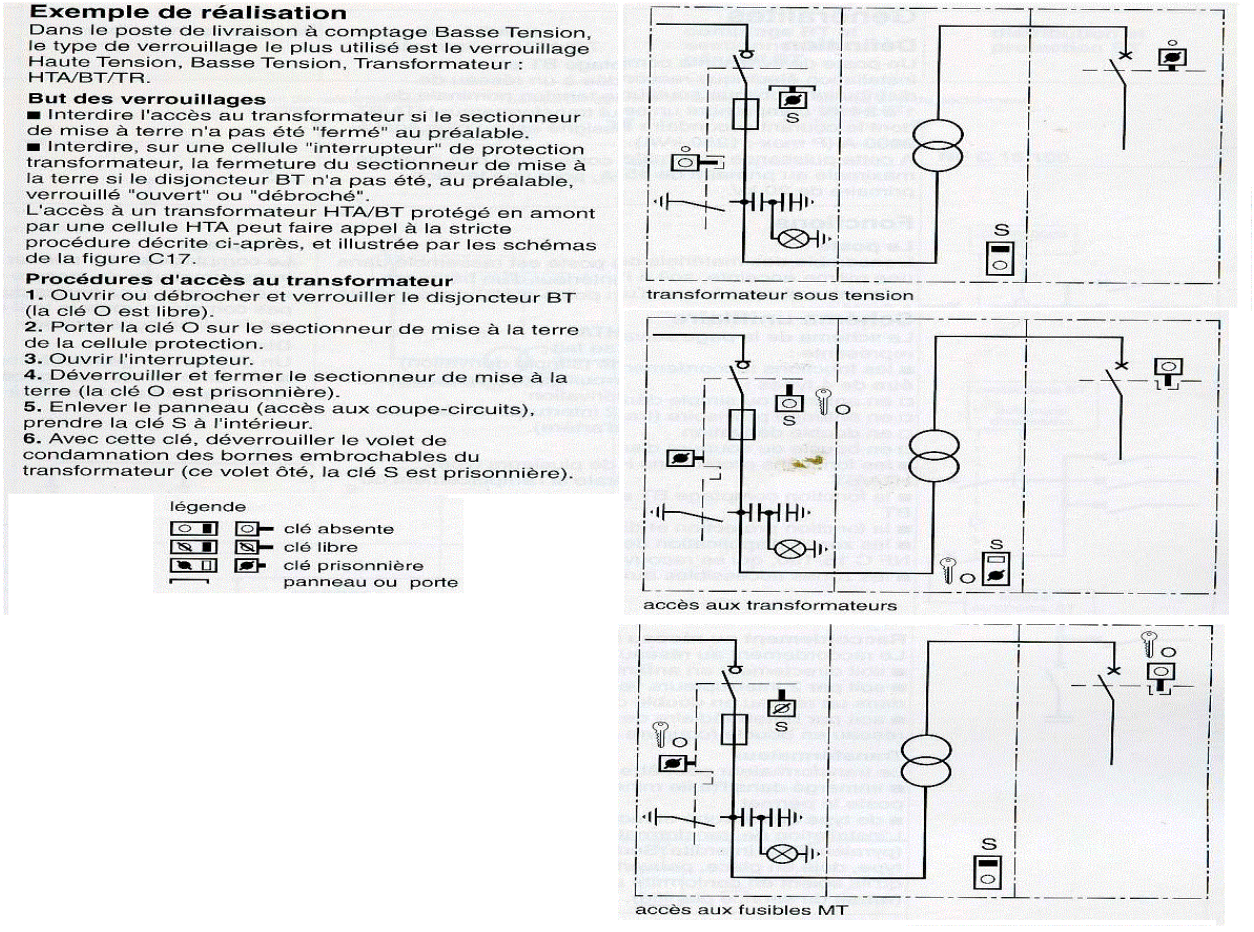


Figure III.16 : Exemple de verrouillage HTA/BT

III.6 - Qualités principales d'un système de protection

III.6.1 Rapidité :

Les courts-circuits sont donc des incidents qu'il faut éliminer le plus vite possible, c'est le rôle des protections dont la rapidité de fonctionnement et des performances prioritaires. Le temps d'élimination des courts-circuits comprend deux composantes principales :

- Le temps de fonctionnement des protections (quelques dizaines de millisecondes) ;
- Le temps d'ouverture des disjoncteurs, avec les disjoncteurs modernes (SF6 ou à vide), ces derniers sont compris entre 1 et 3 périodes.

III.6.2 Sélectivité :

La sélectivité est une capacité d'un ensemble de protections à faire la distinction entre les conditions pour lesquelles une protection doit fonctionner de celles où elle ne doit pas fonctionner. Les différents moyens qui peuvent être mis en œuvre pour assurer une bonne sélectivité dans la protection d'un réseau électrique, les plus important sont les trois types suivants :

- Sélectivité ampèremétrique par les courants ;
- Sélectivité chronométrique par le temps ;
- Sélectivité par échange d'informations, dite sélectivité logique.

III.6.2.1 Sélectivité ampèremétrique :

Une protection ampèremétrique (Figure III.17) est disposée au départ de chaque tronçon : son seuil est réglé à une valeur inférieure à la valeur de défaut minimal provoqué par un court-circuit sur la section surveillée, et supérieure à la valeur maximale du courant provoqué par un court-circuit situé en aval (au-delà de la zone surveillée).

Ainsi réglée, chaque protection ne fonctionne que pour les courts-circuits situés immédiatement en aval de sa position, à l'intérieur de la zone surveillée, elle est insensible aux courts-circuits apparaissant au-delà.

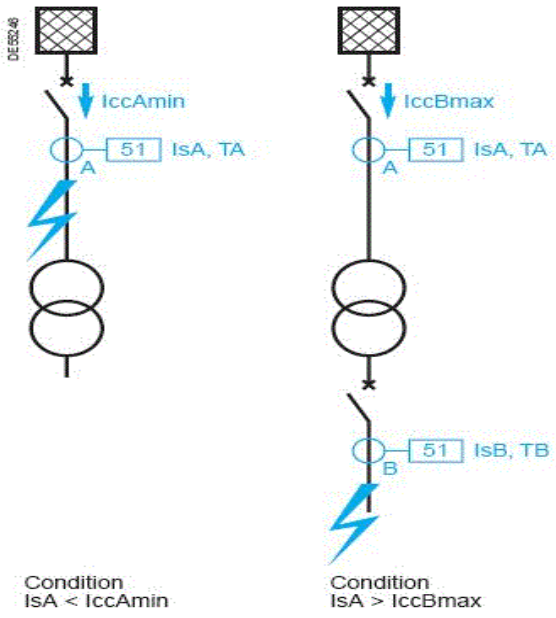


Figure III.17 : Fonctionnement d'une sélectivité ampèremétrique.

III.6.2.2 Sélectivité chronométrique :

Sélectivité dans laquelle les protections sollicitées sont organisées pour fonctionner de manière décalée dans le temps. La protection la plus proche de la source a la temporisation la plus longue.

Ainsi, sur le schéma (Figure III.18), le court-circuit représenté est vu par toutes les protections (en A, B, C, et D). La protection temporisée D ferme ses contacts plus rapidement que celle installée en C, elle-même plus rapide que celle installée en B. Après l'ouverture du disjoncteur D et la disparition du courant de court-circuit, les protections A, B, C qui ne sont plus sollicitées, revient à leur position de veille. La différence des temps de fonctionnement T entre deux protections successives est l'intervalle de sélectivité.

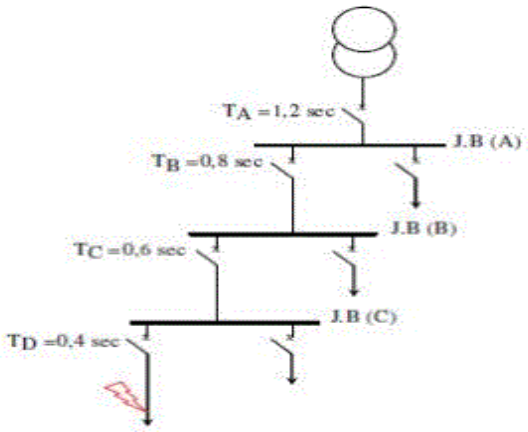


Figure III.18 Principe de la sélectivité chronométrique.

III.6.2.3 Sensibilité :

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de courts-circuits entre :

- Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations et est donc parfaitement connu ;
- Un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles. La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus faible pour lequel la protection est capable de fonctionner.

III.6.2.4 Fiabilité :

Les définitions et les termes proposés ici, sont dans la pratique, largement utilisés au plan international :

- Une protection a un fonctionnement correct lorsqu'elle émet une réponse à un court-circuit sur le réseau en tout point conforme à ce qui est attendu.
- A l'inverse, pour un fonctionnement incorrect, elle comporte deux aspects :
  - Le défaut de fonctionnement ou non-fonctionnement lorsqu'une protection, qui aurait dû fonctionner, n'a pas fonctionné ;
  - Le fonctionnement intempestif, qui est un fonctionnement non justifié, soit en l'absence de défaut, soit en présence d'un défaut pour laquelle la protection n'aurait pas de fonctionner.
- La fiabilité d'une protection, qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect (éviter les déclenchements intempestifs), est la combinaison de :
  - La sûreté : qui est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement ;
  - La sécurité : qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

III.7 Cellules HTA

III.7.1 Qu'est-ce qu'une cellule HTA ?

Les fabricants isolent les appareils électriques à haute tension (interrupteurs, disjoncteur, sectionneurs, etc.) des utilisateurs en les enfermant dans des armoires métalliques modulaires appelés « cellule », qu'on assemble et relie entre elles. Ces cellules sont installées dans des bâtiment ou sous enveloppe préfabriqué.

Les cellules sont conçues de façon à être juxtaposées et interconnectées facilement entre elles.

Les appareillages peuvent être fixes ou débrochables.

III.7.2 Différents composants d'une cellule HTA

Les cellules sont composées de multitude appareils électriques qu'on va citer les plus importants qui sont :

- **(Sectionneur** : est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement. L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties. Le sectionneur, à la différence du disjoncteur ou de l'interrupteur, n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture. Selon les normes en vigueur, le sectionneur doit être en position ouverte ;
- **Sectionneur de terre :** Il s'agit d'un organe de sécurité, dont le but est de fixer le potentiel d'une installation préalablement mise hors tension (mise à la terre), pour permettre l'intervention humaine en toute sécurité sur une installation[58];
- **Interrupteur :** C'est un appareil de commande à faible cadence de manœuvre et possédant un pouvoir de coupure ;
- **Interrupteur sectionneur :** C'est un appareil qui combine les 2 appareils précédents (sectionneur et interrupteur) : Il sert donc à isoler et à commander. Il possède le pouvoir de coupure de l'interrupteur et la coupure visible ou pleinement apparente du sectionneur ;
- **Contacteur :** C'est un appareil de commande à forte cadence de manœuvre. Il est utilisé comme en BT pour la commande de moteurs, de condensateurs, ….
- **Disjoncteur :** C'est un appareil qui protège l'installation contre les courts-circuits et les surcharges ;
- **Fusible :** C'est un appareil qui protège l'installation contre les courts-circuits. C'est le seul moyen en HTA de limiter le courant de court-circuit ;
- **Jeu de barres :** C'est un conducteur de cuivre ou d'aluminium qui conduit de l'électricité dans un tableau électrique, à l'intérieur de l'appareillage électrique ou dans un poste électrique. Selon la définition donnée par la Commission électrotechnique internationale (CEI), il s'agit d'« un conducteur de faible impédance auquel peuvent être reliés plusieurs circuits électriques en des points séparés » [59];

[58] https://fr.wikipedia.org/wiki/Sectionneur

[59] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu_de_barres

- **Transformateur de tension** ;
- **Transformateur de courant**.

III.7.3 Différents types de cellules HTA

La fonction des cellules dépend de la place qu'elles occupent dans la chaine, ainsi on trouvera des cellules de protection, de comptage, etc. La fonction d'une cellule est définie par son type : IM, DM par exemple Les cellules sont disposées suivant leur fonction, en série ou en dérivation entre l'arrivée HTA et le transformateur HTA/BT.

Il existe plusieurs types de cellules. Voici les plus fréquemment utilisées dans un poste HTA/BT :

- Cellule d'arrivée (en nombre variable suivant le type d'alimentation) ;
- Cellule départ (en nombre variable suivant le type d'alimentation) ;
- Cellule protection côté HTA et BT ;
- Cellule sectionnement côté HTA et BT ;
- Cellule mise à la terre et en court-circuit ;
- Cellule comptage ;
- Cellule transformation (une cellule par transformateur) ;
- Cellule distribution (tableau général basse tension : TGBT).
- Cellule protection à Fusible ;
- Cellule protection par interrupteur fusible ;
- Cellules protection par disjoncteur ;
- Cellule de Connections de Câble ;
- Cellule raccordement au réseau.

Le choix des cellules se fait selon la norme C 13-100, il dépend de l'intensité de court-circuit qui est liée à la puissance de court-circuit équivalente en MVA.

III.8 Cellule raccordement au réseau

Les cellules de raccordement au réseau assurent la liaison entre la ligne et le transformateur via des cellules interrupteurs et interrupteur-sectionneur (Figure III.19).

