



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de sécurité industrielle et environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Prévention et Intervention

Thème

Risques, prévention et protection contre les accidents d'origine électrique

Présenté et soutenu publiquement par :

MALEK Amira Soumia et **BELLAL Ikram**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
MR TAHRAOUI Mohamed		Université Oran 2	Président
MR KEDDAR Mohamed		Université Oran 2	Encadreur
MR NADJI Mohamed Amine		Université Oran2	Examineur

Année 2019/2020



REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui on voudrait témoigner toute notre gratitude. On profite de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études. On tient à exprimer notre vifs remerciements pour notre grand et respectueux **Monsieur KEDDAR Mohamed** d'avoir accepté de nous encadrer pour notre projet de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes, son encouragement et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion. On tient à remercier spécialement **Monsieur FERHAT Benyoucef**, qui fut le premier à nous faire découvrir le sujet qui a guidé ce mémoire. On voudrait exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche. Un grand merci à **Monsieur TAHRAOUI. Mohamed** pour ses conseils concernant le style d'écriture, il a grandement facilité notre travail. Nos remerciements s'adressent à tous les enseignants du **l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle** pour l'enseignement qu'ils nous ont inculqué durant toute notre formation. On aimerait exprimer notre gratitude à tous les chercheurs et spécialistes, trop nombreux pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de notre sujet, ce qui nous a permis à faire avancer notre travail.

Dédicace

Je remercie Dieu de m'avoir préservé pour réaliser ce travail que je dédie :

Aux personnes qui sont les plus chères à mon cœur.

A MA CHERE MERE

Aucune dédicace ne serait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me porter depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formuler, le fruit de vos innombrables sacrifices .Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, longue vie.

Je t'aime de tout mon cœur

A LA MEMOIRE DE MON PERE ET MA GRAND-MERE

Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt et ma grand-mère. J'espère que, du monde qui est sein maintenant, ils apprécient cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours priée pour le salut de leurs âmes.

Dieu, le tout puissant, les avoir en sa sainte miséricorde.

A MON MARI OMAR

Merci énormément pour ton soutien plus que précieux. Merci pour ton grand cœur toutes vos qualités qui seraient trop longue à énumérer. Ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence et ton amour.

A MES CHERS FRERES

*A mes chers frères **OTHMAN** et **HAMZA** pour tout leur encouragements, leurs soutiens, leur appui et leurs conseils.*

*A mes chères tantes **FATIMA** et **AMINA**, mon oncle **MOUNIR** et mes amoureux **FAYCAL** et **ALAA**.*

A toute ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A toutes les personnes que j'aime, mes amis(es), mes camarades et mes copines

A tous ce que j'aime.

MALEK AMIRA SOUMIA

Dédicace

Au terme de ce modeste travail je remercie dieu le tout puissant de m'avoir accordé volonté et courage, donné la force et la patience pour accomplir ce travail.

Je tiens sincèrement a dédié ce modeste travail aux personnes qui me sont les plus chers au monde :

Ma très chère Mère, qui m'a tant donné et à qui je ne me rendrais jamais assez. Celle qui a tant prié pour moi. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me porter depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Mon cher Père, pour son soutiens et sa présence à tout moment et a toute Situation, à qui j'ai tout le respect.

Ma très chère Grand-Mère, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut Les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.

Mes chères sœurs AMEL et ROMAÏSSA, mon frère YACINE merci de partager mes délires, merci de me soutenir, Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite, je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

Mon cher neveu MOHAMED ANES Ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence et ton amour.

Mes chères tantes KHADIDJA et KARIMA, mes oncles NASRALLAH et MOHAMED je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

Mes chères copines IKRAM, RAYANE, SARAH, NABILA et MALIKA qui me soutiennent et m'encouragent sans cesse, je vous remercie du fond du cœur pour votre soutien moral.

Tous mes cousins et cousines pour leurs soutien.

Ma binôme AMIRA, merci de m'accompagner durant cette aventure je te souhaite plain de succès et de réussite dans ta vie.

Toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont participé à la réalisation de ce travail.

BELLAL IKRAM

RESUME

La maitrise des risques professionnels et majeurs est le meilleur moyen de protéger les travailleurs et les installations contre l'exposition à ces risques.

Durant ces dernières décennies, les risques industriels ont constitué un problème de maitrise de sécurité total, parmi ces risques on apprécie les risques électriques qui ont un facteur de gravité très important sur les travailleurs et le matériel dans l'industrie.

Selon les informations qu'on a reçu de la part de FERTIAL Annaba ,l'analyse des risques nous a permis d'identifier les zones des risques à savoir dans l'unité centrale CU II.

Ce travail a été dans le sens à faire comprendre aux personnes concernées les risques électriques et leurs effets et d'autre part, à analyser les moyens, méthodes et attitudes à acquérir pour éviter les risques d'origine électrique et les meilleurs moyens de prévention.

Pour cela, on a divisé notre travail en deux parties : D'une part, la partie théorique qui traite les généralités du risque électriques, les dangers du courant électrique et les mesures de prévention ainsi de protection ; et d'autre part, la partie pratique qui traite les risques d'origine électrique par l'application la méthode AMDEC, les résultats et les suggestions et les démarches préventives pour la réduction des risques d'origine électrique.

Mots clés : risque, prévention, protection, danger, courant, tension.

ملخص

السيطرة على المخاطر المهنية والجسيمة هي أفضل طريقة لحماية العمال والمنشآت من التعرض لهذه المخاطر. خلال العقود الأخيرة، كانت المخاطر الصناعية تمثل مشكلة التحكم الكامل في السلامة، ومن بين هذه المخاطر نقدر المخاطر الكهربائية التي لها عامل جاذبية مهم للغاية على العمال والمعدات في الصناعة.

وفقاً للمعلومات التي تلقيناها من FERTIAL عنابة ، فقد مكنتنا تحليل المخاطر من تحديد مجالات المخاطر ، وبالتحديد في الوحدة المركزية CU II .

يهدف هذا العمل إلى جعل الأشخاص المعنيين يفهمون المخاطر الكهربائية وآثارها، ومن ناحية أخرى، تحليل الوسائل والأساليب والمواقف التي يجب اكتسابها لتجنب مخاطر المنشأ الكهربائي وأفضل وسائل الوقاية.

للقيام بذلك ، قمنا بتقسيم عملنا إلى قسمين: من ناحية ، الجزء النظري الذي يتعامل مع عموميات المخاطر الكهربائية ، ومخاطر التيار الكهربائي ، والتدابير الوقائية ؛ ومن ناحية أخرى الجانب العملي الذي يعالج مخاطر المنشأ الكهربائي من خلال تطبيق طريقة AMDEC والنتائج والاقتراحات والتدابير الوقائية للحد من مخاطر المنشأ الكهربائي.

الكلمات المفتاحية: الخطر ، الوقاية ، الحماية ، الخطر ، التيار ، الجهد

ABSTRACT

Controlling occupational and major risks is the best way to protect workers and facilities against exposure to these risks.

During recent decades, industrial risks have been a problem of total safety control; among these risks we appreciate the electrical risks which have a very important factor of gravity on workers and equipment in industry.

According to the information we have received from **FERTIAL Annaba**, the risk analysis has enabled us to identify the risk areas, namely in the **CU II** central unit.

This work was aimed at making the people concerned understand the electrical risks and their effects and, on the other hand, to analyze the means, methods and attitudes to be acquired to avoid risks of electrical origin and the best means of prevention.

To do this, we have divided our work into two parts: On the one hand, the theoretical part which deals with the generalities of electrical risk, the dangers of electric current and preventive and protective measures; and on the other hand, the practical part which treats risks of electrical origin by applying the AMDEC method, results, suggestions and preventive measures for the reduction of risks of electrical origin.

Keywords: risk, prevention, protection, danger, current, voltage.

LISTE DES TABLEAUX

N°	DESIGNATIONS	N° PAGES
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE RISQUE ELECTRIQUE		
01	Tableau I.1 : L'analyse des accidents fait par INSERM	13
02	Tableau I.2 : Accidents électriques lors des travaux	15
03	Tableau I.3 : L'analyse des accidents électriques rendu par l'ESTI	18
04	Tableau I.4 : Statistiques des accidents d'origine électrique d'après OPPBTP	21
05	Tableau I.5 : L'analyse des causes des accidents dans les BTP	21
CHAPITRE II : NATURE ET IMPORTANCE DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE		
01	Tableau II.1 : Différence entre Courant Continu et Courant Alternatif	32
02	Tableau II.2 : Conductibilité des métaux	36
03	Tableau II.3 : Avantages et inconvénients des appareils de mesure numérique	39
04	Tableau II.4 : Domaines de tension	43
05	Tableau II.5 : Accidents par contact direct et indirect	46
06	Tableau II.6 : Facteurs de courant de cœur pour différents trajets du courant	47
07	Tableau II.7 : Seuils de perception	51
08	Tableau II.8 : Seuils de téτανisation	52
09	Tableau II.9 : Seuil de fibrillation ventriculaire	52
10	Tableau II.10 : Seuils de brûlure	52
11	Tableau II.11 : Electrocutation par ligne de contact	63
12	Tableau II.12 : Travail sous tension	64
13	Tableau II.13 : Eclairage provisoire	65
14	Tableau II.14 : Electrocutation dans une filature	65
15	Tableau II.15 : Enlèvement d'un fusible en charge	66
16	Tableau II.16 : Ouverture d'un sectionneur en charge	66
CHAPITRE III : ASPECTS TECHNOLOGIQUES RELATIFS AUX DANGERS DE COURANT ELECTRIQUE		
01	Tableau III.1 : Régime de neutre	80
02	Tableau III.2 : Classes de matérielle basse tension	82
03	Tableau III.3 : Code IP codifiant la protection contre la pénétration des corps solides et liquides	82
04	Tableau III.4 : Code IK codifiant la protection contre les impacts mécaniques	84
05	Tableau III.5 : Caractéristiques et mise en œuvre du matériel en fonction de la température ambiante	93
06	Tableau III.6 : Degrés de protection du machine et appareil électrique en fonction de la présence d'eau (AD)	94
07	Tableau III.7 : Les activités et les compétences lors des opérations électriques	95
CHAPITRE IV : PREVENTION & MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES		
01	Tableau IV.1 : Protection contre les contacts indirects par l'emploi de matériel de classe II	101
02	Tableau IV.2 : limites inférieures de la zone de travail par rapport à la pièce nue sous tension en fonction de la classe de tension	115
CHAPITRE V : SECURITE DU PERSONNEL LORS DES OPERATIONS ELECTRIQUES		
01	Tableau V.1 : Habilitation	136
02	Tableau V.2 : Exemples des titres d'habilitation	138
03	Tableau V.3 : Système de classification de l'habilitation électrique	140
04	Tableau V.4 : Les titres de l'habilitation	140
05	Tableau V.5 : Classe des gants isolants	143

06	Tableau V.6 : Appareils de vérification selon la tension	150
CHAPITRE VI : LES INCENDIES DANS LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES		
01	Tableau VI.1 : Extrait de l'Arrêté du 21 juillet 1994	168
02	Tableau VI.2 : Le code de réaction au feu	168
03	Tableau VI.3 : Mode de protection de matériel électrique	180
04	Tableau VI.4 : Les classes de feu	182
05	Tableau VI.5 : Les classes de feu et leurs agents extincteurs	189
06	Tableau VI.6 : Possibilités d'emploi des extincteurs dans différents cas	191
CHAPITRE VII : ETUDE DE CAS : ANALYSE DES RISQUES ELECTRIQUES PAR LA METHODE AMDEC A FERTIAL ANNABA		
01	Tableau VII.1 : Liste des unités de production du complexe FERTIAL à Annaba	198
02	Tableau VII.2 : Analyse par AMDEC du sectionneur tripolaire	203
03	Tableau VII.3 : Analyse par AMDEC du disjoncteur	203
04	Tableau VII.4 : Analyse par AMDEC du jeu de barre	204
05	Tableau VII.5 : Analyse par AMDEC du jeu de transformateur T3 63 / 5.5 KV	204
06	Tableau VII.6 : Analyse par AMDEC du jeu de transformateur T3 63/ 5.5 KV avec d'autres cas	205
07	Tableau VII.7 : Analyse par AMDEC de la mise à la terre	205
08	Tableau VII.8 : Analyse par AMDEC du groupe électrogène	206
09	Tableau VII.9 : Analyse par AMDEC de la salle électrique	206
10	Tableau VII.10 : Résultats avant l'application	207
11	Tableau VII.11 : Résultats après l'application	207
12	Tableau VII.12 : Choix des appareils de protection électrique	210

LISTE DES FIGURES

N°	DESIGNATIONS	N°PAGES
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE RISQUE ELECTRIQUE		
01	Figure I.1 : Foudre	4
02	Figure I.2 : Poisson électrique	4
03	Figure I.3 : Choc de foudre	7
04	Figure I.4 : Evolution des accidents d'origine électrique de 1970 à 1995	12
05	Figure I.5 : Le triangle de sévérité	12
06	Figure I.6 : Siège des lésions dues à l'accident électrique	14
07	Figure I.7 : Nature des lésions	14
08	Figure I.8 : Accidents électriques annoncés durant les 10 dernières années.	16
09	Figure I.9 : Accidents électriques professionnels selon la gravité des blessures, moyenne sur 5ans.	17
10	Figure I.10 : Accidents électriques mortels au cours des 10 dernières années.	18
11	Figure I.11 : Evolution des accidents électriques	23
12	Figure I.12 : pourcentage des accidents d'origine électriques à FERTIAL	23
13	Figure I.13 : répartition des accidents selon leurs causes	24
14	Figure I.14 : répartition des accidents d'origine électrique par unité	24
CHAPITRE II : NATURE ET IMPORTANCE DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE		
01	Figure II.1 : Noyau d'atome	28
02	Figure II.2 : Déplacement des charges du courant électrique	30
03	Figure II.3 : Circuit en série	31
04	Figure II.4 : Circuit en parallèle	31
05	Figure II.5 : Circuit mixte	31
06	Figure II.6 : Symbole d'une résistance	33
07	Figure II.7 : Les lignes à haute tension véhiculent l'électricité	35
08	Figure II.8 : Représentation graphique de « U » aux bornes d'un récepteur en fonction de «I»	38
09	Figure II.9 : Des appareils de mesure	38
10	Figure II.10 : Schéma installation électrique d'une maison	42
11	Figure II.11 : Organisation du réseau	43
12	Figure II.12 : Aspect des pylônes	44
13	Figure II.13 : Poste source	44
14	Figure II.14 : L'intensité du courant dans corps en fonction du temps de passage du courant	49
15	Figure II.15 : Zones temps courant en tension alternative de fréquences 15 à 100 Hz	49
16	Figure II.16 : Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau	50
17	Figure II.17 : Seuils de danger du courant électrique	51
18	Figure II.18 : Seuils de danger du courant électrique alternatif	53
19	Figure II.19 : Seuils de danger du courant électrique continu	53
20	Figure II.20 : Effets du courant électrique sur l'environnement et l'être humain	54
21	Figure II.21 : Principaux effets du courant électrique sur l'homme	54
22	Figure II.22 : Effets de la contraction musculaire	55
23	Figure II.23 : Les effets de la téτανisation des muscles respiratoire	56
24	Figure II.24: Les effets de la fibrillation ventriculaire	56
25	Figure II.25 : Les effets de l'inhibition des centres nerveux	57
26	Figure II.26 : Les complications cardio-vasculaires	58
27	Figure II.27 : Les complications neurologiques	59
28	Figure II.28: Les complications rénales	60

29	Figure II.29 : Les séquelles sensorielles	60
30	Figure II.30: Electrocutation par ligne de contact alimentant un pont roulant	63
31	Figure II.31: Travail sous tension dans un sous-sol	64
32	Figure II.32 : Electrocutation dans une filature	65
33	Figure II.33 : Electrification et intensité	67
34	Figure II.34 : Fibrillation Ventriculaire (D'après Dr Foliot)	69
CHAPITRE III : ASPECTS TECHNOLOGIQUES RELATIFS AUX DANGERS DE COURANT ELECTRIQUE		
01	Figure III.1 : Source triphasée	71
02	Figure III.2 : Contact direct	72
03	Figure III.3 : Contact indirect	73
04	Figure III.4 : Schéma TT	74
05	Figure III.5 : Schéma TN	74
06	Figure III.6 : Schéma IT	75
07	Figure III.7 : Régime TT	76
08	Figure III.8 : Les deux régimes TNC et TNS	77
09	Figure III.9 : Régime IT	77
10	Figure III.10 : Schématisation d'un circuit TBTS	78
11	Figure III.11 : Schématisation d'un circuit TBTP	79
12	Figure III.12 : Schématisation d'un circuit TBTF	79
13	Figure III.13 : Courbe de disjoncteur	86
14	Figure III.14 : Tir de ligne	92
CHAPITRE IV : PREVENTION & MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES		
01	Figure IV.1 : Electrocardiogramme montrant la phase critique d'un cœur	98
02	Figure IV .2 : Eloignement des pièces nues sous tension	100
03	Figure IV.3 : Isolation des conducteurs (protection)	100
04	Figure IV .4 : Utilisation de coffret (protection)	100
05	Figure IV.5 : Utilisation d'obstacle : grillage	100
06	Figure IV.6 : Protection contre les contacts indirects par coupure automatique	101
07	Figure IV.7 : Coupure par disjoncteur	103
08	Figure IV.8 : Condamnation par cadenas ou par pancarte d'interdiction de manœuvre	103
09	Figure IV.9 : Condamnation par signalisation	103
10	Figure IV.10 : Identification de l'ouvrage mis hors tension sur schéma et plan	104
11	Figure IV.11 : VAT et MALT-CCT	104
12	Figure IV.12 : Organisation de l'opération de consignation	105
13	Figure IV.13 : Règles de base de la consignation	106
14	Figure IV.14 : Gants isolants, casques isolants et masques de protection contre le rayonnement ultraviolet et infrarouge	109
15	Figure IV.15 : Règles de sécurité : pancartes et dispositifs de consignation / présente différents modèles de pancartes et dispositifs de condamnation	109
16	Figure IV.16 : Moyens de matérialisation des distances d'éloignement des pièces nues sous tension	112
17	Figure IV.17 : Zone d'environnement pour les tensions alternatives	114
18	Figure IV.18 : Zone d'environnement	115
19	Figure IV.19 : Zone d'environnement	116
20	Figure IV.20 : Protéger et s'isoler, couper et dégager	118
21	Figure IV.21 : Appréciation de la fonction respiratoire	120
22	Figure IV.22 : Conception des installations	122

CHAPITRE V : SECURITE DU PERSONNEL LORS DES OPERATIONS ELECTRIQUES		
01	Figure V.1 : La démarche à suivre par l'employeur afin d'habiliter un travailleur	141
02	Figure V.2 : Vérificateur pneumatique pour gants	143
03	Figure V.3 : Lunettes et masque anti UV de protection des yeux	144
04	Figure V.4 : Protège bras pour HTA et Tenue réglementaire de l'électricien	145
05	Figure V.5 : Chaussures et tapis pour l'électricien	146
06	Figure V.6 : Symbole d'outillage électrique	146
07	Figure V.7 : Echelle isolante	147
08	Figure V.8 : Harnais de sécurité	147
09	Figure V.9 : Outils à main	147
10	Figure V.10 : Exemple d'outil isolé	147
11	Figure V.11 : Exemple de perches isolantes	147
12	Figure V.12: Nappes, capuchons et pinces	148
13	Figure V.13 : Protection par grillage	148
14	Figure V.14 : Vérificateur pneumatique pour gants	149
15	Figure V.15 : Vérificateur d'absence de tension en BT	150
16	Figure V.16 : Vérificateur d'absence de tension pour HTA	150
17	Figure V.17 : Fusil lance câble	150
18	Figure V.18 : Vérificateur et perche pour HTB	150
19	Figure V.19 : Perche de picage pour câble souterrain	151
20	Figure V.20 : Dispositif de mise à la terre pour ligne aérienne	151
21	Figure V.21 : Pavé de terre blocs	152
22	Figure V.22 : Délimitation de la zone de travail	152
23	Figure V.23 : Panneau d'interdiction	153
24	Figure V.24 : Panneau d'avertissement	153
25	Figure V.25 : Risque électrique : signaux et pancartes	154
CHAPITRE VI : LES INCENDIES DANS LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES		
01	Figure VI.1 : Les incendies des installations électriques	160
02	Figure VI.2 : Les incendies des récepteurs électriques	161
03	Figure VI.3 : Interactions de différents phénomènes : contraintes ; effet et conséquences	166
04	Figure VI.4 : Canalisation électrique préfabriquée	176
05	Figure VI.5 : Matériel électrique	177
06	Figure VI.6 : Les classes de feu	181
07	Figure VI.7 : Pictogrammes des classes de feu	183
08	Figure VI.8 : Exemple d'étiquetage d'un extincteur	190
CHAPITRE VII : ETUDE DE CAS : ANALYSE DES RISQUES ELECTRIQUES PAR LA METHODE AMDEC A FERTIAL ANNABA		
01	Figure VII.1 : Processus de l'AMDEC	196
02	Figure VII.2 : Localisation de FERTIAL par rapport à la ville d'Annaba	197
03	Figure VII.3 : L'unité centrale CU2	199
04	Figure VII.4 : Situation géographique du poste électrique T3 63/5.5 KV	200
05	Figure VII.5 : Transformateur T3 63/5.5 KV	201
06	Figure VII.6 : Analyse fonctionnelle de l'installation électrique	202
07	Figure VII.7 : Histogramme des statistiques de la criticité avant l'application de l'AMDEC	208
08	Figure VII.8 : Histogramme des statistiques de la criticité après l'application de l'AMDEC	209
09	Figure VII.9 : Histogramme de comparaison de criticité avant et après l'application	209
10	Figure VII.10: Etapes d'une consignation électrique	212

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ABREVIATIONS	SIGNIFICATION
INSERM	Institut national de recherche médicale
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
ESTI	Inspection fédérale des installations à courant fort
TBT	Très basse tension
HT	Haute tension
TBTS	Très basse tension de sécurité
TBTP	Très basse tension de protection
BTP	Bâtiments et travaux publics
OPPBTP	Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics
CC	Courant continu
CA	Courant alternatif
I	Intensité
U	Tension
ATEX	Atmosphère explosive
EPI	Equipements de protection individuelle
AT	Accidents de travail
MP	Maladies professionnelles
CERN	conseil européen pour la recherche nucléaire
DDR	Dispositif Différentiel à courant Résiduel
PEMP	Une plateforme élévatrice mobile de personne
AD	Présence d'eau
NBN	Bureau de normalisation Belgique
AG	Contrainte mécanique due au choc
AH	Contrainte mécanique due à la vibration
CU II	L'unité centrale utilité II
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
VAT	Vérificateur d'absence de tension

SOMMAIRE

RESUME

LISTES DES TABLEAUX & DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE RISQUE ELECTRIQUE

I-1. INTRODUCTION.....	3
I-2. HISTOIRE DE L'ELECTRICITE	5
I-3. LEGENDE ET HISTOIRE SUR LE RISQUE ELECTRIQUE.....	6
I-4. REGLEMENTATION ET NORMES.....	9
I-4-1. Règlementation ; les textes officiels.....	9
I-4-2. Normalisation	9
I-5. STATISTIQUES DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE.....	11
I-5-1 Introduction.....	11
I-5-2 Analyse des accidents de travail d'origine électrique rendue par l'inserm.....	13
I-5-3 Analyse des accidents de travail d'origine électrique rendue par l'inrs.....	14
I-5-4 Analyse des accidents de travail d'origine électrique rendue par l'esti.....	16
I-5-5 Statistiques des accidents d'origine électriques au niveau d'oppbtp	20
I-5-6 Statistiques des accidents d'origine électrique a fertial Annaba.....	26
I-6. CONCLUSION.....	25

CHAPITRE II : NATURE ET IMPORTANCE DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE

II-1. INTRODUCTION.....	26
II-2. RAPPEL SUR LES PRINCIPALES NOTIONS D'ELECTRICITE.....	26
II-2-1. Nature d'électricité	27
II-2-2. Electricité statique / dynamique.....	27
II-2-3. Courant électrique.....	30
II-2-4. Intensité du courant	32
II-2-5. Résistance électrique.....	32
II-2-6. Tension /puissance/énergie électrique.....	33
II-2-7. Champ électrique.....	35

II-2-8. Conductibilité électrique.....	36
II-2-9. Récepteurs.....	37
II-2-10. Différents appareils de mesure	38
II-2-11. Classement d'installations électriques.....	40
II-2-12. Distribution de l'énergie	42
II-3. NOTIONS SUR LE RISQUE ELECTRIQUE /ACCIDENTS D'ORIGINE.....	45
ELECTRIQUE	
II-3-1. Nature des accidents électriques.....	45
II-3-2. Danger du courant électrique.....	46
II-3-3. Risque électrique vis-a-vis l'être humain	54
II-3-4. Causes du risque électrique	61
II-3-5. Accidents électriques sur l'homme.....	63
II-3-6. Terminologie et classement liés aux accidents d'origine électrique.....	67
II-4 CONCLUSION.....	70

CHAPITRE III : ASPECTS TECHNOLOGIQUES RELATIFS AUX DANGERS DE COURANT ELECTRIQUE

III-1. INTRODUCTION.....	71
III-2. ASPECTS TECHNOLOGIQUES.....	71
III-2-1. Contacts directs et indirects.....	71
III-2-1-1. Conducteurs en triphase	71
III-2-1-2. Contact direct.....	72
III-2-1-3. Contact indirect.....	72
III-2-1-4. Protection contre le contact direct.....	73
III-2-1-5. Protection contre le contact indirect.....	73
III-2-2. Schémas des liaisons à la terre (slt).....	73
III-2-2-1. Distribution basse tension triphasée.....	73
III-2-2-2. Schéma « tt ».....	74
III-2-2-3. Schéma « tn ».....	74
III-2-2-4. Schéma « it ».....	75
III-2-2-5. S l t – principe.....	75
III-2-2-6. S l t-regime « tt »	76
III-2-2-7. S l t : regime « t n »	76
III-2-2-8. S l t : r e g i m e « it ».....	77
III-2-3. Domaines de tension et la t.b.t	78
III-2-3-1. Très basse tension de sécurité	78

III-2-3-2. Très basse tension de protection « tbtpt ».....	79
III-2-3-3. Très basse tension fonctionnelle « tbtff ».....	79
III-2-4. Protections par l'installation.....	80
III-2-4-1. Régimes du neutre.....	80
III-2-4-2. Classement des appareils bt (matériels).....	80
III-2-4-2-1. Appareils de classe 0.....	81
III-2-4-2-2. Appareils de classe I.....	81
III-2-4-2-3. Appareils de classe II.....	81
III-2-4-2-4. Appareils de classe III.....	81
III-2-4-3. Indices de protection	82
III-2-4-4. Dispositifs de protection.....	83
III-2-5. Appareils de séparation, de coupure et de protection.....	84
III-2-5-1. Sectionneur.....	84
III-2-5-2. Interrupteur-sectionneur	84
III-2-5-3. Fusibles et courbes.....	85
III-2-5-4. Disjoncteur & disjoncteur-sectionneur.....	85
III-2-5-5. Courbe de disjoncteur	85
III-2-5-6. Disjoncteur différentiel.....	86
III-2-5-7. Contacteur de puissance.....	87
III-2-5-8. Sélectivité des protections.....	87
III-2-5-9. Appareils de protection à courant différentiel résiduel.....	88
III-2-5-10. Appareils mobiles en basse tension.....	88
III-2-5-10-1. Généralités.....	88
III-2-5-10-2. Lampe baladeuse	88
III-2-5-10-3. Prolongateur – enrouleur	89
III-2-5-10-4. Appareils de mesure.....	89
III-2-5-10-5. Appareils électriques portatifs / outils portatifs	89
III-2-6. Situations particulières.....	89
III-2-6-1. Postes de soudure.....	89
III-2-6-2. Enceintes exigües conductrices.....	90
III-2-6-3. Galeries des chantiers souterrains.....	91
III-2-6-4. Lignes de tir électrique.....	92
III-2-7. Chantiers extérieurs.....	92
III-2-7-1. Température.....	92
III-2-7-2. Humidité et poussière.....	93
III-2-7-3. Contraintes mécaniques.....	94

III-2-7-4. Autres contraintes.....	94
III-2-7-5. Compétence des personnes.....	95
III-2-7-6. Règles générales	95
III-2-7-7. Entretien et vérification de l’outillage.....	95
III-2-7-8. Entretien et vérification des installations	96
III-2-8. Entretien.....	96
III-2-9. Vérifications.....	97
III-2-10. Equipements ht particuliers	97
III-2-10-1. Indices de protection	98
III-3.CONCLUSION.....	98
Chapitre IV : PREVENTION ET MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES	
IV-1. INTRODUCTION.....	99
IV-2. PREVENTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES.....	99
IV-2-1. Education à la sécurité électrique.....	100
IV-2-2. Effets physiologiques du courant	100
IV-2-3. Prévention lors des contacts directs et indirects.....	102
IV-2-3-1. Les mesures de protection contre les contacts directs.....	102
IV-2-3-2. Les mesures de protection contre les contacts indirects.....	103
IV-2-4. Mesures préventives à entreprendre (procédures de travail électrique).....	104
IV-3. TRAVAUX HORS TENSION	105
IV-4. TRAVAUX SOUS TENSION	109
IV-4-1. Généralités.....	109
IV-4-2. Cas où le travail sous tension est autorisé.....	110
IV-4-3. Travaux sous tension ou à proximité immédiate d’installations électriques sous tension.....	111
IV-4-4. Méthodes de travail	111
IV-4-5 Procédures opératoires	114
IV-5. TRAVAUX AUX VOISINAGES.....	115
IV-6. DISTANCES DE SECURITE.....	116
IV-6-1. Locaux réservés aux électriciens (Ire).....	116
IV-6-2. Zone d’environnement.....	116
IV-6-3. Travaux près des lignes électriques.....	119
IV-7. SECOURISME DE BASE.....	120
IV-8. PRINCIPES DE PROTECTION	123
IV-9. METHODOLOGIE	123
IV-9-1. Mesures passives.....	123

IV-9-2. Mesures actives.....	124
IV-10. CONCEPTION DES INSTALLATIONS.....	125
IV-11. PRINCIPALES RECOMMANDATIONS	127
IV-12. CONCLUSION	128
CHAPITRE V : SECURITE DU PERSONNEL LORS DES OPERATIONS ELECTRIQUES	
V-1. INTRODUCTION	129
V-2. REGLEMENTATION	129
V-3. MESURES DE SECURITE.....	131
V-3-1. Recueil de prescription au personnel « rpp »	131
V-3-2. Définitions	132
V-3-2-1. Ouvrages.....	132
V-3-2-2. Operations.....	132
V-3-3. Organisation de travail	133
V-3-3-1. Préparation du travail.....	134
V-3-3-2. Analyse sur le chantier	134
V-3-3-3. Exécution des taches	135
V-3-3-4. Acteurs et leur rôle.....	136
V-3-3-5. Documents employés.....	137
V-4. FORMATION ET HABILITATION.....	138
V-4-1. Formation.....	138
V-4-2. Habilitation	139
V-4-2-1. Symboles habilitations.....	139
V-4-2-2. Titre de l’habilitation.....	140
V-4-2-3. Attribution, maintien et renouvellement de l’habilitation.....	142
V-4-2-4. Niveaux de l’habilitation	143
V-4-2-5. Démarche de l’habilitation.....	144
V-4-2-6. Qui habilite et qui est habilite.....	145
V-4-2-7. Conditions de l’habilitation électrique.....	145
V-5. MATERIEL DE PROTECTION.....	145
V-5-1. Equipement de protection individuelle (epi).....	145
V-5-2. Equipement individuel de sécurité (eis).....	149
V-5-3. Equipement collectif de sécurité (ecs).....	150
(écrans, grillages de protection et protecteurs isolants)	
V-6. SOINS AUX ELECTRISES.....	157
V-7. PREMIERS SOINS.....	159

V-8. BRULURES ELECTRIQUES.....	159
V-9. CONSIGNES A DONNER AU TRAVAILLEURS.....	160
V-10. CONCLUSION.....	161
 CHAPITRE VI : LES INCENDIES DANS LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES	
VI-1. INTRODUCTION	162
VI-2. CARACTERISTIQUES DES INCENDIES ELECTRIQUES.....	162
VI-2-1.Statistiques et causes des incendies.....	163
VI-2-1-1.Statistiques des incendies.....	163
VI-2-1-2.Causes des incendies.....	165
VI-2-2. Causes directes internes.....	165
VI-2-3. Interactions.....	168
VI-3. MESURES DE PREVENTION DES INCENDIES D'ORIGINE ELECTRIQUE.....	169
VI-3-1. Reglementation et norms.....	170
VI-3-2. Reaction au feu.....	172
VI-3-3. Resistance au feu.....	172
VI-3-4. Integration de la prevention a differents stades.....	173
VI-3-4-1. Conception d'un materiel.....	173
VI-3-4-2. Realisation d'un materiel.....	173
VI-3-4-3. Installation.....	174
VI-3-4-4. Utilisation.....	176
VI-4. CARACTERISTIQUES DES MATERIELS ELECTRIQUES DU POINT DE VUE DU RISQUE D'INCENDIE.....	177
VI-4-1. Essais des materiels.....	177
VI-4-2. Conditions d'installation.....	178
VI-4-3. Canalisations electriques.....	178
VI-4-4. Materiels electriques.....	179
VI-4-5. Materiels pour atmospheres explosibles.....	182
VI-5. DETECTION DU FEU ET LUTTE CONTRE L'INCENDIE.....	184
VI-5-1. Généralités.....	184
VI-5-2. Classes de feu.....	185
VI-5-3. Comburant.....	186
VI-5-4. Element d'inflammation.....	186
VI-5-5. Regles de lutte contre l'incendie.....	187
VI-5-6. Detection.....	188
VI-5-6-1. Role du systeme de detection.....	188

VI-5-6-2. Systeme de detection.....	189
VI-5-6-3. Installation de detection.....	189
VI-5-7. Moyens de lutte contre l'incendie.....	190
VI-5-7-1. Agents extincteurs.....	191
VI-5-7-2. Moyens d'action mobiles.....	192
VI-5-8. Conduite à tenir.....	195
VI-6. CONCLUSION.....	196

Chapitre VII : ANALYSE DES RISQUES ELECTRIQUES PAR LA METHODE AMDEC A FERTIAL ANNABA

VII-1. INTRODUCTION.....	197
VII-2. AMDEC (ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE).....	197
VII-2-1. Definition.....	197
VII-2-2. Les objectifs de l'amdec.....	197
VII-2-3. Les aspects de la methode.....	198
VII-3. PRESENTATION DE FERTIAL ANNABA.....	199
VII-3-1. Historique du complexe.....	199
VII-3-2. Presentation du complexe.....	200
VII-3-3. Les unites de production.....	201
VII-3-4. Description de l'unité centrale cu2.....	201
VII-3-4-1. Description par installation (sections).....	202
VII-4. IMPLANTATION ET PRESENTATION DU POSTE ELECTRIQUE 63/5.5 KV.....	203
VII-4-1. Situation géographique.....	203
VII-4-2. Presentation du poste électrique t3 63/5.5 kv.....	203
VII-4-3. Les risques liés au poste.....	204
VII-4-4. Application de la methode d'amdec.....	205
VII-4-5. Resultats de l'application.....	210
VII-4-6. Interpretation.....	211
VII-4-7. Statistiques avant et après l'application de l'amdec.....	211
VII-4-8. Choix des appareils de protection.....	213
VII-4-9. Les moyens de protection du poste électrique 63/5.5 kv.....	213
VII-4-9-1. Protection contre le contact direct.....	213
VII-4-9-2. Protection contre le contact indirect.....	214
VII-4-9-3. Protection contre le risque brulure.....	214
VII-4-9-4. Consignation électrique.....	214

VII-5 CONCLUSION.....	216
CONCLUSION GENERALE.....	217
BIBLIOGRAPHIE	

INTRODUCTION GENERALE

Le phénomène d'électricité tue chaque année des personnes. Bien que l'on connaisse l'électricité depuis l'antiquité, qui se matérialisait alors sous forme d'électricité statique, chaque année, on compte plusieurs milliers d'accidents d'origine électrique dans le monde du travail dont des centaines sont mortels.

L'emploi généralisé de l'énergie électrique dans tous les domaines (depuis le foyer domestique jusqu'à la grande industrie, en passant par l'artisanat, de l'agriculture et le tertiaire) fait que le risque d'accidents électriques se trouve également partout présent. Présent et invisible, le courant a en revanche le mérite d'être bien connu, facile à maîtriser, ce qui, tout compte fait, le rend presque familier.

Si le poids relatif des accidents électriques ne paraît pas très élevé par rapport à ceux dus aux autres risques tels que la circulation et le milieu domestique, la prévention n'en demeure pas moins indispensable, notamment dans certains secteurs d'activité, plus particulièrement exposés aux risques, tels le bâtiment et les travaux publics, l'industrie, l'exploitation et les travaux sur réseau et installations électriques.

Les dangers du courant électrique résident dans son caractère très particulier ; c'est un fluide invisible, incolore, inodore et insonore. Ses dangers sont dus à l'utilisation mal contrôlée et le non-respect des prescriptions et des textes réglementaires.

En vue d'élever le niveau de sécurité, la prévention contre les risques électriques commence par des améliorations techniques apportées aux installations et aux matériels.

Il faut reconnaître que la prévention des accidents électriques est simple et ne nécessite pas la mise en œuvre de moyens très onéreux. Dans sa conception rationnelle, elle assure à la fois la protection du personnel et des installations de toute nature, en particulier la protection contre les dangers d'incendie, d'où son importance et son impérieuse nécessité. Comme par ailleurs le processus de l'accident électrique est bien connu et qu'il tient à très peu de chose qu'un accident bénin ne devienne mortel, la pratique de la réanimation fait partie de la prévention et complète les mesures techniques. L'entraînement du personnel à cette pratique est donc essentiel.

La prévention des accidents électriques dans les pays en voie de développement ne se présente pas de la même manière que dans les pays industrialisés. Si les principes et les techniques de base restent les mêmes, les conditions d'application sont différentes. D'abord, la nature générale des risques est souvent soumise à des facteurs locaux, notamment à l'influence aggravante des facteurs climatiques.

La résistance élevée des circuits de terre à certaines périodes de l'année constitue une difficulté pour assurer la protection de la personne.

Afin de fiabiliser les méthodes d'exploitation et de maintenance industrielles, la sécurité des personnes et des biens est primordiale.

Dans ce contexte, nous avons effectué une étude générale sur la prévention des risques électriques au sein de L'unité centrale utilité II FERTIAL.

Le but de ce modeste travail présenté dans ce mémoire est de connaître le risque électrique et ses conséquences surtout les conséquences humaines ; ainsi de présenter les moyens de prévention et protection dont le but d'augmenter la sécurité électrique dans l'industrie.

Pour atteindre l'objectif de ce mémoire qui est la prévention et la protection contre les accidents d'origine électrique et le choix des appareils de protection, notre mémoire développé en **07 chapitres**, s'organise de la façon suivante :

-CHAPITRE I : intitulé « GENERALITES SUR LE RISQUE ELECTRIQUE »

-CHAPITRE II : intitulé « NATURE ET IMPORTANCE DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE »

-CHAPITRE III : intitulé « ASPECTS TECHNOLOGIQUES RELATIFS AUX DANGERS DE COURANT ELECTRIQUE »

-CHAPITRE IV : intitulé « PREVENTION & MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES »

-CHAPITRE V : intitulé « SECURITE DU PERSONNEL LORS DES OPERATIONS ELECTRIQUES »

-CHAPITRE VI : intitulé « LES INCENDIES DANS LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES »

-CHAPITRE VII : intitulé « ETUDE DE CAS : ANALYSE DES RISQUES ELECTRIQUES PAR LA METHODE AMDEC A FERTIAL ANNABA ».

On va conclure à la fin de notre travail toutes les mesures de sécurité relatives à la prévention et/ou la protection contre les risques électriques.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE RISQUE ELECTRIQUE

I-1. INTRODUCTION

L'électricité est l'interaction de particules chargées sous l'action de la force électromagnétique. Ce phénomène physique est présent dans de nombreux contextes : l'électricité constitue aussi bien l'influx nerveux des êtres vivants que les éclairs d'un orage.

L'électricité ne se voit pas, ne s'entend pas, n'a pas d'odeur mais entraîne chaque année des accidents graves par contact direct ou indirect avec des pièces nues sous tension. Le risque électrique en milieu de travail, s'il est mieux maîtrisé, reste toujours présent. Les statistiques prouvent la diminution du nombre d'accidents tout en soulignant leur exceptionnelle gravité. Le nombre d'accidents 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 mortels que l'ensemble des accidents de travail.

Elle est largement utilisée par les sociétés développées pour transporter de grandes quantités d'énergie facilement utilisables.

Comme source d'énergie indispensable, l'électricité est utilisée dans les domaines les plus divers. Elle est, également, à l'origine de nouvelles technologies. Notre vie quotidienne est subordonnée à l'usage du courant électrique, que se soit simplement pour l'éclairage ou le fonctionnement de la plupart des appareils qu'ils soient ménagers, agricoles ou industriels.

L'électricité est devenue tellement familière que l'on en oublie les risques. Rares sont les personnes n'ayant pas subi une fois dans leur vie une légère décharge électrique dans les doigts, chez elles ou sur leur lieu de travail. Ce n'est généralement qu'une alerte mais qui doit inciter à la prudence car il existe des accidents plus graves.

Les propriétés de l'électricité ont commencé à être comprises au cours du XVIII^e siècle. La maîtrise du courant électrique a permis l'avènement de la seconde révolution industrielle.

Aujourd'hui l'énergie électrique est omniprésente dans les pays développés : A partir de différentes sources d'énergie (principalement hydraulique, thermique et nucléaire), l'électricité est de nos jours un vecteur énergétique employé à de très nombreux usages domestiques ou industriels.

Quant à l'électricité dans la nature, les échanges électriques sont omniprésents. En général, il s'agit de phénomènes ni très visibles, ni évidents, mais ils sont fondamentaux ; les forces *électromagnétiques et électrofaibles* font partie des quatre *interactions fondamentales* qui structurent tout l'*Univers*.

Répondre aux questions qui se posent sur les risques d'origine électrique, est l'objectif de notre étude.

1- Foudre



Figure I.1 : Foudre

La friction de nombreux matériaux naturels ou artificiels produit de la triboélectricité. La foudre est une énorme décharge électrique due à l'accumulation d'électricité statique dans les nuages. En temps normal l'air est un isolant qui ne laisse pas passer l'électricité. Quand les nuages d'orages accumulent trop de charges électriques, ils parviennent à modifier la structure de l'air en la transformant localement en un plasma ionisé qui conduit l'électricité. Des arcs électriques se forment alors entre le nuage et la terre : les éclairs. L'électrisation de l'air peut donner lieu à d'autres phénomènes, comme le *feu de Saint-Elme*.

2- Au cœur de la matière

Les circulations de charges électriques interviennent dans de nombreux phénomènes naturels, et notamment dans les réactions chimiques d'oxydoréduction comme la combustion.

Le champ électromagnétique terrestre est lui aussi créé par des courants électriques circulant dans le noyau de notre planète.

3- Poissons électriques (Torpille du Pacifique)

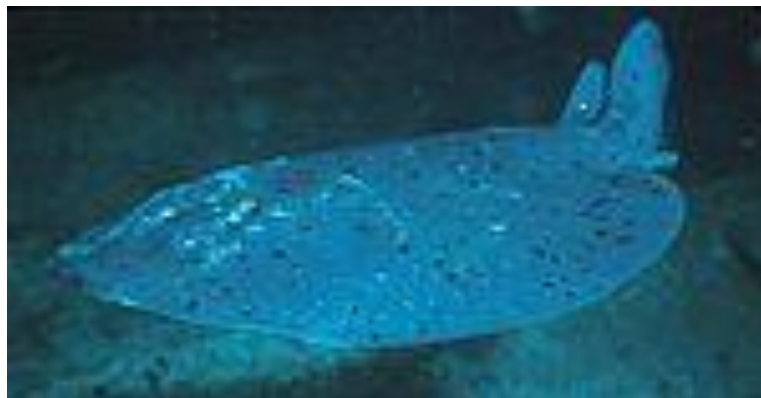


Figure I.2 : Poisson électrique

Les poissons électriques sont capables d'utiliser le courant électrique pour s'orienter, pour se protéger ou bien pour communiquer. Il existe des espèces capables de produire de véritables décharges électriques : 620 V pour l'anguille électrique ; cela lui permet

d'assommer ses proies avant de les consommer. Ils produisent de telles décharges électriques grâce à leurs organes électriques, qui ont une structure interne semblable aux muscles du corps humain.

4- Influx nerveux

Tous les êtres vivants produisent de l'électricité pour animer les muscles ou pour transmettre de l'information par l'influx nerveux des nerfs par exemple. C'est ainsi que les médecins utilisent l'électrocardiographie et l'électro-encéphalographie pour vérifier le bon fonctionnement du cœur ou du cerveau. La science qui étudie la production d'électricité par les êtres vivants est l'électrophysiologie.

I-2. HISTOIRE DE L'ELECTRICITE

L'électricité est un mot provenant du grec *ēlektron* signifiant ambre jaune. Les anciens Grecs avaient découvert qu'en frottant l'ambre jaune, celui-ci produisait une attirance sur d'autres objets et, parfois des étincelles. Ils ont donc appelé cette force *électricité*.

L'électricité existe depuis l'antiquité, elle se matérialisait sous forme d'électricité statique. Cette forme d'électricité était connue par ses dangereuses manifestations, non expliquée ! Tels que la foudre "colère des Dieux", le frottement électrostatique agaçant des vêtements, ou encore la magie de l'étincelle qui provoque l'explosion dans les vapeurs de poussière dans l'air.

Le philosophe et savant grec *Thaïs de Millet*, au VI^e siècle av. J. C. qui découvrit le phénomène d'électrisation : Il avait observé qu'un morceau d'ambre frotté énergiquement acquérait la propriété d'attirer de petits corps légers, telles des billes de moelle de sureau et, par la suite, la force mystérieuse qui se manifestait ainsi fut nommée « *electricitas* » dans le latin scientifique du XVII^e siècle (d'après le mot grec *ēlektron*, « ambre » et « *électricité* » en français).

L'électricité statique est devenue applicable dernièrement; c'est un phénomène parasite secondaire, pire encore, invisible et discrète, elle peut provoquer des accidents aux conséquences plus au moins graves.

William Gilbert, le premier, dans son *De Magnete* (1600), fait la distinction entre corps électriques (il introduit ce terme) et magnétiques. Il assimile la Terre à un aimant, note les lois de répulsion et d'attraction des aimants par leur pôle et l'influence de la chaleur sur le magnétisme du fer. Il donne aussi les premières notions sur l'électricité, dont une liste des corps électrisables par frottement.

Une période d'observation commence au XVIII^e siècle où l'on apprend à créer de l'électricité statique. Monsieur *Du Fay* dit *Charles-François* de Cisternay, en 1733 découvre les charges positives et négatives, observe les interactions entre ces charges.

En 1799, Alessandro Volta invente la pile électrique et en 1868 le Belge *Zénobe Gramme* réalise la première dynamo.

Au début des années 1800, l'électricité a commencé de prendre son croissance dans le monde.

En 1803 était la première production du courant électrique par un italien qui s'appelle *Volta* qui a inventé une batterie. C'est alors que des risques sont apparus.

En 1883, *Lucien Gaulard* et *John Dixon Gibbs* créent la première ligne électrique.

En 1889, une ligne de 14 km est construite dans la Creuse, entre la Cascade des Jaraudes, lieu de production, et la ville de Bourgneuf.

En 1897, l'américain *Thomas Edison* a mis au point une ampoule électrique à incandescence et construit la première centrale électrique à Manhattan (une turbine au charbon faisant tourner un alternateur).

Une centrale hydraulique de 7 kW est construite la même année à Saint-Moritz.

D'autres suivront très vite, à Paris, Londres, et Berlin. Ensuite tout s'emballa très vite, le courant remplace la vapeur pour faire tourner des machines plus sophistiquées dans les usines, des génératrices de plus en plus puissantes pour recharger des piles de plus en plus grosses, ceci impliqua des tensions de plus en plus élevées et inévitablement des accidents de plus en plus graves. C'est la seconde révolution industrielle qui commence avec les aléas du risque potentiels du courant électrique.

L'électricité se développe alors progressivement pendant le XXe siècle, d'abord dans l'industrie, l'éclairage public et le chemin de fer avant d'entrer dans les foyers. Différents moyens de production de l'électricité se développent : Centrales hydraulique, thermique, éolienne, puis nucléaire...

I-3. LEGENDE ET HISTOIRE SUR LE RISQUE ELECTRIQUE

Les historiens de la science se réfèrent avec complaisance aux textes bibliques et aux témoignages anciens. L'histoire de l'électricité n'a pas échappé à leurs investigations, et plus particulièrement le risque électrique.

Il a été trouvé dans les textes bibliques une référence inattendue : L'arche d'alliance aurait été la première machine électrique. Soumise aux champs électriques qui, dans la zone désertique, peuvent atteindre plusieurs centaines de volts par 1m à 2 m du sol, son armature métallique pouvait se charger à un potentiel dangereux, et foudroyer les impies (sacrilèges), tout en restant sans danger pour les prêtres enfermés dans leur cage de Faraday constituée de fils d'or tissés dans leurs vêtements. L'arche était équipée d'anneaux d'or aux quatre angles dans lesquels coulissaient des bâtons de bois d'acacia recouverts d'or, réalisant ainsi la première mise à la terre.

L'électricité, sous la forme de ses manifestations atmosphériques a été longtemps considérée comme l'esprit du mal, l'effet de la colère des Dieux. L'histoire abonde des tentatives tragiques de nombreux chercheurs et même, parmi eux, deux rois qui imaginèrent des systèmes de protection contre la foudre. Au Xe siècle, le savant *Gerbert*, plus connu sous le nom de *pape Sylvestre II*, jalonnait le sol de perches terminées par des fers de lances très pointus pour protéger les lieux.

L'homme a basé sa civilisation contemporaine sur le progrès technologique lié à l'énergie électrique. Cependant, le courant électrique est une arme à deux tranchants, il continue de sévir, en causant des incendies, des explosions, de graves séquelles physiologiques, voir même la mort, chez qui ne sait pas respecter les règles de la sécurité électrique.

Pour expliquer le phénomène de la foudre, l'homme faisait appel à des divinités. La foudre était associée à la colère des Dieux et à la notion du châtimeur pour les fautes et les péchés commis. Aux 18^{ème} siècle, **FRANKLIN** et **DALIBARD** ont décliné les premières recherches scientifiques sur la foudre.

FRANKLIN (physicien américain - Boston 1706 - Philadelphie 1790), inventa le paratonnerre en 1752. Il adopta le premier la notion d'isolement électrique de l'opérateur avec des fils de soie, et posa le principe de la mise à la terre.



Figure I.3 : Choc de foudre

La découverte des propriétés de l'électricité statique avec la bouteille de Leyde, vers 1746, et les expériences de décharge électrique que propageait le savant **abbé Nollet** a polarisé pour un temps l'opinion qui se ruait dans les salons parisiens

Mais les savants, poursuivant les recherches pour domestiquer la foudre établirent un rapport entre celle-ci et l'électricité. Il y a deux siècles, **Benjamin Franklin** réalisa de nombreuses expériences (le cerf-volant restant la plus célèbre) ; il adopta le premier la notion d'isolement électrique de l'opérateur avec des fils de soie, et posa le principe de la mise à la terre. Cette précaution importante était bien connue de son contemporain, le professeur **Richmann**, membre de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg qui, répétant des expériences sur la foudre (celles de **Franklin**, **Buffon**, **Lemonnier**, **de Romas** et autres) avait été électrocuté, le 6 août 1753. Par temps d'orage, se disposant à mesurer les décharges au moyen d'un électromètre « n'étant plus qu'à un pied du conducteur, un globe de feu bleuâtre, gros comme le poing, vint le frapper au front et l'étendit mort ». On peut le considérer comme étant le premier exemple, attesté scientifiquement, d'accident électrique.

Les premières études scientifiques sur l'action physiologique du courant électrique s'engagèrent alors en France et les noms des chirurgiens des armées impériales **Larrey** et **Bichat** y sont attachés, tandis que le docteur **Uré** réalisa les premières expériences de réanimation des électrisés.

Des recherches sur les effets physiopathologiques du courant électrique ont été effectuées par de nombreux chercheurs ; parmi eux, il convient de citer les noms de **Dalziel, Ferris, Jacobsen Knickerbocker, Koeppen, Sam, Ozyпка, Lee...** Ces travaux ont porté sur des animaux vivants dont les réactions peuvent être extrapolées par rapport à celles de l'homme. Des mesures de résistance ont également été effectuées sur des cadavres humains peu de temps après leur décès.

Vers 1790, l'anatomiste italien **Galvani** entra dans le domaine des réactions de l'organisme animal au courant électrique avec ses expériences sur les grenouilles, et **Volta**, pour réfuter les conclusions du premier, construisit la première pile électrique qui marque le début de la nouvelle et grande période de l'électricité.

En 1956, le professeur **Esclangon** mourait électrocuté devant trois cent étudiants.

Le 17 octobre 1969 – France, Un accident limité au site s'est produit à la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux. L'accident entraîne la fusion de cinq éléments combustibles dans le réacteur A1. Lors du déchargement, les opérateurs ont ordonné de charger un canal d'uranium et de graphite. Le réacteur est resté un an à l'arrêt pour un coût de 20 millions de francs (un peu plus de trois millions d'euros).

Entre 1970 et 1980, le professeur autrichien **Biegelmeier** s'est livré tensions allant de 10V à 220 V, entre différentes parties de son corps et dans différentes conditions d'humidité. Il a ainsi effectué plus de 600 mesures qui ont permis d'améliorer de façon importante nos connaissances sur les effets du courant électrique sur le corps humain. Inutile de préciser que cet homme courageux s'était entouré de toutes les précautions nécessaires pour éviter tout risque d'accident ; en particulier, le circuit, qui l'alimentait, était protégé par quatre dispositifs différentiels de 30 MA en série, et son assistant disposait des moyens de réanimation nécessaires.

En 1974 Sao Polo, 179 mort, tragique bilan qui n'avait pour origine qu'un banal court circuit électrique.

En 1978, le chanteur **Claude François** est électrocuté dans sa salle de bain.

En 1982, aux pays bas, une explosion de 240 kg de propergol dans une usine de poudre, causée la mort de trois ouvriers. Les recherches et les enquêtes considère l'électrostatique comme la cause la plus probable à l'origine de l'accident ; l'étincelle provoquée par un employé chargée aurait enflammé de la poussière d'explosifs.

Le 26 Avril 1986 – Ukraine, un accident a émergé à Tchernobyl dans une centrale nucléaire. La cause principale de cet accident est due à l'homme plus précisément son erreur humaine.

Le 11 Mars 2011- Japon, un séisme de magnitude 9 entraine un tsunami de plus de 14m, ce dernier s'est produit l'accident nucléaire majeur au niveau de la centrale de Fukushima et les conséquences étaient désastreuses.

I.4. REGLEMENTATION ET NORMES

I.4.1 REGLEMENTATION ; LES TEXTES OFFICIELS

Les textes réglementaires relatifs au code du travail sont élaborés à partir de décrets pris par le ministre de tutelle afin d'assurer l'hygiène et la protection des travailleurs. Les textes législatifs répondent à une hiérarchie :

- **La Loi** : Elle est votée par l'assemblée nationale, elle définit des objectifs à atteindre.
- **Le Décret** : Il est issu de loi signée par le ministre du gouvernement concerné, il précise les buts à atteindre.
- **L'arrêté** : Il est signé par le ministre du gouvernement concerné, il précise les moyens.
- **La Circulaire** : Elle est émise par les services techniques ou administratifs des ministères, et destinée aux fonctionnaires, elle analyse les textes et détermine une ligne d'action.
- **La Note Technique** : Elle est mise par les services techniques des ministères, et destinée aux fonctionnaires, elle donne une interprétation technique d'un point particulier.

[1]

Les textes réglementaires relatifs au domaine électrique sont publiés au journal officiel. C'est le **décret 88 1056 du 14 Novembre 1988** qui aborde la protection des travailleurs dans les établissements assujettis au code du travail **livre 2 titre 3** qui mettent en œuvre des courants électriques. Il s'applique aux toutes entreprises ayant des installations électriques ou aux voisinages. [1]

Il est le plus détaillé en la matière puisqu'il comprend **62 articles** répartis en **7 sections**.

- La section **I** contient des mesures générales et administratives.
- La section **II** traite des obligations à suivre pour l'exécution, la surveillance, l'entretien et la vérification des installations électrique.
- Les sections **III, IV et V** qui sont les parties maîtresse du décret traitent de la prévention des risques d'électrocution et des risques de brûlures, incendie et explosions d'origine électrique.
- La section **VI**, comporte les obligations contribuant à éviter l'apparition du risque, en complément à la section II, et traite de l'utilisation, l'exécution, la surveillance, l'entretien et la vérification des installations.
- Quant à la section **VII**, elle vient compléter la section **I** qui contient des mesures plus générales ou administratives.

I.4.2 NORMALISATION

Il existe plusieurs niveaux de normalisation pour l'électricité : International, continental ou national qui est représentés par des organismes agréés qui élaborent divers types de documents, en particulier des **NORMES**. [2]

Les normes de l'électricité sont des méthodes, des règles et des prescriptions adressées aux personnes exposées à l'électricité ou au risque électrique et aux constructeurs du matériels électriques. Les principales normes sont les suivantes :

➤ **Les normes françaises NFC de réalisation:**

- **NF C 15 100** - installations électriques à basse tension. (*Voir annexe n 12*)
- **NFC 42020** (ou CEI 1010 ou EN61010) - appareils de mesure.
- **NF C 13 100** - postes de livraison.
- **NF C 14 100** - installations de branchement basse tension.

➤ **Les normes françaises NFC de conception:**

- **NF C 15 100 et NF EN 60-529** - classification des degrés de protection.
- **NF C 20 030** - protection contre les chocs électriques.
- **NF C 71 008** – baladeuses

➤ **La norme française maitresse de l'UTE est l'UTE C 15-100** qui englobe les normes de réalisation et de conception des installations électriques, et qui fait appel à d'autres normes, entre autres, les normes suivantes :

- **UTE C 15-211**- Locaux Médicaux
- **UTE C 15-107** - Canalisations préfabriquées
- **UTE C 15-411** - Alarmes
- **UTE C 15-531** - Parafoudres en TT
- **UTE C 15-103** - Influences externes
- **UTE C 15-476** - Sectionnement et commande
- **UTE C 15-106** - Section PE
- **UTE C 15-105** - Guide pratique
- **UTE C 15-520** - Canalisations : mode de pose
- **UTE C 15-801** - Installations Électriques dans les meubles
- **UTE C 15-150** - Lampes à décharges
- **UTE C 15-421** - Fréquences 100 à 400 Hz
- **UTE C 15-201** - Grandes cuisines
- **UTE C 15-401** - Groupes thermiques
- **UTE C 15-103** - Indice de protection

En 1969, la Commission électrotechnique internationale décida d'établir les seuils d'apparition de danger en fonction des divers paramètres qui agissent toujours en interdépendance étroite (en particulier le courant i et le temps t avec la charge $Q = it$), afin notamment de permettre aux différents comités d'études de fixer avec précision les règles de sécurité que devaient respecter les matériels et installations électriques. Il s'agissait, en particulier, de déterminer les conditions de protection qui devaient permettre aux dispositifs à courant différentiel résiduel d'assurer une protection contre les contacts directs en cas de défaillance des autres mesures de protection.

Cette étude fut confiée par la CEI au groupe de travail no 4 du comité d'études 64 – Installations électriques des bâtiments. Ce groupe de travail, composé de médecins, de physiologistes, d'ingénieurs de sécurité, publia dès 1974 un premier rapport portant l'indice 479 et donnant une première approche des dangers du courant électrique passant par le corps humain ; cette publication reconnaissait notamment que la probabilité d'apparition des

accidents était très faible dans des circonstances habituelles, à des tensions inférieures ou égales à 50 V en courant alternatif à 50 Hz et à 75 V en courant continu.

Ayant rassemblé toute la littérature disponible à ce sujet, le groupe de travail reprenait ses études d'une façon plus approfondie et une deuxième édition de la publication 479 était publiée en deux parties, comprenant six chapitres ; ce rapport donne des informations très complètes :

- Le rapport 479-1, sur les valeurs de l'impédance électrique du corps humain, sur les effets du courant alternatif de 1,5 à 100 Hz, sur les effets du courant continu ;
- Le rapport 479-2, sur les effets des courants de fréquence supérieure à 100 Hz, les formes d'ondes spéciales, les impulsions de courte durée.

Le groupe de travail prépare une troisième édition du rapport 479 tenant compte, d'une part, des plus récentes expériences du professeur *Biegelmeier* sur lui-même et, d'autre part, de nouvelles mesures effectuées sur des animaux ; la première partie Aspects généraux étant publiée.

I-5. STATISTIQUES DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE

I-5-1. INTRODUCTION

Les accidents d'origine électrique sont plus fréquents qu'on ne le croit. Pour des raisons diverses.

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 mortelles 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.

On compte plus de **1 000 accidents d'origine électrique** dans le monde du travail dont une vingtaine est « mortel ». En milieu domestique il faut largement multiplier ces chiffres par 4 ou 5.

Depuis une trentaine années, le nombre d'accidents de travail, ainsi que ceux qui sont graves dus à l'électricité, diminuent régulièrement. Toutefois, ces derniers restent particulièrement plus ou moins graves. Chaque année, une dizaine de travailleurs meurent électrocutés.

Les premières minutes qui suivent un accident sont très importantes pour les chances de survie : Il faut agir très vite, d'une part en coupant le courant sans toucher au corps de la victime, d'autre part en prévenant immédiatement les secours. De plus, les accidents liés à l'électricité peuvent être à l'origine d'incendies ou d'explosions. [3]

Les accidents d'origine électrique se produisent surtout lors d'opérations sur des installations fixes basse tension (armoires, coffrets, prises de courant...) au cours de l'utilisation de machines-outils portatives, ou lors d'intervention sur ou au voisinage de lignes aériennes, de postes de transformation et de canalisations enterrées.

Le phénomène naturel de la foudre y est aussi pour quelque chose ; il cause chaque année de nombreux dégâts, et tue de nombreuses personnes. La foudre frappe en moyenne 30 fois par seconde dans le monde.

Les accidents de travail et domestiques viennent renforcer ces chiffres. Même si le nombre de salariés est en hausse, les accidents de travail d'origine électrique diminuent d'année en année (**de 72 % de 1962 à 1993**). Et s'il est un domaine où la rigueur et la prudence s'imposent, c'est bien celui de l'installation électrique, car bien que les accidents du travail d'origine électrique ne représentaient que **0,14 %** du nombre totale des accidents du travail (**en 1995**), ils représentent tout de même **1,7 %** des accidents mortels. C'est dire que l'accident (déclaré) d'origine électrique, même rare, se révèle souvent très grave.

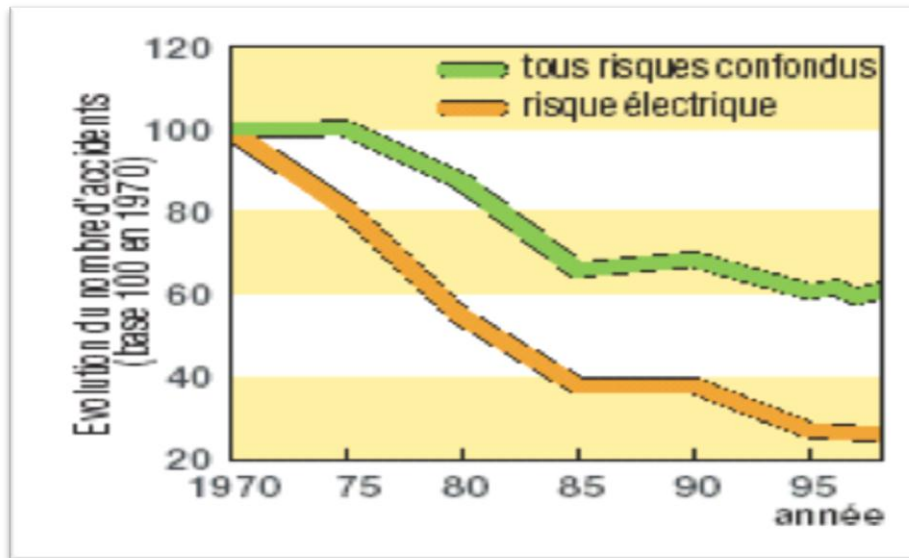


Figure 1.4 : Évolution des accidents d'origine électrique de 1970 à 1995

« LES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE SONT 10 FOIS PLUS MORTELS QUE LES ACCIDENTS ORDINAIRES ».

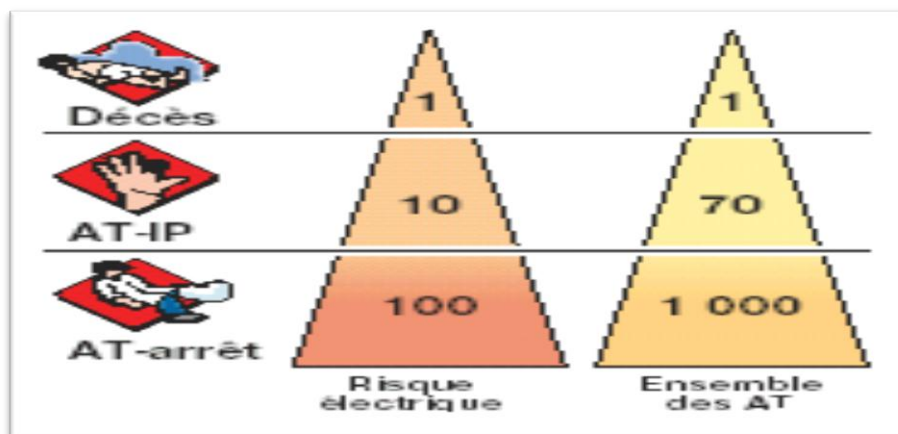


Figure 1.5 : Le triangle de sévérité

Il n'existe pas de structure nationale permettant l'établissement d'une statistique exhaustive sur l'origine des accidents.

Des éléments partiels sont cependant disponibles auprès des divers organismes intéressés, susceptibles de donner une représentation assez cohérente ; la principale difficulté est, toutefois, de discerner les causes premières de ces accidents qui, sauf cas particulier, ne sont pas connues avec suffisamment de précisions, et peuvent également faire l'objet d'interprétations diverses.

I-5-2. ANALYSE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL D'ORIGINE ELECTRIQUE RENDUE PAR L'INSERM

L'Inserm est, depuis cinquante ans, un organisme dédié à l'amélioration de la santé de tous. Notre établissement a en effet mis en place très tôt une organisation destinée à la prévention des risques et à la médecine de prévention. Objectif : veiller à supprimer, réduire et maîtriser les risques auxquels l'ensemble de ses personnels est susceptible d'être exposé, et de manière plus globale, préserver leur santé et concourir à l'amélioration de leurs conditions de travail.

L'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) est un établissement public de l'Etat habilité à gérer les accidents de service et les maladies professionnelles survenus à ses personnels fonctionnaires et agents sur CDD \geq à un an, sans l'intervention des caisses d'assurance maladie localement compétentes.

En conséquence, il appartient à l'Inserm de prendre directement en charge l'ensemble des frais occasionnés par les accidents de service, de travail ou les maladies professionnelles survenus à ses personnels.

Tableau I.1 : L'analyse des accidents fait par INSERM

	Mécanisme accidentel						Total
	Véhicules	Chutes de hauteur	Machines	électricité	Autres accidents	Accidents non classés	
Secteur d'activité							
Industries	1,0	0,5	0,8	0,1	0,8	1,6	4,8
Construction	2,0	3,9	1,5	0,5	2,0	2,9	12,8
Commerce	1,9	0,1	0,4	0,0	0,5	1,5	4,4
Transports	8,5	0,5	0,6	0,1	1,0	3,6	14,3
Activités financières	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	1,9	2,6
Services aux entreprises et activités immobilières	1,4	0,8	0,7	0,2	0,9	1,5	5,5
Services aux particuliers	0,8	0,4	0,0	0,0	0,9	1,1	3,2
Éducation, santé, action sociale	0,8	0,2	0,2	0,0	0,3	0,7	2,1

Administration	0,7	0,2	0,2	0,0	0,4	0,7	2,2
Tous secteurs	1,75	0,74	0,46	0,1	0,75	1,72	5,76

Tableau I.2 : Accidents d'origine électrique selon l'élément matériel en cause

❖ Accidents d'origine électrique selon l'élément matériel en cause (INSERM) :

On peut noter que, dans 69% des cas, les circonstances de l'électrisation ne sont pas connues ou sont insuffisamment précisées.

I-5-3. ANALYSE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL D'ORIGINE ELECTRIQUE RENDUE PAR L'INRS

Le siège des lésions dû à l'accident électrique est illustré sur le graphe ci-dessous.

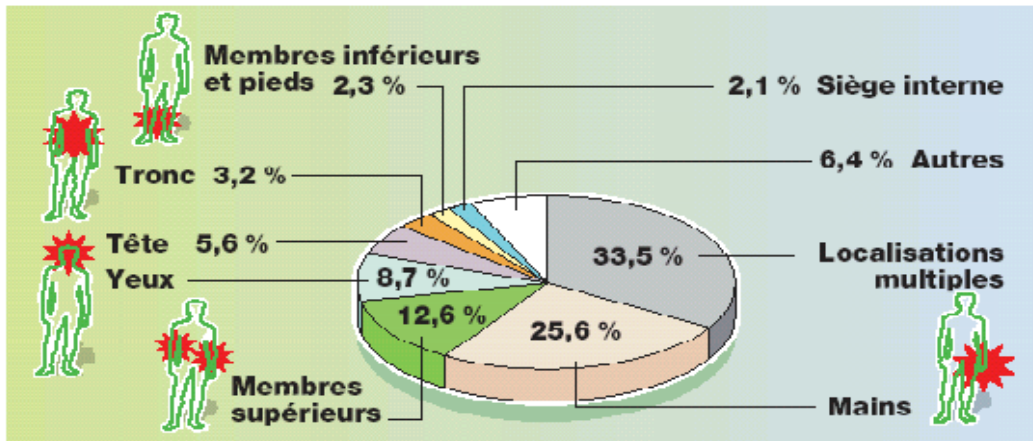


Figure 1.6 : Siège des lésions dues à l'accident électrique

Le courant et le cœur : en fonction des types de contacts :

- Tête-pied droit: 9.7 % ;
- Main droite- pied gauche: 7.9% ;
- Main-main : 2.9 % ;
- Pied-pied: 0% ;
- Tête-main gauche: 1.8%

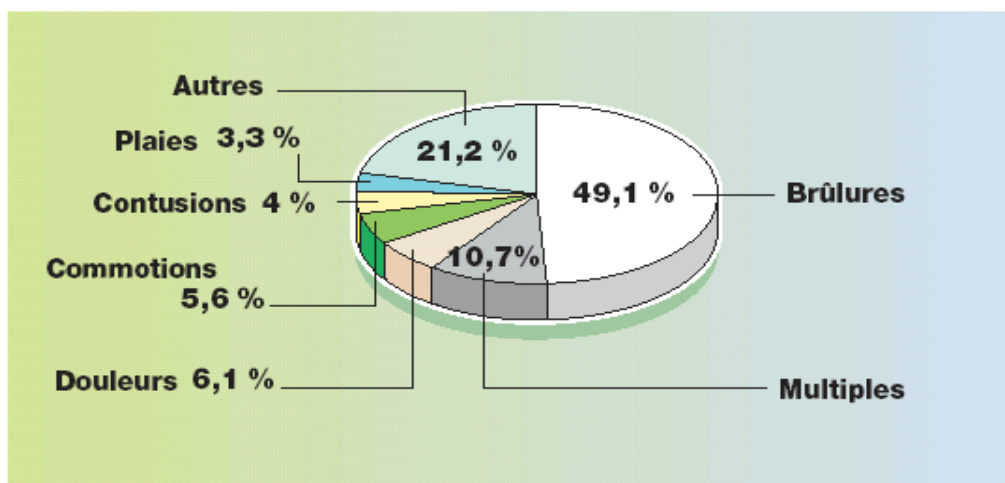


Figure 1.7 : Nature des lésions

Ces statistiques de l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) couvrent le domaine général des accidents du travail (Voir tableau I.3) ci-dessous.

L'analyse d'une centaine d'accidents sur des installations à basse tension, sur une quinzaine d'années, montre la répartition qui suit (INRS ES 325).

Les causes prépondérantes des accidents sont par conséquent, dans l'ordre d'importance, la mauvaise organisation du travail, les installations défectueuses et la non qualification des intervenants.

Si on intègre cette « non qualification » dans l'organisation du travail, on constate que cette dernière est, à elle seule, la cause de la moitié des accidents.

Tableau I.3 : Accidents électriques lors des travaux (INRS)

Tableau (INRS)			
Emplacement	Ateliers	45 %	La majorité des accidents a lieu sur des emplacements autres que les chantiers. Ce résultat n'est pas surprenant puisque ces accidents ne tiennent pas compte de ceux survenant avec des lignes aériennes des domaines à basse tension (BT) ou à haute tension (HT), qui sont très fréquents sur les chantiers
	Chantiers	10 %	
	Autres	35 %	
	Non précisés	10 %	
Matériel en cause	Canalisations	10 %	////////////////////
	Machines	45 %	
	Armoires, coffrets, prises de courant	45 %	
	Installation, modification, rénovation	23 %	
Nature du travail	Travaux d'ordre non électrique	30 %	On constate que les accidents surviennent, dans la majorité des cas, au cours de dépannages et, souvent, au cours de travaux d'ordre non électrique
	Dépannage	42 %	
	Nettoyage	2 %	
	Autres travaux	1 %	
	Non précisé	2 %	
Qualification du personnel accidenté	Qualification suffisante	50 %	Les victimes ont dans leur majorité une qualification suffisante pour les travaux qui leur ont été fixés
	Qualification insuffisante	20 %	
	Qualification sans rapport avec l'accident	30 %	
	Décès	32 %	
Conséquences de l'accident	Chocs électriques	36 %	////////////////////
	Brûlures	42 %	
	Contact direct	45 %	
	Contact indirect	20 %	
Nature du contact	Court-circuit	30 %	<p>On constate donc que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Près de la moitié des accidents est due à des contacts avec des conducteurs ou pièces nues sous tension; - 20 % le sont par suite de défaut d'isolement ; - Le tiers à la suite d'un court-circuit au cours de travaux. <p>En excluant les défauts d'isolement et en localisant les matériels sur lesquels ont eu lieu les autres accidents, on</p>
	Non précisé	5 %	

Travaux sous tension	Nécessaires	20 %	trouve que plus de la moitié des accidents surviennent lors d'interventions dans des armoires et dans des coffrets (42 %) ou sur de l'appareillage (28 %), 10 % se produisant avec des canalisations. On voit que près de la moitié des accidents est survenue lors de travaux où il n'était pas nécessaire de laisser les installations correspondantes sous tension. Parmi ces derniers, la victime était suffisamment qualifiée dans plus de la moitié des cas.
	Non nécessaires	45 %	
	D'ordre non électrique	30 %	
	Non précisé	5 %	
	Sur la centaine d'accidents analysés précédemment, on s'aperçoit, par ailleurs, que la proportion des principaux facteurs déterminants est la suivante :		
Installations défectueuses		28 %	////////////////
Travail mal organisé		35 %	////////////////
Ignorance du risque		5 %	////////////////
Matériel défectueux		4 %	////////////////
Fausse manœuvre		2 %	////////////////
Matériel inadapté		3 %	////////////////
Mouvement inopiné		1 %	////////////////
Opérateur non qualifié		15 %	////////////////
Non précisé		7 %	////////////////

I-5-4. ANALYSE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL D'ORIGINE ELECTRIQUE RENDUE PAR L'ESTI

Le nombre d'accidents électriques annoncés à l'ESTI en 2017 est en légère augmentation par rapport à l'année précédente.