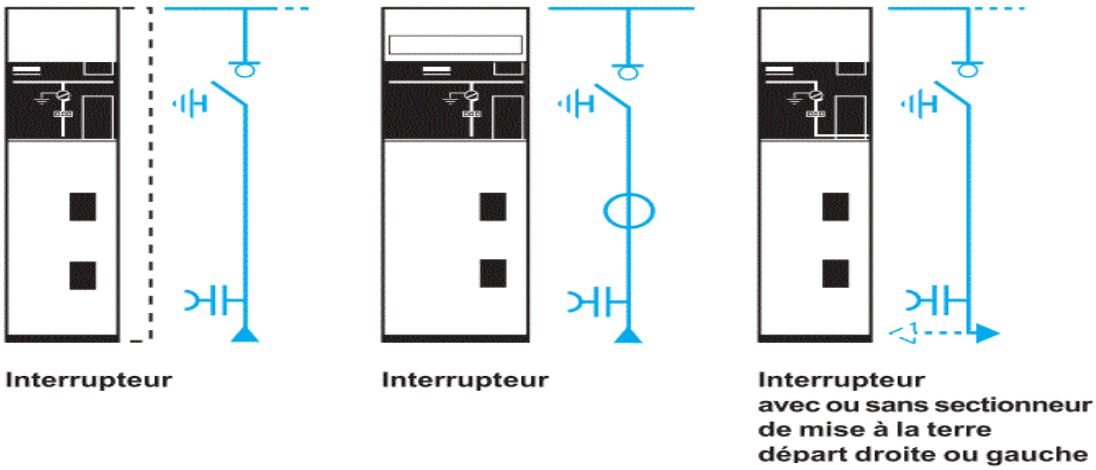


Figure III.19 : Cellules de raccordement au réseau

Leurs associations et combinaisons permettent de réaliser les raccordements au réseau en antenne, boucle, ou double dérivation.

III.8.1 Raccordement en antenne (ou simple dérivation)

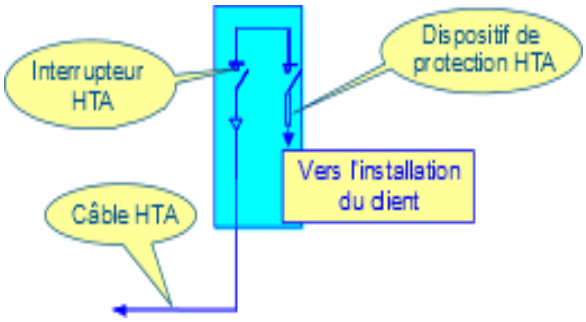


Figure III.20 : Raccordement en antenne (ou simple dérivation)

Le poste de HTA est raccordé au réseau public de distribution au moyen d'une seule canalisation.

Il est équipé d'un interrupteur et d'un dispositif de protection HTA, qui protège le réseau des défauts provenant de de l'installation de l'utilisateur consommateur.

III.8.2 Raccordement en coupure d'artère

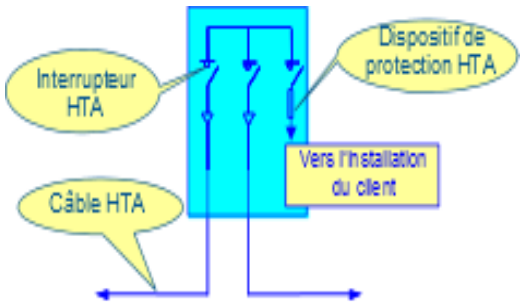


Figure III.21 : Raccordement en coupure d'artère

Le poste de HTA est inséré en série sur un départ HTA. Il est équipé de deux interrupteurs (télécommandés ou non) et d'un dispositif de de protection HTA, qui protège le réseau des défauts provenant de l'installation de l'utilisateur consommateur.

III.8.3 Raccordement en double dérivation

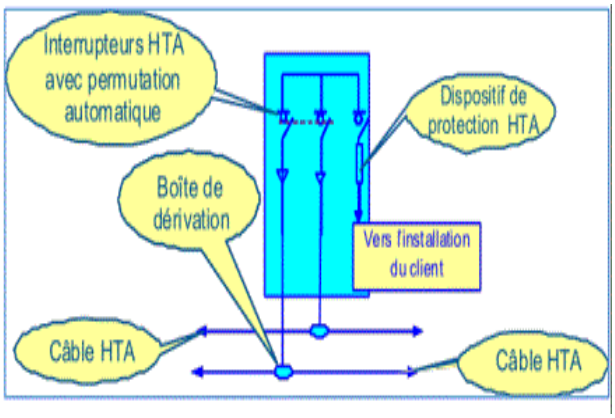


Figure III.22 : Raccordement en double dérivation

Le poste de HTA est desservi par deux câbles posés en parallèle, l'un de travail et l'autre de secours.

Il est équipé :

- De deux interrupteurs ;
- D'un permutateur à manque de tension, qui autorise le basculement automatique de l'alimentation du poste, du câble de travail en défaut sur le câble de secours en service ;
- D'un dispositif de protection HTA, qui protège le réseau des défauts provenant de l'installation de l'utilisateur consommateur.

III.9 Cellule protection par interrupteur fusible

Pour des besoins d'exploitation (manœuvre, échange de fusible, sectionnement), les fusibles sont installés en aval d'un organe de manœuvre.

Les réalisations d'appareillage prennent souvent la forme d'interrupteurs-fusibles. Dans ce cas, les fusibles sont installés dans l'appareillage sans pour autant impliquer un lien entre le fonctionnement des fusibles et celui de l'interrupteur. Lorsque le fusible utilisé comporte un percuteur capable de faire ouvrir l'interrupteur en cas de fusion, l'appareillage est alors désigné par le terme de « combiné interrupteur-fusibles ».

Le rôle de la cellule protection par interrupteur fusible est d'alimenter et de protéger le transformateur d'un poste HTA/BT.

Cette cellule permet la réalisation des opérations d'exploitation suivantes :

- Manœuvre d'ouverture/fermeture à vide ou en charge (exceptionnellement fermeture sur court-circuit) ;
- Sectionnement du circuit en aval ;
- Protection par fusibles du réseau HTA en amont contre les courts-circuits pouvant affecter le circuit dérivé jusqu'aux protections BT.
- Mise à la terre et en court-circuit en aval et en amont des fusibles par sectionneur de mise à la terre ;
- Vérification de présence de tension sur les têtes de câbles en aval des fusibles et contrôle de la concordance des phases ;
- Sécurisation de l'accès aux bornes du transformateur afin d'éviter les accidents électriques.

Ces cellules sont composées de :

- 1 jeu de barres tripolaire, extensible à droite, à gauche ou des 2 côtés selon l'option retenue ;
- 1 interrupteur/sectionneur 3 positions à coupure :
  - Pouvoir de coupure assignée de charge principalement active,
  - Pouvoir de coupure assignée de câbles à vide,
  - Pouvoir de fermeture assignée sur court-circuit ;
  - Tenue du sectionneur de terre.
- 1 commande d'interrupteur manuel ;
- Prises fixes équipées de diviseurs capacitifs avec indicateurs de présence tension ;
- Sectionneur aval de mise à la terre des fusibles ;
- 1 commande simultanée avec le sectionneur de l'interrupteur/sectionneur ;
- 3 fusibles HPC dans 3 puits fusibles (limités à une puissance de transformateur ≤ 1000 kVA sous 20 kV).

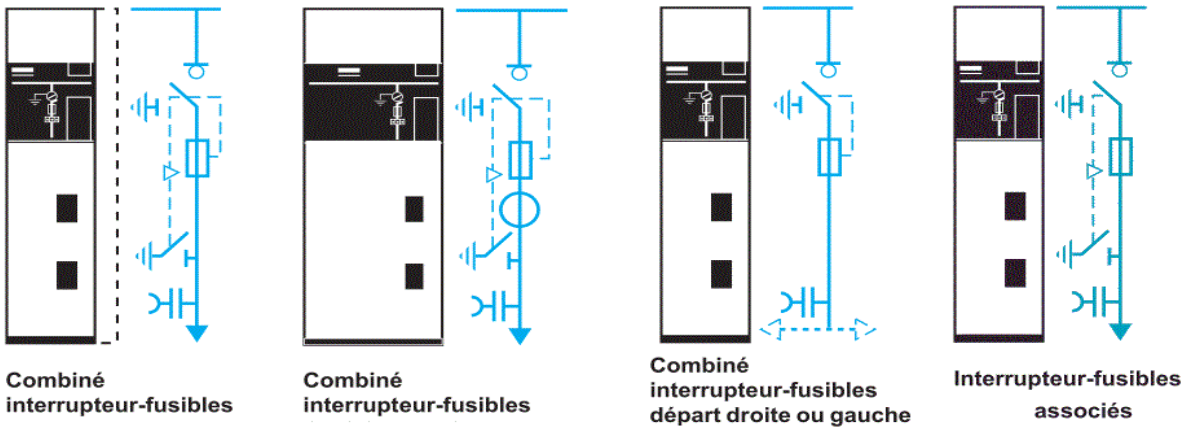


Figure III.23 : Cellules interrupteur-fusibles combinés et associés

Le choix des fusibles à installer dans les cellules dépend, entre autres, des éléments suivants :

- De la technologie des fusibles (courbes de fusion fusible) ;
- De la norme définissant les dimensions ;
- De la fonction à réaliser :
  - Fonction interrupteur fusibles combinés, avec déclenchement sur fusion fusibles,
  - De la puissance du transformateur à protéger et de la tension de service.

III.10 Cellule protection par disjoncteur

III.10.1 Disjoncteur :

Le disjoncteur, dont la fonction principale est la protection, assure également la fonction commande, et suivant son type d'installation le sectionnement (débrochable).

Les disjoncteurs HTA sont presque toujours montés dans une cellule HTA, et selon la définition de la Commission électrotechnique internationale (C.E.I), un disjoncteur à HTA est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée (la tension maximale du réseau électrique qu'il protège) 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.

III.10.2 Milieu de protection par disjoncteur

Il existe deux milieux de protection par disjoncteur qui sont :

- Protection par disjoncteur dans le milieu gaz SF6 (hexafluorure de soufre) (Figure III.24) ;
- Protection par disjoncteur dans le vide (Figure III.25).