Le nombre de cas a légèrement augmenté par rapport à l'année précédente, les accidents non professionnels dans le domaine électrique ont enregistré une hausse significative. Dans le cadre de sa mission.

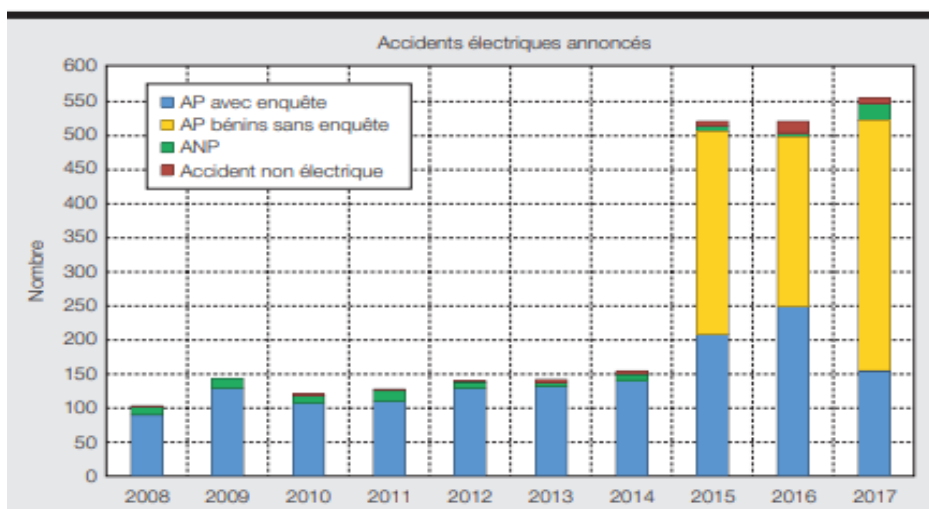


Figure 1.8 : Accidents électriques annoncés durant les 10 dernières années.

Les accidents graves et mortels dans le domaine professionnel sont toutefois en recul. Les accidents les plus nombreux concernent les électriciens dans le domaine de la basse tension.

Dans le domaine privé, 8 accidents impliquant un décès ont fait l'objet d'une enquête en 2017. Ce chiffre relativement élevé comprend 2 cas impliquant chacun 2 décès et 3 suicides. Un décès est dû à un appareil électrique défectueux. Ces chiffres doivent dès lors être considérés comme des valeurs statistiques aberrantes.

Alors que le nombre d'accidents dans le domaine de la basse tension n'a cessé de croître, la part des accidents en lien avec la haute tension reste stable et affiche un niveau relativement bas. Les accidents se produisent principalement lors de travaux sur des installations de production et de distribution, des installations à basse tension et chez les consommateurs.

On observe une progression des accidents supérieure à la moyenne chez les moins de 40 ans. Les victimes d'accidents sont essentiellement des personnes non qualifiées ou encore en formation.

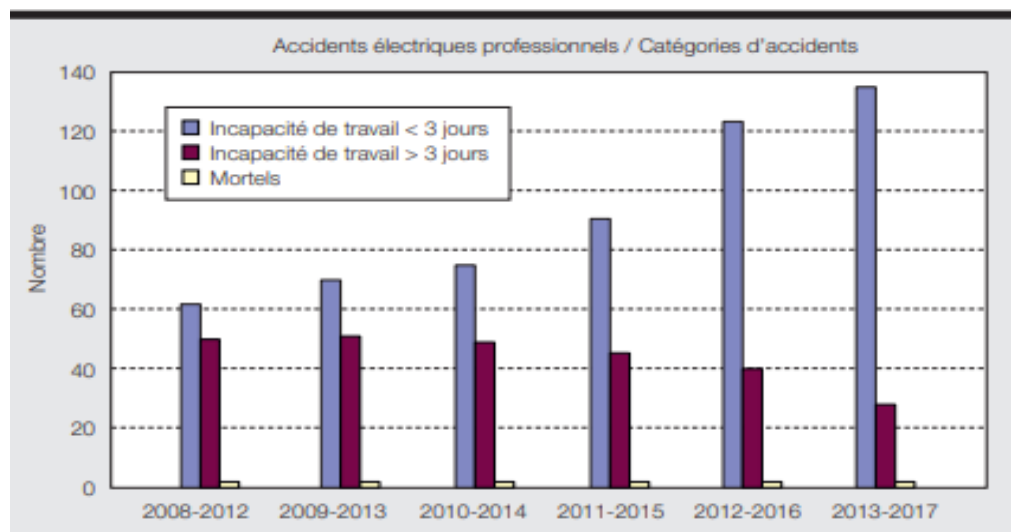


Figure 1.9 : Accidents électriques professionnels selon la gravité des blessures, moyenne sur 5ans.

Malheureusement, il y a toujours des cas où les circuits électriques sont confondus et des parties d'installation restent sous tension alors qu'on les pensait débranchées. Avec 39%, le nombre d'accidents électriques dus à des installations ou matériels défectueux reste élevé. Les installations et matériels électriques ne présentant pas une protection de base suffisante contre le choc électrique sont des causes d'accidents électriques. Des fils ou câbles non isolés et restés sous tension provoquent aussi régulièrement des accidents graves.

Le nombre d'accidents liés à des fautes commises par la victime reste stable avec 15%. Il est fréquent que l'accidenté ne porte pas l'EPI ou que de manière incomplète. L'organisation et l'environnement de travail représentent une part importante des causes d'accident avec 44%. Les travaux sont souvent effectués sans consigne claire et sans désignation d'un responsable de la sécurité. Lorsque les problèmes surviennent, le travail s'improvise et des risques sont pris de manière consciente ou non.

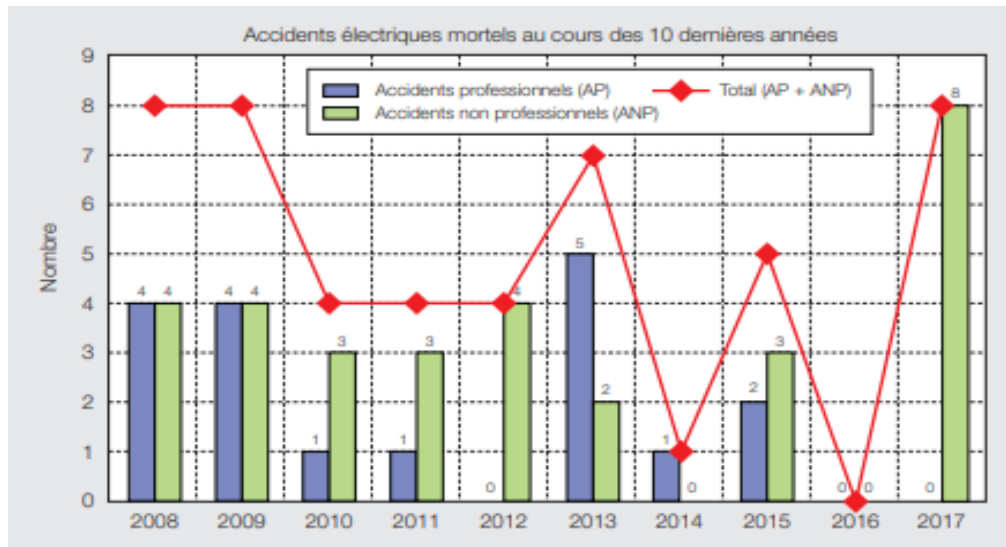


Figure I.10 : Accidents électriques mortels au cours des 10 dernières années.

Les causes prépondérantes des accidents sont par conséquent, dans l'ordre d'importance, la mauvaise organisation du travail, les installations défectueuses et la non-qualification des intervenants.

Si on intègre cette non-qualification dans l'organisation du travail, on constate que cette dernière est, à elle seule, la cause de la moitié des accidents.

En 2015, les accidents électriques élucidés par l'ESTI restent très fréquents, avec 210 accidents professionnels et 7 accidents non professionnels. Les exemples typiques mentionnés doivent servir à prévenir les accidents et à former les professionnels de la branche électrique.

Tableau I.4 : Analyse des accidents électriques rendu par l'ESTI

Statistique des accidents du travail d'origine électrique		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Groupes de personnes	Professionnels	67	46	56	54	72	59	57	81	80	82	81
	dont mortels	1	2	0	1	3	0	0	0	1	1	1
	Industrie / artisanat	43	36	23	28	54	49	39	38	45	40	74
	dont mortels	1	0	0	3	1	1	1	0	4	0	0
	Autres	11	1	10	9	4	2	16	11	8	12	20
	dont mortels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Niveau qualification	qualifié	57	44	54	42	58	50	52	69	67	67	68
	sans qualification / apprentis	64	51	35	48	71	60	60	61	66	75	113

	non saisi / non classifiable									0	1	29
Tranches d'âges	< 20 ans et > 65 ans	15	6	3	18	15	14	9	14	18	15	42
	20 ans - 40 ans	68	53	48	45	66	55	66	80	78	86	105
	41 ans - 65 ans	38	32	36	26	46	37	36	36	34	40	59
	non saisies / non classifiables	3	4	2	2	3	4	1	0	3	2	4
Période de l'année	Juin-septembre	51	36	37	42	49	51	43	65	52	45	86
	Octobre-mai	74	59	52	49	81	59	69	65	81	98	124
Lieu de l'accident	à l'extérieur	23	22	17	22	25	17	17	27	24	28	27
	à l'intérieur	97	73	72	69	105	93	95	103	107	114	143
	non saisi / non classifiable	4	0	0	0	0	0	0	0	2	1	40
Objet de l'accident	Installation production+ distribution	37	38	42	28	34	28	27	50	42	37	41
	dont professionnels	26	25	31	17	27	21	19	41	33	12	27
	Dont industrie / artisanat	8	10	7	8	5	7	5	8	8	13	12
	dont autres	2	3	4	3	2	0	3	1	1	3	2
	Installations	48	29	22	41	61	46	50	49	47	64	74
	dont professionnels	28	14	14	28	34	27	26	30	32	39	36
	dont industrie / artisanat	17	1	5	9	26	19	21	16	13	15	31
	dont autres	4	3	3	4	1	0	3	3	2	10	7
	Utilisateurs	35	28	25	22	35	36	35	30	44	42	55
	dont professionnels	12	7	11	9	11	11	12	9	15	22	15
	dont industrie / artisanat	1	14	11	11	23	23	13	14	24	12	29
	dont autres	6	7	3	2	1	2	10	7	5	8	41

	non saisi / non classifiable	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	40
Tension effective	Haute tension	9	12	5	7	12	7	10	7	8	10	11
	Basse tension	106	77	71	82	114	91	99	122	125	123	156
	Autre	2	1	4	2	3	12	0	0	0	0	0
	non saisi / non classifiable	7	5	9	0	1	0	3	1	0	10	43
Conséquence	Passage du courant à travers le corps	86	60	52	64	89	78	81	89	94	110	145
	Arc électrique	30	33	36	25	41	32	28	34	29	23	18
	non saisi / non classifiable	8	6	4	3	0	0	3	7	10	10	39
Classe d'accident	Incapacité de travail < 3 jours	72	42	44	39	79	60	50	83	78	103	139
	Incapacité de travail > 3 jours	47	51	45	48	47	49	61	47	49	39	29
	Accident mortel	20	2	0	4	4	1	1	0	5	1	2
	en % des accidents	16 %	2%	0%	4%	3%	1%	1%	0%	4%	1%	1%
	non saisi / non classifiable											40
Total des accidents du travail d'origine électrique		124	95	89	91	130	110	112	130	133	143	210

I-5-5. STATISTIQUES DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUES AU NIVEAU D'OPBTP

L'OPBTP (Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics), qui joue le rôle de conseil en matière d'hygiène, de sécurité et des conditions du travail pour ces professions, tient à jour des statistiques précisant les causes des accidents de toute nature. Le tableau **ci-dessous** en résume la situation pour plusieurs années.

Tableau I.5 : Statistiques des accidents d'origine électrique d'après OPPBTP

Année	2010	2013	2016	2017	2018	2019
Accidents de travail	657400	618263	764000	651103	88531	469
➤ Décès	535	541	69	551	23	172
➤ MP	61230	50000	450	223	7561	2000
➤ Nombre d'heure perdue	509	579	180	125	71	450
Accidents électriques	8200	5600	980	713	568	600
Causes						
➤ Personnes qualifiées	18%	20%	24.5%	31.7%	16%	18%
➤ Personnes non qualifiées	45%	39%	47%	12%	47.3%	51%
➤ Divers	37%	41%	28.5%	56.3%	32.6%	31%
Conséquences	Brulure TMS 4% Jambes 25% 10.5% incapacité permanente	Tête-pied 9% Brulure fibrillation ventillatoire	Brulure Mains 28% Tête-pied 13.8%	Répercussion sur les membres	Brulure Mains 19%	Brulure

Selon cet organisme, l'électricité représente 7 à 10 % des décès immédiats rapportés à la totalité des accidents du **BTP**, sa gravité est nettement plus élevée, puisque les décès représentent 35 à 56 % des seuls accidents de cette nature.

Le tableau ci-dessous en donne l'analyse des causes pour ces mêmes années. Les précisions de ces statistiques sont intéressantes en raison des actions de prévention spécifiques qu'elles induisent.

Tableau I.6 : Analyse des causes des accidents dans les BT

Cause	Analyse
Nature de contact	Il s'agit de contact direct ou indirect lors des travaux dans les BTP, d'après les statistiques on remarque que les conséquences sont souvent des conséquences humaines. Lors des interventions dans les BTP :dans une armoire électrique ou installation ,la peinture... la moitié des accidents sont dus au nature de contact.
Personne qualifiée et non qualifiée	La cause principale des accidents dans les BTP repose sur l'habilitation électrique et la qualification du personnel. On constate alors que plus de 7% des accidents sont mortels.
Le non-respect des mesures de sécurité	OPPBTP base sur le respect des règles d'hygiène et de sécurité, 0.02% des accidents sont dus au non-respect des règles.
Fausse manœuvre	Elles représentent environ 1.5% des accidents.
Travaux à haute ou sous tension	Plus de 30% des accidents sont généralement dues à HT ou BT .
L'ignorance du risque	L'ignorance de la présence du courant électrique ou son faible intensité lors des opérations d'intervention fait partie des mauvaises conséquences du risque électrique dont 1/6 des accidents dus à l'ignorance sont mortels.

Pour mieux situer la place particulière du **BTP** dans l'ensemble des activités salariées, d'une part, et celle de l'électricité, d'autre part, il suffit de rappeler que, aux termes d'une enquête de l' **OPPBTP** datant de 1989, le **BTP** représente 21 % des accidents avec arrêt de travail et 33 % des accidents mortels, tandis que l'électricité, si elle est la cause de 0,2 % des arrêts de travail en général, et de 0,3 % dans le **BTP**, voit sa contribution s'élever, pour les accidents mortels, à 3,2 % dans le cas général et à 8,3 % dans le **BTP**. Le **BTP** représentant les deux tiers des décès dus à l'électricité par rapport au cas général, on comprend qu'il reçoive la priorité des préoccupations, dans cet article.

L'**OPPBTP** ou l'organisme professionnel de prévention du bâtiments et des travaux publics est un organisme administré par des représentants des salariés et des employeurs dont sa mission principale est la sensibilisation des professionnels du **BTP** pour prévenir les accidents de travail (**AT**) et les maladies professionnelles (**MP**) .[4]

Il propose différents types d'action et de mesures dans le but d'aider les employeurs à évaluer les risques et former le personnel aux règles de sécurité.

Les interventions dans les **BTP** sont un peu plus dangereuses ; elles exposent les travailleurs à des risques multiples. Parmi ces risques, on a la présence du risque électrique qui présente un risque majeur à des conséquences graves.

Chaque année, des centaines d'accidents graves d'origine électrique sont recensés dans les **BTP** malgré toutes les mesures de prévention.

Le risque de mortalité dans ce domaine est 15 fois supérieures aux accidents de travail tous secteurs confondus.

Le secteur de **BTP** a connu ces dernières années une diminution des accidents de travail d'origine électrique, selon les chiffres déclarés.

Selon les statistiques ; en 2013, 5600 accidents du à l'électricité sont dévoilés.

En 2016, le taux des accidents électriques a diminué car les statistiques ont déclarés 980 accidents.

En 2017, 713 accidents d'origine électrique ont été déclarées par la **CNAMTS** soit 0.11% du nombre total des AT.

A la fin du 2018 début 2019 ; 568 pour 1000 salariés au domaine d'électricité ont été électrisés dont 0.2% étaient électrocutés. [5]

On constate donc que :

- Les chiffres et les pourcentages sont faibles mais une gravité souvent importante;
- 0.7% des accidents sont mortels contre 0.08% de l'ensemble des accidents ;
- Le risque électrique est toujours présent malgré toutes les mesures de prévention à prendre.

I-5-6. STATISTIQUES DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE A FERTIAL ANNABA

➤ **EVOLUTION DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE**

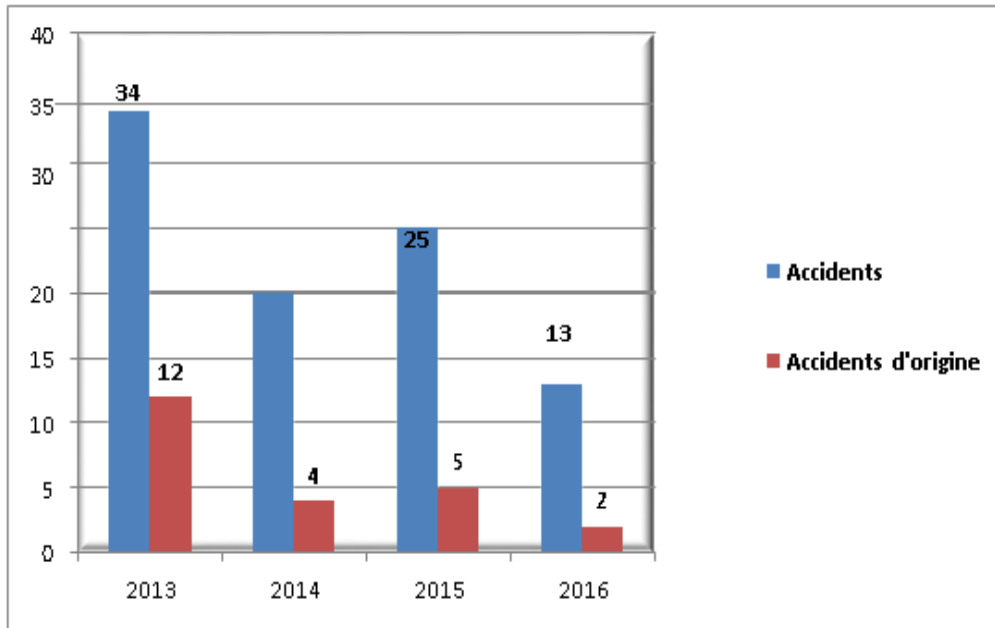


Figure I.11 : Evolution des accidents électriques

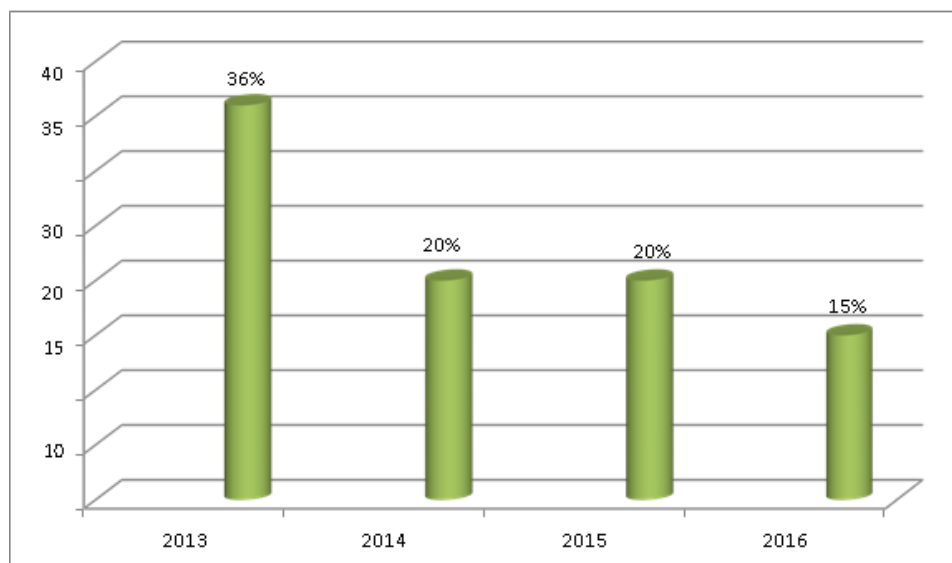


Figure I.12 : pourcentage des accidents d'origine électriques à FERTIAL

On remarque que les accidents d'origine électrique, d'après les statistiques de l'année 2016 sont en diminution et ne correspondent qu'à 2 accidents (15% des accidents).*(Voir annexe 01)*

➤ REPARTITION DES ACCIDENTS SELON LEUR CAUSES

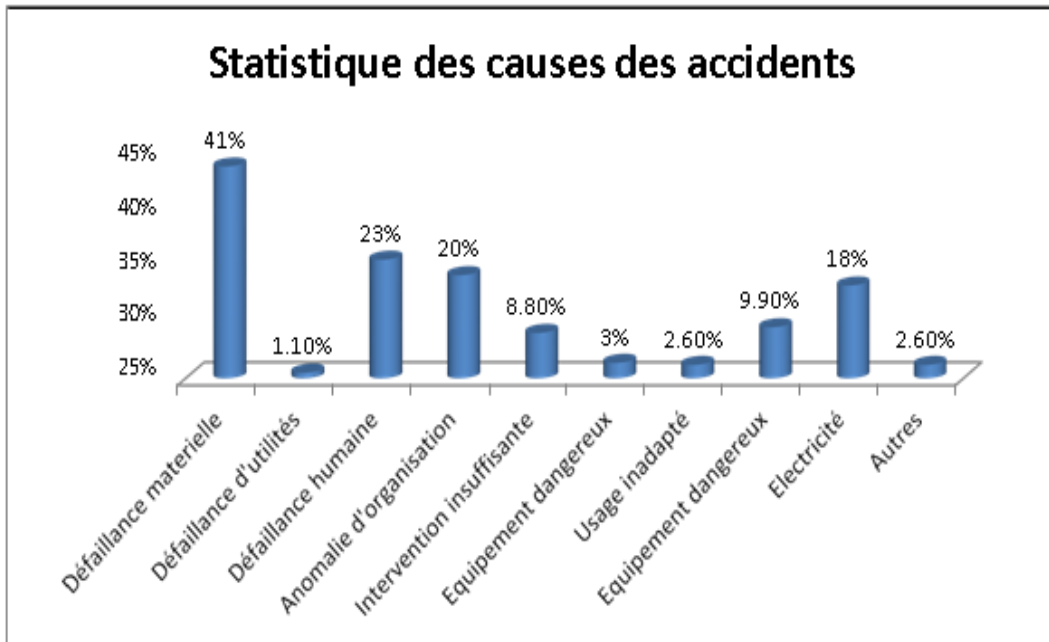


Figure I.13 : répartition des accidents selon leurs causes

Le facteur matériel et organisationnel est à l'origine de plus de la moitié des accidents. L'électricité constitue une cause relativement peu fréquente mais elle a un facteur de gravité très important.

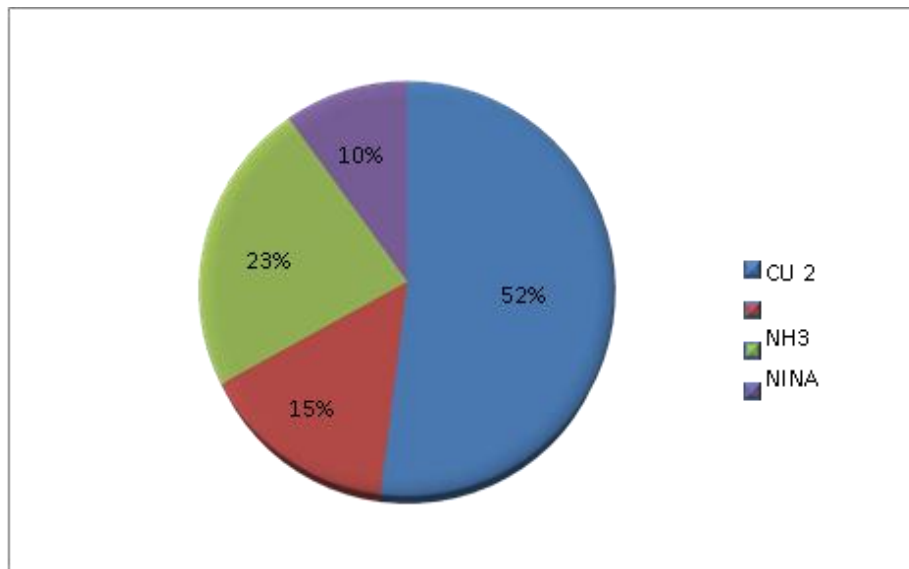


Figure I.14 : répartition des accidents d'origine électrique par unité

- Depuis la répartition on voit que les accidents d'origine électriques apparaissent généralement à l'unité centrale et utilité CU 2 à cause des installations électriques dans cette unité.

-Dans le chapitre VII, on va présenter l'organisme FERTIAL et l'unité CU2 et on va étudier les risques électriques dans cette unité par la méthode AMDEC.

I-6. CONCLUSION

Les risques électriques présentent un danger pour la vie des personnes ainsi que pour les installations électriques.

Bien que la réglementation soit très exigeante en matière de sécurité électrique et malgré l'application intégrale des mesures de sécurité relatives aux travaux hors tension, sous tension et au voisinage, les accidents électriques n'ont pas été restreints comme on pouvait l'espérer ; cela est dû, d'une part, à la complexité du grand nombre de mesures, de normes et de réglementations à appliquer, auquel il faut ajouter les erreurs humaines (d'inattentions ou d'oublis) et matérielles (panne ou phénomènes extérieurs type induction, surtension, effets capacitifs, etc.), d'autre part.

Le risque électrique en milieu de travail, s'il est mieux maîtrisé reste toujours présent Les statistiques prouvent la diminution du nombre d'accidents tout en soulignant leur exceptionnelle gravité.

CHAPITRE II : NATURE ET IMPORTANCE DES ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE

II-1. INTRODUCTION

On n'aime pas parler du risque, le mot fait peur, on préfère ne pas évoquer les risques connus ou inconnus, qui menacent le corps social. Les politiques voudraient bien nier le risque, mais le risque est inséparable de l'action, il est partout présent dans notre vie quotidienne.

L'activité joue un rôle important dans la vie professionnelle, car la plupart des travailleurs passent au moins **08 heures** sur les lieux de travail donc, le milieu de travail doit être saint et sûr. Malheureusement ce n'est pas le cas pour plusieurs travailleurs exposés à plusieurs menaces pour leur santé (poussières, gaz, bruits, vibration, température extrême...).

Parmi les menaces présents au milieu de travail ; on entend souvent parler du risque électrique présentant des conséquences plus ou moins graves dont leur taux de gravité diffère selon l'intensité du courant exercé ou la nature du contact.

Le monde industriel a connu des accidents catastrophiques d'origine électrique qui ont eu une influence considérable sur l'homme (corporel, social, psychologique) ; l'environnement (incendie et explosion, émanation..) ou sur les installations et équipements.

Le risque électrique est connu dans le monde industriel comme un risque très grave car l'électricité ne se voit pas et ne s'entend pas et elle est présente partout. Chaque année, les statistiques dévoilent plusieurs accidents électriques dont les conséquences multiples (brûlure, tétanisation des muscles, arrêt cardiaque.....)

Le courant électrique est très dangereux, il est considéré comme un facteur de gravité important dans l'apparition du risque. L'accident électrique est dû principalement à l'exposition du travailleur à une source sous tension ou à l'origine d'une pièce nue. La mise en contact accidentelle de parties du corps avec ces conducteurs sous tension peut provoquer des commotions électriques qui peuvent être mortelles.

Le danger est constitué par l'intensité du courant qui traverse le corps humain et il est dangereux à partir de **10 mA**.

Les accidents de travail et les maladies professionnelles sont les concrétisations les plus répandues du risque électrique entre autres. Ils sont nombreux et divers.

Alors, quels sont les conséquences du risque électrique ? Et pourquoi la gravité de l'accident repose-t-elle sur l'intensité du courant ?

II-2. RAPPEL SUR LES PRINCIPALES NOTIONS D'ELECTRICITE

Les termes techniques liés à l'électricité sont souvent nébuleux et incompréhensibles pour les néophytes (apprentis).

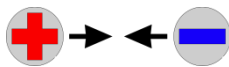
Le but de notre étude est de rendre toutes les mystifications claires y compris les termes techniques.

II-2-1. NATURE D'ELECTRICITE

L'électricité est une forme d'énergie, un phénomène énergétique associé à la mobilité ou au repos de particules chargées positivement ou négativement.

C'est le mouvement des charges électriques de la matière qui est à l'origine de l'électricité. Comme la masse, la charge électrique permet d'expliquer l'origine de certains phénomènes. Si personne n'a jamais observé directement une charge électrique, les scientifiques remarquent des similitudes de comportement de certaines particules. Ils en déduisent que ces particules partagent des caractéristiques communes, dont les propriétés coïncident avec leurs observations.

Forces générées par deux atomes chargés



Deux charges de nature opposée s'attirent



Deux charges de même nature

II-2-2. ELECTRICITE STATIQUE / DYNAMIQUE

❖ *Electricité statique*

Combien de fois dans votre vie avez-vous ressenti une petite décharge électrique en touchant la main ou en faisant la bise ? Et toutes ces fois où vous entendez ces crépitements électriques quand vous enlevez un pull ? C'est l'électricité statique, une petite coquine qui mène la vie rude à nos brushings. Mais qui est-elle, d'où vient-elle et comment l'éviter ?

Tout ce qui nous entoure, la matière et même l'air, est constitué d'atomes. En fait, le noyau est chargé d'électricité positive et ses électrons (qui tournent autour de lui), d'électricité négative. Les deux fonctionnent en symbiose et donnent un atome neutre. Or, certains électrons vagabonds, qu'on appelle « *électrons libres* », décident de se désolidariser de leur atome quand deux matières entrent en contact puis se séparent. L'atome ainsi déséquilibré n'est plus neutre et crée une décharge électrique. Lorsque le nombre d'électrons est égal au nombre de protons, l'ensemble est électriquement neutre. Il est question d'électricité statique lorsqu'il n'y a pas de circulation des charges électriques.

Expérimentalement, cela est généralement obtenu en utilisant des matériaux dans lesquels les charges sont « *piégées* », des matériaux isolants comme le plastique, le verre, le papier... qui résistent à la circulation des charges. [6]

L'électricité statique est une charge électrique stationnaire, elle résulte d'une accumulation de charges électriques qui survient lorsque deux objets non métalliques se frottent l'un contre l'autre. Lorsque l'on frotte *deux matériaux* entre eux, une partie des électrons superficiels de l'un sont arrachés à leurs atomes et vont s'accumuler à la surface de l'autre. Ces charges demeurent momentanément sur la surface des matériaux (de quelques secondes à plusieurs mois selon les matériaux et les conditions environnementales). Elles forment ce que l'on appelle de l'électricité statique, présente en général en petites quantités.

Plus un corps est isolant, plus il accumule de charges.

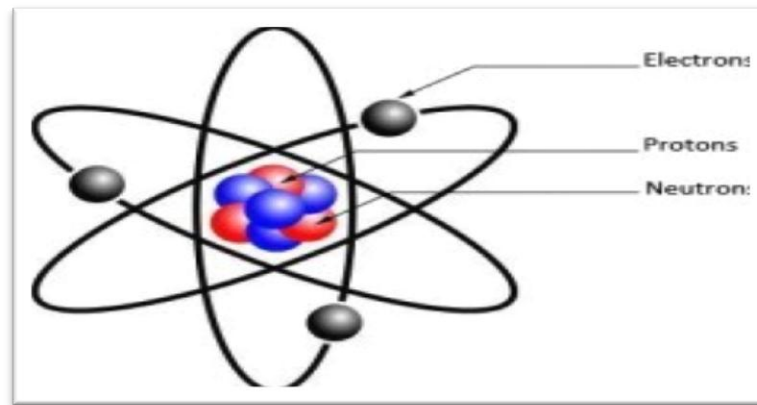


Figure II.1 : Noyau d'atome

Un exemple courant de l'électricité statique, est : Pour voir les effets de cette séparation des électrons libres de leur atome, phénomène invisible à l'œil nu, frottez une règle contre un pull de laine, ou bien plus drôle pour les enfants, frottez un ballon en plastique sur leur tête et regardez tous ses cheveux qui se dressent vers le ballon et ce Pourquoi ? La réponse est que : Les perturbations de l'électricité statique font que les matières frottées ensemble ne veulent plus se séparer !

L'électricité statique fait partie de notre vie quotidienne par ses applications : Photocopie, peinture, pulvérisation, dépoussiérage... Elle peut pourtant provoquer des accidents graves : **Incendies ou explosions par exemple**. Directement liée à la structure atomique des matières utilisées ou traitées dans l'industrie, elle se crée spontanément, dans certaines conditions, au cours d'opérations de fabrication ou de manutention.

L'électricité statique aime tout particulièrement les saisons froides car l'humidité ambiante y est plus faible, l'air est sec. Quand il y a de l'humidité à un niveau élevé en revanche, certaines matières l'absorbent et se transforment en matériaux semi-conducteurs. La charge statique peut alors disparaître.

Y-a-t-il un danger ? Généralement la charge statique de ce phénomène est limitée dans le temps si l'on tient compte des fuites existantes avec l'air plus ou moins humide, mais du fait qu'il s'agit d'un champ électrostatique fixe, la gêne ne se semble pas marquante et les conséquences sont dommageables.

L'accumulation des charges qui ne peuvent pas s'écouler à la terre provoque une décharge électrique, elle peut causer une inflammation si cela se produit, le plus souvent, c'est dans l'**ATEX**.

Elle peut aussi causer des incendies et des explosions dont les conséquences sont désastreuses : brulures, décès, dégâts matériels

Elle peut également avoir des effets physiologiques sur l'homme, étant donné que les faibles énergies mises en jeu font de telle sorte qu'une décharge électrostatique n'est pas aussi dangereuse en soi pour une personne mais peut être pénible par sa répétition et avoir des conséquences graves si elle est à l'origine de chutes par exemple. La marche sur le sol et les frottements sur les sièges sont **deux des principales sources d'électricité statique**.

En milieu explosif, des réactions d'oxydation exothermiques violentes, entraînant un transfert énergétique dans l'atmosphère, peuvent être déclenchées par:

- Des flammes;
- Des étincelles électriques;
- Des étincelles de radiofréquence à proximité d'une source radio de haute intensité;
- Des étincelles produites par des collisions (par exemple, entre du métal et du béton);
- Des décharges électrostatiques

Pour prévenir les risques liés à l'électricité statique, il faut :

- Identifier les ATEX ;
- Identifier les charges électrostatiques susceptibles de se produire ;
- Éviter les sols et les revêtements de sols isolants ;
- Rendre équipotentiel et mettre à la terre tous les éléments conducteurs ;
- Utiliser des éliminateurs inductifs ou électriques ;
- Utiliser du matériel ou des équipements antistatiques ainsi que des EPI antistatiques ; [7]

❖ *Electricité dynamique*

L'électricité dynamique, contrairement à l'électricité statique, est constituée par un flux d'électrons libres circulant dans une seule direction.

Ce flux est créé artificiellement par un appareil qui oriente les électrons dans une même direction et assure leur circulation continue : Le générateur. Le flux d'électrons ainsi créé sera utilisé dans un dispositif, le récepteur capable de transformer l'énergie électrique en énergie lumineuse, thermique ou mécanique. [7]

Autrement dit, l'énergie dynamique se caractérise par une circulation de charges électriques dans un conducteur, c'est à dire par le passage d'un courant électrique dans un circuit.

L'ensemble des déplacements d'électrons libres orientés constitue **le courant électrique**. Le flux d'électrons orientés est la principale caractéristique de l'électricité dynamique, par opposition à l'électricité statique où les phénomènes électriques sont figés dans un intervalle de temps plus ou moins long.

Alors c'est quoi le courant électrique ? Pourquoi est-il dangereux ? Quels sont ses dangers pour la santé humaine ?

II-2-3. COURANT ELECTRIQUE

Le courant électrique = Electricité dynamique

Le *courant électrique* est la quantité de charges électrique (électrons) qui se déplacent dans un circuit. Ces déplacements sont imposés par l'action de la force électromagnétique, dont l'interaction avec la matière est le fondement de l'électricité.

Des électrons qui passent d'atomes en atomes dans un conducteur.

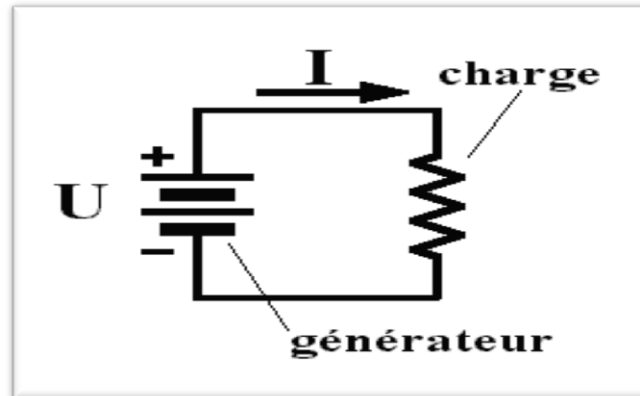


Figure II.2 : Déplacement des charges du courant électrique

Pour faire circuler le courant, il faut un circuit électrique. *Un circuit électrique* est un chemin qui permet au courant de se déplacer. Ce dernier, au sens matériel, est un ensemble simple ou complexe de composants électriques ou électroniques, y compris des simples conducteurs, parcourus par un courant électrique.