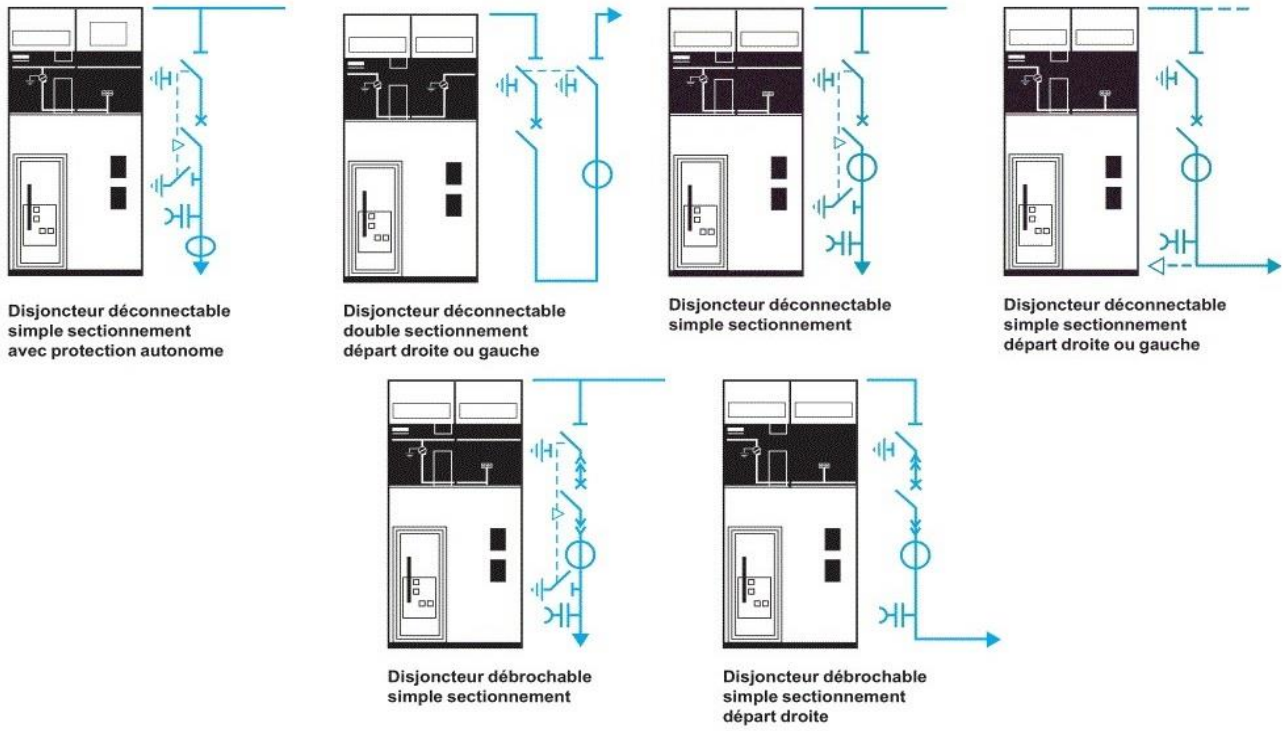


Figure III.24 : Protection par disjoncteur dans le gaz SF6

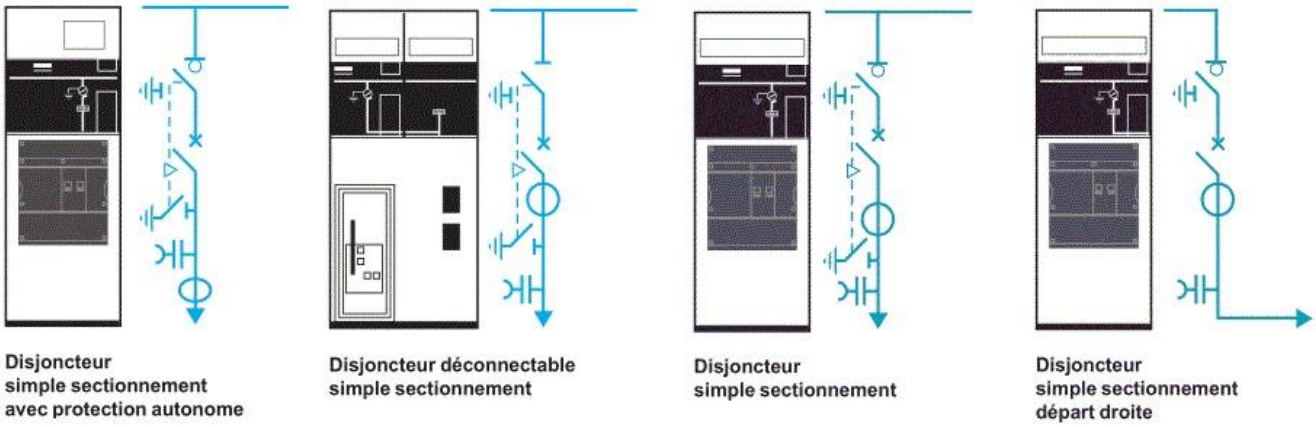


Figure III.25 : Protection par disjoncteur dans le vide

III.11 Protection transformateur par des fusibles

III.11.1 Généralité

Les transformateurs et leurs lignes, doivent être protégés contre les surcharges et/ou les courts-circuits qui peuvent survenir pendant leur utilisation et qui peuvent provoquer leur détérioration et mettre en danger les personnes et les installations. Cette protection est une prescription des normes qui réglementent ces matériels.

III.11.2 Transformateur

Un transformateur de puissance est un composant électrique haute-tension essentiel dans l'exploitation des réseaux alternatifs pour le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie électriques. Sa définition selon la commission électrotechnique internationale (CEI) est la suivante : « Le transformateur est un appareil statique à deux enroulements ou plus qui, par induction électromagnétique, transforme un système de tension et courant alternatif en un autre système de tension et courant de valeurs généralement différentes, à la même fréquence, dans le but de transmettre de la puissance électrique ». Sa principale utilité est de réduire le courant et donc les pertes dans les réseaux électriques en élevant la tension de transport. Cette élévation est bien entendue abaissée aux points d'utilisation. Il peut être monophasé ou triphasé et recevoir divers couplages : étoile, triangle et zigzag.

D'un point de vue plus général, un transformateur est un élément indispensable à l'interconnexion des différents réseaux d'énergie.

III.11.2.1 Technologie de construction

On distingue essentiellement deux technologies de construction :

- Les transformateurs à diélectrique liquide (ou immergés) ;
- Les transformateurs dits "secs".

a) Les transformateurs à diélectrique liquide : Le circuit magnétique et les enroulements sont immergés dans un diélectrique liquide qui assure isolation et évacuation des pertes caloriques du transformateur. Ils sont utilisés pour :

- Les postes non surveillés car ils ne nécessitent pas d'entretien ;
- Les ambiances sévères si le revêtement de la cuve est adapté.

Par contre, l'emploi de ces transformateurs posent le problème d'éventuelles pollutions à la suite de fuites de diélectrique (utilisation d'un bac de rétention) et sont dangereux en cas d'incendie (fumées toxiques).

b) Les transformateurs secs : Le circuit magnétique est isolé dans une matière isolante sèche. Le refroidissement est assuré par l'air ambiant. Ils sont utilisés dans des locaux où les conditions de poussière, d'humidité et de température sont maîtrisées. Ils sont notamment utilisés pour les grands bâtiments car ils présentent peu de risque en cas d'incendie.

III.11.2.2 Grandeurs dimensionnantes

Les différentes fonctions du transformateur de puissance amènent à définir un certain nombre de grandeurs dimensionnantes. On peut citer :

- La tension assignée au primaire et secondaire (en volt ou Kv).
- La puissance apparente (en VA ou Kva).

- La fréquence de fonctionnement (en Algerie 50 Hz).

Sur la plaque signalétique d'un transformateur, on peut encore trouver la chute de tension en charge, le couplage des enroulements, la classe de température, les courants primaires et secondaires, etc…

III.11.2.3 Les contraintes subies par les transformateurs

Les transformateurs sont soumis à de nombreuses contraintes électriques externes en provenance de l'amont et de l'aval. Les conséquences d'une défaillance éventuelle peuvent être très lourdes en termes de dégâts ainsi qu'en termes de perte d'exploitation. Les transformateurs doivent donc être protégés contre les agressions d'origine externe d'une part, et séparés du réseau en cas de défaillance interne d'autre part.

III.11.2.4 Politique de protection

Il est du ressort du concepteur de réseau électrique de définir les mesures à mettre en œuvre au niveau de chaque transformateur, en fonction des critères de continuité et de qualité de service, de coût d'investissement et d'usage, de sécurité des biens et des personnes ainsi que du niveau de risque admissible. Les solutions retenues sont toujours un compromis entre ces différents critères et il est important que les avantages et les faiblesses du compromis retenu soient bien identifiés. Par exemple, un même exploitant, distributeur d'énergie, peut retenir des solutions très différentes sur les parties du réseau, urbaines et rurales, car les critères de puissance unitaire, de coût, de conséquences en cas d'incident, ne sont pas les mêmes.

La grande fiabilité des transformateurs est un élément déterminant dans les choix réalisés par les distributeurs, face au coût unitaire des organes de protection qui peuvent être associés.

La norme NF C 13-100 précise que pour : In, < 45 A et lorsqu'il n'y a qu'un seul transformateur, la protection est assurée par des fusibles et par un disjoncteur si In, ≥ 45 A ou lorsqu'il y a plusieurs transformateurs.

A cause du fort courant d'appel (de l'ordre de 25 In), il est difficile de réaliser une protection des transformateurs côté primaire.

Si nous ajustons le fusible à la valeur du courant nominal du primaire, le courant d'appel provoquera la fusion du fusible (même pour un fusible temporisé ou lent), alors que si nous sur-dimensionnons le fusible pour supporter le courant d'appel, nous n'aurons pas de protection suffisante pour les surcharges. C'est pourquoi il est plus approprié de protéger les transformateurs sur le secondaire.

Pour réaliser cette protection, d'un côté de protéger la partie utilisation (sortie) du transformateur (et sa ligne) des surcharges et courts-circuits et par ailleurs de protéger la ligne d'alimentation du transformateur contre les possibles court-circuits.

Lorsque le poste HTA comporte un seul transformateur, l'intensité assignée « In » des fusibles dépend de la puissance installée.

Cette protection, des plus rustiques, est simple et peu couteuse. Elle présente cependant l'inconvénient d'être peu fiable pour les faibles surintensités.

Un fusible est caractérisé par un intervalle de non coupure compris entre l'intensité du courant assignée (In) et une intensité minimale de coupure (I3). Les fusibles couramment utilisés présentent un courant minimal de coupure compris entre 2 et 5 fois l'intensité assignée.

Comme règle générale, les critères à appliquer pour sélectionner les calibres de protection sont les suivants :

- **PROTECTION DE LA SORTIE (CHARGE) :**
  De ce côté, existe la possibilité d'avoir des surcharges (puissance demandée plus importante que celle assignée) et des courts-circuits.

- **PROTECTION DE L'ENTRÉE (ALIMENTATION) :**
  De ce côté, il n'y a pas de risque de surcharge car si nous avons correctement protégé le transformateur à sa sortie, et si la puissance demandée est supérieure à celle prévue, la protection déconnectera la charge du transformateur qui se retrouvera à vide.

Aussi nous devons protéger seulement la ligne qui alimente le transformateur contre d'éventuels courts-circuits qui pourraient se produire sur sa ligne, sur ses bornes ou à l'intérieur de celui-ci en cas de défaut des isolants. Au moment de connecter le transformateur sur le réseau, celui-ci peut absorber une pointe de courant très élevé (pouvant être jusqu'à 25 fois la valeur nominale) qui ne dure que quelques millisecondes pour décroître rapidement jusqu'à stabilisation à la valeur assignée. Cela doit être pris en compte au moment de sélectionner une protection afin d'éviter la fusion du fusible ou l'ouverture non souhaitée de tout autre dispositif de protection.

III.11.3 Les fusibles

Pour des besoins d'exploitation (manœuvre, échange de fusible, sectionnement) les fusibles sont installés en aval d'un organe de manœuvre.

Les réalisations d'appareillage prennent souvent la forme d'interrupteurs-fusibles. Dans ce cas, les fusibles sont installés dans l'appareillage sans pour autant impliquer un lien entre le fonctionnement des fusibles et celui de l'interrupteur. Lorsque le fusible utilisé comporte un percuteur capable de faire ouvrir l'interrupteur en cas de fusion, l'appareillage est alors désigné par le terme de « combiné interrupteur-fusibles ».

Les fusibles constituent une protection très largement utilisée pour les transformateurs de distribution, essentiellement du fait de la simplicité et du coût limité du matériel correspondant.

Les fusibles présentent l'inconvénient de ne servir qu'une seule fois. Ainsi, si votre fusible saute, il doit être remplacé par un neuf. Par ailleurs, pour certains types de fusibles, le fil n'est pas visible. En cas de coupure de courant, il est nécessaire de les tester un à un pour déterminer si l'un d'entre eux est responsable de l'ouverture du circuit.

Les fusibles sont caractérisés par leur courant assigné, valeur la plus élevée de courant que le fusible peut admettre de manière permanente dans une installation à l'air libre, et par leur caractéristique de fusion courant/temps.

Le courant assigné dépend des critères d'échauffement en régime permanent sur les surfaces de contact et sur les enveloppes isolantes. Il ne correspond pas à la fusion.

Il existe toujours une zone de valeurs de courant entre le courant assigné et le début de la caractéristique de fusion. Un courant situé dans cette zone génère des échauffements inadmissibles, sources de dégradation à plus ou moins longue échéance du fusible et de son environnement. Certains fusibles intègrent des dispositifs sensibles à la température destinés à faire déclencher l'interrupteur dans le cas d'un combiné.

III.11.3.1 Classification des fusibles HTA

Il existe deux grandes familles de fusibles : les fusibles à expulsion et les fusibles limiteurs. Les fusibles à expulsion sont largement utilisés dans la distribution aérienne, dans des montages assurant souvent le sectionnement automatique. Toutefois, leur fonctionnement non limiteur, leur pouvoir de coupure limité et surtout leurs manifestations extérieures tendent à réduire de plus en plus leur emploi.

On s'intéresse donc exclusivement aux fusibles limiteurs, tels que définis dans la CEI 282.

- Les fusibles, les plus courants font partie de la catégorie des fusibles « back-up » (ou « associés »). Ils présentent un courant minimal de coupure supérieur à leur courant minimal de fusion ;
- Les fusibles de la catégorie d'usage général sont définis comme ayant un courant minimal de coupure tel que le temps de fusion associé soit supérieur à une heure ;
- Les fusibles de la catégorie « full range » (ou « à coupure intégrale ») garantissent la coupure pour tous les courants entraînant la fusion, jusqu'au pouvoir de coupure en court-circuit. Ces fusibles sont généralement plus coûteux que la catégorie « back-up », ce qui en limite l'utilisation. Par ailleurs, ils présentent tout de même des possibilités de sur-échauffement et ne permettent donc pas d'apporter une solution à tous les cas d'installation.

L'observation des courbes caractéristiques des fusibles fait apparaître que :

- Le courant minimal de fusion est entre 2 et 5 fois le courant assigné, selon les types de fusibles ;
- La durée d'intervention est très dépendante du courant, et présente une dispersion importante (tolérance sur le courant de ± 10 %). La forme exacte de la courbe dépend du type du fusible, de sa technologie. Cette durée atteint des valeurs très faibles pour les forts courants supérieurs à 20 fois le courant assigné (Figure III.26).