En électricité, le concept de circuit électrique est d'impliquer un générateur qui produit un courant électrique dans des conducteurs et divers éléments qui forment une boucle entre ses pôles.

Le circuit le plus simple est une boucle comprenant un générateur et un récepteur.

Un circuit électrique est représenté sous forme d'un schéma électrique qui indique le fonctionnement du circuit. Le schéma d'un circuit peut omettre certaines parties essentielles : *le générateur* d'alimentation électrique, *les entrées* et *les sorties* du signal électrique. [8]

Il existe *trois types* de circuits : Circuit en série, circuit en parallèle et circuit mixte.

➤ *Circuit en série*

C'est un circuit électrique dans lequel le courant emprunte un seul chemin.

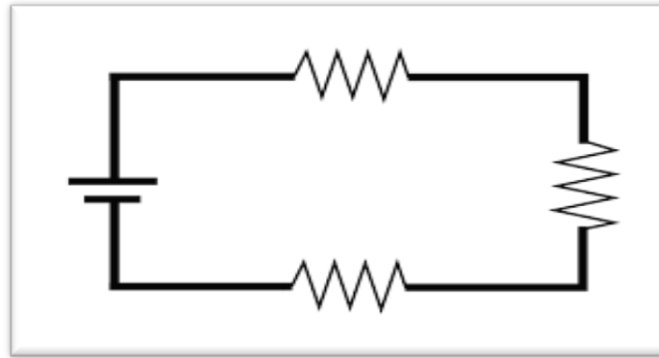


Figure II.3 : Circuit en série

➤ *Circuit en parallèle :*

Un circuit électrique dans lequel le courant peut emprunter deux ou plusieurs chemins. Ce type de circuit est celui utilisé pour brancher les appareils électriques dans nos maisons.

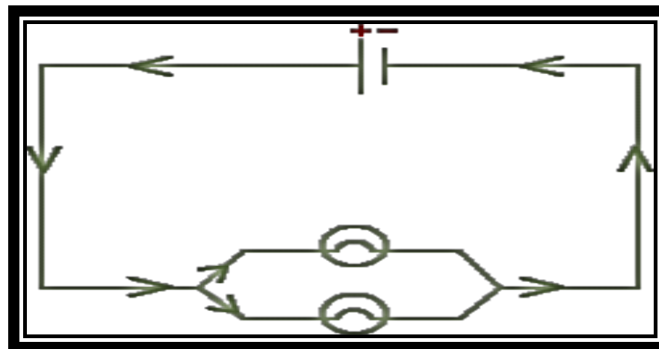


Figure II.4 : Circuit en parallèle

➤ *Circuit mixte*

Un circuit électrique mixte est celui qui résulte de la combinaison de deux configurations de base: les circuits en série et les circuits parallèles. Ce sont les assemblages les plus courants dans la vie quotidienne, car les réseaux électriques conventionnels résultent du mélange de circuits séquentiels et parallèles.

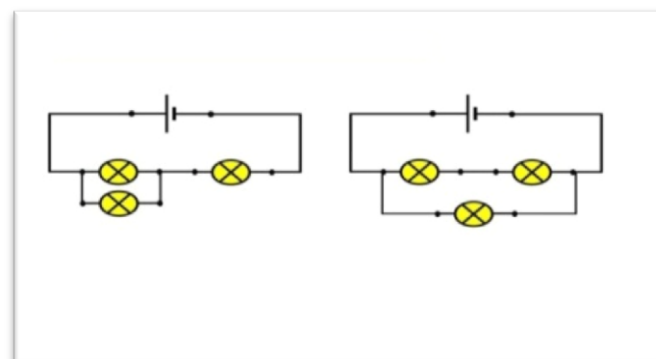


Figure II.5 : Circuit mixte

Il existe *deux types* de courant électrique :

Tableau II.1 : Différence entre Courant Continu et Courant Alternatif

Le courant continu CC	Le courant alternatif CA
<ul style="list-style-type: none"> • Il circule dans un seul sens. • Le courant dont l'intensité est constant. • Le courant continu un courant périodique dont l'intensité est toujours assez proche de sa valeur moyenne. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le courant électrique périodique qui change de sens deux fois par période. • Il est caractérisé par sa fréquence et mesuré en hertz. • Le courant alternatif peut avoir ses caractéristiques (tension et intensité)

Remarque : *A tensions égales, le courant continu est moins dangereux que le courant alternatif.*(Voir annexe 02)

II-2-4. INTENSITE DU COURANT

C'est la quantité et la vitesse du courant électrique qui circule en un point donné du circuit électrique. C'est un nombre décrivant le **débit** de charge électrique à travers une surface donnée, notamment la section d'un fil électrique :

$$i(t) = d(qt)/d(t) \quad (II.1)$$

Où

- / i : l'intensité du courant ;
- / q : la charge électrique ;
- / t : le temps.

L'intensité du courant notée « I » appelée aussi «*Ampérage*» se mesure en «*Ampère*» et à l'aide d'un «*Ampèremètre*». Pour le circuit en série l'intensité obéit à «*la loi d'unicité de l'intensité*», par contre pour le circuit en dérivation l'intensité du courant électrique obéit à *la loi d'additivité des intensités*.

L'effet provoqué par le courant électrique sur le corps humain dépend principalement de son intensité et d'autres paramètres liés au corps humain tel que la résistance, la surface de contact,... et à son environnement (humidité) lors de l'accident électrique. L'intensité du courant qui en résulte dépend de la résistance du corps humain et de celle du circuit externe.

Remarque : Ce courant devrait respecter les seuils de sécurité, autrement dit, il devrait être conforme aux courbes d'intensité en fonction du temps.

II-2-5.RESISTANCE ELECTRIQUE

La résistance électrique désigne l'aptitude d'un matériau conducteur à s'opposer au passage d'un courant électrique sous une tension électrique donnée. Autrement dit, un composant électrique conçu pour approcher la loi d'Ohm dans une large plage d'utilisation dont ce composant figurant parmi des dipôles électriques.

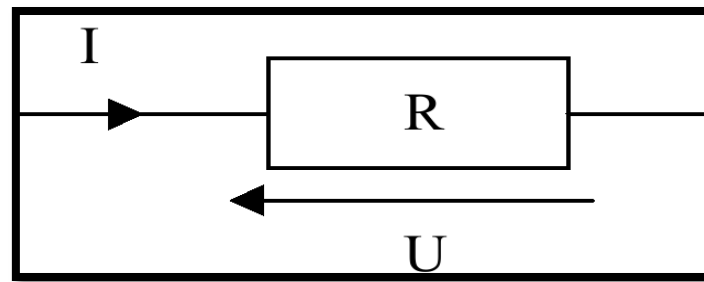


Figure II.6 : Symbole d'une résistance

La résistance est le rapport entre la différence de potentiel et l'intensité :

$$R = U/I \quad (II.2)$$

La résistance électrique notée «*R*» se mesure en «*ohm*», sa dimension « $M.L^{-2}.T^3.I^2$ » est responsable d'une dissipation d'énergie sous forme de chaleur. Cette propriété porte le nom «*effet Joule*».

Tous les matériaux n'offrent pas la même opposition aux déplacements des charges électriques : Les matériaux conducteurs facilitent le déplacement des charges ; à l'inverse, les isolants opposent une résistance au passage des charges.

Le courant parcourant le matériau ainsi que la température ont une influence importante sur la résistance. La valeur réelle de la résistance pendant un accident électrique est inconnu. Les variations au niveau des résistances en série par exemple «*Les vêtements et Les chaussures*»; expliquent en grande partie la diversité des effets d'accidents électriques apparemment similaires. Elles ont cependant peu d'influence sur le résultat des accidents impliquant des contacts bipolaires et des électrisations à haute tension.

Remarque : En courant alternatif, la notion de la résistance est remplacée par la notion d'impédance, symbole «*Z*»

II-2-6. TENSION / PUISSANCE / ENERGIE ELECTRIQUE

❖ Tension

C'est la circulation du champ électrique le long d'un circuit électrique. Entre deux points d'un circuit électrique, la notion de la tension électrique est confondue avec celle de la différence de potentiel «*DDP*» : C'est l'une des grandeurs définissant l'état électrique d'un point de l'espace. Il correspond à l'énergie potentielle électrostatique que possédant une charge électrique.

L'intensité du courant qui circule à travers un dipôle dépend de la tension à ses bornes.

Plus la tension est élevée et plus l'intensité est grande.

La tension électrique notée «*U*» se mesure en «*volt*», à l'aide d'un «*voltmètre*».

La tension électrique aux bornes d'un dipôle est toujours égale à la circulation du champ électrique à l'intérieur de ce dipôle.

Généralement, la tension impliquée dans un accident est connue. En cas de contact direct, la fibrillation ventriculaire et la gravité des brûlures sont directement proportionnelles à la tension. La tension de contact est celle à laquelle une personne est soumise lorsqu'elle touche simultanément deux conducteurs entre lesquels il existe une différence de potentiel en raison d'une mauvaise isolation.

La tension de contact la plus élevée qui puisse être tolérée indéfiniment sans induire d'effet électro-pathologique est appelée *limite de tension conventionnelle* ou, pour s'exprimer de manière plus intuitive, *tension de sûreté*.

La basse tension est un danger familier, à vrai dire omniprésent; les chocs, qu'elle provoque, se produisent aussi bien à domicile que lors d'activités de loisirs, dans le milieu agricole comme dans les milieux hospitaliers ou industriels.

❖ Puissance

C'est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre, alors ; une grandeur scalaire. Plus la puissance fournie à un récepteur est élevée, plus le fonctionnement de ce récepteur est efficace ; par exemple, une lampe brille plus si elle reçoit plus de puissance électrique. [9]

Sachant que la puissance est une grandeur physique ; cela signifie qu'elle reflète à la fois la notion de changement matériel et du temps nécessaire à effectuer ce changement. La puissance est le produit d'une « *variable d'effort* » (force, couple, pression, tension,...) nécessaire à la mise en mouvement contre la résistance du système, par une « *variable de flux* » (vitesse, vitesse angulaire, débit, intensité du courant,...) entretenu malgré cette résistance.

La puissance électrique notée «*P*» se mesure en «*Watt* », à l'aide d'un « *Wattmètre* ».

❖ Energie électrique

L'énergie électrique est l'énergie transférée ou emmagasinée grâce à l'électricité qui est l'effet du déplacement de particules chargées à l'intérieur d'un conducteur, sous l'effet d'une différence de potentiel : Il s'agit de l'énergie liée à la circulation du courant électrique. Cette énergie est transférée d'un système à un autre par un mouvement de charges.

L'énergie électrique n'est pas une énergie primaire, c'est à dire qu'il faut une autre énergie en amont pour la produire. Le transport de l'électricité se fait grâce à un réseau de grand transport et d'interconnexion et à un réseau de distribution : Le réseau de grand transport achemine l'électricité produite à la sortie des centrales sur de longues distances grâce à des lignes à « *THT (entre 225 000 et 400 000 volts)* ».

L'énergie électrique notée «*E*» se mesure en «*Joule* », peut aussi s'exprimée en « *watt heure ou kilowatt heure* ».

➤ Comment fonctionne l'énergie électrique ?

On utilise une source d'énergie qui peut être de l'eau, de la vapeur ou un gaz. Cette énergie fait tourner une énorme turbine qui est reliée à un alternateur. L'alternateur agit

comme un aimant et il attire les électrons, ce qui les oblige à se déplacer. Et le déplacement des électrons génère le courant électrique.

II-2-7. CHAMP ELECTRIQUE

Il s'agit d'un champ de force vectoriel découlant de l'existence d'une force électrostatique s'exerçant dans un espace donné. Par conséquent, si un corps portant une charge électrique est situé dans un espace où existe un champ électrique alors il est soumis à une force électrostatique.



Figure II.7 : Les lignes à haute tension véhiculent l'électricité

Le champ électrique se nomme « \vec{E} », Il s'exprime en « Volt par mètre » ou en « newton par coulomb », ces unités sont équivalentes.

Si en un point de l'espace une charge électrique ponctuelle q (de la dimension d'un point) est soumise à une force électrostatique « \vec{E} » alors on peut déterminer les caractéristiques du champ électrique en ce point :

- Il a la même direction que la force ;
- Il a le même sens que la force si q est positive, il a un sens opposé si q est négative ;
- Sa valeur est :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Un champ électrique est dit uniforme dans une zone de l'espace où il est constant en direction, en sens et en valeur : Les lignes de champs sont alors toutes parallèles.

❖ *Champ électrique et foudre*

La *foudre* est un phénomène naturel qui passionne depuis toujours. La foudre frappe régulièrement notre planète. En moyenne, elle frappe presque *cent fois par seconde* dans le monde.

➤ *Mais quel est le phénomène physique qui se cache derrière la foudre ?*

Quand l'orage approche, on peut constater que des nuages particuliers se forment. Ils sont en général très sombres et de type *cumulo-nimbus*. Ceux-ci sont constitués de gouttes

d'eau dans leur partie inférieure et de particules de glaces dans leurs parties supérieures. La partie haute de ces nuages est chargée positivement alors que la partie inférieure est chargée négativement.

On rappelle que le sol est quant à lui chargé positivement. Ce qui fait que quand les nuages arrivent, il se produit une sorte de « *sandwich* » de charges. Dans le cas le plus fréquent, le coup de foudre est un coup de foudre descendant négatif.

Quand le champ électrique à la base du nuage est suffisamment important, l'air s'ionise. Une pré-charge se forme alors du nuage vers le sol appelé *traceur*. Ce traceur comprend de nombreuses ramifications et transporte des charges négatives. Il naît un autre traceur qui part du sol transportant des charges positives et appelé *traceur ascendant*. Quand les traceurs se rencontrent, les charges se neutralisent.

Le trait lumineux caractéristique de la foudre apparaît et la chaleur produite par le phénomène provoque une dilatation de l'air qui est à l'origine du bruit du tonnerre. Il existe également dans de rares cas des coups de foudre ascendants dans des endroits où se trouvent des points très élevés. Le premier traceur part du sol et est chargé positivement et atteint le nuage d'orage. Ce type de coup de foudre est beaucoup plus puissant que le coup de foudre descendant. [10]

II-2-8. CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE

La conductivité électrique est la capacité d'un matériau à laisser passer et conduire le courant électrique autrement dit les charges électriques librement ; c'est-à-dire permettre le passage du courant, comme la plupart des métaux et les solutions chargées en ions, C'est le cas de *l'aluminium* qui a une bonne conductivité électrique.

Dans le SI la conductivité est mesurée en $S.m^{-1}$ « *siemens par mètre* », mais le plus souvent la mesure se fait à l'aide d'un conductimètre donne le résultat en $mS.cm^{-1}$ « *milli siemens par centimètre* ».

Le *cuivre* est le métal le plus utilisé dans le câblage électrique, cependant, *l'argent* est un meilleur conducteur que ce dernier, mais *l'argent* est très cher pour une telle utilisation. Il existe aussi des conducteurs non métalliques, le graphite et tous les plasmas sont de bons conducteurs de l'électricité.

Tableau II.2 : Conductibilité des métaux

Métaux	Conductibilité électrique (10^6 Siemens/m)
Argent	61.2
Cuivre	58.5
Or	44.2
Aluminium	36.9
Zinc	16.6
Fer	10.1
Tungstène	8.9
Plomb	4.7
Titane	2.4

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique.

II-2-9. RECEPTEURS

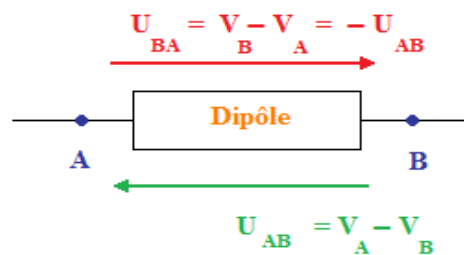
Un récepteur est un convertisseur d'énergie qui consomme de l'énergie électrique et la transforme en une ou plusieurs autres formes d'énergies (mécanique, thermique, chimique, ..Etc.).

Pratiquement, un récepteur est un dipôle qui, hors circuit, ne présente aucune tension à ses bornes.

Un dipôle est un système électrique relié à l'extérieur par deux bornes. Son état électrique est caractérisé par la différence de potentiel à ses bornes et l'intensité du courant qui le traverse.

➤ Convention d'orientation :

- **Du courant :** Si « I » circule dans le sens de l'orientation : $I > 0$ Sinon, $I < 0$.
- **De la tension :**



• Convention d'orientation d'un récepteur :



Si la tension « U » aux bornes d'un récepteur et l'intensité du courant « I » le traversant sont de sens contraires, alors le dipôle est en **convention récepteur**.

➤ Caractéristiques d'un récepteur

Il s'agit de la représentation graphique de la tension « U » aux bornes d'un récepteur en fonction de l'intensité « I » du courant qui le traverse : C'est la courbe qui caractérise le fonctionnement du dipôle.

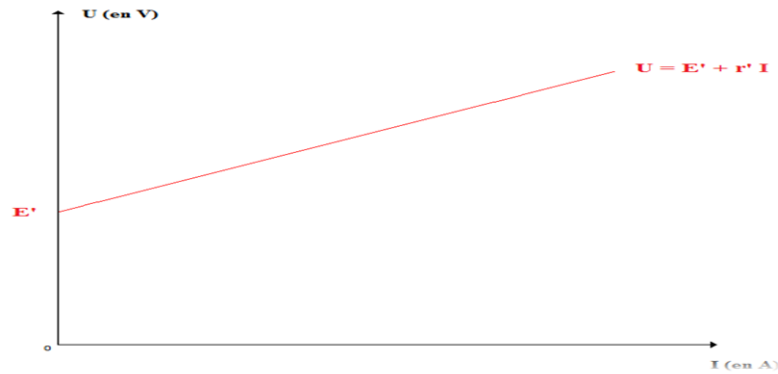


Figure II.8 : Représentation graphique de « U » aux bornes d'un récepteur en fonction de « I »

- « E' » est une tension particulière du récepteur : C'est une tension à partir de laquelle le récepteur laisse passer le courant. On l'appelle *force contre-électromotrice* «*F.c.é.m.*». Elle est notée chez les récepteurs « E' » et son unité est le « volt » .

- Le coefficient directeur de la droite est égal à la résistance interne du récepteur. Elle est notée « r' » et son unité est l'*ohm*. Le *dipôle* est dit *actif*

II-2-10. DIFFERENTS APPAREILS DE MESURE

Les appareils de mesure ou les instruments de mesure servent à mesurer *les grandeurs électriques* telles que la tension (*voltmètre*), l'intensité de courant (*Ampèremètre*), la puissance électrique (*Wattmètre*), la capacité (*Capacimètre*), la résistance (*Ohmmètre*), la fréquence (*fréquencemètre*). Certains appareils regroupent dans un même boîtier plusieurs appareils élémentaires, on les appelle les multimètres ou contrôleurs universels.



Figure II.9 : Des appareils de mesure

On classe les appareils de mesure en deux grands groupes:

- 1-Les appareils de mesure analogique.
- 2-Les appareils de mesure numérique.

➤ *Appareils de mesure analogique*

Encore appelés « appareil à *aiguille* ou à *dérivation* », ils indiquent une valeur exactement proportionnelle à la valeur de la grandeur à mesurer.

Sur la face avant de l'appareil se trouve des bornes, un ou plusieurs commutateurs, un cadran gradué avec un miroir devant lequel peut se déplacer une aiguille.

Les principales caractéristiques de choix de ces appareils sont:

- Le **calibre** : C'est la plus grande valeur mesurable par l'appareil, son unité dépend de la grandeur à mesurer.
- La **résistance interne** : On sait que pour pouvoir fonctionner, un voltmètre doit prélever une faible intensité au circuit sur lequel on le branche. Plus on prélève l'intensité plus on perturbe le circuit, cette tension est souvent différente de celle qu'on voulait mesurer. Pour minimiser ce problème, un voltmètre doit avoir une très grande résistance interne. Elle est généralement supérieure à **20.000 ohm/V** pour les appareils courants. De même utiliser en ampère un multimètre doit avoir une résistance très faible pour éviter les chutes de tension importantes à ses bornes.
- L'**échelle** : C'est l'étendue de la graduation sur le cadran. Elle s'exprime en division, certains appareils ont plusieurs échelles.
- La **classe** : Indépendamment de l'erreur d'insertion tout appareil donne des indications plus ou moins entachées d'erreur. Pour chiffrer l'incertitude de mesure d'un appareil, on se sert d'une quantité appelée classe de l'appareil et donnée par le constructeur.

➤ *Appareils de mesure numérique*

Ces appareils sont basés sur un principe tout à fait différent de celui des appareils analogiques. Leur constitution est purement électronique depuis l'amplificateur à haute impédance d'entrée jusqu'à l'affichage de la mesure par les diodes électroluminescentes ou par les cristaux liquides.

Ils donnent directement en chiffre un nombre indiquant la valeur de la grandeur qu'il mesure. Chacun des chiffres de l'afficheur s'appelle digit. Le nombre de digit dépend du type d'appareil, il est généralement **supérieur ou égal à 3**. La précision de la mesure des appareils numériques dépend généralement du nombre de **digit**. Plus ce nombre est grand, meilleur est la résolution. On appelle **résolution**, le plus petit écart de tension ou de courant décelable par l'appareil à affichage numérique.

Ces appareils sont généralement dotés d'un commutateur qui permet de changer les calibres et de fonctions. Les principaux avantages et inconvénients des appareils à affichage numérique sont:

Tableau II.3 : Avantages et inconvénients des appareils de mesure numérique

Avantage	Inconvénient
La facilité d'utilisation	Le prix qui reste assez élevé
La grande précision	Leur fragilité (n'accepte pas les chocs électriques et mécaniques)
La résistance d'entrée supérieure à 1M/v	Les difficultés à repérer le maximum ou le minimum d'un signal.

II-2-11. CLASSEMENT D'INSTALLATIONS ELECTRIQUES

Une installation électrique est un ensemble adhérent de circuits électriques, d'appareillages électriques. Elle peut se situer dans un bâtiment ou un ensemble de bâtiments à usage d'habitation, industriel, commercial, ou de bureaux.

Lorsque l'on effectue une installation électrique, il est important d'être extrêmement vigilant, car manipuler de l'électricité ne se fait pas à la légère. Il existe des règles de base notamment stipulées par le biais de la norme **NF C 15-100** qui définissent et régissent les installations électriques pour un meilleur confort et une plus grande sécurité des personnes et des biens.

Cette norme **NFC 15-100** est d'abord entrée en vigueur en **1969**, avant d'être transformée au fur et à mesure des évolutions technologiques et d'une volonté toujours plus importante de sécurité. Les dernières modifications de la loi datent de **2016**.

« LA NORME NFC 15-100 PERMET DE S'ASSURER DU BON FONCTIONNEMENT ET D'UNE TOTALE SECURITE EN ELECTRICITE, AUSSI BIEN DANS LES EQUIPEMENTS, LE MATERIEL ET LES MATERIAUX »

L'étude de l'installation électrique est faite par un architecte ou un bureau d'étude ou une entreprise d'installation et de maintenance en électricité. La réalisation de l'installation électrique se fait par l'entreprise d'installation et de maintenance en électricité ou un artisan électricien.

Aussi selon la valeur nominale de la tension (valeur efficace dans le cas du courant alternatif), les installations sont classées par les différentes applications en trois domaines de tension.

Les normes subdivisent en plus de la basse et haute tension deux sous catégories chacune, se traduisant essentiellement par ces différences mineures dans les règles d'installations, notamment dans les distances à respecter dans les locaux ou emplacements de service électrique ainsi que par les procédures différentes dans les opérations.

❖ *Classement liés aux accidents d'origine électrique*

Le classement des installations en fonction de la tension : Les ouvrages ou les installations relèvent en France des quatre domaines de tension (en valeur efficace pour le courant alternatif) suivants :

- **Très basse tension (TBT)** : ouvrages ou installations pour lesquels la valeur nominale de la tension est au plus égale à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lisse ;

- **Basse tension (BT)** : ouvrages ou installations pour lesquels la valeur nominale de la tension excède 50 V sans dépasser 1 000 V en courant alternatif ou excède 120 V sans dépasser 1 500 V en courant continu lisse ;

- **Haute tension A (HTA)** : ouvrages ou installations pour lesquels la valeur nominale de la tension excède 1 000 V sans dépasser 50 000 V en courant alternatif ou excède 1 500 V sans dépasser 75 000 V en courant continu lisse ;

• **Haute tension B (HTB)** : ouvrages ou installations pour lesquels la valeur nominale de la tension excède 50 000 V en courant alternatif ou excède 75 000 V en courant continu lisse.

À l'international, seules sont reconnues la BT jusqu'à et y compris 1000 V en alternatif et 1500 V en courant continu et la HT pour des valeurs supérieures. [13]

Les accidents d'origine électrique peuvent être classés soient :

- D'après leurs actions ;
- D'après la nature du contact : Direct, indirect, ect.....
- D'après le domaine d'activité dans lequel ils surviennent ou l'environnement dans lequel ils se produisent.

On peut citer comme domaine d'activités :

- **Milieu domestique** : Les prises de courant, les cordons et fiches, les appareils électroménagers, le bricolage.....
- **Loisirs** : Contact avec les lignes aériennes par cannes à pêche, les mâts de bateaux, les antennes télescopiques de caravane, les escalades de supports....
- **Travail** : Outillage électrique, réparations, baladeuses, Contact avec les lignes aériennes avec échelles, échafaudages, engins de toute nature...
- **Milieu Agricole** : Prolongateurs, engins d'arrosage....
- **Milieu médical hospitalier** : Accidents dits iatrogéniques
- **Electricité statique, foudre**....
- **Incendies, explosions** dus aux incidents électriques

Il existe *deux types* des installations électriques : **Domestique et non domestique**.

❖ **Installation électrique domestique**

Réaliser une installation électrique domestique demande certaines connaissances en électricité. On parle d'installation domestique à propos des canalisations qui regroupent des tubes, des fils, câblage et les accessoires; mais aussi des boîtes de dérivation, des liaisons équipotentielles, cela concerne aussi les appareils comme les tableaux de distribution, les interrupteurs, les coupe-circuits, les sectionneurs, les disjoncteurs et les boîtiers de protection des appareils.

Pour réaliser une installation électrique domestique, il est possible de recevoir son électricité par une source éolienne, hydraulique, thermique ou nucléaire. Ensuite, dans toute installation électrique, qu'elle soit domestique ou pas, la **norme NFC 15-100** est nécessaire pour assurer la conformité de l'installation, c'est-à-dire avoir une protection différentielle générale et des dispositifs différentiels à haute sensibilité « **DRHS de 30mA** » pour les arrivées électriques dans les pièces d'eau.

Une installation électrique domestique contient des éléments essentiels tels que le **compteur électrique** qui va comptabiliser la consommation électrique, le **tableau électrique** qui se situe à l'intérieur du logement et qui va gérer les différents systèmes composant l'installation électrique domestique, le **disjoncteur** qui peut être de trois formes différentes (général, divisionnaire et différentiel), l'**interrupteur** différentiel qui va couper le réseau

général domestique en cas de surcharge, les *fusibles* qui servent de coupe-circuits, le *délesteur* qui facilite la gestion de l'installation domestique et le *contacteur* qui active les différents équipements dont la consommation est élevée. [11]

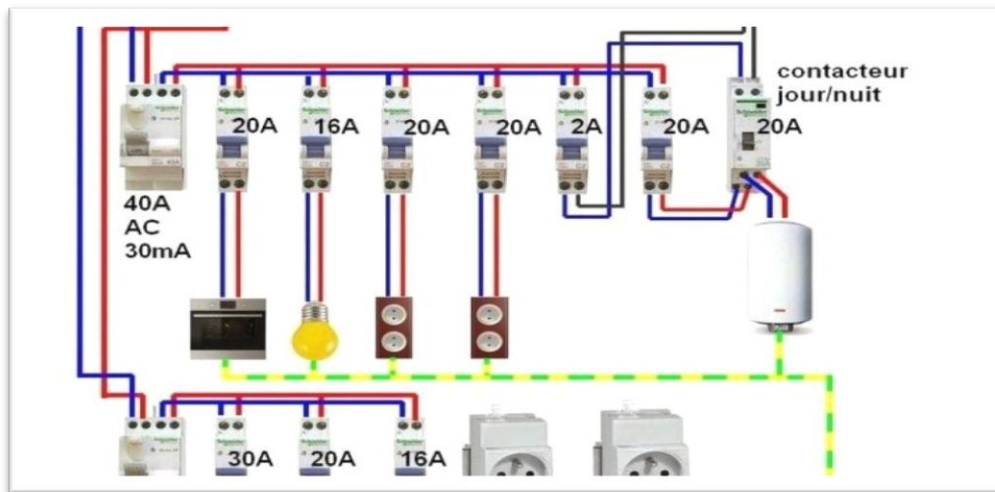


Figure II.10 : Schéma installation électrique d'une maison

❖ Installation électrique non domestique

Les informations sur ces installations ne sont pas encore disponibles, les recherches et les études se poursuivent jusqu'à ce moment présent.

II-2-12. DISTRIBUTION DE L'ENERGIE

L'électricité est une énergie souple et adaptable mais elle est difficilement stockable, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables.

Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau de distribution :

- « *Haute Tension* » pour les fortes puissances et les longues distances,
- « *Basse Tension* » pour les moyennes et faibles puissances et les courtes distances.

Un *réseau de distribution électrique* est la partie d'un réseau électrique desservant les consommateurs. Un réseau de distribution achemine l'énergie électrique d'un réseau de transport (*Haute tension* « *HTB* ») ou un réseau de répartition (*Haute tension* « *HTA* ») aux transformateurs aériens desservant les clients.

Sur l'illustration ci-dessous, nous voyons l'organisation du transport de l'énergie électrique de la centrale de production (centrale nucléaire, centrale thermique classique, centrale hydroélectrique, etc.) vers les gros utilisateurs (grands centres de consommation), agglomérations, réseau ferroviaire, industrie via le réseau de répartition, puis vers l'utilisateur final (villes, grandes surface, habitation, petite industrie) via le réseau de distribution.

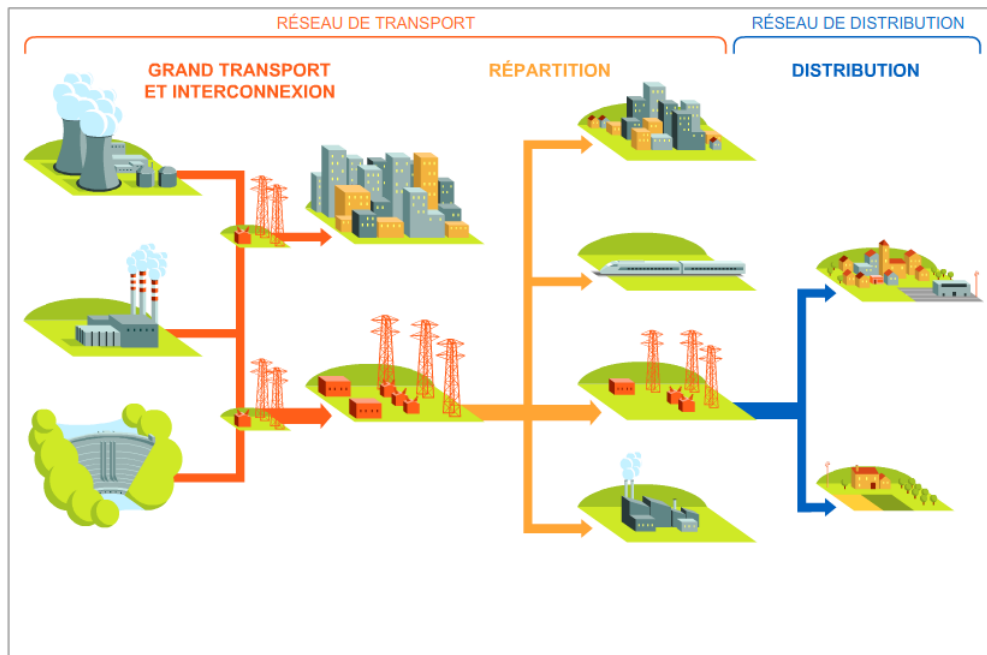


Figure II.11 : Organisation du réseau

Les domaines de tension sont publiés par la *Commission TIS* conformément aux dispositions des Codes de sécurité du *CERN* et par référence à la législation en vigueur.

Tableau II.4 : Domaines de tension

Domaine de tension //////////		Valeur de la tension nominale	
		En courant alternatif	En courant continu lisse
TBT		$Un < 50v$	$Un < 120v$
BT	Plus de distinction BTA/BTB	$50V < Un < 1000V$	$120V < Un < 1,5kV$
HT	HTA	$1kV < Un < 50kV$	$1,5kV < Un < kV$
	HTB	$50kV < Un$	$75kV < Un$

Selon la valeur de la tension (valeur efficace dans le cas du courant alternatif), les installations électriques sont classées comme suit :

➤ Une ligne aérienne haute tension compte en général *trois câbles électriques* les uns à côté des autres. Lorsqu'une ligne est composée de *six câbles*, il s'agit en fait de deux lignes différentes (*trois câbles par ligne*).

➤ Un câble supplémentaire, appelé *câble de garde* est généralement disposé au-dessus de la ligne de transport et la protège de la foudre.

➤ Des pylônes ou supports maintiennent ces câbles à une certaine distance du sol de façon à assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes.

Il existe différentes catégories et modèles de pylônes en fonction de :

- La tension
- L'aspect des lieux
- Le respect de l'environnement
- Les conditions climatiques

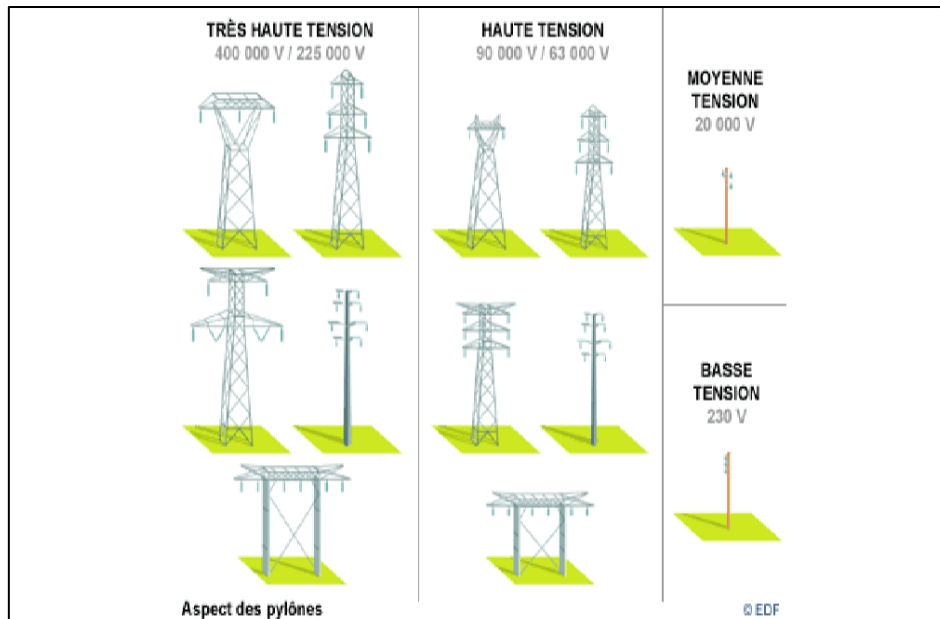


Figure II.12 : Aspect des pylônes

Les réseaux de distribution ont comme point de départ les postes sources.

Ils comportent des transformateurs « *HTB/HTA* » à partir desquels la « HTB » est distribuée en triphasé sans neutre et entre *5 et 33 kV (souvent 20kV)*.

Les transformateurs « *HTB/HTA* » peuvent être couplés.

En aval des transformateurs, la partie « HTA » est constituée de cellules « arrivée », « Couplage » et « Départ ».

A partir de ces départs, on réalise des schémas :

- En « *Antenne* » ou « *Simple dérivation* » : Il est principalement utilisé dans les zones rurales, en réseau aérien ;
- En « *Boucle* » ou « *Coupure d'Artère* » : Il est utilisé en zone urbaine ;
- En « *Double dérivation* » : Il est utilisé pour assurer une continuité de service optimale.

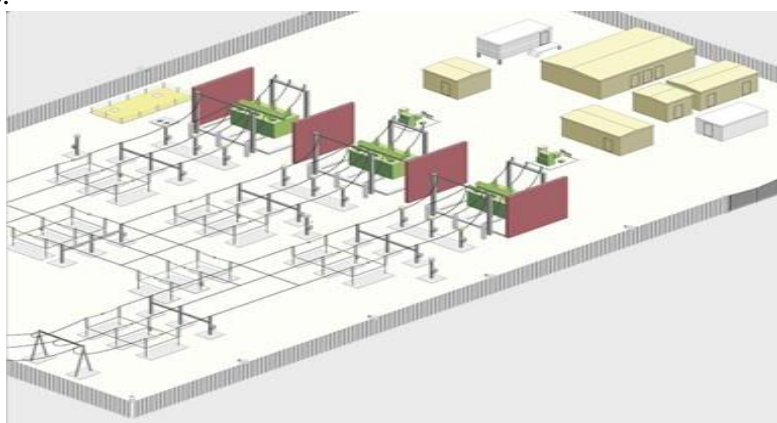


Figure II.13 : Poste source

Selon la puissance souscrite et le tarif qui y correspond, la livraison de l'énergie électrique peut se faire :

- En **Basse tension-BT (moins de 1000V)** : Il est du type triphasé **50 Hz** avec neutre distribué. La puissance ne doit pas être supérieure à **250 kVA**.

- En **Haute-Tension-HT (plus de 1000V)** : Pour les puissances supérieures à **250 kVA**, le distributeur fournit une alimentation dite de 2ème catégorie comprise entre **5 et 33 kV**.

Le transport de l'électricité se fait grâce à un **réseau de grand transport** et d'**interconnexion** et à un **réseau de distribution** : Le réseau de grand transport achemine l'électricité produite à la sortie des centrales sur de longues distances grâce à des lignes à « **THT** ».

La production et le transport de l'énergie électrique se font généralement en **régime alternatif triphasé**. L'avantage du courant alternatif par rapport au courant continu est qu'il permet d'élever et d'abaisser facilement la tension, grâce à des transformateurs.

➤ **Que de chemin à parcourir pour l'électricité !**

Depuis la centrale électrique jusqu'à la maison, l'électricité parcourt souvent des centaines de **kilomètres** et traverse de nombreuses installations différentes !

Lorsqu'elle sort de la centrale de production elle emprunte un réseau de transport composé de lignes à haute tension. C'est un peu l'autoroute de l'électricité. Mais au cours de son voyage vers les villes, on doit progressivement diminuer sa tension. Elle passe donc dans des transformateurs avant d'emprunter des lignes à moyenne tension puis d'autres transformateurs abaissent sa tension à **230 Volts** pour qu'elle puisse utiliser les lignes à basse tension qui alimentent les villes. Enfin elle arrive jusqu'au **disjoncteur** de la maison. Il sert d'interrupteur pour laisser passer ou stopper le courant. Il assure aussi notre sécurité : **s'il y a une surcharge d'électricité le disjoncteur coupe automatiquement l'arrivée du courant**.

II-3. NOTIONS SUR LE RISQUE ELECTRIQUE / ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE

II-3-1.NATURE DES ACCIDENTS ELECTRIQUES

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

- Leurs actions
- La nature du contact (direct, indirect, etc...)

Tableau II.5 : Accidents par contact direct et indirect

Contact direct	Contact indirect
(électrisations les plus fréquentes) 45% des accidents. C'est le contact des personnes avec des parties actives (phase ou neutre), ou des parties conductrices sous tension.	(Electrisations peu fréquentes) 20% des accidents. C'est le contact des personnes avec des masses mises accidentellement sous tension. Cette mise sous tension accidentelle résulte de la défaillance de l'isolation d'un appareil amenant un défaut d'isolement.
<p>Travail proximité pièce nue sous tension</p> <p>Contact avec pièce nue sous tension</p> <p>Énergie électrique BT</p> <p>Personne</p> <p>Brûlure, électrisation, électrocution</p>	<p>Travail proximité pièce mise accidentellement sous tension</p> <p>Contact avec pièce accidentellement sous tension</p> <p>Énergie électrique BT</p> <p>Personne</p> <p>Brûlure, électrisation, électrocution</p>

- Le domaine d'activité dans lequel ils surviennent (milieu domestique : prise du courant, cordons et fiches - Milieu agricoles - L'électricité statique, la foudre – les incendies, et les explosions etc..)

II-3-2. DANGER DU COURANT ELECTRIQUE

Le courant électrique est dangereux car il constitue une cause relativement fréquente d'accident de travail dans le domaine du génie électrique qui, de plus, se traduit par un facteur de gravité important.

Ces accidents apparaissent en raison de l'exposition, plus ou moins prolongée, au risque d'origine électrique qui trouve sa source dans la notion de voisinage avec une ou des pièces nues sous tension. La mise en contact accidentelle de parties du corps avec ces conducteurs sous tension peut provoquer des commotions électriques qui peuvent être mortelles.

Le danger est constitué par l'intensité du courant qui traverse le corps humain quand celui-ci est soumis à une tension électrique. Les accidents d'origine électrique peuvent également provenir du jaillissement d'un arc électrique. Ce courant est appelé «*courant de contact*».

Le courant électrique est dangereux à partir de **10 mA**. Ceci vient du fait que la fréquence utilisée (50Hz) provoque des excitations musculaires violentes pouvant entraîner la tétanisation.

Les contacts avec les pièces nues sous tension peuvent être directs ou indirect, ce qui implique des dommages et des effets sur le corps humain plus ou moins graves. Les effets du courant électrique sont fonction des paramètres intervenant comme facteurs aggravants et dépendent du trajet du courant électrique dans le corps humain. Certains organes souffrent plus fortement des chocs électriques que d'autres. Le cerveau, les poumons, le cœur, le foie et les reins sont 40 fois moins résistants que la peau.

➤ *Nature et durée du passage du courant*

Les effets dépendent :

- De la nature du courant : Alternatif, continu lisse, continu ondulé, pulsé... ;
- De la forme d'onde : sinusoïdale, redressé en simple ou double alternance, sinusoïdale avec contrôle de l'angle de phase, rectangulaire, etc. ;
- De la durée de passage ;
- Du début du passage par rapport au rythme cardiaque;
- De la position des polarités, en continu (mains ou pieds par exemple).

➤ *Conditions de contact*

Les effets dépendent également :

- De la surface de corps en contact (électrodes) ;
- Des conditions de ce contact : peau sèche, humide, mouillée ; pression, température, etc. ;
- Du trajet parcouru par le courant, qui varie avec la position des points d'entrée et de sortie.

On définit un facteur de risque pour le cœur, dit facteur de courant de cœur par le rapport du courant « Iref » (passant par le cœur pour un trajet de référence allant de la main gauche aux deux pieds), au courant In pour un trajet donné (tableau II.6).

Tableau II.6 : Facteurs de courant de cœur pour différents trajets du courant

Facteurs de courant de cœur pour différents trajets du courant	
Main gauche au pied gauche, droit, ou aux deux.....	1
Deux mains aux deux pieds.....	1
Main gauche à la main droite	0.4
Main droite au pied gauche, droit, ou aux deux	0.8
Dos à la main droite.....	0.3
Dos à la main gauche	0.7
Poitrine à la main gauche.....	1.5
Poitrine à la main droite	1.3
Siège à la main gauche, droite ou aux deux	0.7

➤ *Actions physiopathologiques du courant électrique*

• *Actions physiologiques et pathologiques*

Les actions physiopathologiques du courant électrique ont été décrites dans les publications CEI 479-1 et 479-2. Elles peuvent, très sommairement, être résumées par la figure 2 établie pour les courants alternatifs de fréquences 15 à 100 Hz ; des courbes similaires existent pour le courant continu.

La **figure II.15** appelle quelques commentaires pouvant se réduire aux points de repères suivants :

- De 0,5 à 2 MA : seuil de perception sans douleur ;

- De 3 à 5 MA : début de sensation douloureuse, ou désagréable ;
- De 5 à 8 MA : effet de choc, risque de contraction réflexe (chute...) ;
- 10 MA : seuil dit le non lâcher, crispation des muscles de la main, sans possibilité de lâcher volontaire ;
- 15 MA (plus de 2 s) : début de risques cardiaques réversibles ;
- 30 MA : risque d'asphyxie si non rupture, par contraction des muscles commandant la respiration ;
- 50 MA : risque de déclenchement de la fibrillation suivant le temps de passage.

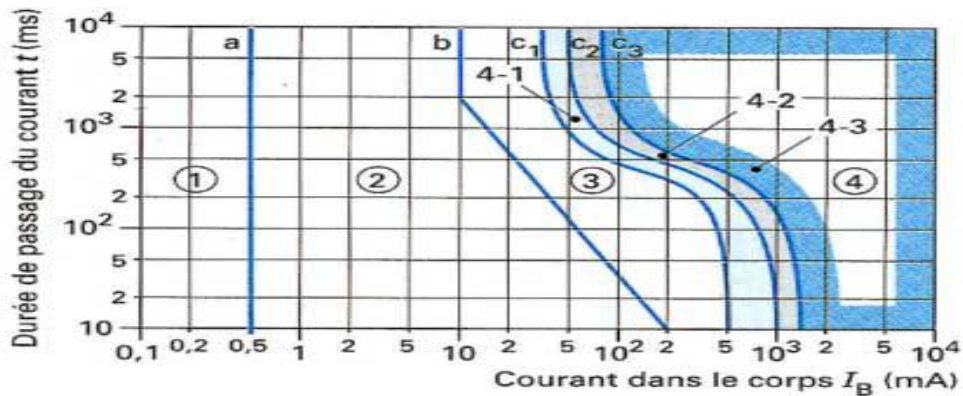
• Actions cliniques

L'action du courant électrique, 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 gravité, 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 brûlures par arc : dermiques, oculaires (coup d'arc), électrothermiques profondes, thromboses, œdèmes, nécroses, etc.



En ce qui concerne la **fibrillation ventriculaire**, cette figure se rapporte aux effets du courant passant de la main gauche aux deux pieds. Les valeurs de seuil pour une durée de passage du courant inférieure à 0,2 s ne sont applicables qu'au passage du courant pendant la période vulnérable du cycle cardiaque.

Zone	Limites de la zone	Effets physiologiques
①	Jusqu'à 0,5 mA (ligne a)	Habituellement aucune réaction.
②	De 0,5 mA jusqu'à la ligne b (1)	Habituellement aucun effet physiologique dangereux.
③	De la ligne b jusqu'à la courbe c_1	Habituellement aucun dommage organique. Probabilité de contractions musculaires et de difficultés de respiration pour des durées de passage du courant supérieures à 2 s. Des perturbations réversibles dans la formation et la propagation des impulsions dans le cœur, y compris la fibrillation auriculaire et des arrêts temporaires du cœur sans fibrillation ventriculaire, augmentant avec l'intensité du courant et le temps.
④	Au-dessus de la courbe c_1	Augmentant avec le courant et le temps, des effets physiopathologiques tels qu'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves peuvent se produire en complément avec les effets de la zone ③.
4-1	c_1 - c_2	Probabilité de fibrillation ventriculaire augmentant jusqu'à 5%.
4-2	c_2 - c_3	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 50%.
4-3	Au-delà de la courbe c_3	Probabilité de fibrillation ventriculaire supérieure à 50%.

(1) Pour des durées de passage de courant inférieures à 10 ms, la limite du courant traversant le corps pour la ligne b reste constante et égale à 200 mA.

Figure II.14 : L'intensité du courant dans corps en fonction du temps de passage du courant $I(\text{mA})=f(t(\text{ms}))$ en dessus

Figure II.15 : Zones temps courant en tension alternative de fréquences 15 à 100 Hz-en dessous-

➤ Impédance électrique du corps humain

L'impédance présentée par un corps humain au passage du courant dépend – en dehors des caractères propres à chaque personne, d'une part, de la tension (en raison de la résistance de la peau, qui s'annule au-delà d'un certain seuil) et, d'autre part, des conditions d'environnement, susceptibles de réduire cette résistance : la présence d'eau, en particulier, et la résistance des sols et des parois avec lesquels les personnes sont en contact et par

l'intermédiaire desquels la boucle de défaut (trajet total du passage de courant entre le générateur et la personne) se ferme.

On se reportera, pour davantage de développements, à l'article référencé.

Généralement, on estime qu'il y a trois situations caractéristiques d'environnement :

- La situation normale, correspondant aux emplacements secs ou humides, la peau étant sèche (en tenant compte de la présence éventuelle de sueur), le sol présentant une résistance importante (1 000 Ω au moins) ;
- La situation particulière, les personnes se trouvant exposées à des conditions particulières d'humidité, par exemple dans les locaux mouillés, la peau étant mouillée et le sol présentant une résistance faible (de l'ordre de 200 Ω) ;
- La situation immergée, lors de laquelle on ne peut plus compter sur la résistance de la peau et du sol.

Ces trois situations caractéristiques se traduisent par des conditions de temps de coupure du courant, par les dispositifs de protection (pour les deux premières) ou par des mesures de sécurité particulières telles que la très basse tension de sécurité limitée à 12 V (pour la troisième).

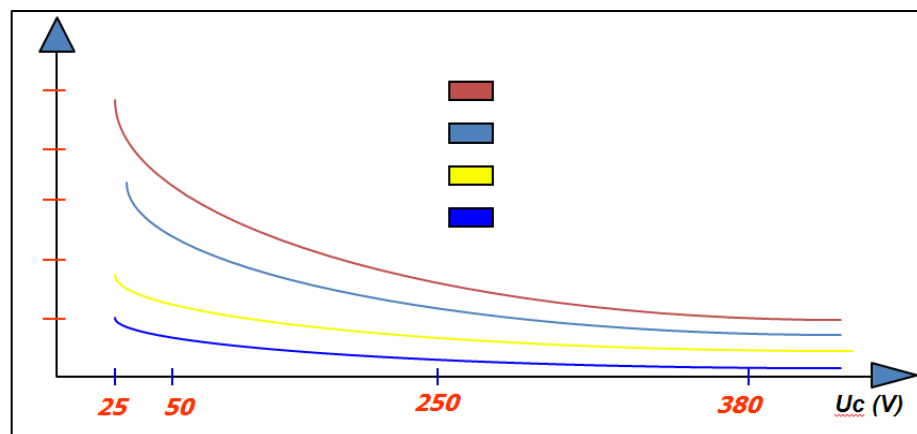


Figure II.16 : Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau

➤ *Seuils de danger du courant électrique*

Le courant agit sur le corps de trois façons différentes :

- Par blocage des muscles ou la « tétanisation », que ce soit ceux des membres ou de la cage thoracique.
- Par brûlures selon la valeur du courant, l'électricité produit par ses effets thermiques des lésions tissulaires plus ou moins graves.
- Par action sur le cœur où l'électricité provoque une désorganisation complète du fonctionnement du cœur, connue sous le nom de « fibrillation ventriculaire ».

« L'effet provoqué par le courant électrique sur le corps humain dépend principalement de son intensité et d'autres paramètres liés au corps humain (résistance, surface de contact,...) et à son environnement (humidité) lors de l'accident électrique ».

Les différents facteurs influent sur la sensibilité et les effets du passage du courant électrique dans le corps humain. Ce sont les caractères propres à l'individu, la nature et la durée du passage du courant et les conditions de contact que l'on peut spécifier comme suit :

- L'intensité du courant,
- L'impédance du corps humain,
- La tension du courant,
- La fréquence du courant,
- Le temps de contact,
- Le trajet du contact.

A cela s'ajoute :

- L'âge de la personne,
- Son poids,
- Son sexe,
- Ses caractéristiques physiologiques personnelles.

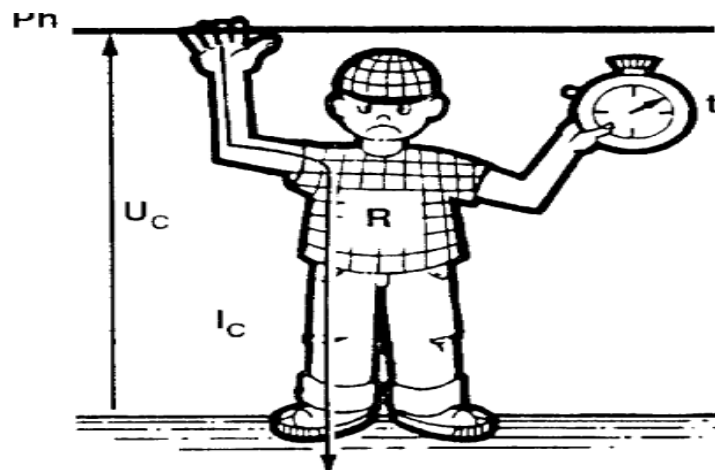


Figure II.17 : Seuils de danger du courant électrique

C'est la quantité d'électricité qui conditionne l'effet produit par le courant électrique dans le corps humain.

➤ Seuil de perception

Le Seuil de perception du courant électrique est très variable d'une personne à l'autre, 0,5 mA peut être considéré comme une valeur moyenne.

Tableau II.7 : Seuils de perception

Intensité du courant	Constatations
~1 mA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excitation des terminaisons nerveuses sensibles ▪ Sensation de picotement ou de choc léger
>3 mA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensation de douleur

➤ **Seuil de tétanisation**

Le seuil de tétanisation correspond aux contractions musculaires qui commence à partir de **10 mA**. Cette valeur dépend de l'âge, du sexe, de l'état de santé, du niveau d'attention... La tétanisation a pour effet d'empêcher la personne de lâcher le conducteur, ce qui peut conduire à des conséquences plus graves en fonction de la durée du passage du courant. De ce fait, la résistance du corps s'affaiblit et l'intensité du courant augmente en conséquence, ce qui peut faire évoluer la situation vers la tétanisation des muscles respiratoires, d'où difficultés et l'arrêt respiratoire par asphyxie ventilée qui se produit pour des courants de **20 à 30 mA**.

Tableau II.8 : Seuils de tétanisation

Intensité du courant	Constatations
~10 mA	▪ Contraction des muscles traversés par le courant
	▪ Impossible de lâcher prise (fléchisseurs des avant-bras)
	▪ Projection (extenseurs)
~25 mA	▪ Tétanisation des muscles respiratoires
	▪ Plus de 3 minutes = asphyxie ventilatoire

➤ **Seuil de fibrillation ventriculaire**

Le seuil de fibrillation ventriculaire se produit à partir de 75 mA

Tableau II.9 : Seuil de fibrillation ventriculaire

Intensité du courant	Constatations
~75 mA	▪ Fibrillation ventriculaire
	▪ Mène à l'électrocution à moins d'une défibrillation (et être maintenu en vie jusqu'à ce moment-là)

➤ **Seuils de brûlure**

Le seuil de brûlure commence à 100 mA

Tableau II.10 : Seuils de brûlure

Intensité du courant	Constatations
~100mA (danger)	▪ Effet Joule: $E_{\text{thermique}} = RI^2 t$
	▪ Destruction de la peau
	▪ Destruction des tissus en profondeur: muscles, nerfs, vaisseaux sanguins et viscères
	▪ Amputation
	▪ Déchets de combustion peuvent entraîner une insuffisance rénale mortelle

➤ **Seuil de l'arrêt cardiaque**

Le seuil de l'arrêt cardiaque se situe aux alentours de 1 A (**danger**), il donne lieu à un « **Arrêt du cœur** »

➤ *Seuil de l'inhibition des centres nerveux*

Le seuil de l'inhibition des centres nerveux se situe à 2 A (*danger*), il donne lieu à une « *Inhibition des centres nerveux* »

D'autres risques et dommages peuvent être subits par le corps humain. Ainsi, un court-circuit peut notamment provoquer :

- Des brûlures par projection de matière en fusion
- Un rayonnement ultraviolet intense
- Un dégagement de gaz toxique
- Un incendie, une explosion [1].

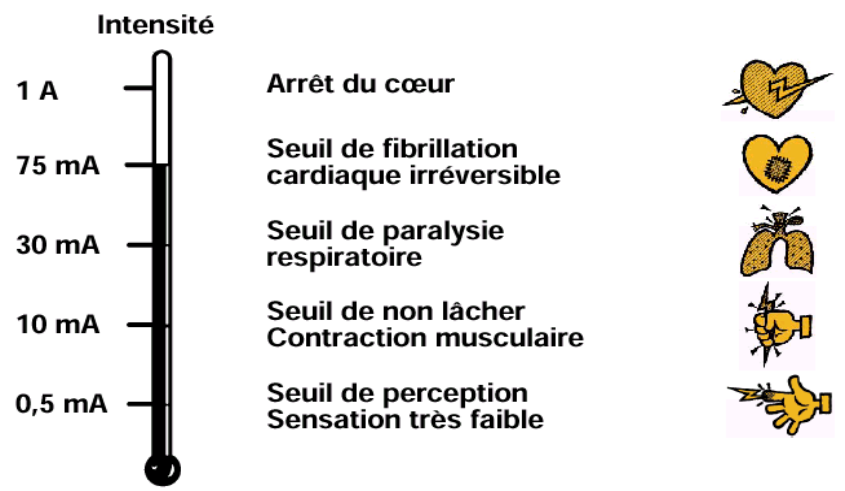


Figure II.18 : Seuils de danger du courant électrique alternatif

Les seuils de danger du courant continu sont légèrement décalés par rapport au courant alternatif et pour d'autres indéterminés.

Bien que le risque de fibrillation cardiaque soit *3,75 fois* plus petit, les brûlures sont plus profondes. Les moments de la mise sous tension et la coupure du courant sont les plus dangereux. De plus, le passage du courant continu dans le corps humain provoque un phénomène d'électrolyse.



Figure II.19 : Seuils de danger du courant électrique continu

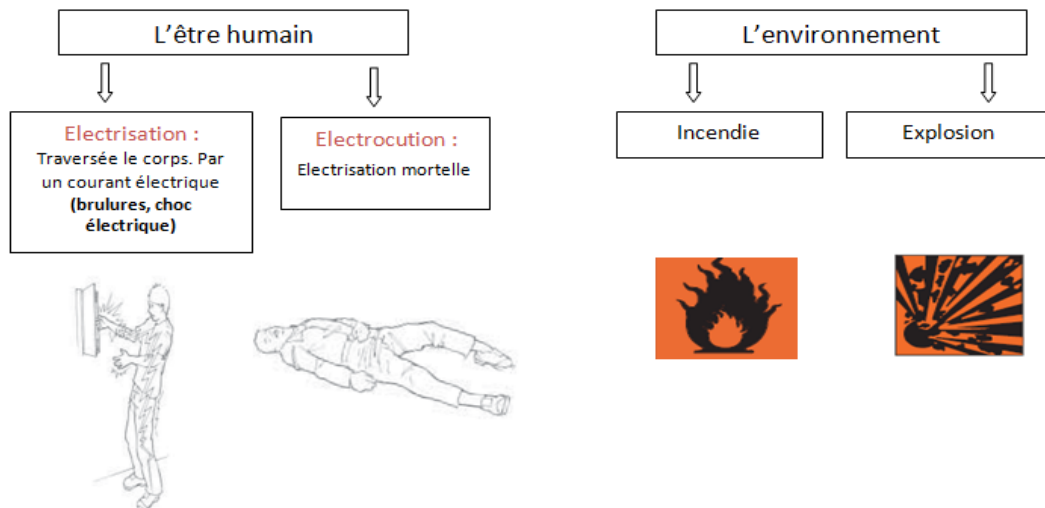


Figure II.20 : Effets du courant électrique sur l'environnement et l'être humain

II-3-3. RISQUE ELECTRIQUE VIS-A-VIS L'ETRE HUMAIN

En fonction de l'action *directe* et *indirecte* du courant électrique, de la nature de contact (*direct ou indirect*) et du domaine d'activité dans lequel survient l'accident (milieu domestique, travail, loisir,...), les effets de l'action du courant électrique sur l'homme sont soit *immédiats* ou *secondaires*.

- Effets immédiats
- Effets excito-moteur

Ils ne proviennent qu'à la faveur d'une variation de courant, provoquant l'excitation des muscles et des nerfs (voir figure II.21)

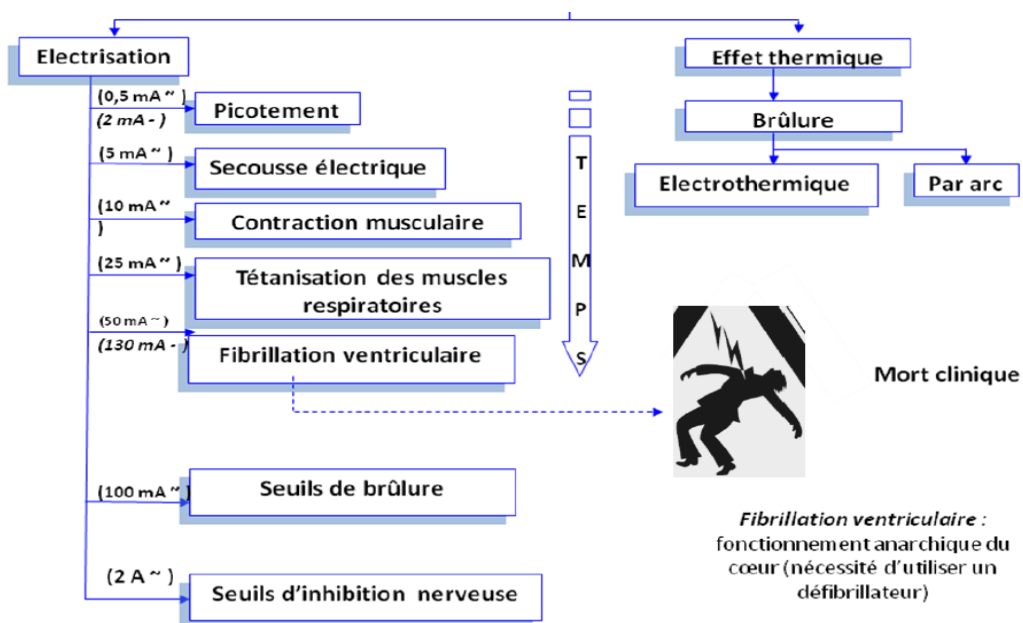


Figure II.21 : Principaux effets du courant électrique sur l'homme

• Secousse électrique

Le résultat de la contraction du muscle provoquée par une excitation unique et brève, produite suite à l'application d'un courant (continu ou alternatif 50Hz) à un muscle. Ceci peut entraîner des dangers secondaires tels que le réflexe de lâcher un outil, de saisir une chose qui peut représenter un danger pour la victime.

• Contraction musculaire

Si l'on interrompt rythmiquement le passage du courant continu dans un muscle, on observe une série de secousses successives qui se rapprochent quand la fréquence des interruptions s'élève.

Lorsque le muscle n'a plus le temps de se décontracter (par exemple avec du courant de 50 Hz), c'est le phénomène de contracture. Selon que le trajet du courant intéresse les muscles *fléchisseurs* (Avant- bras) ou *extenseurs* (Bras), nous aurons des conséquences différentes.

L'organigramme de (*figure II.22*) Schématise les effets de la contraction musculaire.

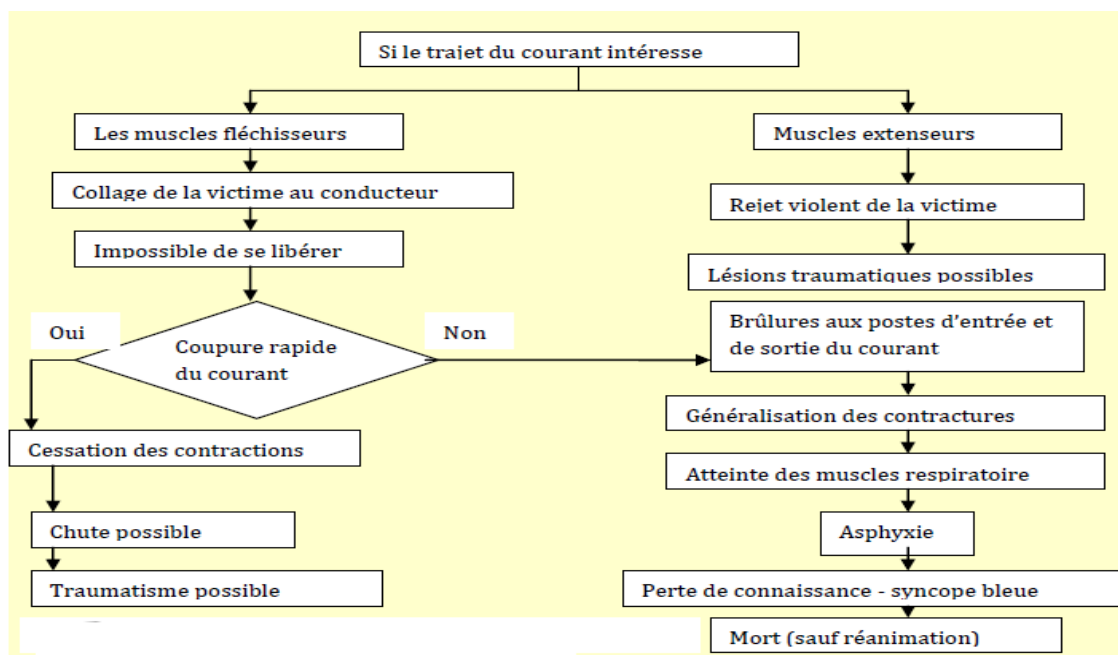


Figure II.22 : Effets de la contraction musculaire

• Tétanisation des muscles respiratoire

La tétanisation ne peut s'observer que lorsque le trajet du courant intéresse les muscles respiratoire (intercostaux, pectoraux et diaphragme).

L'organigramme de (*figure II.23*) schématise les effets de la tétanisation des muscles respiratoire.

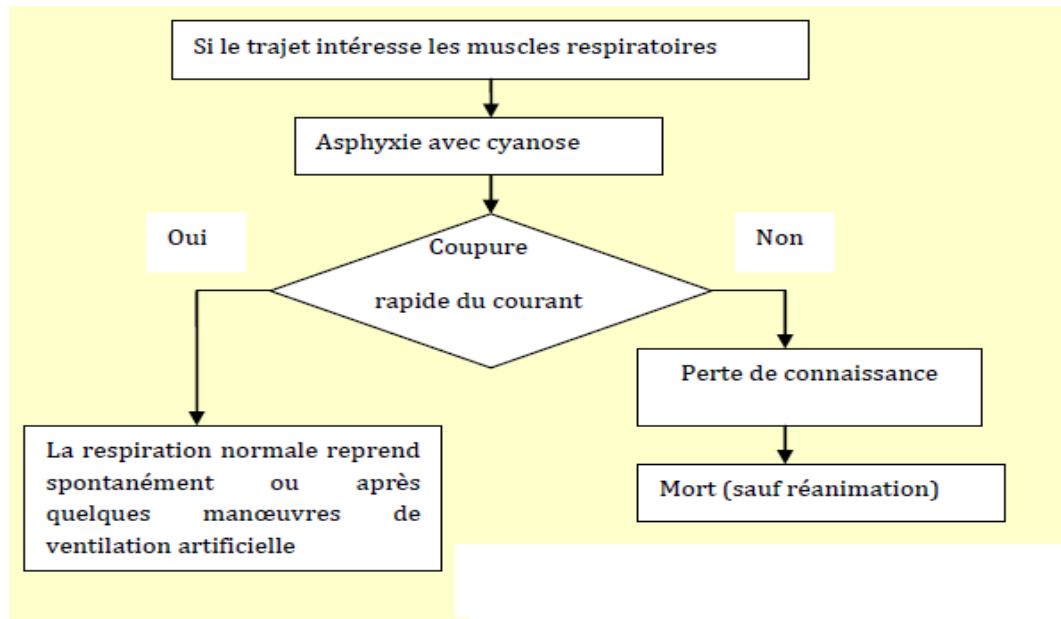


Figure II.23 : Les effets de la téτανisation des muscles respiratoire

• Fibrillation ventriculaire

Peut s'observer lorsque le trajet du courant passe par le muscle cardiaque. C'est une désorganisation du parfait synchronisme de contractions des fibres musculaires (*myocarde*) qui assure le fonctionnement du cœur.

Dans la fibrillation ventriculaire, chaque fibre se contracte pour son propre compte, ce qui aboutit à une inefficacité totale, donc l'équivalent d'un arrêt circulatoire et à des lésions anoxiques en aval, plus particulièrement au niveau du cerveau (extrêmement sensible au manque d'oxygène). Des lésions irréversibles apparaissent si la durée de l'anoxie (diminution ou la suppression de l'oxygène dans le sang) atteint ou dépasse 3 minutes environ.

L'organigramme de la (*figure II.24*) schématise les effets de la fibrillation ventriculaire.

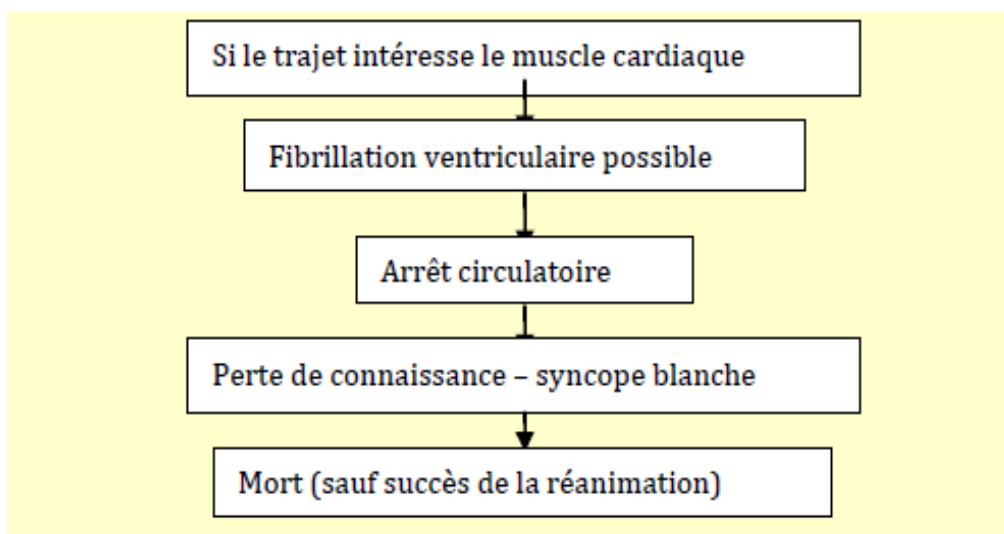


Figure II.24: Les effets de la fibrillation ventriculaire

• Inhibition des centres nerveux

Ne peut avoir lieu que si un courant très important passe par le bulbe rachidien, ce qui est très rare.

L'organigramme de la (figure II.25) schématise les effets de l'inhibition des centres nerveux.

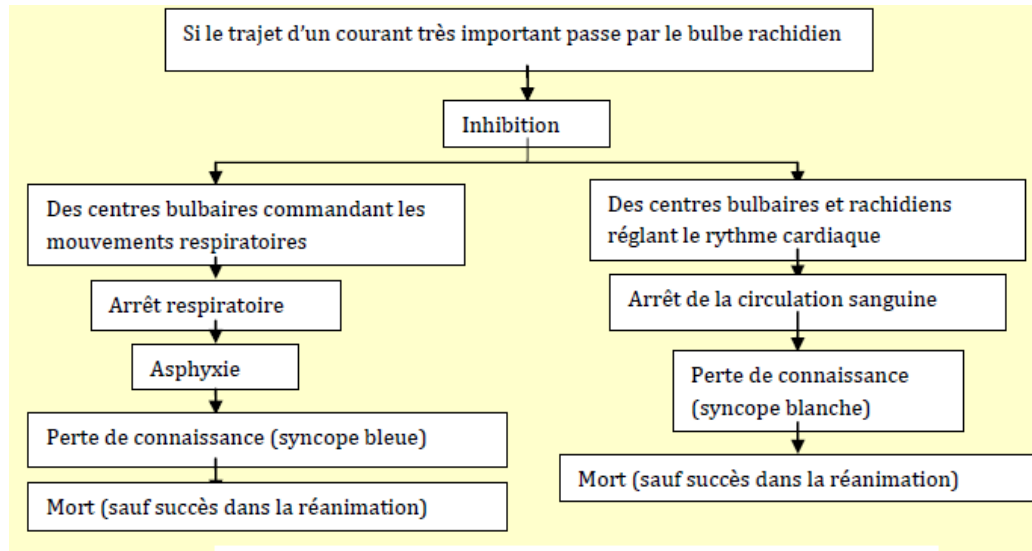


Figure II.25 : les effets de l'inhibition des centres nerveux

• Effets thermique

▪ Brûlures électrothermiques

Sont provoquées par l'énergie dissipée par effet joule tout le long du trajet du courant.

Ces brûlures aboutissent à des nécroses (mort d'une cellule ou mortification) internes situées plus particulièrement au niveau des muscles, il en résulte ainsi le blocage des reins qui n'arrivent pas à éliminer les grandes quantités de myoglobine et d'hémoglobine (pigment de globule rouge assurant le transfert de l'oxygène et du gaz carbonique entre l'appareil respiratoire et les cellules de l'organisme) qui les envahissent après avoir quitté les muscles atteints.

▪ Brûlures par arc

Sont des brûlures thermiques dues à l'intense chaleur dégagée par effet joule, au cours de la production de l'arc électrique. Elles sont superficielles (cutanées) localisées aux parties découvertes (face, mains).

➤ Effets secondaires

Sont traités dans les effets secondaires les troubles, complications et séquelles qui peuvent apparaître avec un temps de latence plus ou moins long (jours, mois, années).

• Complications cardio-vasculaires

Quand le trajet du courant intéresse le trajet cardiaque, on peut constater des troubles et lésions qui peuvent survenir dans les semaines qui suivent l'accident.

L'organigramme de la **Figure II.26** schématise les complications cardio-vasculaires.

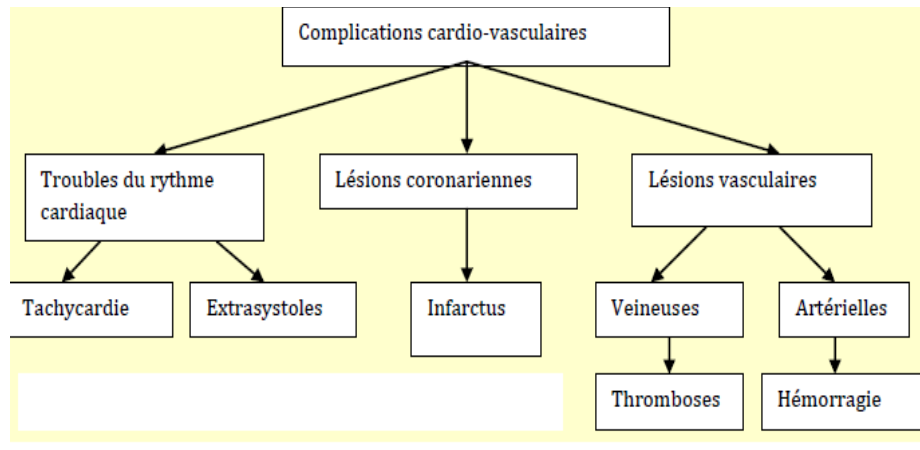


Figure II.26 : les complications cardio-vasculaires

- **Tachycardie:** Accélération du rythme cardiaque
- **Extrasystole:** Contraction prématurée du cœur.
- **Coronarienne:** Des artères coronaires naissant de l'aorte.
- **Infarctus:** Lésion nécrotique des tissus due à un trouble circulatoire et s'accompagnant le plus souvent d'une infiltration sanguine par oblitération d'un vaisseau ou par embolie.
- **Thrombose:** Formation de caillots dans un vaisseau sanguin.