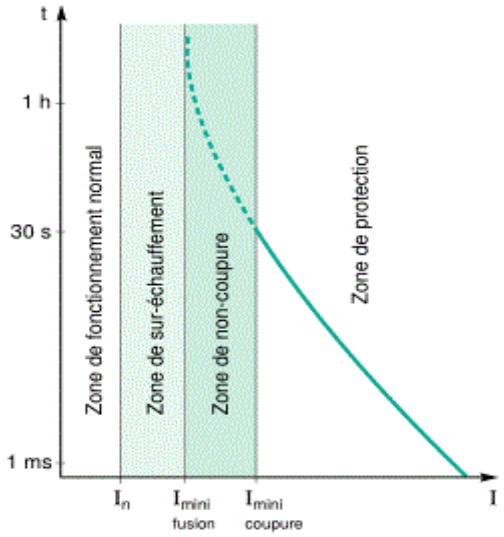


Figure III.26 : Caractéristique d'un fusible

III.11.3.2 Critères de sélection

Les règles de choix des fusibles, exprimées par les constructeurs et dépendant des caractéristiques de chaque type, couvrent les critères suivants :

- La tension de service du transformateur ;
- Les courants d'enclenchement ;
- La possibilité généralement admise de surcharger temporairement un transformateur ;
- La nécessité qu'un défaut basse tension proche (en amont des dispositifs de protection BT) soit éliminé en un temps suffisamment court ;
- La technologie des fusibles (courbes de fusion fusible) ;

- La norme définissant les dimensions ;
- La fonction à réaliser ;
- Le respect de la sélectivité avec les protections BT (Figure III.27).

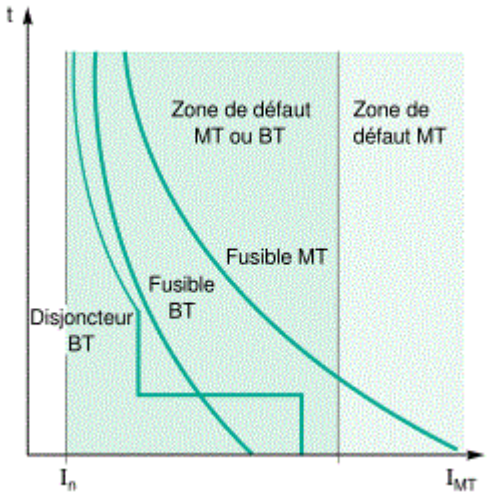


Figure III.27 : Sélectivité entre fusible HTA et protection BT

La prise en compte de l'ensemble de ces critères, ainsi que du courant de court-circuit HTA, des conditions d'installation et du besoin éventuel de sélectivité, rend la sélection d'un fusible adapté assez délicate. De ce fait, un certain nombre d'installations fonctionnent avec des fusibles n'assurant pas de manière correcte la protection pour laquelle ils ont été mis en place. Cela peut aboutir, soit à des fusions intempestives lors de mises sous tension, soit à une non-protection par inadaptation des caractéristiques.

CHAPITRE IV

AMDEC

(Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité)

Introduction

Durant ces dernières décennies, le monde a connu un accroissement technologique qui a modifié profondément les exigences en termes de sureté de fonctionnement des systèmes qui sont devenus de plus en plus complexes.

La sureté de fonctionnement est une des composantes fondamentales de la réussite d'une entreprise, que ce soit en terme économique ou environnemental. Gérer un risque est un processus itératif fondé sur l'analyse des risques, Le but de La sûreté de fonctionnement est d'évaluer les risques potentiels, prévoir l'occurrence des défaillances et tenter de minimiser les conséquences des situations catastrophiques lorsqu'elles se présentent.

Les systèmes industriels ont connu une augmentation notable du nombre des accidents et des catastrophes telles que les explosions occasionnant des impacts et des effets graves sur les personnes, pour cela, des efforts considérables sont fournis pour maitriser la sécurité des installations industrielles.la maitrise de ces phénomènes est obtenue grâce à des analyses qualitatives, et quantitatives des risques, reposant sur à un certain nombre de données et d'informations sur le système analysé et son environnement ainsi que sur le phénomène étudié.

Dans cette partie, nous commençons d'abord par présenter quelque concept lié à la démarche d'analyse des risques industriels. Nous abordons ensuit les différentes méthodes d'analyse de risque couramment utilisées,

Enfin, en utilisant la méthode AMDEC pour le diagnostique des défaillances d'une installation électrique.

IV.1 La sûreté de fonctionnement

La sureté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire à une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données.

Elle peut être caractérisée par les concepts suivants :

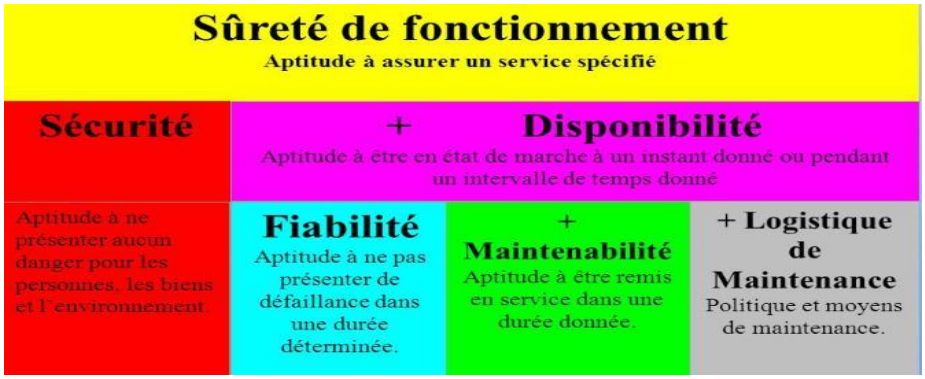


Figure IV.1: Les concepts de sûreté de fonctionnement

IV.2. L'objectif de l'analyse des risques

- Mettre en place un catalogue des risques identifiant les risques par poste de travail ;
- Sécurisé l'activité et les taches courantes des opérateurs ;
- Sécurisé les interfaces et les éventuelles interventions au poste de travail et son environnement ;
- Corriger les écarte sources d'accidents ;
- Réduire les accidents de travail ;
- Mesure la performance de la sécurité ;
- Mettre en place des mesures de correction et de prévention.

IV.3. Méthodologie de l'analyse et évaluation des risques

Une analyse des risques comprend un plan par étapes suivantes [60] :

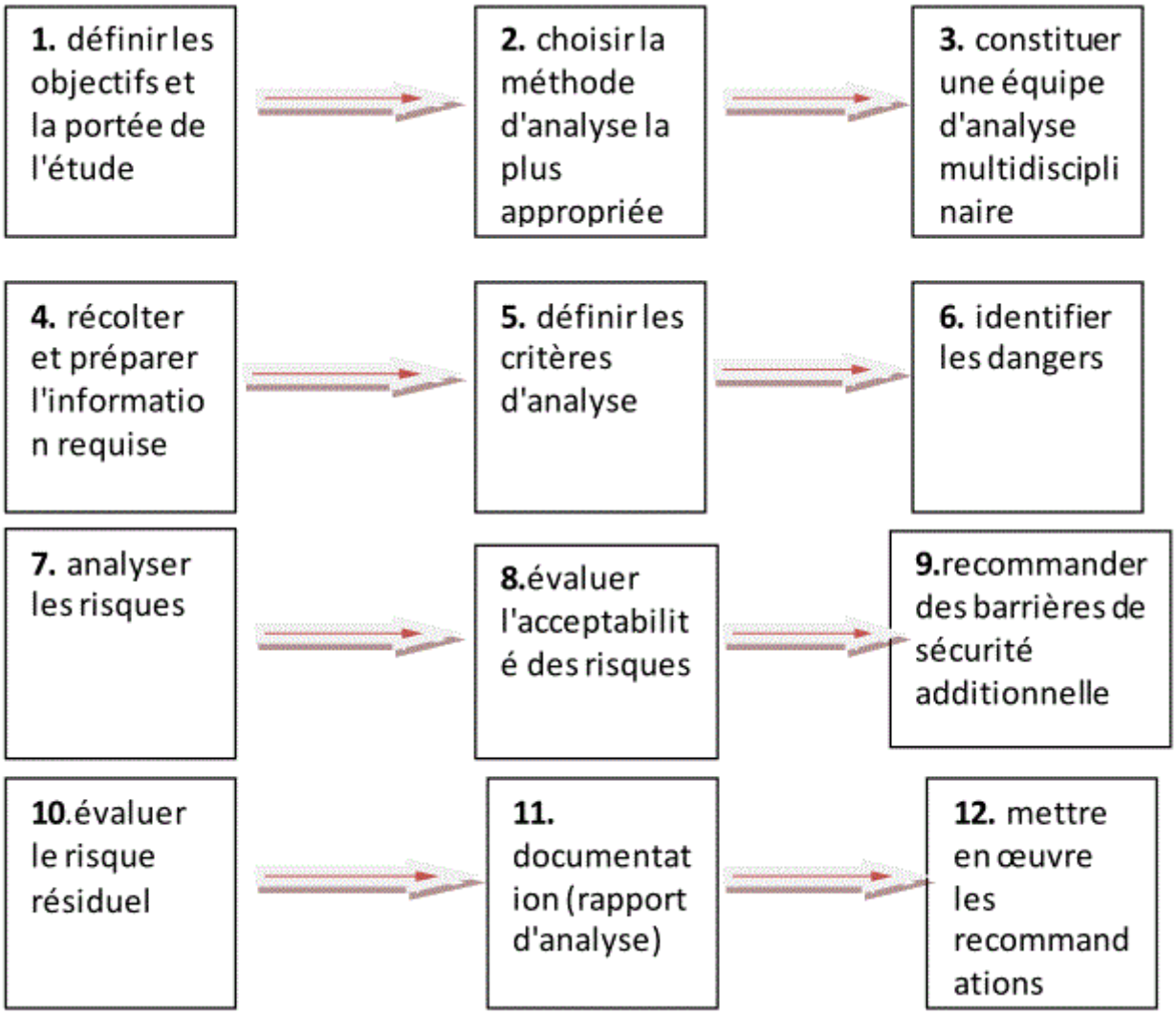


Figure.IV.2 : le processus d'analyse et d'évaluation des risques

IV.4. Panorama des méthodes d'analyse des risques

Il existe un grand nombre d'outils ou méthodes dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation.

Quelques-unes des méthodes les plus fréquemment utilisées sont :

L'analyse préliminaire des risques (APR).

L'analyse des modes de défaillances, de leurs Effets et de leur criticité (AMDEC).

L'analyse des risques sur schémas type HAZOP.

La méthode « what-if ? ».

L'analyse par Nœud papillon.

La méthode LOPA (the Layer Of Protection Analysis).

[60] : https://www.memoireonline.com/03/20/11616/m_tude-fonctionnelle-et-identification-d-une-politique-de-maintenance-efficace-pour-une-production-o10.html

La méthode MOSAR (méthode organisée systémique d'analyse des risques).

Ces différentes méthodes prises individuellement ou de façon combinée permettent le plus souvent de répondre aux objectifs attendus de l'étude en cours.

En définitive, il n'y a pas de « bonne » ou « mauvaise » méthode d'analyse des risques. Ces méthodes ne sont que des aides guidant la réflexion et il convient donc retenir celles qui sont les mieux adaptées aux cas à traiter.

Nous allons présenter dans cette section un échantillonnage de l'ensemble des méthodes d'analyse de risque. Chacune d'entre elle sera présentée brièvement.

IV.4.1 La méthode HAZOP

La méthode HAZOP est un outil formalisé, systémique et semi-empirique utilisé et développé depuis quarante ans pour analyser les risques potentiels associés à l'exploitation d'une installation industrielle.

Inventée en 1965 en Grande-Bretagne par la société ICI (Imperial chemical industries), elle était conçue comme une technique et s'adressait particulièrement à la phase d'ingénierie de détail de nouvelles installations chimiques ou pétrochimiques. Elle innovait par rapport aux pratiques des codes de construction et des revues sécurité sur schémas employées à l'époque par les sociétés d'ingénierie, toutes basées sur l'analyse d'évènements passés. Son originalité résidait dans son approche a priori des dangers et des dysfonctionnements d'une installation par l'étude systématique des déviations des paramètres gouvernant le procédé à analyser.

Cette technique s'est développée hors des limites de la société ICI, au sein de l'industrie chimique et pétrochimique après l'explosion catastrophique, en 1974, d'un nuage de 40 tonnes de cyclohexane à Flixborough en Grande-Bretagne qui fit 28 morts et 89 blessés. De simple technique, la méthode HAZOP est devenue une pratique d'identification des dangers et des problèmes d'exploitabilité, adoptée par de nombreuses industries « à risques », en particulier, l'industrie pétrolière caractérisée par des dangers similaires à ceux de l'industrie chimique ou pétrochimique, mais aussi dans des industries où les dangers sont d'une autre nature, comme ceux rencontrés dans le nucléaire, l'alimentaire et les transports[61].

IV.4.2 La méthode Layer of Protection Analysis (LOPA)

La méthode LOPA a été développée à la fin des années 1990 par le CCPS (Center for Chemical Process Safety) et signifie « Layer of Protection Analysis », ou bien Analyse des niveaux de protection. C'est donc une méthode centrée sur l'analyse des mesures de sécurité process présente sur une installation.

C'est une méthode semi quantitative, entre une revue HAZOP et une approche purement quantitative (QRA par exemple). Elle a pour but :

- D'identifier les couches de protection indépendantes (IPL : « Independant Protection Layer »), notion à rapprocher de la notion d'EIPS ou de MMR.
- De déterminer le niveau de risque résiduel global, en intégrant les différentes couches de protection.
- D'évaluer la nécessité de réduire le risque résiduel en rajoutant une couche de protection réalisée par un Système Instrumenté de Sécurité (SIS) répondant à une fonction de sécurité instrumentée (SIF).
- De sélectionner le SIL (Safety Integrity Level) des systèmes instrumentés de sécurité.

Elle a pour avantage d'être rationnelle et objective, permettant de concentrer l'effort sur les barrières de sécurité instrumentées les plus critiques.

[61] https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/methodes-d-analyse-des-risques-42155210/hazop-une-methode-d-analyse-des-risques-se4030/

Le QRA – Quantitative Risk Assessment ou Evaluation Quantifiée du Risque est une analyse qui historiquement a été utilisée dans l'industrie nucléaire et aéronautique, avant d'être pratiquée de façon presque systématique dans l'industrie pétrolière à partir des années 1990.

Les QRA font partie intégrante des « Safety Cases » recommandés par le rapport Cullen, suite à l'accident de la plateforme Piper Alpha en Mer du Nord le 6 juillet 1988, considéré comme la catastrophe la plus meurtrière de l'histoire de l'industrie pétrolière offshore.

Ce type d'analyse permet en particulier de se prononcer sur l'acceptabilité du niveau des risques cumulés. Cette méthode permet d'estimer le risque global pour les individus et les groupes (tant dans le périmètre de l'installation qu'à l'extérieur) en intégrant la contribution de tous les événements dangereux[62].

IV.4.3 La méthode Nœud Papillon

Le Nœud Papillon est une approche de type arborescente largement utilisée dans les pays européens comme les Pays-Bas qui possèdent une approche probabiliste de la gestion des risques. Le Nœud Papillon est utilisé dans différents secteurs industriels par des entreprises comme SHELL qui a été à l'origine du développement de ce type d'outils.

Le nœud papillon est utilisé d'abord comme outil graphique de représentation des séquences accidentelles puis comme support à l'estimation de la probabilité. Il rassemble un arbre des défaillances et un arbre des événements autour d'un même événement redouté central (ERC). Par consensus, les ERC sont des situations dangereuses. Le nœud papillon permet d'avoir une vision globale des scénarios d'accident en mettant en exergue leurs causes, les liens logiques existant entre elles et les barrières de sécurité. La modélisation graphique des séquences accidentelles proposée par cet outil en fait un support adapté pour l'étape d'estimation probabiliste. Le schéma de la figure IV.3 illustre les principales notions techniques.

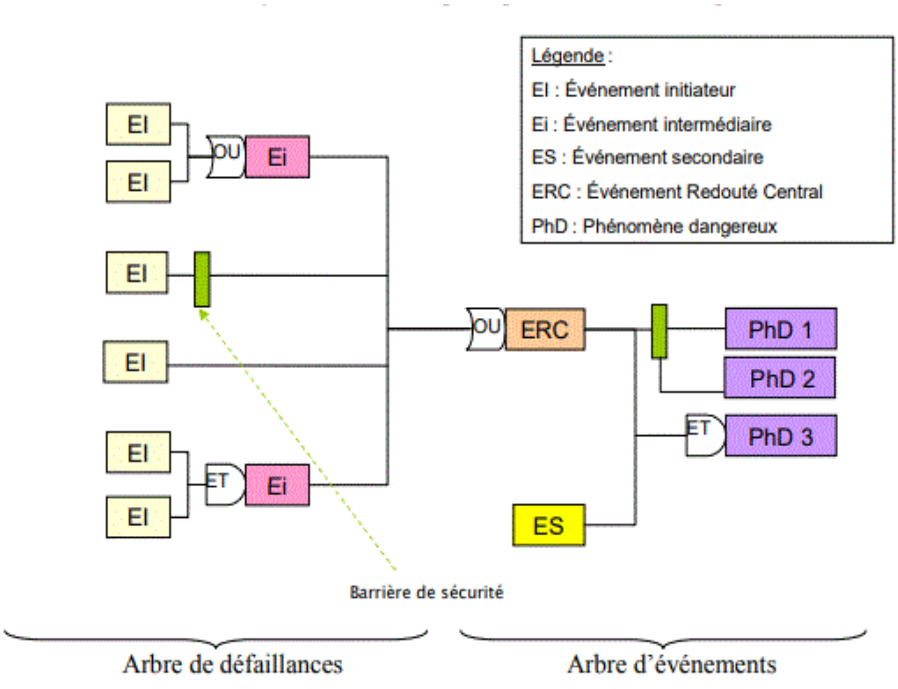


Figure IV.3: Noeud papillon

Les événements initiateurs peuvent être des agressions externes ou des défaillances du système étudié.

Les évènements intermédiaires sont des familles d'évènements initiateurs.

[62] https://www.odz-consultants.com/risques-industriels/lopa/

De ce fait, cet outil met clairement en valeur l'action des barrières de sécurité s'opposant à ces scénarios d'accidents et permet d'apporter une démonstration renforcée de la maitrise des risques.

En revanche, il „agit d'un outil dont la mise en œuvre peut être particulièrement couteuse en temps, son utilisation doit donc être décidée pour des cas justifiant effectivement un tel niveau de détail[63].

IV.4.4 la méthode what-if (que se passe-t-il si ?)

La méthode dite « What if » est une méthode dérivée de l'HAZOP. Elle suit donc globalement la même procédure et les informations présentées au paragraphe précédent (IV.4.1) pour la méthode HAZOP restent donc valables ici. La principale différence concerne la génération des dérives des paramètres de fonctionnement. Ces dérives ne sont plus dans ce cas envisagé en tant que combinaison d'un mot clé et d'un paramètre, mais fondées sur une succession de questions de type de la forme : « QUE (What) se passe-t-il SI (IF) tel paramètre ou tel comportement est différent de celui normalement attendu ? ». Il apparaît ainsi que l'efficacité de la méthode « What if » repose en grande partie sur l'expérience des personnes réunies au sein du groupe de travail. Cette méthode paraît donc moins fastidieuse à mener que l'HAZOP mais est réservée à une équipe expérimentée.

IV.4.5 La méthode MOSAR

La méthode MOSAR, méthode organisée systémique d'analyse des risques, est une méthode d'analyse des risques a priori, de type sûreté de fonctionnement. Elle consiste en la décomposition du système à étudier en sous-systèmes (ou sous-unités), à étudier chaque sous-système indépendamment ainsi les interactions possibles entre ceux-ci.

Elle se décompose généralement en dix étapes

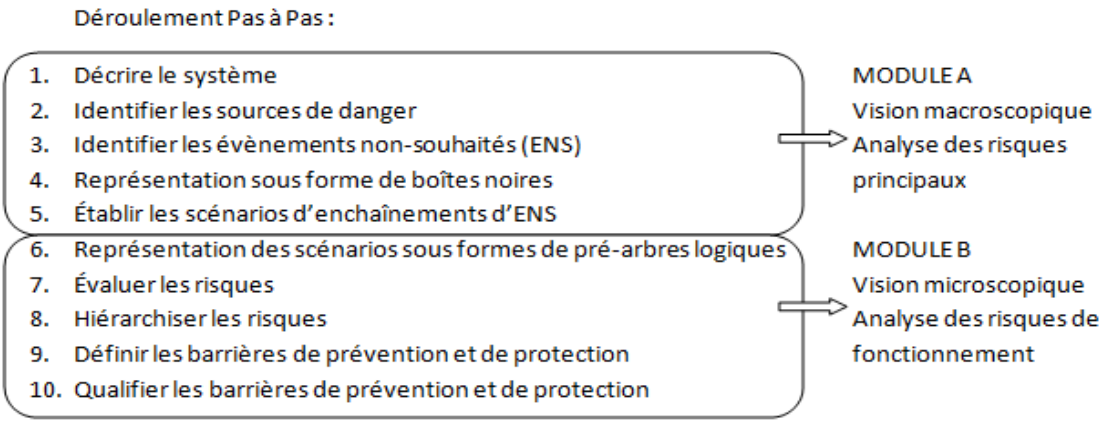


Figure IV.4 : Déroulement pas à pas de la méthode MOSAR

La mise en œuvre se fait niveau par niveau et chaque niveau apporte un enrichissement en information. Il est possible de s'arrêter à des niveaux choisis.

Le module A donné une bonne analyse des risques principaux d'une installation. Il est praticable par tout ingénieur ou technicien et nécessite une durée de trois jours pour une installation classique.

Le module B prend beaucoup plus de temps suivant le degré de détail exigé. Il nécessite la connaissance des outils et leur mise en œuvre[64].

[63] https://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle

IV.4.6 La méthode d'analyse préliminaire des risques (APR)

L'analyse Préliminaires des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Utilisée depuis dans de nombreuses autres industries,

L'analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

En ce sens, elle est particulièrement utile dans les situations suivantes :

- Au stade de la conception d'une installation, lorsque la définition précise du procédé n'a pas encore été effectuée. Elle fournit une première analyse de sécurité se traduisant par des éléments constituant une ébauche des futures consignes d'exploitation et de sécurité. Elle permet également de choisir les équipements les mieux adaptés.

- Dans le cas d'une installation complexe existante, au niveau d'une démarche d'analyse des risques. Comme l'indique son nom, l'APR constitue une étape préliminaire, permettant de mettre en lumière des éléments ou des situations nécessitant une attention plus particulière et en conséquence l'emploi de méthodes d'analyses de risques plus détaillées.

Dans le cas d'une installation dont le niveau de complexité ne nécessite pas d'analyses plus poussées au regard des objectifs fixés au départ de l'analyse des risques.

L'analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation.

L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée. Il est également à noter que l'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en œuvre de la méthode. À partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations de dangers. Une situation de dangers est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition de cibles à un ou plusieurs phénomènes dangereux. Le groupe de travail doit alors en déterminer les causes et les conséquences de chacune des situations de dangers identifiés puis identifier les sécurités existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'améliorations doivent alors être envisagées[65].

IV.5 La méthode AMDEC

La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

IV.5.1 Qu'est-ce que l'AMDEC ?

Parmi les outils et techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode AMDEC « Analyse des Modes de défaillance, de leurs effets et leur criticité » (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA). Cette

[64] https://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle&artid=39

[65] : https://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle&artid=39

technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillance d'un système, d'un processus, d'un produit.

L'association Française de normalisation (Afnor) définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système ». La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

Cette méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960 : est devenue aujourd'hui, soit réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie), soit contractuelle (pour les fournisseurs automobiles par exemple). Établie en équipe, menée à différents niveaux d'avancement, elle permet de définir les priorités d'action par la confrontation des opinions.

C'est une méthodologie rigoureuse visant à identifier les modes potentiels et traiter les défaillances avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer et de minimiser les risques associés. Les défaillances peuvent être celles d'un objet, d'une machine, d'un service ou d'un processus quelconque. Mais en pratique les plus gros utilisateurs se retrouvent dans l'industrie manufacturière, et en particulier l'automobile et l'aéronautique.

Aujourd'hui, les applications de l'AMDEC sont multiples parmi les plus importantes, mentionnons :

AMDEC organisation : Elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion le système d'information, le système production le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

AMDEC produit : Elle est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants, on applique L'AMDEC-composants.

AMDEC processus : Elle s'applique à des processus de fabrication. Elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Elle peut être aussi utilisée pour les postes de travail

AMDEC moyen : Elle s'applique à des machines, des outils, des équipements et appareils de mesure, des logiciels et des systèmes de transport interne.

AMDEC service : Elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.

AMDEC sécurité : Elle s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

IV.5.2 Les objectifs de L'AMDEC

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires.

- L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.

Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances ;
- Identifier les modes de défaillances ;
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection ;

- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance ;
- Classer les modes de défaillance ;
- Établir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

IV.5.3 Aspects de la méthode

Il existe deux aspect d'AMDEC qui sont :

- **Aspect qualitatif** : Consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.
- **Aspect quantitatif** : Consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles- ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels.

IV.5.4 Intérêts

- Analyse qualitative et quantitative rigoureuse et précise.
- Intègre différentes notions liées à la sécurité : maintenance, opérabilité, fiabilité.
- Démarche inverse de l'arbre des défaillances.

IV.5.5 Limites

- Méthode longue et fastidieuse pour systèmes complexes. Toutefois la méthode peut être arrêtée à l'analyse qualitative et porte le nom d'AMDE ;
- Inadaptée pour système très informatisé ;
- Ne permet pas de détecter les défaillances multiples ;
- Difficultés pour déterminer "à quel niveau ?" Doit s'arrêter l'analyse[66].

IV.5.6 Définition de la défaillance

Une défaillance est l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requises avec les performances définies dans les spécifications techniques.

Lorsqu'une valeur de défaillance a été fixée pour évaluer la dégradation d'un matériel ou d'un composant, on définit une autre valeur du même critère, en avance de la précédente, comme étant le « point de défaillance potentielle ». Cette valeur est choisie de telle sorte que si la dégradation ne l'atteint pas, le risque de défaillance avant la prochaine inspection est jugé acceptable. Il n'est donc pas nécessaire d'intervenir avant cette valeur.

Ce concept de la défaillance potentielle est à la base des techniques modernes de maintenance (conditionnelle ou prévisionnelle). Il sera utilisé comme critère de décision de restauration.

IV.5.7 Qu'est-ce qu'un mode de défaillance ?