• Complications neurologiques

Les Complications neurologiques sont de type :

- Troubles organiques
- Troubles psychiques et psychonévropathiques.

L'organigramme de la (figure II.27) schématise les complications neurologiques.

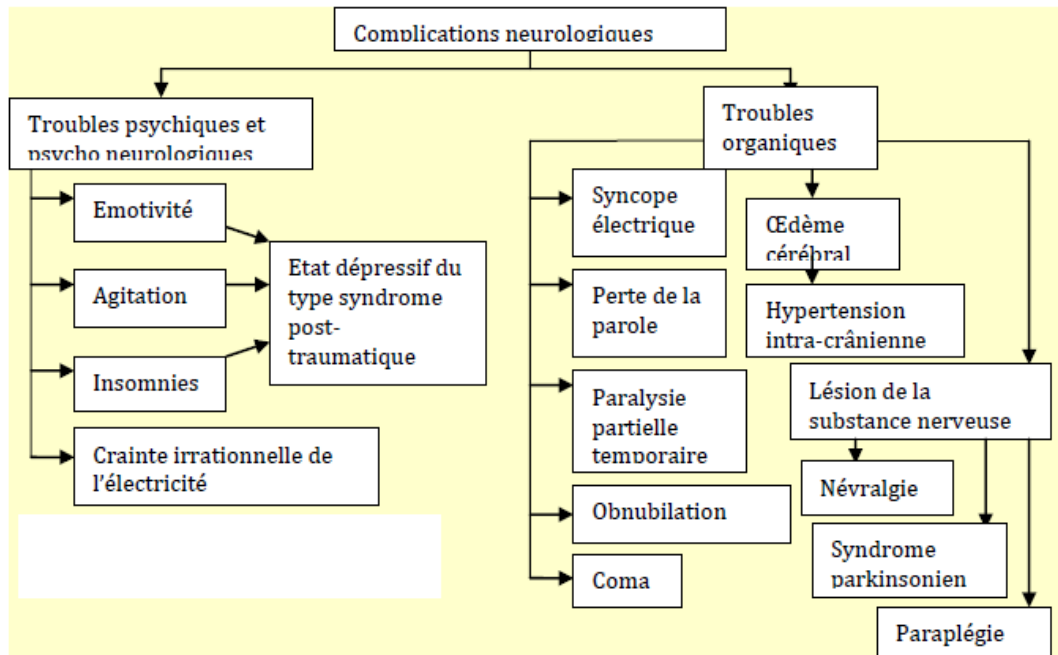


Figure II.27 : Les complications neurologiques

▪ **Névrose**: Affection caractérisée par des conflits qui inhibent les conduites sociales et qui s'accompagne d'une conscience pénible des troubles (l'hystérie, névrose obsessionnelle, la névrose phobique, la névrose angoisse)

▪ **Obnubilation**: Obscurcissement de la conscience, accompagné d'un ralentissement des processus intellectuels.

▪ **Névrалgie**: Douleur vive ressentie sur le trajet d'un nerf, les complications neurologiques.

• Complications rénal

Sont toujours la conséquence des brûlures électrothermiques.

L'organigramme de la (figure II.28) schématise les complications rénales

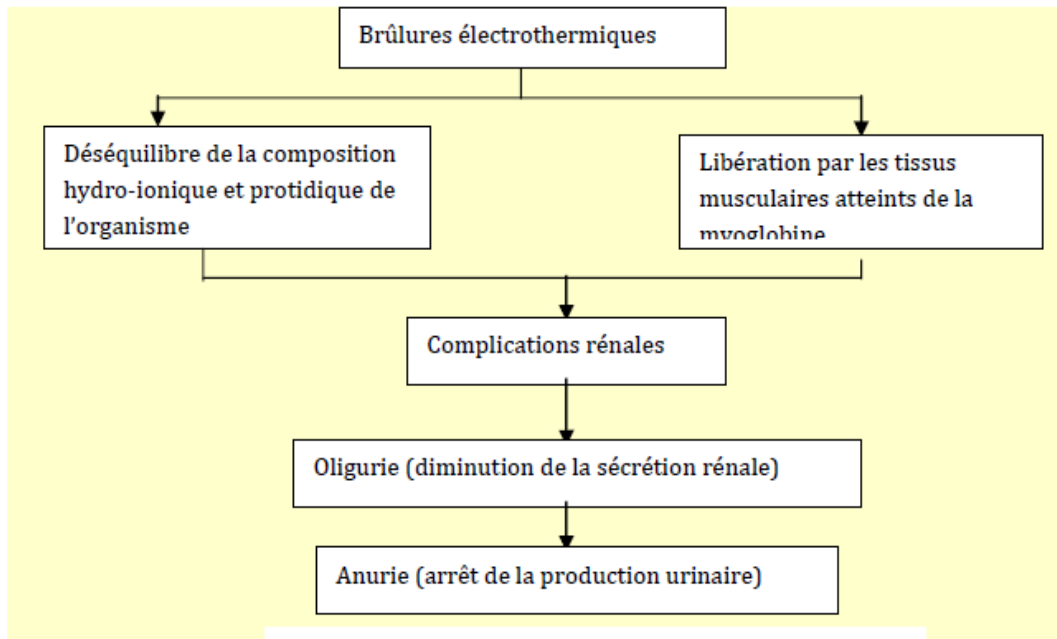


Figure II.28: les complications neurologiques

➤ *Séquelles sensorielles :*

Sont essentiellement observées lorsque l'arc électrique ou le trajet du courant dans l'organisme intéresse la tête, il s'agit plus souvent de troubles oculaires, plus rarement de troubles auditifs.

L'organigramme de la **Figure II.29** schématise les séquelles sensorielles. [1]

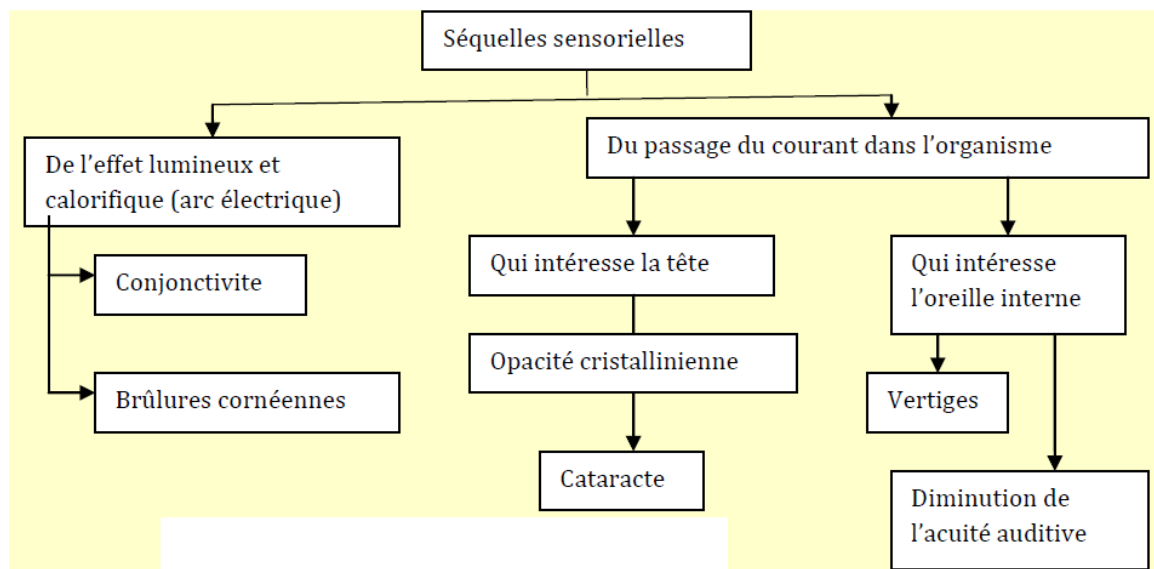


Figure II.29 : les séquelles sensorielles

• *Séquelles cutanées, Tendineuses et muqueuses*

Par suite de brûlures électriques, les lésions, situées le plus souvent au niveau des mains ou des bras, laissent persister :

- Des cicatrices vicieuses avec troubles vasomoteurs,
- Des rétractions des tendons entraînant parfois une gêne fonctionnelle importante.

II-3-4. CAUSES DU RISQUE ELECTRIQUE

Les accidents du travail d'origine électrique sont rares mais souvent graves. Certains secteurs d'activité y sont particulièrement exposés comme les métiers du bâtiment, des travaux publics et de la métallurgie. Potentiellement, les accidents électriques peuvent se produire sur tout lieu de travail comprenant une installation électrique. Les principaux facteurs de risque d'accidents électriques dans le domaine professionnel sont la mauvaise utilisation du matériel, la détérioration des outils et des isolants, le non-respect des consignes et des distances de sécurité, et des compétences inadéquates aux tâches à exécuter.

➤ *Les principales causes*

Les principales causes du risque électrique :

1. Mauvaise connaissance du travail à effectuer :

C'est une des raisons les plus fréquentes des actes imprudents. C'est aussi, pour l'Agent de Maîtrise, un des défauts les plus faciles à détecter. En dehors du niveau professionnel nécessaire pour exécuter certaines tâches, il est important de définir clairement: Ce qui doit être obtenu, La meilleure façon de procéder, Les risques qui peuvent accompagner l'exécution du travail, les moyens de les prévenir.

2. Non-respect des règles de sécurité :

Lors de la conception ou modification d'une installation électrique.

3. Mauvaises habitudes de travail :

Le résultat du travail peut être bon, mais la façon dont il est effectué comporte des pratiques dangereuses acquises par habitude depuis parfois très longtemps. Ces habitudes peuvent provenir d'un apprentissage mal conduit, d'un manque d'explications claires ou d'un laisser-aller en face de petites difficultés.

4. Mauvais état du matériel :

Et des isolants en particulier (détérioration, coupure ...)

5. Méconnaissance des risques :

Elle provient souvent d'un manque d'expérience lors des travaux effectués. Il faut avoir présent l'esprit que des dangers non prévus peuvent apparaître lors de l'exécution de travaux exécutés même régulièrement. Exemple Usage de lampes baladeuses non équipées en très basse tension.

6. Utilisation inappropriée du matériel : (appareil portatif, prolongateur).

7. Mauvais exemples :

On suit plus facilement les mauvais exemples que les bons. Exemple Mettre hors service un dispositif de sécurité pour gagner du temps.

8. Habilitation électrique non adaptée à l'opération à réaliser.

9. Indifférence :

Certains connaissent les risques, mais s'affichent la plus grande indifférence à leur égard. Il ne faut surtout pas accepter cette indifférence comme une attitude normale pouvant que le métier est bien connu. Tel par exemple : Travailler sur une installation électrique sans la délimitation de la zone de travail.

10. Non-respect des distances de sécurité :(Par rapport aux pièces nues sous tension).

11. Goût du risque :

Dans certains cas, il peut y avoir une véritable « *provocation* » à l'égard du risque. C'est par l'application sévère des consignes de sécurité qu'on pourra lutter contre ces « défis » stupides.

12. fatigue et déficiences physiques :

Certaines déficiences physiques et la fatigue peuvent amener des actions maladroités, mal coordonnées insuffisantes. Des déficiences de l'audition, de la vue, par exemple peuvent être des facteurs défavorables à la pratique de certains travaux. Le surmenage peut également intervenir dans la genèse d'accidents aux causes techniques peu vraisemblables.

13. Hâte et Impatience :

Exécuter une tâche le plus vite possible provoque souvent l'imprudence et l'accident. C'est peut être la conséquence d'une trop grande charge de travail. Ne demander qu'un travail à la fois, dans un temps raisonnable, constitue une bonne prévention.

14. Énervement et colère :

Des actes dangereux peuvent être provoqués par la colère, l'énervement, la perte de contrôle soi-même. Il faut faire comprendre que la machine ou les outils ne pensent pas et sont insensible aux gestes brutaux qui risquent de se retourner contre leurs auteurs. Par exemple : Ne pas travailler sur un ouvrage électrique avec énervement.

15. Paresse et négligence :

C'est évidemment un défaut très répandu. Ici aussi on ne peut lutter que par l'application des consignes. [2]

II-3-5. ACCIDENTS ELECTRIQUES SUR L'HOMME

1- PAR CONTACT DIRECT

➤ *Électrocution par ligne de contact alimentant un pont roulant :*

• *Scénario de l'accident :*

Un ouvrier électricien, chargé de remplacer un diabolo sur un support de ligne de contact alimentant un pont roulant en 400 V, monte sur la poutre métallique sur laquelle repose le rail de roulement du pont et veut procéder à la réparation sans couper le courant et sans gants.

Par la suite d'un faux mouvement l'une de ses mains vient en contact avec l'un des conducteurs de la ligne alors que ses pieds reposent sur la poutre.

Coincé entre la ligne de contact et la poutre, l'ouvrier décède lorsqu'on parvient à le dégager.

Le rail de roulement du pont roulant étant à la terre, l'ouvrier a été soumis à une différence de potentiel, par contact direct main / pieds de $400 / \sqrt{3} = 230$ V.

Tableau II.11 : Electrocution par ligne de contact

Cause de l'accident	Conséquence	Enseignements
Faux mouvement (contact de la main avec un conducteur 230 V)	La mort de l'ouvrier	Ce travail aurait dû être effectué hors tension car aucun travail ne doit être effectué sous tension, à moins que les conditions d'exploitation ne rendent dangereuse ou impossible la mise hors tension ou si la nature du travail requiert la présence de la tension. De plus il doit y avoir, sur l'alimentation de la ligne de contact, un dispositif de coupure omnipolaire verrouillable en position d'ouverture, permettant de travailler hors tension sans risque de remise sous tension intempestive.

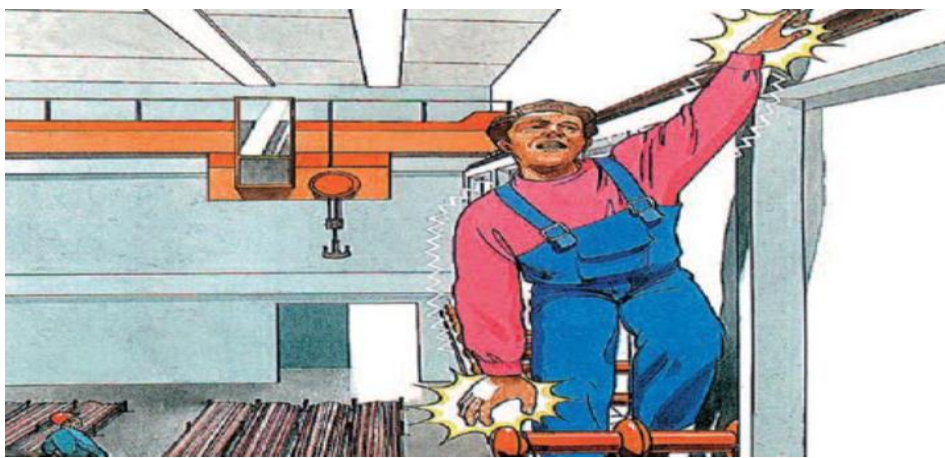


Figure II.30: Electrocution par ligne de contact alimentant un pont roulant

➤ *Travail sous tension :*

• *Scénario de l'accident :*

Un ouvrier électricien procède, dans un sous- sol, au remplacement d'un coffret de raccordement en compagnie d'autres ouvriers de la même entreprise.

A un moment donné, il touche malencontreusement une pièce sous tension. Soumis à la différence de potentiel phase / terre, il s'écroule foudroyé.

Tableau II.12 : Travail sous tension

Cause de l'accident	Conséquence	Enseignement
Contact avec une pièce sous tension.	Travailleur s'écroule foudroyé.	Ce travail n'aurait pas dû être effectué sous tension puisque ce n'était pas indispensable.



Figure II.31: Travail sous tension dans un sous-sol

2- PAR CONTACT INDIRECT

➤ *Eclairage provisoire dans un local mouillé*

• *Scénario de l'accident :*

Un ouvrier procède, dans le sous-sol d'une chaufferie, à la modification de gaines métalliques d'amenée d'air.

Par leurs différentes fixations et par le matériel électrique fixé sur ces gaines (moteurs de ventilation, clapets, vannes, etc.), celles-ci se trouvent réunies à la terre.

L'éclairage du chantier correspondant est, par ailleurs, assuré par une ligne provisoire réalisée à l'aide d'un câble fixé çà et là aux parois et de douilles métalliques à bout de fil.

Croyant inutile de déranger un électricien, cet ouvrier, sans couper le courant, veut remplacer une des ampoules par une autre de plus forte puissance.

En touchant la douille, il tombe au sol sans connaissance ; transporté à l'infirmierie, il ne pourra être ranimé.

De l'enquête il ressort que la douille est en contact avec un conducteur sous tension et se trouve par conséquent mise accidentellement sous tension.

Tableau II.13 : Eclairage provisoire

Cause de l'accident	Conséquence	Enseignement
Douille en contact accidentellement avec un conducteur sous tension	Chute au sol	Dans les locaux mouillés (c'est le cas de ce sous-sol où circulent des gaines métalliques mises à la terre de fait), on doit utiliser : -/ Soit du matériel alimenté en très basse tension de sécurité (TBTS) ou en très basse tension de protection (TBTP), -/ soit du matériel conçu pour assurer la sécurité des travailleurs. Ainsi, cette installation aurait dû être alimentée en TBTS à partir de transformateurs de sécurité.

➤ *Electrocution dans une filature :*

• *Scénario de l'accident :*

Dans l'atelier de lavage d'une filature de laine, une ouvrière est victime d'une électrocution en voulant manœuvrer le levier d'une essoreuse. La recherche des causes de cet accident fait apparaître que le conducteur de protection (terre) a été débranché et laissé en attente ; d'autre part, un des conducteurs d'alimentation. Dont l'isolation est défectueuse, est en contact avec la masse métallique du bâti de la machine et l'ouvrière se trouve directement sur le sol mouillé.

Tableau II.14 : Electrocution dans une filature

Causes de l'accident	Conséquence	Enseignement
-/ Le non-respect dû soit à la méconnaissance, l'oubli, etc. Au moment du montage, soit à une mauvaise surveillance et un mauvais entretien. -/ Isolation des conducteurs d'alimentation défectueuse.	Electrocution mortelle	La mise à la terre de toutes les masses du matériel et de l'appareillage qui ne sont pas alimentés en TBTS ou TBTP.



Figure II.32 : Electrocution dans une filature

3-BRULURE, INCENDIE OU EXPLOSION D'ORIGINE ELECTRIQUE

➤ *Enlèvement d'un fusible en charge*

• *Scénario de l'accident :*

Dans un atelier, où les machines sont alimentées à partir d'une gaine préfabriquée située en hauteur, un électricien enlève, dans un coffret de dérivation situé sur une gaine, un coupe-circuit à fusible de 200 A, en charge, c'est-à-dire sans avoir, au préalable, arrêté la machine correspondante.

Un arc se produit et l'ouvrier est gravement brûlé aux mains et au visage.

Tableau II.15 : Enlèvement d'un fusible en charge

Cause de l'accident	Conséquence	Enseignement
Arc électrique.	Brûlure aux mains et au visage.	En effet, dans ce cas, il se produit un arc d'autant plus important que le courant interrompu est intense, et cet arc peut provoquer un court-circuit au niveau de l'installation fixe. Ce court-circuit est, lui-même, d'autant plus violent qu'il se situe près du générateur. En conséquence il ne faut jamais ouvrir (ou fermer) un circuit de charge à l'aide d'un dispositif de séparation (coupe-circuit à fusible, sectionneur)

➤ *Ouverture d'un sectionneur en charge*

• *Scénario de l'accident :*

Un incident mécanique s'étant produit sur un tour automatique, l'ouvrier chargé de la conduite de la machine utilise, pour arrêter celle-ci, le sectionneur général situé en tête de l'armoire de commande.

Un flash se produit à l'intérieur de l'armoire. Celle-ci étant fermée, l'utilisation ne subit aucun dommage, mais l'appareillage interne est en grande partie détruit.

Tableau II.16 : Ouverture d'un sectionneur en charge

Cause de l'accident	Conséquence	Enseignement
Flash électrique.	Pas de dommage mais détérioration d'une grande partie de l'appareillage.	En tout premier lieu, l'ouvrier aurait dû utiliser le dispositif d'arrêt d'urgence installé sur la machine pour arrêter celle-ci mais, étant plus éloigné de la machine que de l'armoire, c'est vers celle-ci qu'il s'est dirigé. En second lieu Le sectionneur général, risquant d'être ouvert en charge, aurait dû, soit être équipé de contacts de pré-coupure, soit ne pas pouvoir être manœuvré de l'extérieur de l'armoire.

4- SENSIBILITE AU COURANT ELECTRIQUE

L'analyse des conditions physiopathologiques a amené à distinguer les différentes courbes de temps/courant délimitant les zones de sensibilité et de probabilité de survenance de certains effets. C'est à partir de ces caractéristiques que les principes de protection des personnes ont été établis.

Un certain nombre de paramètres influent sur la sensibilité et les effets du passage du courant électrique dans le corps humain : Ce sont les caractères propres aux individus (Âge, poids, sexe et caractéristiques physiologiques personnelles), la nature et la durée du passage du courant et les conditions de contact.

II-3-6. TERMINOLOGIE LIEE AUX ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE

Il convient de rappeler d'abord la terminologie propre aux accidents d'origine électrique.

- **L'électrisation** désigne tout accident électrique, mortel ou non. Elle peut se traduire par une simple commotion, qui peut ne pas avoir de suite, ou, à l'opposé, par un état de fibrillation ventriculaire, entraînant la mort.
- **L'électrocution** est un accident mortel, dû à l'électricité. La fibrillation ventriculaire qui peut suivre l'électrisation est un état transitoire de l'organisme, dit état de mort apparente, qui correspond à un rythme de fonctionnement anarchique du cœur sous l'effet du passage d'un courant électrique de faible intensité (de l'ordre de quelques dizaines de milliampères). Ce régime cardiaque perturbé du cœur peut se prolonger et l'arrêt définitif du cœur se produire s'il n'y a pas d'intervention extérieure de réanimation (ventilation artificielle, massage cardiaque) permettant le maintien de la survie en attendant l'arrivée des secours médicalisés d'urgence.

Le danger provient surtout du courant électrique qui passe par le corps. Vous pouvez constater, à la figure ci-dessous, qu'une intensité de 10 mA commence à être dangereuse. Pourtant, l'intensité électrique d'une lampe de poche ordinaire peut atteindre 1 A. [12]

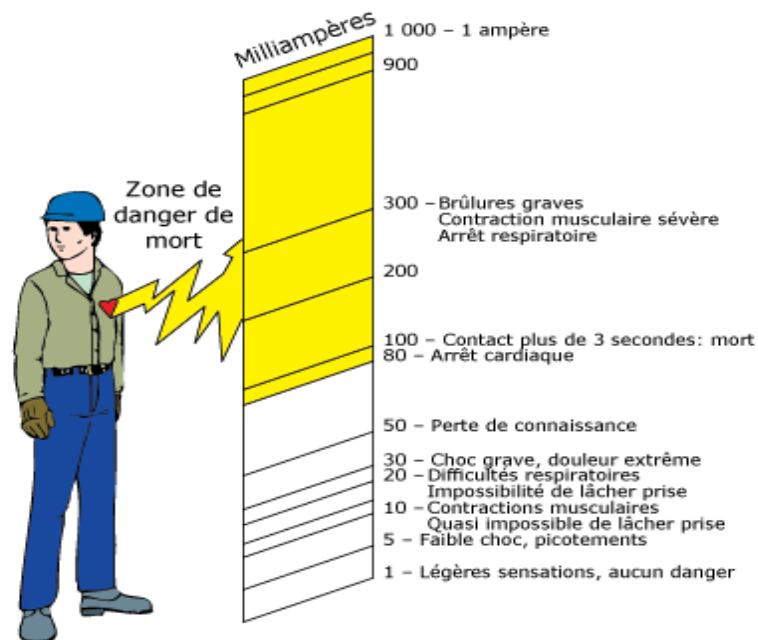


Figure II.33 : Electrification et intensité

Elle ne peut cependant entraîner la mort d'un individu, car la résistance de la peau humaine est normalement assez grande pour s'opposer fortement au débit de courant électrique.

Par exemple, la résistance de la peau d'une main sèche peut dépasser 50 000 Ω . Dans ce cas, il faudrait une tension supérieure à 500 V pour que l'intensité soit suffisamment grande pour être dangereuse :

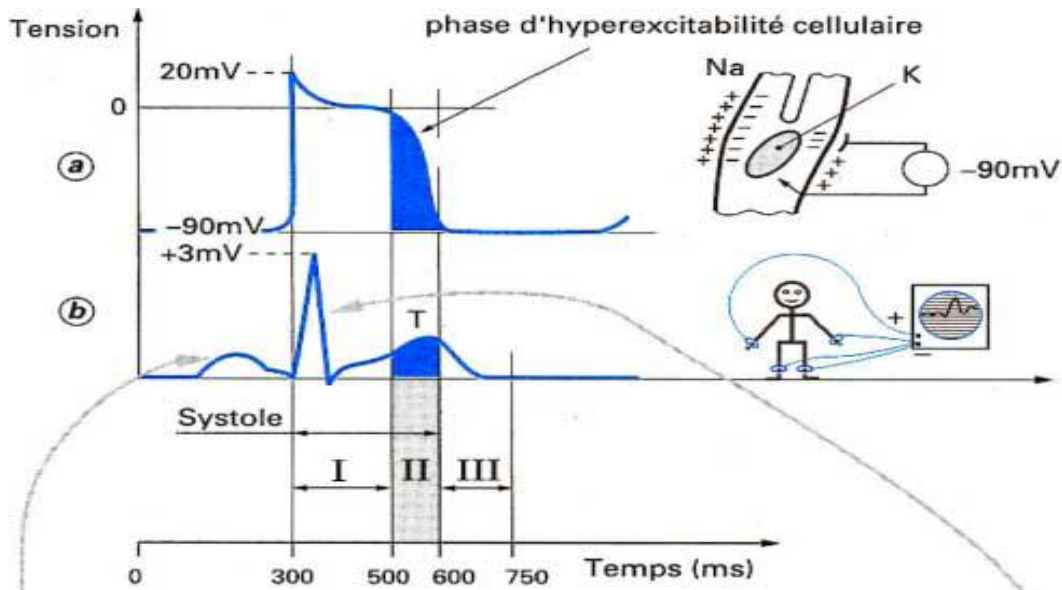
$$I = \frac{U}{R} \qquad I = 500 \text{ V} / 50\,000 \, \Omega = 0,01 \text{ A} = 10 \text{ mA} \qquad (\text{II.4})$$

Il est important de noter que la résistance de la peau diminue grandement lorsque la peau est humide ou qu'elle présente des coupures. Cette résistance peut passer de 50 000 Ω à 500 Ω . Dans ce cas, une tension aussi peu élevée que 25 V peut être mortelle.

$$I = 25 \text{ V} / 500 \, \Omega = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA} \qquad (\text{II.5})$$

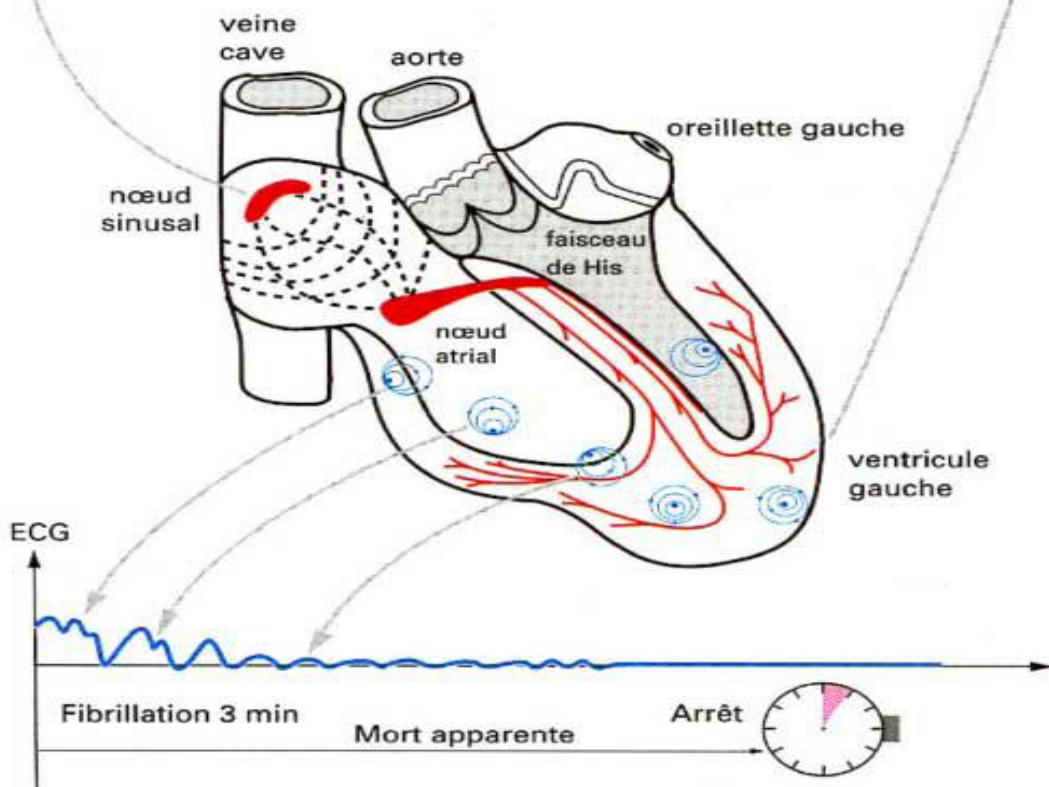
- *fibrillation Ventriculaire*

La fibrillation ventriculaire, qui peut suivre l'électrisation, est un état transitoire de l'organisme, dit état de mort apparente qui correspond à un rythme de fonctionnement anarchique du cœur sous l'effet de passage du courant électrique de faible intensité de l'ordre de quelques milliampères (voir figure II.34).Ce régime cardiaque perturbé du cœur peut se prolonger si l'arrêt définitif du cœur se produit s'il n'y a pas d'intervention extérieure de réanimation (ventilation artificielle, massage cardiaque) permettant le maintien de la survie en attendant l'arrivée des secours médicalisés d'urgence.



I période réfractaire absolue III phase supernormale
 II période réfractaire relative (onde T) : repolarisation du myocarde

- (a) phénomènes au niveau d'une cellule du myocarde
- (b) phénomènes au niveau du cœur



(c) électrocardiogramme (ECG) : enregistrements à différents endroits du cœur

Figure II.34 : Fibrillation Ventriculaire (D'après Dr Foliot)

II-4.CONCLUSION

Les risques électriques peuvent présenter un danger pour la vie des personnes ainsi que la défaillance des installations électriques. Ces risques sont dus à un non mise en sécurité des installations électriques.

Une personne soumise à une tension électrique subit, selon l'importance de celle-ci, des effets graves pouvant aller jusqu'à la mort.

Si on examine l'évolution des causes d'accidents, bien que le nombre de ceux-ci ne soit pas constant et qu'ils n'aient pas tous été répertoriés, on s'aperçoit que c'est la qualification inadéquate du personnel et la mauvaise organisation du travail qui restent les causes principales d'accidents d'origine électrique, alors que la déféctuosité des installations est plutôt en régression.

Il faut donc porter tout particulièrement les efforts sur :

* La formation du personnel : sensibilisation aux risques électriques (contact avec des conducteurs actifs ou les pièces conductrices habituellement sous tension, contact avec des masses mises accidentellement sous tension, risques de brûlures, incendies ou explosion), dispositions à prendre pour assurer la protection des travailleurs contre ces risques, utilisation et entretien des installations.

* L'organisation du travail (utilisation d'outils, appareils de mesure, équipements, etc., adaptés aux interventions et travaux et en bon état, méthodes de travail, procédures à respecter...

CHAPITRE III : ASPECTS TECHNOLOGIQUES RELATIFS AUX DANGERS DE COURANT ELECTRIQUE

III-1. INTRODUCTION

La prévention du risque électrique repose sur des dispositions réglementaires figurant dans le Code du travail. Elle concerne la mise en sécurité des installations et des matériels électriques, et ce dès leur conception. L'objectif est d'éviter tout contact, qu'il soit direct ou indirect, avec des pièces nues sous tension ou mises accidentellement sous tension. En outre, le matériel doit être conforme à la réglementation en vigueur afin de protéger les utilisateurs.

Les mesures techniques concernent le matériel et les dispositifs de protection. Ces derniers constituent une chaîne continue depuis la production du courant électrique jusqu'à son utilisation. L'ensemble des dispositifs de cette chaîne doit être calculé, vérifié, contrôlé et entretenu par du personnel qualifié.

Les installations électriques doivent être systématiquement vérifiées par un organisme agréé lors de leur mise en service, puis chaque année par une personne qualifiée ou un organisme agréé.

L'objectif de ce chapitre est de définir les aspects technologiques liés au risque électrique et de déterminer tous les appareils et les éléments relatifs à l'électricité.

III-2. ASPECTS TECHNOLOGIQUES

III-2-1. CONTACTS DIRECTS ET INDIRECTS

III-2-1-1. CONDUCTEURS EN TRIPHASE

Un système de courant triphasé est constitué de trois courants sinusoïdaux de même fréquence et de même amplitude qui sont déphasés entre eux d'un tiers de tour soit $2\pi/3$ radians dans le cas idéal [14].

Une source triphasée est un ensemble de trois sources telles que :

$$e_1 = E \sin(\omega t) \quad (\text{III.1})$$

$$e_2 = E \sin(\omega t - 2\pi/3) \quad (\text{III.2})$$

$$e_3 = E \sin(\omega t + 2\pi/3) \quad (\text{III.3})$$

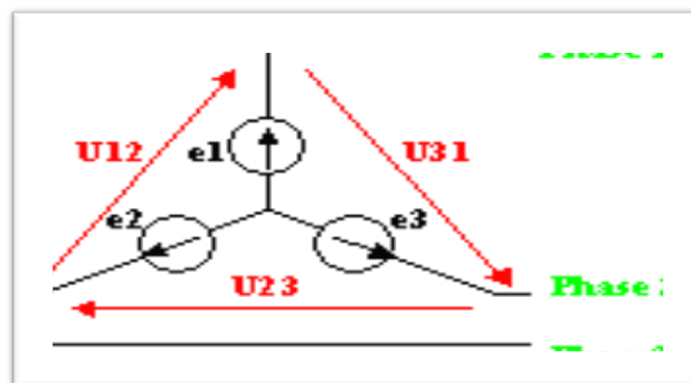


Figure III.1 : Source triphasée

Une distribution triphasée comporte 3 ou 4 fils :

- Trois conducteurs de phase : La charge est équilibrée, si un courant identique circule dans chacune des trois phases. Tel est le cas, par exemple, des moteurs électriques triphasés ;

- Un conducteur de neutre qui n'est pas systématique mais qui est souvent distribué. Lorsqu'un appareil ne consomme pas un courant identique sur chacune des phases, un courant résiduel est produit, que le conducteur neutre permet d'évacuer afin de maintenir la tension nominale de distribution sur chacune des trois branches de la charge.

III-2-1-2. CONTACT DIRECT

C'est le contact entre votre corps et des pièces nues sous tension, directement ou à l'aide d'un objet conducteur (outil, perche,...) :

- Lorsque vous touchez un câble dénudé est que le fil de cuivre est à nue ;
- Lorsque vous branchez ou débranchez une prise de courant, sans couper le disjoncteur ;
- Pour les électriciens, lorsque que vous touchez un jeu de barres à nue et sous tension.

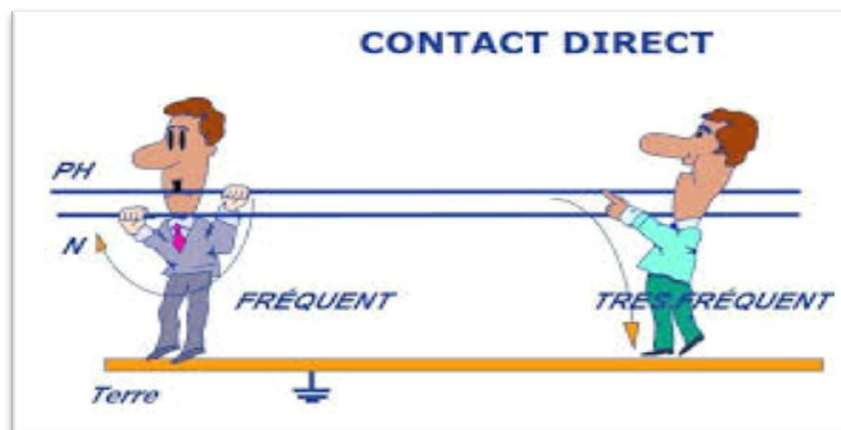


Figure III.2 : Contact direct

III-2-1-3. CONTACT INDIRECT

Une personne touche la carcasse métallique d'un appareil électrique présentant un défaut d'isolement.

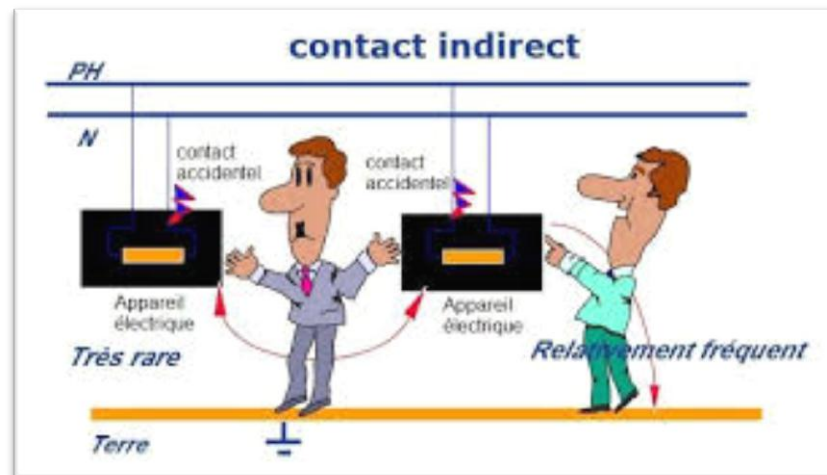


Figure III.3 : Contact indirect

III-2-1-4. PROTECTION CONTRE LE CONTACT DIRECT

Il existe plusieurs moyens tels que l'éloignement, barrière ou enveloppe, isolation des parties actives.... (*Plus de détails dans le chapitre IV*)

III-2-1-5. PROTECTION CONTRE LE CONTACT INDIRECT

Pour la protection contre le contact indirect, il existe plusieurs moyens :

- Mise à la terre des masses avec coupure automatique de l'alimentation : Les schémas de liaison à la terre sont aussi appelés « régimes du neutre ». Ils sont définis dans la norme NF C 15-100 ;
- Double isolation ou isolation renforcée ;
- Très basse tension comme pour la protection contre les contacts directs.

III-2-2. SCHEMAS DES LIAISONS A LA TERRE (SLT)

III-2-2-1. DISTRIBUTION BASSE TENSION TRIPHASEE

On préfère distribuer l'énergie à l'aide de réseaux triphasés car :

- Un alternateur triphasé a un meilleur rendement qu'un alternateur monophasé.
- A puissance transportée égale, une ligne triphasée est plus économique qu'une ligne monophasée.
- Le moteur asynchrone triphasé est de par sa conception, le plus économique et le plus robuste des moteurs.

La distribution de la basse tension en triphasé est recordée pour les entreprises et les locaux d'habitation car elle présente une grande diversité de solutions techniques à la fois selon les pays concernés.

La distribution de la basse tension (230 V et 400 V) peut se faire de trois façons différentes concernant le « régime de neutre » : TT, TN ou IT.

III-2-2-2. SCHEMA « TT »

Le neutre du transformateur est relié à la terre, et les masses des équipements des utilisateurs disposent de leur propre raccordement à la terre.

Le calibre de la protection différentielle à l'origine de l'installation est pris en compte pour le calcul de la valeur maximale de prise de terre :

$$R = U / I = 50 / 0,5 = 100 \text{ ohms} \quad (\text{III.4})$$

Avec:

*/ **U** : tension égale à 50 V dite tension de sécurité (niveau d'isolement de la peau dans des conditions sèches). Exprimée en volts,

*/ **I** : courant assigné du DDR à l'origine de l'installation (500 mA en France). Exprimé en ampères,

*/ **R** : résistance de la prise de terre. Exprimée en ohms.

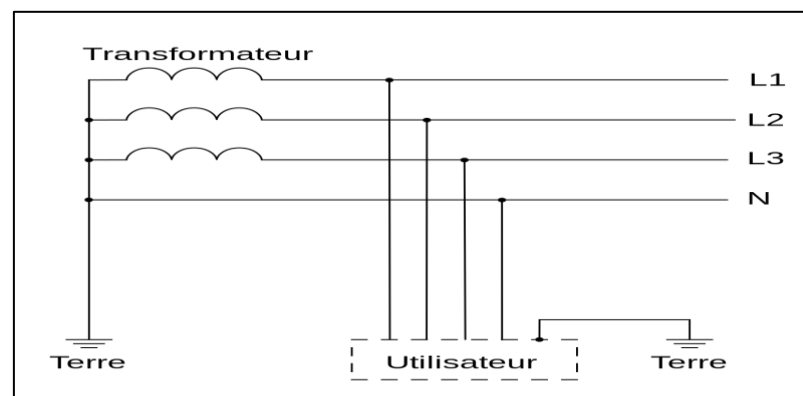


Figure III.4 : Schéma TT

III-2-2-3. SCHEMA « TN »

Dans le SLT TN, le neutre du secondaire du transformateur est relié à la terre et les masses utilisateurs sont connectées au conducteur de protection (Nommé PE : Protection Équipotentielle principale) lui-même relié à la prise de terre. L'ensemble est donc interconnecté à une barre collectrice en cuivre à laquelle est connectée la prise de terre en fond de fouille.

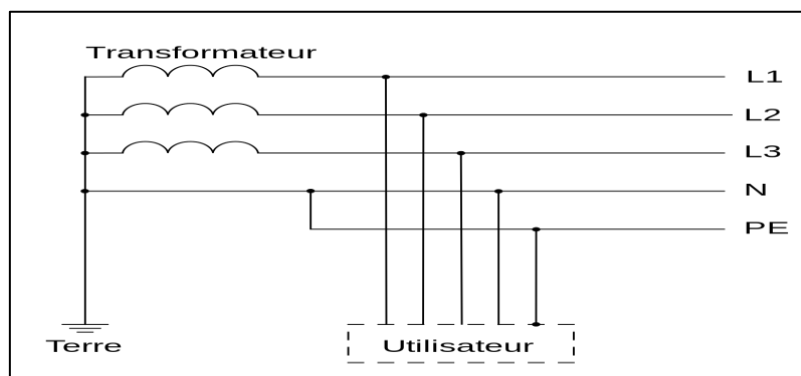


Figure III.5 : Schéma TN

III-2-2-4. SCHEMA « IT »

La caractéristique principale de ce schéma est que le point neutre du transformateur en amont de l'installation est complètement isolé de la terre (il est dit « flottant », grâce à l'isolation galvanique propre au transformateur). Les trois phases et surtout le neutre ne sont pas reliés à la terre, contrairement aux autres schémas. En réalité, le neutre peut être relié à la terre via les capacités parasites des câbles, ou volontairement via une impédance de forte valeur (typiquement 1 500 Ω). Les masses utilisateur sont interconnectées normalement et reliées à la terre.

- On parle de premier défaut lorsqu'une des trois phases est connectée involontairement (par un appareil ou un utilisateur) à une masse métallique (qui est elle-même reliée à la terre) ;

- On parle de second défaut lorsqu'un deuxième contact apparaît entre l'une des deux autres phases et une masse métallique (sur un autre appareil de l'installation, ou sur le même appareil comportant le premier défaut); le premier défaut étant quant à lui toujours actif.

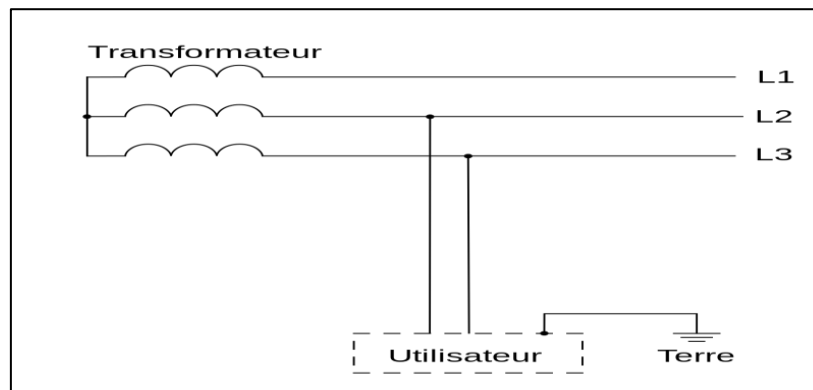


Figure III.6: Schéma IT

III-2-2-5. S L T - PRINCIPE

Les schémas de liaison à la terre ont pour but de protéger les personnes et le matériel en maîtrisant les défauts d'isolement. En effet, pour des raisons de sécurité, toute partie conductrice d'une installation est isolée par rapport aux masses. Cet isolement peut se faire par éloignement, ou par l'utilisation de matériaux isolants. Mais avec le temps, l'isolation peut se détériorer (à cause des vibrations, des chocs mécaniques, de la poussière, etc.), et donc mettre une masse (la carcasse métallique d'une machine par exemple) sous un potentiel dangereux. Ce défaut présente des risques pour les personnes, les biens mais aussi la continuité de service.

Selon la norme CEI-60364 (remplacée par le guide de charge CEI 60076-7 Ed. 1), un schéma de liaison à la terre se caractérise par deux lettres, dont :

- La première indique le raccordement du point neutre du transformateur de distribution HT/BT et qui peut être :

- **I** pour isolé par rapport à la terre ;
- **T** pour raccordé à la terre.

- La seconde indique la façon de connecter les masses utilisateurs. Elle peut être :

- T pour raccordées à la terre ;
- N pour raccordées au neutre, lequel doit être raccordé à la terre.

III-2-2-6. S L T-REGIME « TT »

Ce régime de neutre signifie :

- Neutre à la terre coté transfo de distribution (1^{er} « T »).
- Neutre à la terre coté utilisateur (2ème « T »).

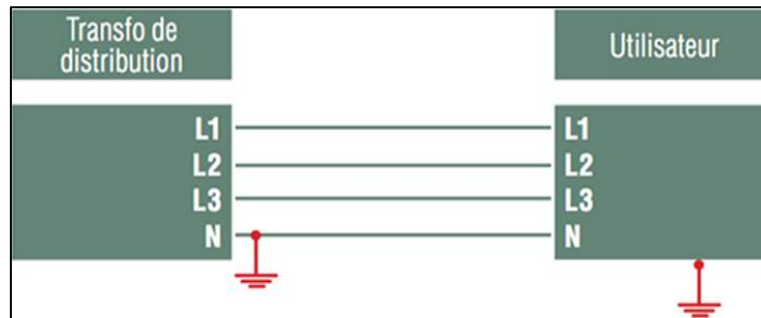


Figure III.7 : Régime « TT »

Le régime TT est celui de la distribution basse tension le plus utilisé, associés à nos disjoncteurs différentiels 30 mA. La carcasse des appareils (côté utilisateur) est reliée à la terre. Aussitôt qu'un défaut d'isolement (masse reliée à la terre qui entre en contact avec une phase) survient, il doit y avoir coupure : c'est la coupure au premier défaut. Entre une phase et la masse de l'appareil, il y a 230 V pour un réseau 230 V/400 V. **Il ne peut pas y avoir plus en cas de défaut.**

Ainsi, le différentiel qui est un appareil faisant la soustraction entre le courant entrant par les phases et le courant sortant par le neutre. Si cette différence est nulle alors rien ne se passe. Dans notre cas un peu de courant passe dans la terre (appelé courant de fuite) impliquant une différence entre le courant des phases et le neutre. Si cette différence dépasse les 30 mA (notre réglage) alors le différentiel disjoncte.

III-2-2-7. S L T : REGIME « TN »

Ce régime de neutre signifie :

- Neutre à la terre coté transfo de distribution (« T ») ;
- Masse reliée au neutre coté utilisateur (« N ») ;
- Il existe 2 régimes TN : TNC et TNS.

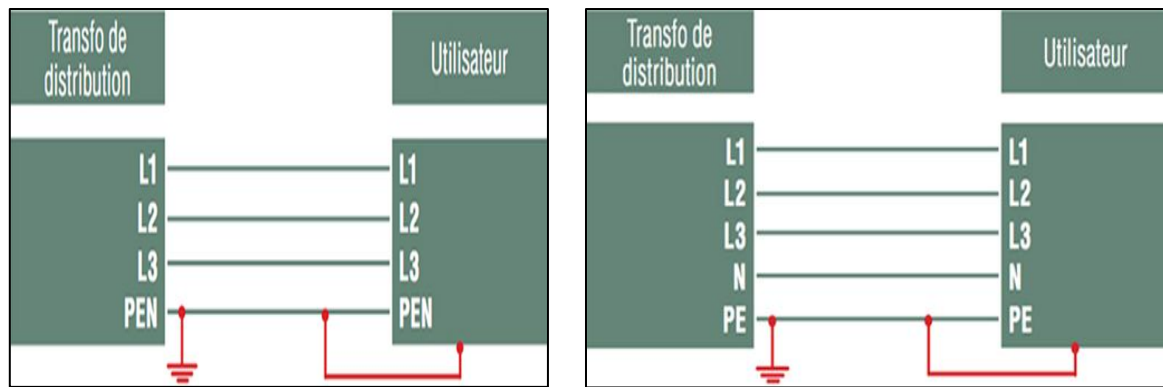


Figure III.8 : Les deux régimes TNC et TNS

TNC : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont confondus (PEN sur le schéma). Ce régime est interdit pour des sections de câbles inférieures à 10 mm². En effet, la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.

TNS : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont séparés. Il faut utiliser des appareils tripolaires + neutres. Dans les deux cas, la protection doit être assurée par coupure au premier défaut. Entre une phase et la masse de l'appareil, il y a 230 V pour un réseau 230 V/400 V. Il ne peut pas y

III-2-2-8.S L T: R E G I M E « I T »

Ce régime signifie :

- Neutre isolé coté transfo de distribution (« I »).
- Masse reliée à la terre coté utilisateur (2^{ème} « T »).

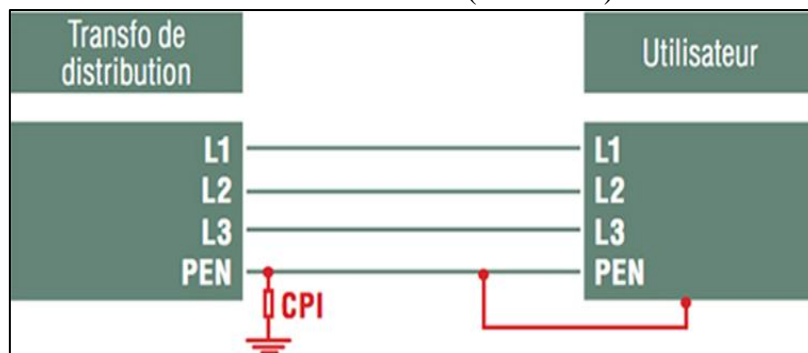


Figure III.9 : Régime IT

La particularité du régime IT est de continuer à fonctionner en cas de premier défaut. Le fonctionnement est plus complexe.

❖ Scénario des défauts

Si par exemple une phase entre en contact avec la masse (reliée à la terre), le potentiel de la phase se trouve ramené à zéro. Côté transfo de distribution, la tension entre phase et neutre existe toujours. Il apparaît donc une tension entre terre et neutre côté transfo (la terre est considérée équipotentielle). Cette tension est détectée par le CPI (contrôleur permanent

d'isolement) qui présente une forte impédance et laisse ainsi passer un courant de défaut très faible qui n'est pas à craindre. Le CPI a aussi pour rôle de limiter les surtensions possibles (foudre, claquage d'un transfo haute tension-basse tension, etc.). Etant donné que la masse des appareils est en tous les cas reliés à la terre, le premier défaut ne présente pas de danger pour l'utilisateur en régime IT.

➤ Le premier défaut doit alors être recherché et résolu par un personnel compétent et habilité.

➤ En cas de deuxième défaut (une deuxième phase entre en contact avec la masse), les deux phases se trouvent court-circuitées entre elles via la masse de l'appareil. Il y a alors coupure du système.

Attention à la tension phase - masse en régime IT !

Entre une phase et la masse de l'appareil, il y a 230V pour un réseau 230V/400V. Si une phase entre en contact avec la masse (premier défaut), la tension entre une autre phase et la masse atteint 400V. L'isolation électrique (phase - masse) à l'intérieur de l'appareil doit donc être étudiée spécialement pour le régime IT ! Si cela est critique, on peut intercaler un transfo de séparation 230V/230V entre le réseau et l'appareil.

➤ Le régime IT est utilisé là où la continuité d'exploitation est primordiale : salle d'hôpitaux, salles de spectacles, circuit de sécurité (éclairage), etc.

III-2-3. DOMAINES DE TENSION ET LA T.B.T

La Très Basse Tension se divise en 3 catégories:

III-2-3-1. TRÈS BASSE TENSION DE SECURITE

Cela correspond à une isolation double avec parties actives isolées de la terre. Les circuits TBTS doivent emprunter des canalisations distinctes. L'emploi de la TBTS est obligatoire dans une enceinte conductrice exigüe.

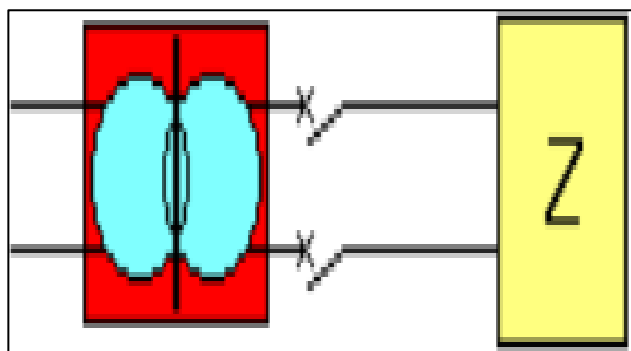


Figure III.10 : Schématisation d'un circuit TBTS

➤ Les tensions maximum à mettre en œuvre seront :

- Dans les locaux secs : U alternatif = 50 V, U continu = 120 V ;
- Dans les locaux mouillés : U alternatif = 25 V, U continu = 60 V.

Au secondaire du transformateur (coté utilisation), les conducteurs ne doivent en aucun cas être reliés à la terre.

- Les masses des matériels électriques devront :
 - Ne pas être reliés à la terre, ni à un conducteur de protection.
 - Être isolés de toutes les autres masses.

III-2-3-2. TRÈS BASSE TENSION DE PROTECTION « TBTP »

Cela correspond à une isolation renforcée avec des parties actives reliées à la terre. L'isolation renforcée est une isolation unique assurant une protection contre les chocs électriques équivalente à celle procurée par une double isolation.

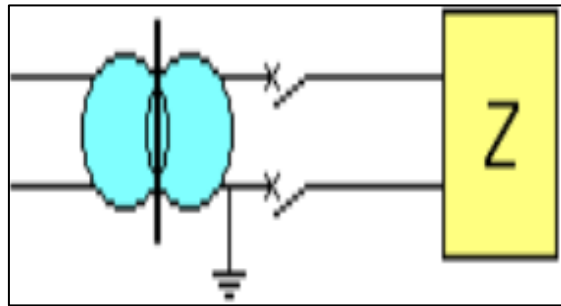


Figure III.11 : Schématisation d'un circuit TBTP

➤ La conception des installations dites T.B.T.P. est identique à celle de T.B.T.S., mais il y a liaison entre les parties actives et la terre coté utilisation. Les tensions maximum à mettre en œuvre sont:

- Dans les locaux secs : U alternatif = 25 V U continu = 60 V ;
- Dans les locaux mouillés : U alternatif = 12 V U continu = 30 V ;
- En condition immergée, la TBTP n'est pas admise.

III-2-3-3. TRES BASSE TENSION FONCTIONNELLE « TBTF »

Cela ne correspond à aucun des cas précédents.

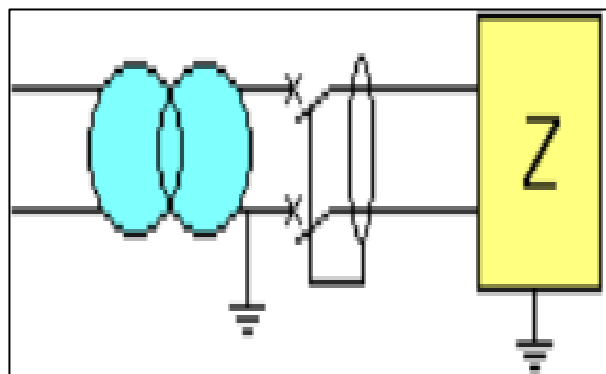


Figure III.12 : Schématisation d'un circuit TBTF

➤ Est considérée comme fonctionnant en Très Basse Tension Fonctionnelle, toute installation ne satisfaisant ni aux conditions de mise en œuvre de la TBTS, ni à celles de la TBTP.

Exemple : Alimentation ne possédant pas de séparation principale avec des parties actives d'un autre circuit, comme l'autotransformateur, les diviseurs résistifs ou les diviseurs capacitifs.

L'utilisation de la TBTF requiert une protection contre les chocs électriques (contacts directs ou indirects) lors de toute intervention sur les circuits concernés.

- L'alimentation des installations en TBT est obligatoire : Dans les locaux et sur les emplacements de travail où la poussière, l'humidité est présente ;
- L'imprégnation par des liquides conducteurs, les contraintes mécaniques, le dégagement de vapeurs corrosives, etc., exercent habituellement leurs effets, chaque fois qu'il n'est pas possible de maintenir ces installations à un bon niveau d'isolement : Pour les travaux effectués à l'aide d'appareil portatifs à mains à l'intérieur d'enceintes conductrices exigües où la résistance de contact entre utilisateur et parois est très faible (cuves, réservoirs, les véhicules en cours de réparation, silos, ...) [1].

III-2-4. PROTECTIONS PAR L'INSTALLATION

III-2-4-1. REGIMES DU NEUTRE

La distribution de la basse tension (230 V et 400 V) peut se faire de trois façons différentes concernant le « régime de neutre » : TT, TN ou IT.

Chaque régime de neutre est défini par 3 lettres :

- **1^{ère} Lettre** : Type de raccordement du neutre de l'alimentation « Société d'électricité » par rapport à la terre.
 - **T** : Liaison avec la terre.
 - **I** : Isolation par rapport à la terre ou liaison avec la terre par une impédance.
- **2^e Lettre** : Type de raccordement des masses de l'installation par rapport à la terre.
 - **T** : Masses reliées à la terre.
 - **N** : Masses reliées au neutre lui-même relié à la terre.
- **3^e Lettre** : Uniquement le régime TN.
 - **(C)** : Les conducteurs de protection PE et de neutre N sont confondus.
 - **(S)** : Les conducteurs PE et de neutre N sont séparés. [15]

Tableau III.1 : Régime de neutre

1 ^{ère} lettre : neutre du transfo	2 ^{ème} lettre : masses des appareils (coté utilisateur)		
Raccordé à la terre	T	T	Raccordé à la terre
Isolé de la terre	I	T	Raccordé à la terre
Raccordé à la terre	T	N	Raccordé au neutre

III-2-4-2. CLASSEMENT DES APPAREILS BT (MATERIELS)

Les matériels à basse tension sont répertoriés, du point de vue de la protection contre les contacts indirects, en quatre classes, dont la numérotation n'implique aucune hiérarchie de valeur. La sécurité est assurée par deux mesures complémentaires.

III-2-4-2-1. APPAREILS DE CLASSE 0

Le matériel possède une isolation principale mais pas de borne de terre (1^{ère} protection).

- La sécurité est assurée par le sol qui doit être impérativement isolant (2[°] protection).
- Il n'existe pas de symbole pour cette classe qui tend à disparaître.

Exemple: Lampe de bureau métallique alimentée par un câble souple à 2 conducteurs avec une prise à 2 broches conductrices.

Ce matériel, non conforme aux normes de sécurité est interdit dans le monde de travail.

III-2-4-2-2. APPAREILS DE CLASSE I

Le matériel possède une borne de terre et une isolation principale (1^{ère} protection).

La borne de terre est reliée à un conducteur de protection (PE), la sécurité est assurée par un dispositif de coupure qui agira à l'apparition du premier défaut (2[°] protection).

- Cette classe est représentée par le symbole de mise à la terre.

Exemples : Appareils électroménagers domestiques dont les parties métalliques accessibles sont reliées à un conducteur de protection vert-jaune.

III-2-4-2-3. APPAREILS DE CLASSE II

Le matériel est sans borne de terre avec une isolation principale (1^{ère} protection).

- La sécurité est assurée par une deuxième isolation (2[°] protection)
- Le symbole des appareils de classe II est un double carré imbriqué.

Exemples : outillage portatif.

III-2-4-2-4. APPAREILS DE CLASSE III




La protection est assurée par l'alimentation en très basse tension (< 50 V).

• Le transformateur d'alimentation possède une isolation principale renforcée sans prise de terre. Le symbole des appareils de classe III est un losange raillé.

Exemple : Train électrique.

• Le transformateur doit être un transformateur de sécurité conforme à la norme NF C 52-742; les enroulements sont isolés entre eux et isolés du circuit magnétique et des masses de façon sûre [1].

Tableau III.2 : Classes de matérielle basse tension

Classes	Caractéristiques	Symboles
0	Isolation fonctionnelle sans mise à la terre	
I	Isolation fonctionnelle avec mise à la terre	
II	Double isolation	
III	TBT	

III-2-4-3. INDICES DE PROTECTION

Le code IP (International Protection) spécifie le degré de protection d'un équipement pour:

- La protection des personnes contre les contacts directs ;
- La protection des matériels contre certaines influences externes.

Il comporte les lettres IP suivies de deux chiffres indépendants:

- Le premier chiffre caractérise le degré de protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et le degré de protection des matériels contre la pénétration des corps étrangers.
- Le deuxième chiffre indique le degré de protection contre les effets nuisibles de la pénétration de l'eau douce.

Le code IP peut comporter des lettres additionnelles (A, B, C ou D). [1]

Tableau III.3 : Code IP codifiant la protection contre la pénétration des corps solides et liquides

IP	1 ^{er} chiffre	2 ^e chiffre
	matériel protégé contre les :	
-	corps solides	corps liquides
0	non protégé	non protégé
1	supérieurs à 50 mm de diamètre	gouttes d'eau verticales
2	supérieurs à 12,5 mm de diamètre	gouttes d'eau à 15° de la verticale
3	supérieurs à 2,5 mm de diamètre	eau en pluie
4	supérieurs à 1 mm de diamètre	projections d'eau
5	poussières sans dépôt nuisible	jets d'eau
6	poussières	paquets de mer
7	-	immersions temporaires
8	-	immersions prolongées

Tableau III.4 : Code IK codifiant la protection contre les impacts mécaniques

Code IK	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energie (Joules)	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Rayon de la tête de frappe	10	10	10	10	10	10	25	25	50	50
Matière (Acier ou polyamide)	P	P	P	P	P	P	A	A	A	A
Marteau pendulaire	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Marteau à ressort	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	non
Marteau vertical	non	non	non	non	non	non	oui	oui	oui	oui

Le code IP peut comporter 3 chiffres, le troisième chiffre indiquant le degré de protection contre les chocs mécaniques.

Exemple : IP200 ; protégé contre les corps solides supérieurs à 12mm, pas de protection contre les liquides, pas de protection mécanique.

III-2-4-4. DISPOSITIFS DE PROTECTION

Le disjoncteur permet de détecter tous les défauts dans le réseau à savoir la fuite de courant, le court-circuit ou encore la surintensité. Cependant, ce dispositif n'est pas suffisamment sensible, en plus il n'offre pas assez de protection lors d'un court-circuit causé par un contact avec le corps humain. Si un problème survient, ce dispositif se déclenche et coupe toute l'installation. Cette situation complique la localisation du problème.

❖ Dispositifs différentiels à haute sensibilité :

Ces dispositifs servent à mesurer l'intensité du courant du circuit. Les disjoncteurs différentiels 30 mA détectent les fuites d'une intensité minimale de 500 mA. Il faut savoir qu'au-delà de 50 mA, le courant électrique est dangereux pour l'homme. Ces dispositifs doivent donc être installés en tête de tous les circuits d'alimentation pour une efficacité renforcée. Ils doivent être installés à l'intérieur du tableau de répartition pour protéger les personnes en détectant les fuites de courant. Par contre ces équipements ne peuvent pas détecter les surcharges ou les courts-circuits. Pour s'assurer du bon fonctionnement de ces dispositifs, il est fortement conseillé d'effectuer une fois par mois un test. Il y a une manette permettant de couper l'alimentation et de réenclencher l'appareil. Il est aussi recommandé d'installer au moins un interrupteur différentiel.

❖ Mise à terre du circuit :

L'association de la prise de terre et du dispositif différentiel est indispensable pour couper l'alimentation si un défaut se produit. La prise de terre évacue le défaut de l'électricité et élimine tout risque pour les personnes. Il existe plusieurs possibilités pour la réalisation d'un raccordement à la terre. La première technique consiste à utiliser des conducteurs qui sont enfouis, pour ce faire il faut enterrer un conducteur entre 1m et 1m 60 avant de remplir la tranchée de terre épierrée. Quant à la seconde technique, elle consiste à planter un ou plusieurs piquets de terre en acier galvanisé (longueur minimale de 1,5 m et 25 mm de diamètre). Il est conseillé dans ce cas-là d'installer les piquets en sous-sol.

En résumé

Pour protéger l'installation électrique, il y a quelques points à considérer comme la présence d'un dispositif différentiel, d'un appareil général de commande et de protection accessible à tout moment, d'un dispositif de protection sur chaque circuit et de la mise à la terre du circuit. Le respect des règles liées aux zones de sécurité de la salle de bain est aussi primordial. Il faut vérifier quotidiennement l'absence de conducteurs non protégés (auxquels il faut poser une gaine) et de matériels inadaptés ou vétustes dans l'installation. En cas de problème avec votre installation, il est préférable de contacter un Électricien à Paris. Cet artisan peut intervenir d'urgence à votre domicile si vous avez besoin d'un dépannage d'urgence. Vous aurez à votre service un expert qui peut faire face à tous vos problèmes électriques. Profitez-en pour lui demander conseil et lui poser toutes vos questions concernant votre réseau électrique.

**III-2-5. APPAREILS DE SEPARATION, DE COUPURE ET DE PROTECTION
« APPAREILS – FONCTIONS – CARACTERISTIQUES »****III-2-5-1. SECTIONNEUR**

Le 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. Il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture.

Les performances des sectionneurs à haute tension sont définies dans les normes internationales, telles que CEI :

- La performance principale qui caractérise un sectionneur est sa tenue au courant de court-circuit, c'est-à-dire le courant maximal qu'il est capable de supporter lorsqu'il est fermé. Les valeurs de tenue au courant de court-circuit sont comprises typiquement entre 25 kA et 63 kA.
- La tenue diélectrique est un autre paramètre important, caractérisant la capacité à isoler du sectionneur, même en présence de surtensions.

III-2-5-2. INTERRUPTEUR-SECTIONNEUR

L'interrupteur sectionneur c'est la combinaison entre un interrupteur et un sectionneur : il possède les deux capacités: séparation d'un circuit avec capacité de manœuvrer en charge.

Il s'installe de la même façon qu'un disjoncteur ou qu'un interrupteur différentiel. Il se fixe sur le rail DIN du coffret électrique (J'aborde la partie branchement électrique dans la suite).

Il peut servir à la coupure principale en tête de tableau électrique et la coupure dans un tableau divisionnaire.

III-2-5-3. FUSIBLES ET COURBES

Le coupe-circuit à fusible (souvent simplifié en fusible) est, en électricité et en électronique, un organe de sécurité dont le rôle est d'ouvrir un circuit électrique lorsque le courant électrique dans celui-ci atteint une valeur d'intensité donnée pendant un certain temps.

Son nom vient du fait qu'il y a fusion d'un filament conducteur sous l'effet de son élévation de température provoquée par la surintensité.

Un fusible a pour fonction de protéger un circuit électrique, entre autres, des courts-circuits et des surintensités générées par une défaillance de la charge alimentée.

- Le courant demandé par la charge traverse entièrement le fusible. Lorsque ce courant dépasse le calibre, à savoir une valeur spécifique pendant un temps précis, la partie conductrice du fusible fond et ouvre le circuit. Certains modèles sont munis d'un témoin mécanique indiquant que le fusible a fondu.

- Le temps nécessaire à la fusion du fusible est fonction de la valeur du surcourant. Une faible surintensité peut être supportée indéfiniment.

- Un fusible est caractérisé par son courant nominal : grandeur proportionnelle à l'énergie absorbée par le fusible, par son pouvoir de coupure qui doit être supérieur au courant de court-circuit que peut fournir la source d'alimentation, par la tension maximale de coupure (présente à ses bornes une fois ouvert), et éventuellement, par sa résistance ohmique.

III-2-5-4. DISJONCTEUR & DISJONCTEUR-SECTIONNEUR

Un disjoncteur est un dispositif électromécanique, voire électronique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réparable (il est prévu pour ne subir aucune avarie lors de son fonctionnement).

Un disjoncteur sectionneur ou sectionneur n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture. Il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture.

III-2-5-5. COURBE DE DISJONCTEUR

Le circuit électrique doit être calculé de manière que le plus petit courant de court-circuit provoque l'arrêt magnétique de la machine. Ceci est important pour sécuriser des câbles longs avec une petite section (mm²). Si le courant de court-circuit est trop faible, soit un seuil magnétique inférieur doit être pris, soit un câble de plus grande section (mm²).

Un disjoncteur peut inclure ou non une détection thermique ; de ce fait il existe deux types principaux de disjoncteurs :

➤ *Avec déclencheur thermique :*

- **Courbe B** : seuil de déclenchement du magnétique entre 3 et 5 ou 3,2 et 4,8 fois l'intensité nominale ;

- **Courbe C** : seuil de déclenchement du magnétique entre 5 et 10 ou 7 et 10 fois l'intensité nominale ;
- **Courbe D** : seuil de déclenchement du magnétique entre 10 et 14 fois l'intensité nominale ;
- **Courbe K** : seuil de déclenchement du magnétique entre 10 et 14 fois l'intensité nominale ;
- **Courbe Z** : seuil de déclenchement du magnétique entre 2,4 et 3,6 fois l'intensité nominale.

➤ **Sans déclencheur thermique :**

- **Courbe MA** : seuil de déclenchement du magnétique à 12 ($\pm 20\%$) fois l'intensité nominale.

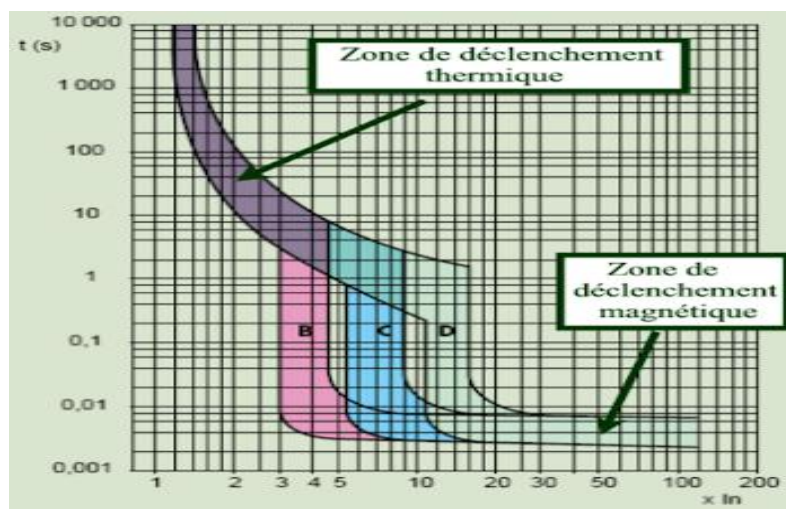


Figure III.13 : Courbe de disjoncteur

III-2-5-6. DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL

❖ **Principe du disjoncteur différentiel**

Dans le cas d'un courant monophasé (celui d'une installation domestique), le disjoncteur différentiel compare (par un procédé électromagnétique) l'intensité du courant de phase et celle du neutre, en quelque sorte les courants entrant et sortant. Ils doivent être égaux. S'il existe une différence (en milliampères, ou mA), c'est que le circuit comporte une fuite vers la terre. Si la différence est supérieure à un seuil déterminé, le disjoncteur coupe le circuit.

❖ **Intérêt du disjoncteur différentiel**

Les fuites de courant dans une installation peuvent être dangereuses et leur prévention est une mesure de sécurité. Le disjoncteur différentiel protège donc aussi les personnes. Il est considéré qu'une sensibilité de 30 mA (qui sera l'intensité maximale reçue lors de la manipulation d'un appareil défectueux) prévient le risque d'électrocution.

❖ Différents types de disjoncteurs différentiels

Il existe trois classes de disjoncteurs différentiels, selon les utilisations :

- **AC** : Pour les utilisations standards (éclairage, prises de la maison) ;
- **A** : Pour des appareils électroménagers récents qui comportent des circuits électroniques (machines à laver, plaques de cuisson...) pouvant envoyer un peu de courant continu dans l'installation, risquant de provoquer ainsi des déclenchements intempestifs du disjoncteur ;
- **HI, HpI ou SI** : Quand l'installation comporte des appareils qui ne supportent pas des coupures très brèves, comme les alarmes ou des congélateurs. [18]

III-2-5-7. CONTACTEUR DE PUISSANCE

Le contacteur est un composant électromagnétique. Il fonctionne comme un interrupteur à l'intérieur d'un circuit en établissant ou en interrompant le passage du courant. Ce n'est pas un composant indispensable dans une installation électrique mais les bénéfices résultant de son emploi sont importants.

Le rôle d'un contacteur jour/nuit ou heures creuses est de mettre en service automatiquement des équipements électriques à consommation élevée comme un radiateur, un réfrigérateur, un lave-linge, un ballon d'eau chaude, un lave-vaisselle ou un four lorsque le prix du kilowatt par heure est faible. Cet appareil possède trois options de réglage : marche automatique, arrêt et marche manuelle (pendant les heures pleines). Il peut être allumé manuellement ou programmé automatiquement pour fonctionner.

En fonction du modèle, il peut avoir des contacts auxiliaires intégrés ouverts ou fermés. Il peut supporter l'ajout d'additifs ou de blocs auxiliaires qui serviront seulement pour la commande à distance ou la signalisation. Un contacteur est constitué par une bobine, un ressort de rappel, 2 à 4 contacts de puissance ou pôles (unipolaires, bipolaires, tripolaires, tétra polaires), un circuit magnétique constitué d'un aimant fixe et d'un aimant mobile (armature fixe et mobile), une bague de déphasage qui stabilise les vibrations des bobines alimentées en courant alternatif ainsi que des contacts auxiliaires ouverts

III-2-5-8. SELECTIVITE DES PROTECTIONS

Dans une installation électrique, la sélectivité permet de déconnecter du réseau le départ immédiatement placé en amont du défaut (Ex : Surcharge, court-circuit, fuite de courant à la terre, absence temporaire de tension). Elle permet, en cas de défaut, d'assurer la continuité de service d'un maximum de circuits tout en assurant la sécurité de l'installation.

Concrètement, la sélectivité peut permettre à une armoire de protéger (ouvrir) un circuit en défaut, tout en assurant la continuité de service des autres circuits.