Le mode de défaillance est la forme observable du dysfonctionnement d'un produit, d'un outil de fabrication ou d'un processus étudié. Un mode de défaillance doit répondre aux caractéristiques suivantes :

[66] : http://www.lpmei.com/cd_bac_mei/Ressources/5-%20Ressource%20Gestion%20de%20Maintenance/Amdec.pdf

- Il est relatif à la fonction que l'on étudie ;
- Il décrit la manière dont le processus, le produit ou le moyen de production ne remplit pas ou plus sa fonction ;
- Il s'exprime en termes techniques précis (les termes « mauvais », « bon » sont à proscrire dans ce type d'étude car trop subjectifs et ne permettent pas de réaliser une analyse fine.

IV.5.8 Cause de défaillance

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance. Plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance. Une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance.

IV.5.9 Effet de la défaillance

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode-cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

IV.5.10 Mécanisme de défaillance

Processus physique, chimique ou autre qui entraine une défaillance.

Il est donc naturel que les événements soient davantage précisés. Ainsi considérerons qu'une défaillance se caractérise par son mode d'apparition, sa cause et ses effets sur le système ainsi que sur les autres composants[67].



Figure IV.5 : Analyse des défaillances

IV5.11 Taux de défaillance

Le taux de défaillance λ(t) est une probabilité conditionnelle de défaillance très utilisée en électronique. Il donne une mesure des risques pour qu'un dispositif tombe en panne pendant l'intervalle de temps] t, t+Δt] lorsque Δt tend vers zéro sachant que ce dispositif a survécu jusqu'au temps t.

IV.5.12 Classification des défaillances

a) Classification des défaillances en fonction des causes :

- Défaillance due à un mauvais emploi : Défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du dispositif.
- Défaillance due à une faiblesse inhérente : Défaillance attribuable à une faiblesse inhérente au dispositif lui-même lorsque les contraintes ne sont pas au-delà des possibilités données du dispositif.

[67] : https://docplayer.fr/35647039-Amdec-analyse-des-modes-de-defaillances-de-leurs-effets-et-de-leur-criticite-appliquee-a-la-step-d-ain-el-houtz.html

- Défaillance première : Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte n'est pas la défaillance d'un autre dispositif.
- Défaillance seconde : Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte est la défaillance d'un autre dispositif.

b) Classification des défaillances en fonction du degré :

- Défaillance partielle : Défaillance résultant de déviation d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, mais telle qu'elle n'entraine pas une disparition complète de la fonction requise. « Les limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées à cette fin ».
- Défaillance complète : Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, telle qu'elle entraine une disparition complète de la fonction requise. « Les limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées à cette fin ».
- Défaillance intermittente : Défaillance d'un dispositif subsistant pendant une durée limitée, à la fin de laquelle le dispositif retrouve son aptitude à accomplir sa fonction requise, sans avoir été soumis à une action corrective externe quelconque.

c) Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition :

- Défaillance soudaine : Défaillance qui n'aurait pas pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieure. « Le type de défaillance ne peut pas se détecter par un examen de l'évolution des caractéristiques du dispositif ».
- Défaillance progressive : Défaillance qui aurait pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieure. « Ce type de défaillance peut se détecter par un examen de l'évolution des caractéristiques du dispositif ».

d) Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition :

- Défaillance catalectique : Défaillance qui est à la fois soudaine et complète. « En pratique le diagnostic d'une telle défaillance est souvent impossible ».
- Défaillance par dégradation : Défaillance qui est à la fois progressive et partielle. « À la longue, une telle défaillance peut devenir une défaillance complète ».

e) Classification des défaillances par rapport aux conséquences : Les défaillances qui surviennent sur des dispositifs, systèmes et composants ont des conséquences et des effets qui peuvent avoir des degrés de gravité très divers. On peut distinguer :

- Défaillance mineure : Défaillance, autre que critique, qui ne réduit pas l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction requise. Elle nuit au bon fonctionnement du dispositif en causant des dommages négligeables soit au système soit à l'environnement.
- Défaillance majeure : Défaillance, autre que critique, qui risque de réduire l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction requise ». Elle est appelée également défaillance significative. Elle ne cause pas de dommage notable au système, à l'environnement ou à l'homme.
- Défaillance critique : Défaillance qui risque de causer des blessures à des personnes ou des dégâts importants aux matériels ». Cette défaillance entraine la perte d'une (ou des) fonction(s) essentielle(s) du dispositif avec un impact sur l'environnement, les systèmes et les personnes.

- Défaillance catastrophique : Défaillance qui entraine la perte d'une (ou des) fonction(s) essentielle(s) d'un dispositif en causant des dommages importants au dit système, à l'environnement et peut entrainer la mort d'homme.

IV.5.13 Typologie des défaillances

Il est important de noter que les défaillances ne font pas l'objet de définitions uniques et il convient de s'assurer de la bonne acceptation de ces concepts au sein d'une étude de criticité particulière.

- **Défaillances organisationnelles :** Les défaillances organisationnelles relèvent principalement de problèmes de management car elles mettent en cause les méthodes et les procédures de travail, la communication entre les acteurs, l'organisation des équipes de travail et la fourniture des moyens humains et logistiques. Elles peuvent contribuer de façon indirecte à la défaillance d'un équipement ou à un accident majeur.
- **Défaillances humaines :** Aujourd'hui, les facteurs humains et organisationnels (FOH) sont pris en considération dans la majorité des activités industrielles ou de services.

Ces dysfonctionnements organisationnels sont appelés « conditions latentes » et sont les sources « d'erreurs latentes ». Ces erreurs latentes, cachées pour les opérateurs, peuvent se propager à l'intérieur du système de barrière et conduire à des erreurs actives.

- **Défaillances techniques :** Les défaillances techniques sont définies dans la discipline de la sûreté de fonctionnement comme la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. La défaillance est observée à travers son mode et résulte d'une cause initiale.

Elle se caractérise donc par le couple cause-mode.

IV.6 Les étapes de la méthode AMDEC

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes (figure IV.5)

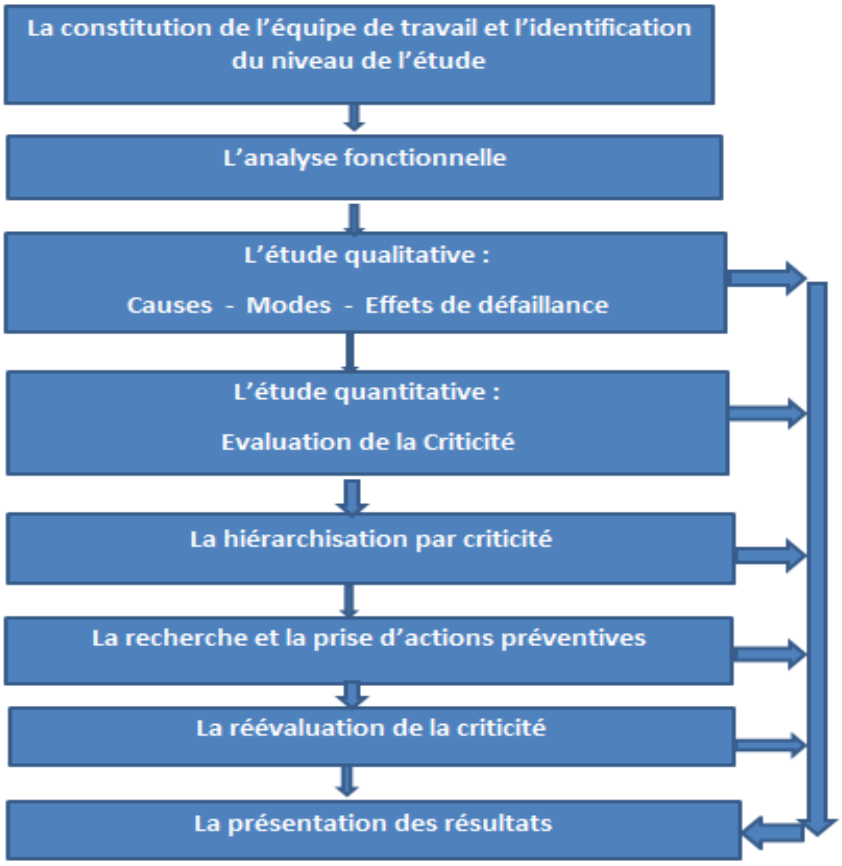


Figure IV.6 : Processus de l'AMDEC

IV.6.1 Etude de la criticité

Il s'agit là de la partie quantitative de l'étude, On doit noter :

- La **gravité** des effets associés chaque mode de défaillance (on parle de facteur 'G') ;
- La **fréquence** d'apparition de chaque mode de défaillance, elle découle des causes (on parle de facteur 'F') ;
- La **probabilité** de ne pas détecter le mode de défaillance (on parle de facteur 'D').

La criticité C se définit alors comme le produit des trois facteurs :

$$C = F*G*D$$

		Niveau de Gravité			
		Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
Fréquence	Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
	Probable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
	Occasionnel	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable	Inacceptable
	Rare	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable
	Improbable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable
	Invraisemblable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle

Tableau IV. 1 : évaluation de criticité

IV.6.2 Indice de non-détectabilité (probabilité)

Rien n'est pire qu'une défaillance inopinée : on n'a pas pu anticiper, s'organise ; les risques d'accidents corporels sont élevés ; les temps d'arrêt induits sont élevés.

Il vaut toujours mieux détecter une cause de défaillance, sinon on détectera un effet. Si ni l'un ni l'autre ne sont possibles, mettre en place un système d'alerte (par exemple : les plaquettes de freins usées qui allument un voyant sur le tableau de bord d'une automobile).

Vous retrouverez ci-dessous une table en 4 niveaux, toujours pour les défaillances d'un moyen de, production.

		Niveau de Gravité			
		Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
Fréquence	Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
	Probable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
	Occasionnel	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable	Inacceptable
	Rare	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable
	Improbable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable
	Invraisemblable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle

Tableau IV.2 : Evaluation de la criticité

Facteur D		probabilité que la cause ne soit pas détectée, ou que le mode de défaillance atteigne l'utilisateur du moyen.
note	niveau de détection	
1	Détection assurée	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
2	Détection possible	La cause ou le mode de défaillance sont détectables, mais le risque de ne pas être perçu existe.
3	Détection aléatoire	La cause ou le mode de défaillance sont difficilement détectables, ou les éléments de détection sont peu exploitables.
4	non détectable	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise.

Tableau IV.3 : évaluation de la non détection

IV.6.3 Indice de fréquence

L'estimation de la fréquence d'une défaillance n'est pas facile - surtout lorsqu'on travaille à la conception d'un outil. On pourra s'appuyer sur des statistiques (si l'on possède un historique), sur des informations apportées par un fournisseur, ou sur une fréquence d'exposition au risque.

Vous trouverez ci-dessous une table en 4 niveaux, toujours pour les défaillances d'un moyen de production. Comme la table ci-dessus.

facteur F		fréquence d'apparition de la défaillance, ou probabilité que la cause se produise et qu'elle entraîne le mode de défaillance
note	niveau de fréquence	
1	pratiquement inexistant	défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation. Au plus, 1 défaut dans la durée de vie du moyen de production.
2	rare	défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (à titre indicatif : un défaut par an) ou Composant d'une technologie nouvelle pour laquelle toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel réellement exploité.
3	occasionnel	défaillance apparue occasionnellement sur du matériel similaire existant en exploitation. (à titre indicatif : 1 défaut par trimestre.)
4	fréquent	défaillance apparue fréquemment sur un composant connu ou sur du matériel similaire en exploitation. (à titre indicatif : 1 défaut par mois.)

Tableau IV.4 : évaluation de la fréquence

IV.6.4 Indice de gravité

La gravité d'une défaillance peut revêtir plusieurs aspects : la sécurité de l'utilisateur, la perte de fonctionnalité.

Vous trouverez ci-dessous une table en 5 niveaux, utilisée pour les défaillances d'un moyen de production, chaque groupe de travail peut adapter à son besoin, son environnement, sa problématique[68]

facteur G		critères d'évaluation		
Note	niveau de gravité	durée arrêt (min)	impact sur la qualité produit	impact sur le matériel
1	mineur	≤20		défaillance mineure, matériel intact
2	moyen	20 à 60		défaillance moyenne, matériel rapidement réparable
3	majeur	60 à 240	non conformité, constatée et corrigée au poste de travail	défaillance importante,
4	catastrophique	≥240	non conformité détectée par le client aval, en interne	défaillance grave, dommage matériel important, matériel lentement réparable
5	Sécurité /Qualité		Non-conformité du produit	Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention

Tableau IV.5 : Evaluation de la gravité

IV.7 Mise en œuvre de la méthode

On va mettre en pratique ce que nous avons développé précédemment. Pour assurer la sécurité des personnes et des installations, il est nécessaire que ces matériels répondent à des règles strictes et éprouvées.

IV.7.1 Etude structurel du réseau HTA

Les réseaux ont pour mission d'acheminer l'énergie d'une centrale de production aux consommateurs. La distribution de l'énergie électrique doit satisfaire les critères de sécurité des biens et des personnes, la qualité de la tension, de disponibilité de l'énergie et de rentabilité.

[68] https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_des_modes_de_d%C3%A9faillance,_de_leurs_effets_et_de_leur_criticit%C3%A9#:~:text=L'Analyse%20des%20modes%20de,de%20gestion%20de%20la%20qualit%C3%A9

Dans les réseaux de distribution HTA (leurs différentes structures abordées au chapitre III), le neutre n'est pas distribué, les lignes HTA triphasées sont donc composées de trois conducteurs.

De Manière générale le réseau de distribution HTA/BT qui relie le réseau de transport et le réseau de distribution comporte :

- Une cellule d'arrivée et de protection générale composées d'appareillages HTA (Sectionneur, interrupteur sectionneur, Interrupteur, Disjoncteur, Fusible) ;
- Transformateur ;
- Une cellule de protection de départ BT composée soit d'un disjoncteur soit d'un interrupteur sectionneur ;
- Les lignes aériennes (câbles aériens).

IV.7.1.1 Fonction des composants

La fonction et le rôle des composants suivant :

- Sectionneur,
- Interrupteur sectionneur,
- Interrupteur,
- Disjoncteur,
- Jeux de barres.

Sont cités au chapitre III.

Les principaux composants d'un transformateur et leurs fonctions

Un transformateur électrique est constitué des éléments ci-après :

- **Enroulements (Bobines) :** sont des enroulements qui permettent de créer un champ magnétique. le nombre de spires est proportionnel à la tension supportée et sont généralement en bon conducteur, faite en cuivre ou aluminium. Les enroulements constituent une partie primaire qui est celle connectée au secteur et la partie secondaire qui est celle connectée aux utilisateurs.
- **Le circuit magnétique :** est un circuit généralement réalisé en matériau ferromagnétique au travers duquel circule un flux de champ magnétique. Objectif ici est de palier aux problèmes de pertes par courant de Foucault qui stipule que tout masse métallique placer dans un champ magnétique variable est le siège de la propagation de la chaleur en d'autres termes se sont des courants électriques qui sont volontairement ou involontairement induits dans un conducteur.
- **Les isolants :** Sont des éléments importants, ils jouent le rôle de support mécanique des conducteurs, et doivent donc transmettre les effets électromécaniques normaux ou exceptionnels qui s'exerceront pendant le fonctionnement. C'est-à-dire ils doivent supporter et transmettre par conduction aux dispositifs de réfrigération la dégagée. Dans les transformateurs deux types d'isolation sont utilisés :

- Isolation solide : Les papiers et cartons restent des matériaux de choix pour l'installation des transformateurs HT, MT et BT ;
- Isolation liquide : Les liquides sont des substances qui, par opposition aux conducteurs, possèdent une très faible conductivité électrique donc une très grande résistance au passage de courant lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique. Parmi les diélectriques les plus connus, il y a les huiles minérales isolantes. Ce sont des liquides de composition chimique constituée de mélange très

complexe de substances organiques hydrocarbonées. Elle joue le rôle d'isolant entre les différentes parties actives des transformateurs.

- **Cuve à l'huile :** La cuve sert de réservoir d'huile dans les transformateurs immergés. Elle est généralement en tôles pliées pour former des ondes qui favorisent l'échange thermique avec l'extérieur. La cuve joue le rôle d'isolation en empêchant l'accès aux parties actives du transformateur. Le circuit magnétique est isolé de la cuve, qui est elle-même reliée à la terre. La cuve est généralement en tôle d'acier à joints soudés ou boulonnés.

L'huile isolantes dans les appareils électrique assure des fonctions diverses :

1. Isolation entre conducteurs sous tension ;
2. Isolation entre enroulement haute et basse tension ;
3. Isolation entre enroulement et la cuve (terre).

Elle joue le rôle de refroidisseur en captant la chaleur dissipée par les éléments actifs (conducteurs, enroulement, tôles magnétique) pour la restituer à une source froide (eau, air, ou autre fluides). Pour remplir cette tâche, l'huile agit par ses propriétés thermiques et physiques : capacité calorifique, viscosité, densité.

IV.7.1.2 Analyse des défaillances sur le réseau électrique

La fonction d'un réseau électrique est de :

- Fournir en permanence, à la ou aux charges, une tension assignée dans des gabarits d'amplitude et de fréquence définis.
- Fournir la puissance demandée par les charges.

L'événement indésirable est l'interruption d'alimentation d'une ou plusieurs charges : on ne s'intéresse donc qu'aux problèmes d'absences de tension au niveau des charges du réseau électrique. Les défaillances subies par le réseau électrique peuvent avoir plusieurs origines possibles :

- L'apparition d'une défaillance interne à un composant du réseau électrique due soit à l'usure, soit à une agression extérieure (foudre, branche d'arbre, pelleteuse, milieu corrosif …) ou soit à un défaut de fabrication.
- Les composants du réseau électrique sont en bon état de fonctionnement mais une ou plusieurs contraintes de fonctionnement ne sont pas satisfaites. L'utilisation d'un composant dans de mauvaises conditions (où les contraintes du composant sont violées) va provoquer une détérioration ou son arrêt lorsqu'une protection est prévue à cet effet.

IV.7.1.3 Les défaillances des composants

Nous allons citer quelques défaillances identifiées durant les entretiens avec l'équipe de l'ingénieur HSE service ingénieur de sécurité qui sont :

Composants	Défaillances
Transformateur	- Surtension - Echauffement
	- Fuite d'huile
	- Sur intensité - Sur tension
	- Court-circuit

Disjoncteur	- Mesure erronée - Problèmes dans le dispositif de déclenchement
	- Echauffement
Sectionneur	- Blocage mécanique
	- L'arc électrique
Interrupteur aérien à commande mécanique	- Défaut d'isolation entre les bornes
Interrupteur aérien à creux de tension	- Fuite de gaz sf6
Jeux de barres	- Mécanique - Magnétique
	- Mauvais cirage - Vibration - Echauffement - Refroidissement

Tableau IV.6 : Les défaillances des composants

IV.7.1.4 Calcule de la criticité de chaque défaillance

Pour chaque défaillance on calcule sa criticité C : C(criticité) = G(gravité) * F(occurrence)

Afin d'évaluer la gravité (G) et la fréquence (F) occurrence on a utilisé les échelles citées dans les paragraphes : (IV.5.10 Indice de fréquence et IV.5.11 Indice de gravité) du chapitre IV.

On va quantifier la valeur gravité G et celle de l'occurrence F de chaque défaillance en fonction de conséquences associées.

Défaillances	**Gravité G**	**Occurrence F**
Sur tension	3	2
Echauffement	3	4
Fuite d'huile	3	3
Sur intensité	4	3
Court-circuit	5	3
Mesure erronée	3	3
Problèmes dans le dispositif de déclenchement	3	3
Blocage mécanique	4	2

L'arc électrique	4	3
Défaut d'isolation entre les bornes	3	4
Fuite de gaz sf6	3	3
Mécanique	3	3
Magnétique	3	3
Mauvais cirage	3	3
Vibration	3	3
Refroidissement	3	3

Tableau IV.7 : Evaluation de la gravité G et la l'occurrence F des défaillances

Maintenant on a les valeurs de G et F des défaillances, on va calculer leur produit pour avoir la valeur de criticité C.

Défaillances	**Criticité C**
Sur tension	6
Echauffement	12
Fuite d'huile	9
Sur intensité	12
Court-circuit	15
Mesure erronée	9
Problèmes dans le dispositif de déclenchement	9
Blocage mécanique	8
L'arc électrique	12
Défaut d'isolation entre les bornes	12
Fuite de gaz sf6	9
Mécanique	9
Magnétique	9
Mauvais cirage	9
Vibration	9
Refroidissement	9

Tableau IV.8 : Valeur de la criticité des défaillances

Analyse préliminaire des défaillances AMDEC									
Fonction de système : Installation électrique HT 30 kV									
Nº	**Equipements**	**Fonction**	**Modes de défaillances**	**Causes**	**Effets sur le système**	**Conséquences**	**Gravité G**	**Occurrence F**	**Proposition d'amélioration**
1	Transformateur	Il abaisse la tension de la haute à la basse tension HTA/BT	Défaut d'isolement	Surtension	Défaillance électrique	Perte de production	3	2	Vérification d'isolement périodique
				Echauffement	Défaillance électrique	Perte de production	3	4	
			Fuite d'huile	Echauffement	Incendie	Transformateur endommagé	3	4	Vérification du niveau d'huile périodiquement
			Bobinage grillé	Sur intensité	Incendie	Perte de matériels	4	3	Vérification des fuites
				Sur tension	Incendie	Perte de matériels importants	3	2	
			Déplacement enroulements	Court-circuit	Entrave la circulation d'huile	Perte de matériels importants	5	3	Changement périodique d'huile
			Sur échauffement	Court-circuit	Explosion	Perte de matériels importants	5	3	
2	Disjoncteur	Protège le transformateur des sur tensions et sur	Pas de déclenchement de disjoncteur	Cause mécanique	Ouverture du circuit. Incendie	Perte de matériels importants	3	3	Maintenance préventive

		intensités		Cause magnétique	Pas de protection du système. Incendie	Perte de matériels importants	3	3	
				Perturbation d'huile	Coupure de l'électricité	Court-circuit Incendie	3	3	
3	Sectionneur	Ouvre et ferme le circuit protège le circuit	Ne s'ouvre pas	Blocage mécanique	- Manque de protection en cas de changement de fusible. - Le circuit n'alimente pas en cas de blocage ouvert - Surintensité - Incendie	01 agent grièvement blessés	4	2	Vérification et maintenance périodique
			Ne se ferme pas	L'arc électrique	- Coupure électricité - Explosion lors de changement du fusible - fusion de l'installation électrique	01 agent grièvement blessés	4	3	Vérification et maintenance périodique
4	Interrupteur aérien à commande mécanique	Ouvre et ferme le circuit protège le circuit	Ne fonctionne pas à sa sollicitation	Défaut d'isolation entre les bornes	Manœuvre en charge	01 agent grièvement blessés	3	4	Vérification et maintenance périodique

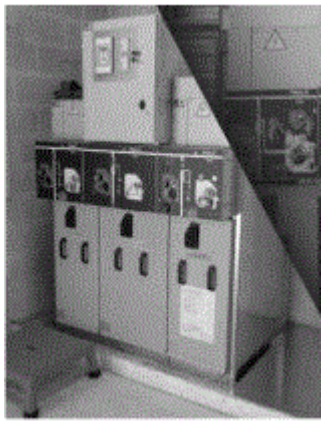
5	Interrupteur aérien à creux de tension	Ouvre et ferme le circuit protège le circuit	Ne fonctionne pas à sa sollicitation Défaut de coupure	Fuite de gaz sf6	Fuite du gaz sf6	La non localisation du défaut	3	3	Vérification et maintenance périodique
6	Jeux de barres	Branchent les lignes entre elles	Défaillance structurelle (rupture)	Mécanique	Sur échauffement	Perte de production	3	3	
				Magnétique			3	3	Vérification et maintenance périodique
			Dilatation	Mauvais cirage	Coupure d'électricité		3	3	
				Vibration			3	3	
				Echauffement			3	3	
				Refroidissement			3	3	

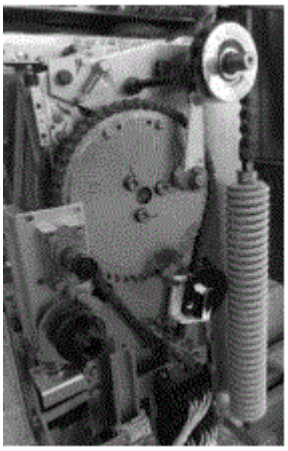
Tableau IV.9 : Analyse préliminaire des défaillances AMDEC

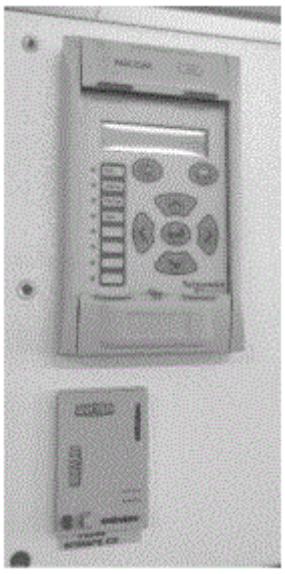
Plan d'action

Pour supprimer les causes racines de chaque facteur de risque inacceptable nous allons proposer deux plans d'action qui sont :

- Plan d'action de maintenance des composants du réseau électrique pour assurer la stabilité, fiabilité, sécurité et la continuité du service pour les clients ;
- Plan d'action pour la sécurité du personnel de maintenance, intervention et de réalisation, car il est le maillon le plus important dans cette chaine, par ces capacités, ces compétences, son expérience.

Plan d'action pour la maintenance		
Matériel	Désignation de l'opération	Périodicité conditions normales d'utilisation
Tableau HTA Modulaire Fonctions : Interrupteur, Interrupteur Et Fusibles, Mesure De Tension, Disjoncteur Câbles Et Barres 	Contrôle général et nettoyage	Annuel
	Nettoyage et graissage des Contacts principaux	3 ans, hors tension
	Contrôle de la partie active (farinage, fêlure, traces d'échauffement, …)	3 ans, hors tension
	Contrôle des jeux de barres et serrage	3 ans, hors tension
	Vérification de l'absence de trace d'effluves sur les câbles moyenne tension	3 ans, hors tension
	Dépose, nettoyage et graissage des mécanismes de commande	3 ans, hors tension
	Nettoyage et graissage du sectionneur de terre	3 ans, hors tension
	Contrôle de la commande du sectionneur de terre	Annuel si possible ou bien 3 ans, hors tension
	Vérification des fusibles	3 ans, hors tension
	Vérification du mécanisme fusion fusibles	3 ans, hors tension
	Essais mécaniques (commande, verrouillages)	3 ans, hors tension
	Essais électriques Essais de bon fonctionnement	Annuel sous tension
	Vérification des auxiliaires et des signalisations	Annuel sous tension
Mécanismes De Commande	Contrôle visuel du mécanisme, de l'équipement électrique et des dispositifs	Annuel

Fonctions : Interrupteur, Interrupteur Et Fusibles, Mesure De Tension, Disjoncteur Câbles Et Barres 	de sécurité	
	Contrôle visuel des embiellages externes	Annuel
	Nettoyage et graissage	3 ans, hors tension
	Remplacement des pièces d'usure et de vérification des accrochages	3 ans, hors tension
	Changement de la motorisation de la commande	Après 2500 cycles
	Changement des ressorts de manœuvre	Après 2500 cycles
	Vérification de serrage des équipements, de la visserie et de la présence des éléments d'arrêt	3 ans, hors tension
	Essais mécaniques (mesure des vitesses)	3 ans, hors tension
	Essais électriques Essais de bon fonctionnement	Annuel sous tension
	Vérification des auxiliaires et des signalisations	Annuel sous tension
Transformateur De Distribution  	Analyses d'huile Rigidité diélectrique / Claquage Teneur en eau / Acidité Aspect Chromatographie – gaz dissous Teneur en PCB	Annuel
	Contrôle visuel	Annuel
	Contrôle environnement (pollutions)	Annuel
	Contrôle niveau d'huile (complément si nécessaire)	Annuel
	Vérification des protections transformateur	Annuel
	Nettoyage bornes HTA/BT	Annuel
	Nettoyage de la cellule transformateur	Annuel
	Contrôle visuel d'étanchéité	Annuel
	Contrôle des accessoires	Annuel
	Vérification des connexions	Annuel
	Vérification des câblages	Annuel
Protections Numériques et Analogiques Blocs D'énergie et Centrale	Vérification des câblages	Annuel
	Vérification / remplacement des batteries de back-up (relais numériques)	5 ans, hors tension

De Mesure Fonctions : Départs, Arrivées, Moteurs, Générateurs, Différentielle 	Vérification / remplacement des batteries de charge (bloc d'énergie)	5 ans, hors tension
	Vérification / serrage des boitiers de tests et de raccordement	3 ans, hors tension
	Etude du vieillissement des composants (relais analogiques)	10 ans, hors tension
	Vérification / modification des paramètres	Achaque modification sur le réseau électrique
	Mise à jour des logiciels	Suivant recommandation constructeur
	Mise à jour des matériels	Sur besoin d'évolution ou recommandation constructeur

Le plan d'action HSI pour L'exercice 2020 concernant le personnel de maintenance, intervention et de réalisation

Cause d'accident	Action à engager	Population visée		Objectif à atteindre	Délai de réalisation	Structure responsable de la réalisation de l'action
		Catégorie	Nombre			
Électrisation	Animation des séances d'information des agents sur : - CDP électricité. - Equipement de protection individuel et collectif. - Sensibilisation des agents.	- District électricité	01 Séance/service	12	Chaque trimestre	- Ingénieur de sécurité - Chefs d'équipe
Électrocution	Visites de sécurité aux chantiers d'exploitation et d'intervention électricité.	- District électricité	Visite/service	25	Exercice 2020	- Ingénieur de sécurité
Chute de hauteur	- Sensibilisation des exploitants sur les risques de travaux en hauteur - Equipement de protection individuel et collectif	Tous les services techniques	Visite /service	5	1er trimestre	- Ingénieur de sécurité
Chute de plain-pied	- Sensibilisation des exploitants sur les risques de chute de plein pied. - L'hygiène des locaux. - L'organisation des travaux. - Panneaux de signalisation	Tous les services techniques	Visite /service	20	1er trimestre	- Ingénieur de sécurité
Accident routier	- Sensibilisation des agents sur les risques des accidents routiers. - L'entretien des véhicules du service	Tous les agents ayant un permis de conduire	Séance/site	9	3éme trimestre	- Ingénieur de sécurité

Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire vise à étudier comment obtenir la disponibilité maximale d'énergie d'un réseau électrique sa fiabilité et la sécurité du personnel vis-à-vis du respect des normes et les valeurs nominales utiliser dans les réseaux électriques.

Dans ce projet de fin des études nous avons essayé d'utiliser la méthode de gestion de la maintenance, AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité). Elle nous a permis de s'approcher du domaine de diagnostic et d'analyse de la fiabilité.

Elle permet donc de repérer les équipements à risque pouvant impacter la qualité en cas de dysfonctionnement (et par conséquent la qualité du milieu et les usages à l'aval) et de proposer des mesures pertinentes pour maîtriser ces risques. Elle est l'occasion d'un échange constructif avec l'équipe du service sécurité HSE.

Le contenu de cette analyse doit naturellement être adapté au système et être proportionné aux éventuelles conséquences d'une défaillance, en intégrant ainsi les enjeux et la vulnérabilité du milieu récepteur (client) (voir chapitre IV).

Avant de mettre en évidence la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), nous devrions étudier les risques liés au réseau électriques (chapitre I) ainsi que la composition et le fonctionnement de ces différents équipements des différents type ou structure des réseaux électriques (chapitre III). Car l'arrêt de l'un de ses composants perturbe la production et la fourniture en énergie et engendrera des grandes pertes au niveau des clients et les équipements.

Pour bien comprendre et cerné l'étude nous avons passé un mois de stage dans l'organisme d'accueil SONELGZ MEDEA Service sécurité HSE d'on la description de l'organisme est dans le chapitre II.

La mise en application de la fiabilité opérationnelle à partir de la base des données est primordiale pour le choix d'une politique de la maintenance. Grâce à la détermination des paramètres de fiabilité des équipements sélectionnés, le service de sécurité HSE aura donc un outil très efficace pour le suivi des équipements du réseau électrique et pour l'analyse de leur dégradation. Cette étude est moins chère par rapport à la fiabilité expérimentale qui demande des laboratoires couteux et sophistiqués avec un personnel hautement qualifié et des équipements complexes.

Notes et références

1. Bernoulli, Daniel ; Specimentheoriaenovae de mensura sortis dans lequel titre apparaissent les termes « théorie nouvelle » in CommentariiAcademiaeScientiarumImperialisPetropolitanae 5 (1738)
2. Viviani Jean-Laurent, « Incertitude et rationalité », Revue française d'économie, vol. 9, no 2, 1994, p. 105-146 (DOI 10.3406/rfeco.1994.954, lire en ligne.
3. Ulrich Beck, Risikogesellschaft, 1986. Traduit en France en 2001 aux éditions Aubier.
4. Référence officielle ISO Guide 73 :2009 - Management du risque — Vocabulaire
5. Référence officielle ISO 31000 :2009 – Management du risque — Principes et lignes directrices
6. ISO Guide 73 (janvier 2010) : Risk Management - Vocabulary [3] [archive], p. 6
7. G. Jousse, Le Risque, cet inconnu, Imestra édition, 2004
8. Guide de distribution de l'installation électrique Schneider Electric édition 2003.
9. Catalogue Schneider distribution électrique Merlin Gerin 2002/2003.
10. Norme NF C 15-100 «installations électriques à basse tension » édition 2002.
11. Cahiers techniques Merlin Gerin.
12. Catalogue 2003 Cellules SM6 Merlin Gérin.
13. KELADA. J, 1994, l'AMDEC, École des Études Commerciales : Centre d'étude en qualité totale.
14. MOHAMMADKHANI-SHALI. S, Contribution a l'étude de la redondance dans les ponts : analyses des mécanismes de défaillance par surfaces de réponse, thèse de doctorat Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, soutenue le : 5/10/2007.
15. BIGRET. R, FÉRON. J.L avec la collaboration de PACHAUD. C, Diagnostic -maintenance disponibilité des machines tournantes (modèle-mesurage-analyses-des vibrations).
16. ALANI. T, Introduction au diagnostic des défaillances, Laboratoire A2SI-ESIEE-Paris, soutenu le 01/10/2006, t.alani@esiee.fr.
17. ZWINGELSTEIN. G, Diagnostic des défaillances (théorie et pratique pour les systèmes industriels), Traité des nouvelles technologies – série diagnostic et maintenance, Notion de risques, 30-53p.
18. LUC BERSON. J, 1290 Comprendre l'AMDEC, Consultant et Formateur en management des systèmes, auditeur QMS certifié IRCA, base documentaire : piloter et animer la qualité, délivré le : 24/10/2014.
19. RIDOUX. M, ag4220 AMDEC – Moyen, base documentaire : méthodes de production dans le thème : Conception et Production et dans l'univers Génie industriel, date de publication : 10/07/1999.
20. PERISSE. F, Étude et analyse des modes de défaillances des condensateurs électrolytiques à l'aluminium et des thyristors, appliquées au système de protection du LHC (LARGE HADRON COLLIDER), thèse présentée devant l'université Claude Bernard – Lyon I pour l'obtention du diplôme de doctorat, Soutenue le 17/07/2003.
21. ZWINGELSTEIN. G, se 4006 Évaluation de la criticité des équipements (Métriques et indicateurs de performance), base documentaire : méthodes d'analyse des risques, date de publication : 10/10/2014.

22. DURET. D, PILLET. M, Qualité en production (De l'ISO 9000 à Six Sigma), Troisième Éditions d'Organisation, 1998, 2001, 2005, ISBN : 2-7081-3388-8.

23. HERGON. E, ROUGER. Ph, GARNERIN. Ph, La prévention des défaillances du processus transfusionnel, Institut National de la Transfusion Sanguine, INSERM U363.

24. PIROLLET. B, Tests de réception des tours de réfrigération, Laboratoire Européen pour la physique des particules, CERN-ST-99-026, Présenté : 2nd ST Workshop, Chamonix, France, février 2 - 5, 1999.

25. FAUCHER. J, Pratique de l'AMDEC (Assurez la qualité et la sureté de fonctionnement de vos produits, équipements et procédés), Série Performance industrielle, WWW.dunod.com.

26. ZWINGELSTEIN. G, se 4005 Évaluation de la criticité des équipements (Méthodes analytiques), base documentaire : méthodes d'analyse des risques, date de publication : 10/07/2014.

27. HERGON. E, CRESPEAU. H, ROUGER. Ph, Modes de défaillance du processus transfusionnel. Intérêt de l'analyse prévisionnelle de sureté de fonctionnement, Institut National de la Transfusion Sanguine, Paris.

28. SIRRIS, BECKERS. D, Introduction à la méthode AMDEC, Animateur AMDEC (FMEA), 5 S 6 sigma, méthodologie AMDEC, Université de Nancy, www.innovatech.be.

29. Fiche pratique, 0512 Pratiquer l'AMDEC, base documentaire : Evaluer et maîtriser le risque chimique, délivré le : 23/06/2014.

30. MARTIN. C, CLAUDE BOCQUET. J, Conception Intégrée. Interopérativité des méthodes : AF, QFD, AMDEC dans le cadre du projet PIRAMID, Thèse à l'ADEPA, Ecole Centrale – Paris : Laboratoire Productique Logistique, Congrès Primeca, La Plagne (3-5 avril 1999).

31. MORCRETTE. Ch, ADES : L'AMDEC, Association de Développement des entreprises de Soustraitance.

32. NOUREDDINE. M, MESSAOUDI. M. A, Application de l'AMDEC à un satellite en phase active, Département d'Informatique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran (USTO).

33. HUMBERT. J, LHOMME. J, Nouvelle méthode pour l'analyse de la criticité des dispositifs médicaux en exploitation (MACE), QPO12 : Communication professionnelle de projet, automne 2012.

34. GABRIEL CORMIER, « Chapitre 8, Transformateur », GEN1153.

35. BOUAKOUK MOHAND, HADJEBAR RAMDANE, « Diagnostic des transformateurs de puissances », mémoire de Master, UMMTO, Promotion 2014.

36. KHEMRI SAFIA, BESSEGHIR LILA, « Protection des transformateurs MT/BT contre les surtensions de foudre », mémoire de Master, UMMTO, Promotion 2014.

37. ZELAGUI MOHAMED, « Etude des protections des réseaux électriques MT (30 & 10 kV) », mémoire de magister, UNIVERSITE MENTOURI Constantine, Année 2010.

38. Manuel de réglage des protections des réseaux SONELGAZ GRTE.

39. REKIK BADRI, « Etude et modélisation des défauts des transformateurs de puissance », mémoire de magister, UNIVESITE ANABA, Année 2008.

40. Document réf. Transformateur.odt, version de 8 févr.2007.

41. D. Fulchiron, « Protection des transformateurs de postes MT/BT », Cahier technique N° 192, Edition avril 1998.

42. Guide de la distribution électrique basse tension et HTA, B 101, Schneider-Electric, 2009

43. Dessin JM BEAUSSY, « Protection des transformateurs contre les défauts internes »

44. ELEC 2753 : Electrotechnique, Les transformateurs de puissance, version 2001.