- La sélectivité peut être assurée de plusieurs façons en fonction du type de défaut.
- Pour les cas de surcharge, elle est obtenue en comparant les courbes de déclenchement en déclenchement long des disjoncteurs.
- Dans le cas de court-circuit celle-ci peut être de type ampérométrique (comparaison des seuils de déclenchement), chronométrique (déclenchement retardé), logique (communication entre les appareils), ou encore énergétique (analyse de la forme du courant)

Les courants de fuites à la terre sont généralement interrompus par des protections de types différentielles qui surveillent en permanence tous les conducteurs actifs du circuit. En cas de manque de tension, il convient d'utiliser des déclencheurs à minimum de tension temporisés afin qu'ils ne se déclenchent qu'après la protection située en aval.

• La sélectivité est dite totale lorsqu'elle est garantie quelle que soit la valeur du courant de défaut. Si ce n'est pas le cas, elle est alors dite partielle. [20]

III-2-5-9. APPAREILS DE PROTECTION A COURANT DIFFERENTIEL RESIDUEL

Ceux sont des Appareils assurant la protection des personnes et capable d'interrompre automatiquement un défaut d'isolement en cas de fuite à la terre du courant appelé courant résiduel.

L'emploi d'un disjoncteur différentiel nécessite impérativement :

- La présence d'une prise de terre dans l'installation.
- La mise des masses d'appareillage à la terre.
- Le DDR (Dispositif Différentiel à courant Résiduel) peut être soit un disjoncteur soit un interrupteur.

L'avantage d'un disjoncteur différentiel par rapport à un interrupteur différentiel c'est qu'il assure également la protection du matériel contre les défauts de surintensités.

Le Dispositif Différentiel à courant Résiduel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits de Phase(s) et celui du Neutre. [21]

III-2-5-10. APPAREILS MOBILES EN BASSE TENSION

III-2-5-10-1.GENERALITES

Les outils utilisés lors d'une opération électrique doivent être isolés ou isolants. Les outils à mains isolés ou isolants utilisés en basse tension doivent être conformes à la norme NF EN 60900. Ils ne font pas l'objet d'un marquage réglementaire mais normatif.

III-2-5-10-2. LAMPE BALADEUSE

Etant donné leur application dans des circonstances les plus diverses au point de vue des influences externes, la tension d'alimentation aux bornes de la prise de courant de la lampe baladeuse est limitée aux valeurs maximales suivantes:

- En basse tension à 250 V pour l'association des influences externes ;
- En très basse tension de sécurité à 25 V en courant alternatif, 36 V en courant continu non lisse ou 60 V en courant continu lisse pour l'association des influences externes ;
- En très basse tension de sécurité à 12 V en courant alternatif, 18 V en courant continu non lisse ou 30 V en courant continu lisse pour l'association des influences externes ;
- En très basse tension de sécurité à 6 V en courant alternatif, 12 V en courant continu non lisse ou 18 V en courant continu lisse pour l'association des influences externes.

Les lampes baladeuses alimentées en basse tension sont de classe I ou II.

III-2-5-10-3. PROLONGATEUR – ENROULEUR

❖ *Prolongateurs :*

Les cordons prolongateurs avec une prise mobile simple ou un bloc mobile de prises multiples, avec ou sans enrouleur, sont construits et utilisés conformément aux prescriptions des arrêtés ministériels les concernant, pris en exécution suivant la date de mise sur le marché soit de l'arrêté royal du 23 mars 1977 soit de l'arrêté royal du 21 avril 2016 concernant la mise sur le marché du matériel électrique.

❖ *Dispositifs enrouleurs :*

a. Dispositifs enrouleurs de certains cordons prolongateurs : Le tambour des dispositifs enrouleurs de cordons prolongateurs d'une intensité nominale inférieure ou égale à 16 A, a un diamètre d'au moins 12,5 fois le diamètre du câble.

b. Autres dispositifs enrouleurs : Les tambours sur lesquels des câbles électriques autres que ceux décrits au point a. ci-avant s'enroulent ont un diamètre d'au moins 30 fois le diamètre des câbles; la gorge des galets est proportionnée au diamètre des câbles en vue d'éviter tout coincement.

III-2-5-10-4. APPAREILS DE MESURE

Le matériel de mesure respecte soit les prescriptions des normes y relatives homologuées par le Roi ou enregistrées par le NBN soit les dispositions qui assurent un niveau de sécurité au moins équivalent à celui défini dans ces normes. Sauf application particulière, les transformateurs de mesure sont du type monophasé, ils ont pour rôle d'alimenter:

- des appareils de mesure (compteurs);
- des appareils de protection (relais, dispositifs de déverrouillage).

Les transformateurs de mesure ont une puissance nominale et appartiennent à une classe qui est suffisamment performante pour les appareils qui y sont reliés.

III-2-5-10-5. APPAREILS ELECTRIQUES PORTATIFS / OUTILS PORTATIFS

Les outils portatifs à moteur sont conformes aux normes y relatives homologuées par le Roi ou enregistrées par le NBN ou à des dispositions qui assurent un niveau de sécurité au moins équivalent à celui défini dans ces normes; les conditions d'utilisation des outils portatifs à main à moteur électrique, sont limitées dans certains cas de conditions d'influence externes. [26]

III-2-6. SITUATIONS PARTICULIERES

III-2-6-1. POSTES DE SOUDURE

Suivre les procédures de sécurité dans le domaine de l'électricité pour prévenir les dangers de nature électrique.

- Le courant de soudage utilisé est généralement :
 - Monophasé de 120 ou de 240 volts V ;
 - Triphasé, de 575 V ou 480 V.

Le soudage est fait à l'aide de l'arc électrique ; qui est une technique très utilisée dans les ateliers, sur les chantiers pour effectuer des travaux de maintenance et de réparation et dans les espaces confinés tels que cuves, silos, puits, etc. Lors des opérations de soudage, les travailleurs peuvent être exposés à un ou plusieurs risques combinés.

Parmi les risques les plus fréquents présents dans les postes de soudure, on peut citer :

- Les risques liés aux fumées qui sont émises du fait de haute température formant avec l'air des gaz et des poussières susceptibles de provoquer des cancers pour l'homme ;
- Les risques liés aux pièces chaudes et aux projections provoquent des brûlures cutanées par contact ;
- Les risques liés aux rayonnements optiques [22].

La prévention dans le poste de soudure repose sur :

- la modification de l'utilisation de procédés de soudage émettant moins de fumées ;
- la mise en place d'un dispositif de captage des fumées de soudage à la source et d'une ventilation générale ;
- la mise en œuvre de protections collectives et la mise à disposition d'EPI ;
- la formation et l'information des soudeurs.

III-2-6-2. ENCEINTES EXIGUËS CONDUCTRICES

Une enceinte conductrice exigüe est un local dont les parois sont essentiellement constituées de parties métalliques ou conductrices à l'intérieur de laquelle une personne peut venir en contact sur une partie importante de son corps avec les parties conductrices environnantes et dont l'exiguïté limite les possibilités d'interrompre ce contact (*exemple* : Une citerne métallique, un puits en béton de faible diamètre et comportant des conduites métalliques, etc.).

❖ Application des mesures de protection :

1- Alimentation de matériels portatifs :

- Pour les outils électriques et appareils de mesures, on utilisera :
La très basse tension de sécurité TBTS ou la protection par séparation électrique limitée à un seul récepteur d'énergie par enroulement secondaire du transformateur de séparation.
- Pour les citernes en matière conductrice la NIBT renvoie à la feuille d'instruction de l'IFCF n° 608.0709 le transformateur de séparation doit être placé à l'extérieur de la citerne. Dans le cas contraire et en cas de déféctuosité du cordon prolongateur raccordé au réseau, il y a danger pour les personnes se trouvant à l'extérieur.

2. Pour les luminaires portatifs (baladeuses), on utilisera :

- Très basse tension de sécurité TBTS

3. Pour le matériel fixe, on utilisera :

- La protection par liaison équipotentielle supplémentaire qui doit relier les masses des matériels fixes et les parties conductrices de l'enceinte ou la très basse tension de sécurité TBTS ou la protection par séparation électrique des circuits limitée à un seul appareil par enroulement secondaire de transformateur de séparation ou l'utilisation de matériels de classe de protection II (sur isolation).

Les installations électriques s'appliquent dans les enceintes exigües conductrices :

- Aux matériels fixés à demeure dans des enceintes conductrices exigües où la liberté de mouvement des personnes est limitée.
- Aux sources de courant pour l'alimentation de matériels utilisés dans de telles enceintes.

III-2-6-3.GALERIES DES CHANTIERS SOUTERRAINS

Les travaux souterrains sont des chantiers réalisés en dessous de la surface du sol et comprennent le percement de tunnels et galeries routières et ferroviaires, les réseaux d'assainissement, les travaux dans les parkings en sous-sols, les excavations des carrières et des puits de mines....

Les travaux souterrains figurent parmi les plus accidentogènes : ces travaux cumulent en effet les risques généraux du BTP liés à l'utilisation d'engins puissants et mobiles, aux chutes de plain-pied sur un sol accidenté,...et ceux spécifiques à une activité confinée ou les conditions de bruit, pollution de l'air, d'éclairage, d'exigüité, d'humidité, de froid amplifient considérablement fréquence et gravité des accidents du travail et maladies professionnelles.

[23]

Des risques professionnels particuliers aux travaux souterrains, comme les éboulements et effondrements, les asphyxies, les incendies et explosions redoutables, les noyades, la mise en œuvre d'explosifs constituent des dangers importants pour ces chantiers.

Par des mesures de prévention collectives appropriées, notamment la ventilation, le soutènement, l'éclairage, l'ergonomie des engins, l'installation électrique...on peut réduire toutes ces expositions et diminuer fortement les risques professionnels dans les travaux souterrains.

De plus, le travail dans les souterrains exige que soient respectées scrupuleusement les règles d'hygiène et les consignes sur les moyens de protection individuelle (port du casque, gants, chaussures, protection auditive et masque respiratoire...).

Par ailleurs les mesures de formation à la sécurité et d'information sont indispensables, particulièrement en ce qui concerne la conduite d'engins, la sécurité incendie....

❖ Risques électriques

Les besoins en alimentation électrique nécessaires, notamment pour le fonctionnement des tunneliers et de tous les engins électriques, exige de fortes puissances et des packs de batteries pour les équipes de maintenance (éclairage et prises temporaires). Les installations électriques sont toujours particulières au chantier, ne sont pas répétitives et par suite, soumises à de nombreux aléas ou situations inhabituelles. La possibilité des contacts avec des conducteurs électriques et des pièces nues sous tension est ainsi gravissime, en particulier dans un milieu humide [23].

III-2-6-4. LIGNES DE TIR ELECTRIQUE

Le concept de la ligne de tir peut se décrire comme étant la manière de positionner son corps ou une partie de son corps versus un danger présent dans son environnement de travail.

Amener le concept de la ligne de tir dans l'analyse des risques sur les chantiers s'avère payant. Ce concept est facile d'application, efficace et ne coûte rien, puisqu'il consiste seulement à éloigner le ou les travailleurs des risques présents.

Exemples :

- Un travailleur qui se positionne dans la trajectoire d'un équipement qui recule.
- La main d'un menuisier positionnée en arrière d'une scie circulaire qui coupe une pièce de bois.
- Un monteur d'acier qui utilise une meuleuse angulaire et projette des particules vers d'autres travailleurs.



Figure III.14 : Tir de ligne

III-2-7. CHANTIERS EXTERIEURS

III-2-7-1. TEMPERATURE

L'employeur met en œuvre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs (*article L. 4121-1 du Code du travail*), en application des principes généraux de prévention. Il doit notamment prendre en compte les conditions de température lors de l'évaluation des risques et mettre en place des mesures de prévention appropriées.

« Il n'est pas possible de définir une valeur de seuil de température froide ou chaude en milieu professionnel, à l'extérieur des chantiers ». [INRS]

Remarque : Le Code du travail ne prévoit aucune limite de température sur le lieu de travail.

- Une exposition au froid, prolongée ou non, a des effets indirects sur la santé des personnes exposées dès que la température ambiante (à l'abri du vent) est inférieure à 5°C.
- Une température de -5°C avec un vent de 45km/h peut produire le même refroidissement corporel qu'une température de -15°C.
- Une température supérieure de 33°C susceptible de provoquer des dangers cutanés pour l'employeur au chantier extérieur.
- Les machines et appareils électriques sont choisis et mis en œuvre, suivant les dispositions du tableau en tenant compte des températures existant dans les lieux où ils sont utilisés.

Tableau III.5 : Caractéristiques et mise en œuvre du matériel en fonction de la température ambiante

Code	Température ambiante	Caractéristiques du matériel et mise en œuvre
A A1	-60°C à +5°C	Matériel spécialement étudié ou dispositions appropriées
A A2	-40°C à +5°C	
A A3	-25°C à +5°C	
A A4	-5°C à +40°C	Normal
A A5	+5°C à +40°C	
A A6	+5°C à +60°C	Matériel spécialement étudié ou dispositions appropriées

III-2-7-2. HUMIDITE ET POUSSIÈRE

Les interventions sur chantiers de travaux publics peuvent générer la formation de poussières comportant des fractions très fines, peu visibles dont certaines peuvent présenter des risques pour les salariés. Elles peuvent être dangereuses pour la santé, notamment en cas d'émission de particules de silice cristalline ou de fibres d'amiante.

La Profession, engagée avec ses entreprises dans une logique de prévention globale des émissivités de poussières lors de travaux (hors amiante réglementaire, quelle que soit l'origine), a entrepris la réalisation d'un nouveau document sur la prévention du risque de poussières. Ce guide contient les mesures de prévention relatives aux poussières. **[4]**

Le degré de protection des machines et appareils électriques contre la pénétration de liquides est déterminé selon la norme y relative homologuée par le Roi ou enregistrée par le NBN, ou répond à des dispositions assurant au moins un niveau de sécurité équivalent à celui défini dans cette norme et ceci conformément aux dispositions du tableau ci-dessous :

Tableau III.6 : Degré de protection des machines et appareils électriques en fonction de la présence d'eau (AD)

Code	Présence d'eau	Degré de protection
AD1	Négligeable	IPX0
AD2	temporairement humides	IPX1
AD3	Humides	IPX3
AD4	Mouillés	IPX4
AD5	Arrosés	IPX5
AD6	paquets d'eau	IPX6
AD7	Immergés	IPX7
AD8	Submergés	IPX8

III-2-7-3. CONTRAINTES MECANIQUES

❖ *Contraintes mécaniques dues au choc AG :*

Si l'influence externe est de la classe AG1, les machines et appareils électriques peuvent être du type domestique conforme soit aux normes y relatives homologuées par le Roi ou enregistrées par le NBN soit à des dispositions assurant au moins un niveau de sécurité équivalent à celui défini dans ces normes.

Si l'influence externe est de la classe AG2 ou AG3, les machines et appareils électriques ont une protection répondant aux contraintes prévisibles.

❖ *Contraintes mécaniques dues aux vibrations AH :*

Si les machines et appareils électriques sont soumis à des vibrations qui sont définies par les règles de l'art comme moyennes ou importantes (AH2 ou AH3), ils sont spécialement étudiés ou des dispositions spéciales sont prises à leur égard

III-2-7-4. AUTRES CONTRAINTES

Les choix d'organisation de chantier ou de solutions techniques de mise en œuvre dépendent des contraintes liées au site et aux travaux à réaliser.

Ces contraintes peuvent être d'ordre : juridiques, techniques, administratives environnementales.

Une même contrainte peut appartenir à plusieurs de ces catégories,

Exemple : L'obligation d'un tri des déchets relève à la fois de la loi (contrainte juridique) et d'un principe de protection de l'environnement (contrainte environnementale).

Dans le cadre des travaux, on désigne par contrainte, une condition à respecter ayant des conséquences sur les choix de : matériaux, matériel, Main d'œuvre, organisation du chantier.

III-2-7-5. COMPETENCE DES PERSONNES

L'activité relative à l'électricité s'exerce sur des chantiers (neuf, réhabilitation) au sein d'entreprises du bâtiment ou d'entreprises artisanales parfois en contact avec des clients. Elle peut impliquer des déplacements et un éloignement du domicile de plusieurs jours. Le port d'équipements de protection (chaussures de sécurité, gants, ...) est requis.

Tableau III.7 : Les activités et les compétences lors des opérations électriques

Activité de base	Compétence de base	Activité spécifique	Compétence spécifique
*Creuser des saignées *Réaliser et poser des chemins de câbles et des conduits électriques en apparent ou en encastré *Positionner une armoire électrique de locaux domestiques ou tertiaires *Raccorder une armoire électrique aux équipements de locaux domestiques ou tertiaires *Positionner une armoire électrique industrielle *Équiper une armoire électrique industrielle *Fixer des éléments basse tension *Raccorder des éléments basse tension *Câbler un matériel.	*Électricité du domaine des Voix, Données, Images (VDI) *Automatisme *Domotique *Électronique *Utilisation d'appareils de mesure électrique (multimètre, ...) *Règles et consignes de sécurité *Règles de sécurité du travail sous tension *Lecture de plan, de schéma *Techniques de soudure *Mécanique	*Réaliser une intervention nécessitant une habilitation *Utiliser un engin nécessitant une habilitation *Changer ou réparer un élément ou un ensemble défectueux *Diagnostiquer une panne *Réaliser des supports et des armoires électriques *Réaliser des petits ouvrages de maçonnerie *Installer un équipement électronique *Connecter des équipements électroniques *Réaliser la pose de la partie électrique des installations photovoltaïques *Contrôler la conformité des travaux jusqu'à réception.	*Habilitations électriques de travaux hors tension *Habilitations électriques de travaux sous tension *Chariots de manutention tout-terrain *Conduite hors production des PEMP des types 1 *Engins de manutention, chariot de chantier *Plates-formes élévatrices mobiles de personnes ou PEMP.

III-2-7-6. REGLES GENERALES

Une personne réalisant une opération sur un matériel ou une installation électrique doit être formée et habilitée par son employeur. Différentes règles doivent être mises en œuvre afin qu'elle puisse travailler en sécurité : signaler le local ou l'opération, isoler l'installation électrique, mettre en place des mesures de protection pour les travaux sur ou au voisinage des installations, vérifier les installations, fournir des équipements de protection individuelle si nécessaire...

Pour toute opération exposant à un risque électrique, des mesures de prévention sont à mettre en œuvre pour supprimer ou réduire les risques électriques.

III-2-7-7. ENTRETIEN ET VERIFICATION DE L'OUTILLAGE

En milieu industriel, l'entretien et la vérification de l'outillage est un impératif car il assure la sécurité des employés. Aujourd'hui encore, on déplore un nombre trop important

d'accidents de travail, liés à un manque d'entretien des outils ou à une négligence autour du respect de la réglementation.

L'outillage que l'on peut rencontrer dans la plupart des ateliers un tant soit peu automatisé, destinée à exécuter une tâche répétitive et précise.

III-2-7-8. ENTRETIEN ET VERIFICATION DES INSTALLATIONS

La vérification est une opération destinée à contrôler la conformité d'une installation électrique aux exigences réglementaires et normatives en vigueur. Elle doit avoir lieu :

- Au moment de la mise en service ;
- Périodiquement ;
- Sur mise en demeure par l'inspection du travail.

Ces vérifications sont réalisées par des organismes accrédités. Pour certaines, l'employeur peut faire appel à une personne compétente de l'entreprise remplissant certains critères.

Les résultats des vérifications sont consignés dans un registre, avec en annexe les rapports des organismes accrédités. [2]

III-2-8. ENTRETIEN

L'entretien des appareillages électriques permet d'améliorer la fiabilité, d'augmenter la durée de vie et de réduire le temps alloué pour la réparation. Il y a trois moyens d'entretiens, soit : « l'entretien réactif, l'entretien préventif ou l'entretien prédictif ».

❖ *L'entretien réactif :*

Cela consiste à ne pas faire d'entretien jusqu'à ce qu'il ait un bris. Cette méthode est économique à très court terme, mais dès que l'équipement prend un peu d'âge, la fiabilité devient irrégulière, elle nécessite une gestion des stocks importante, l'efficacité est réduite et la vie utile est aussi réduite. Cette méthode est généralement utilisée pour des équipements fonctionnant occasionnellement où l'interruption n'a pas d'impact sur la production.

❖ *L'entretien préventif :*

Quant à lui favorise l'entretien de l'équipement en suivant les directives du fabricant pour ainsi augmenter la fiabilité, réduire les bris coûteux, réduire les arrêts non planifiés, augmenter l'efficacité et prolonger la vie utile de l'équipement. Cette méthode d'entretien nécessite beaucoup de temps au personnel d'entretien, il y a plusieurs tâches considérées inutiles puisqu'il n'y a pas de tâches de diagnostic avec appareils de mesure détectant la présence de défaut. Cette méthode est utilisée pour la production avec arrêt programmé.

❖ *L'entretien prédictif :*

Cela favorise une approche par analyse des signes de défektivité (vibrations excessives, température anormale, dégradation de la lubrification) avant d'effectuer un entretien. Cette méthode permet de réduire le temps alloué à l'entretien, éliminer les tâches inutiles, augmenter la fiabilité, réduire les bris coûteux, réduire les arrêts non planifiés, réduire

les stocks, optimiser le fonctionnement de l'appareillage, augmenter l'efficacité et prolonger la vie utile de l'équipement. Cependant, cette méthode nécessite l'acquisition d'équipements de diagnostics coûteux, la formation du personnel avec les appareils de mesures et cette méthode n'est pas rentable à court terme. Cette méthode est utilisée pour la production en continu sans possibilité d'interruption. [24]

III-2-9. VERIFICATIONS

La vérification électrique doit être menée :

- Lors de l'ouverture de l'établissement : c'est la vérification initiale des installations ;
- Tous les ans : C'est la vérification périodique des installations.

Lors de la vérification, l'inspecteur contrôle le maintien en état de conformité de l'installation électrique: adaptation du matériel, fixation et état mécanique apparent, isolement, coupure d'urgence, conditions de protection contre les risques de contacts directs et indirects,...

Si les installations ne sont pas vérifiées et conformes, les risques sont multiples :

- Pour le local, les biens, le personnel, les clients (défaillance, dysfonctionnement, incident ...). A noter que l'assurance peut en cas de sinistre, décliner sa responsabilité en l'absence de vérification réglementaire ;
- Pour l'activité : L'inspection du travail peut prescrire au chef d'établissement une vérification de tout ou partie des installations par un organisme agréé (mise en demeure). Le chef d'établissement a 15 jours pour les contacter et 10 jours à partir de cette date pour transmettre les résultats des vérifications ;
- Pour le chef d'établissement : en cas d'incident, il ne respecte pas la loi ! [25].

III-2-10. EQUIPEMENTS HT PARTICULIERS

Le domaine de la haute tension est défini comme étant le niveau de la tension supérieur à 1000 V en courant alternatif et à 1500 volts en courant continu. La Commission électrotechnique internationale divise le domaine de la haute tension en quatre classes : MT (1 kV-45 kV), HT (45 kV-300 kV), THT (300 kV-750 kV) et UHT (>750 kV). La haute tension est utilisée dans les réseaux de transport et de répartition d'électricité ainsi que les interconnexions électriques.

Disjoncteurs haute tension, commutateurs haute tension, contacteurs haute tension, sectionneur haute tension, relais haute tension, parafoudre, contrôleurs d'isolement, transformateurs de courant et de tension, tableaux de commande électriques, jeux de barre etc.. : L'appareillage électrique haute tension est une combinaison de différents matériel utilisés pour mettre sous ou hors tension de portions d'un réseau électrique HT. Il joue un rôle indispensable dans la protection et l'exploitation sans interruption d'un réseau électrique à haute tension. [27]

III-2-10-1. INDICES DE PROTECTION

En haute tension l'indice requis passe à 3 :

- IP3X, X n'étant là aussi définie qu'à l'extérieur.
- Les armoires recelant de la HT doivent être fermées et verrouillées !

III-3. CONCLUSION

Afin d'assurer le fonctionnement sécuritaire de l'appareillage électrique, il est primordial de veiller à son entretien régulier.

Il faut utiliser un matériel conçu et maintenu en bon état pour l'utilisation qui en est faite, raccordé sur le socle de prise de courant adéquat, comportant une notice d'emploi relative aux conditions de son utilisation conformément à sa destination et sans danger, n'ayant pas subi de réparation incorrecte, et utilisé par une personne qualifiée.

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue. Elle doit également garantir la stabilité des réseaux électriques.

CHAPITRE IV: PREVENTION ET MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES

IV-1. INTRODUCTION

La plupart des accidents d'origine électrique ont lieu lors d'interventions sur des équipements à basse tension, comme une prise de courant par exemple. Ils peuvent également se produire lors de l'utilisation de machines portatives, d'intervention près de lignes à haute tension ou de toute opération impliquant l'utilisation du courant électrique.

Un salarié qui intervient sur un poste électrique s'expose à différents risques, liés à la nature du travail ou à des facteurs extérieurs.

Comme tout risque professionnel, le risque électrique doit faire l'objet d'une évaluation et donner lieu à la mise en place de mesures de prévention adaptées.

Les principaux éléments à prendre en compte dans l'analyse du risque électrique sont :

- les caractéristiques de l'installation électrique (domaines de tension, sources primaires et secondaires, positionnement des câbles et canalisations isolées...);
- l'environnement de l'opération (proximité ou voisinage de pièces sous tension, possibilité de chutes d'outils, déplacement d'engins...);
- les tâches à accomplir par les opérateurs (position de l'opérateur, gestes normaux à accomplir et gestes réflexes possibles, port des équipements de protection...).

L'analyse du risque électrique doit être réalisée avant chaque opération et actualisée si nécessaire tout au long de celle-ci.

IV-2. PREVENTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES

Malgré l'intransigeance de la réglementation en matière de sécurité électrique, le nombre d'accident d'origine électrique à travers le monde demeure important. Ce constat impose de doubler de vigilance, surtout dans certains secteurs d'activité à risque, tels que les travaux sur réseaux et les installations électriques. La prévention demeure nécessaire, car elle assure à la fois la protection du personnel et des installations.

La prévention du risque électrique repose sur des dispositions réglementaires figurant dans le Code du travail. Elle concerne la mise en sécurité des installations et des matériels électriques, et ce dès leur conception. L'objectif est d'éviter tout contact, qu'il soit direct ou indirect, avec des pièces nues sous tension ou mises accidentellement sous tension. En outre, le matériel doit être conforme à la réglementation en vigueur afin de protéger les utilisateurs.

La prévention des risques électriques désigne toutes mesures de sécurité à adopter avant d'entreprendre une tâche électrique, en vue de la réussite de la mission. Cela commence par :

- Un personnel qualifié et habilité afin de répondre à un comportement conforme aux situations susceptibles de se produire ;
- Un équipement et matériel conformes ;

- Une analyse préalable de tous les risques susceptibles de se produire menée, et accompagnée de mesures de prévention, assurant une protection rendant le risque impossible ou non dangereux ;

- Une organisation du travail qu'il convient de définir clairement, et de lui faire une étude précise (risque, matériel, environnement...).

IV-2-1. EDUCATION A LA SECURITE ELECTRIQUE

L'éducation est la meilleure des préventions puisqu'elle se propose de donner à chaque individu les moyens propres à le rendre autonome pour maîtriser les risques.

Les schémas mentaux de prévention des risques sont les mêmes au domicile, dans la rue, à l'université, dans l'entreprise. L'éducation à la sécurité se base sur :

❖ ***Principe basé sur les cinq points suivants:***

- Identifier le danger
- Estimer le risque
- Décider de la correction
- Agir (appliquer, réaliser la correction)
- Observer le résultat

❖ ***Eduquer à la sécurité c'est :***

- Construire mentalement des représentations avant toute intervention sur un montage, afin d'en prévoir les conséquences. Ces représentations résultent de lois et de modèles physiques ;

- Entraîner à la vigilance ou lutter contre la "viscosité mentale" ;

- Responsabiliser pour atteindre l'autonomie ;

- Critiquer un comportement ou une méthode afin de les améliorer au plan de la sécurité.

❖ ***Eduquer à la sécurité ce n'est pas :***

- Interdire sans expliquer ;
- Autoriser sans expliquer ;
- Surprotéger ou déresponsabiliser ;
- Banaliser les gestes habituels ;

- Proposer "l'échec" comme moyen d'éducation car en matière de sécurité celui-ci n'est pas acceptable à priori ;

- Surprotéger et déresponsabiliser.

IV-2-2. EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU COURANT

Les effets physiologiques de l'électricité dépendent du courant et non de la tension. L'électrisation est le passage du courant dans le corps humain. Si elle entraîne la mort, on parle d'électrocution.

L'électrisation peut être provoquée par :

- **Contact direct**, c'est-à-dire en touchant un des conducteurs normalement sous tension,

- **Contact indirect**, c'est-à-dire au contact d'une masse métallique quelconque accidentellement mise sous tension, amorçage d'arc ou d'étincelle, foudroiement.

L'accident d'origine électrique a des effets directs ou indirects très variables pour le corps humain. Ses conséquences dépendent **des caractéristiques du courant électrique** : Intensité (ampère), tension (volt), fréquence (Hertz), de la résistance du corps humain (ohm), du trajet parcouru (mètre) et du temps de contact (seconde ou fraction de seconde).

Un courant électrique circulant dans un corps humain va :

- "Chauffer" les cellules jusqu'à provoquer des brûlures ;
- "Contracter" les muscles sur son passage.

Pour l'organisme on distingue deux types de muscles :

- Les muscles moteurs commandés par le cerveau : les jambes, les bras ;
- Les muscles auto-reflexes qui fonctionnent automatiquement, le cœur et les muscles respiratoires.

Si les muscles moteurs sont parcourus par un courant électrique, le cerveau ne les contrôle plus ce qui a pour effet de provoquer de violentes contractions. Ces contractions génèrent des mouvements intempestifs se traduisant soit par le non-lâcher de la partie en contact soit par la répulsion en fonction du muscle sollicité (fléchisseur ou extenseur).

Les muscles de la cage thoracique fonctionnent automatiquement sous le contrôle du cervelet qui commande les muscles concernés par la fonction ventilatoire et circulatoire. Lors d'un contact électrique, les muscles de la cage thoracique se tétanisent et il en résulte l'arrêt de la fonction ventilatoire et circulatoire (poumons et cœur) ce qui provoque l'asphyxie du cervelet.

Le cœur possède son propre système de commande automatique. Au cours d'un cycle cardiaque, d'une durée de 0,75 seconde, il existe une phase critique couvrant environ 30 % du cycle. C'est durant cette phase que le cœur est le plus vulnérable. Le muscle cardiaque est fondamentalement excitable par le courant électrique. Si une électrisation d'une durée suffisante survenait en fin de systole, durant la phase critique appelée T, il peut en résulter un fonctionnement désordonné appelé fibrillation ventriculaire pouvant provoquer l'arrêt du cœur. Un premier contact sans conséquence peut être mortel la fois suivante.

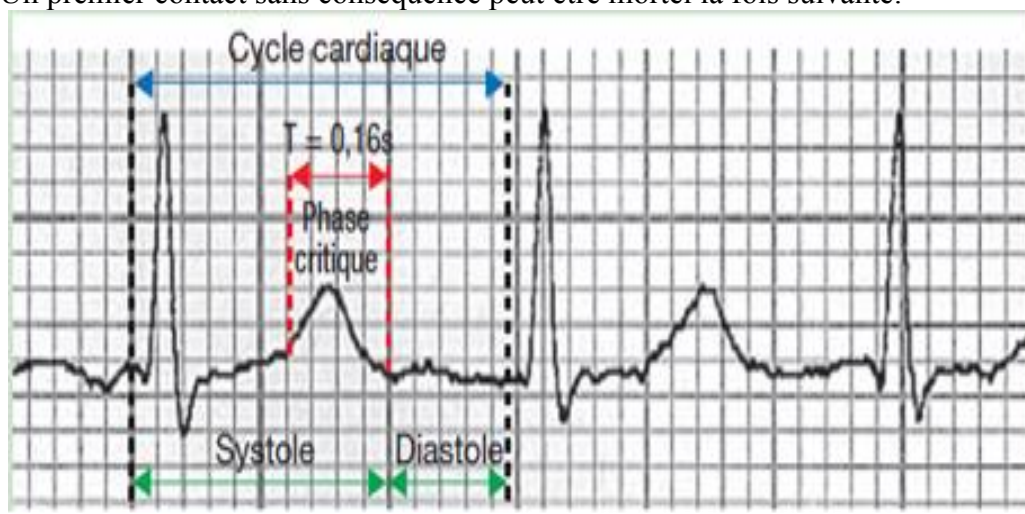


Figure IV.1 : Electrocardiogramme montrant la phase critique d'un cœur

IV-2-3. PREVENTION LORS DES CONTACTS DIRECTS ET INDIRECTS

Un risque d'électrisation, voir même d'électrocution, peut se présenter dès qu'une personne entre en contact avec une pièce sous tension ; étant soumise à une différence de potentielle, l'impédance du corps est traversée par un courant dangereux.

Les prescriptions qui suivent sont applicables aux installations électriques de tous domaines y compris le domaine très basse tension (T.B.T.). Elles sont les suivantes, toutes les dispositions devant s'opposer à la dissipation normale de la chaleur pouvant être dégagée par une canalisation ou par un appareil.

1. La température atteinte par le matériel électrique en service normal ne doit pas compromettre son isolation. Toutes dispositions doivent être prises pour éviter que le matériel électrique, du fait de son élévation normale de température, nuise aux objets qui sont dans son voisinage, et notamment à ceux sur lesquels il prend appui ou encore risque de provoquer des brûlures aux travailleurs ;

2. Tout matériel doit être capable de supporter, sans dommage pour les personnes et sans perte de son aptitude à la fonction de sécurité, les effets mécaniques et thermiques produits par toute surintensité, et ce pendant le temps nécessaire au fonctionnement des dispositifs destinés à interrompre lesdites surintensités ;

3. Les raccordements des canalisations entre elles et avec les appareils doivent être établis de manière à ne provoquer aucun excès d'échauffement local. Il doit pouvoir être vérifié facilement qu'il en est bien ainsi ;

A cette fin, les connexions doivent rester accessibles mais seulement après démontage de l'obstacle assurant la protection contre les contacts directs ;

4. Les canalisations fixes doivent être protégées contre une augmentation anormale du courant. Elles doivent l'être toujours pour le cas de court-circuit ; elles doivent l'être aussi pour le cas de surcharges si l'éventualité de celles-ci n'est pas exclue ;

5. Les circuits internes de machines et appareils exposés à des surcharges doivent être protégés contre les effets d'une surintensité nuisible par sa valeur ou sa durée. Cette protection n'est pas exigée pour les matériels d'utilisation portatifs à main ;

6. Les appareils ne doivent pas être utilisés dans des conditions de service plus sévères que celles pour lesquelles ils ont été construits.

IV-2-3-1. LES MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

La protection contre le contact direct est assurée par la mise hors de portée des parties conductrices sous tension :

- Eloignement des conducteurs nus (lignes aériennes) ;
- Isolation des conducteurs ;
- Utilisation de coffret, armoire et boîtier ;
- Mise en place d'obstacle (grillage, plaque isolante, nappe isolante...) ;
- Utilisation de la très basse tension ;
- Utiliser un dispositif à courant différentiel résiduel haute sensibilité DDR ($I \leq 30$ mA)

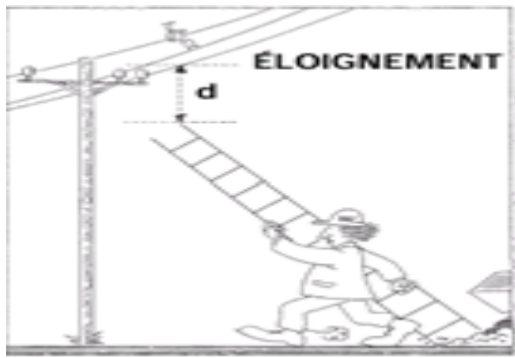


Figure IV.2: Eloignement des pièces Nues sous tension



Figure IV.3 : Isolation des conducteurs

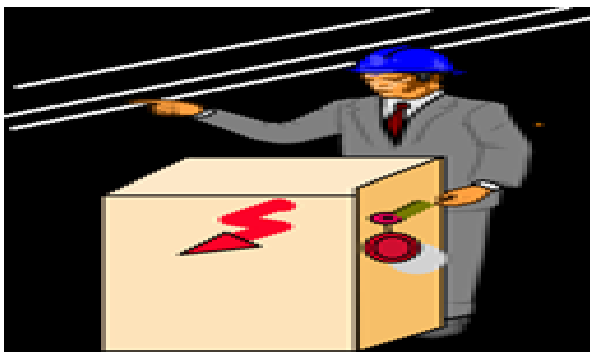


Figure IV.4 : Utilisation de coffret (protection)



Figure IV.5 : Utilisation d'obstacle : grillage

IV-2-3-2. LES MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

La protection contre le contact indirect est assurée par :

- **Coupure automatique** : C'est l'ouverture automatique de l'appareil de protection placé en amont du défaut de masse. Cette ouverture automatique est assurée par le Dispositif Différentiel Résiduel (DDR) associé au disjoncteur. Cette protection nécessite un contrôle permanent des courants de fuites dans les masses métalliques et la mise à la terre des masses et dispositif de coupure automatique de l'alimentation (DDR). La mise à la terre des masses métalliques est assurée par une ou plusieurs prises de terre;

- L'emploi de la double isolation ou l'isolation renforcée (matériel de classe II) ;
- L'emploi de la très basse tension (TBTS, TBTP, TBTF).

- **Séparation des circuits** : Le transformateur de séparation n'alimentant qu'un seul appareil non relié à la terre ;

- **Liaison équipotentielle** : Entre les masses métalliques, assurée par le conducteur de protection (vert et jaune) ;

• **Par le choix du degré de protection** : On considère qu'une pièce sous tension devient directement accessible lorsque son indice de protection est inférieur à IP2x en BT et IP3x en HTA.

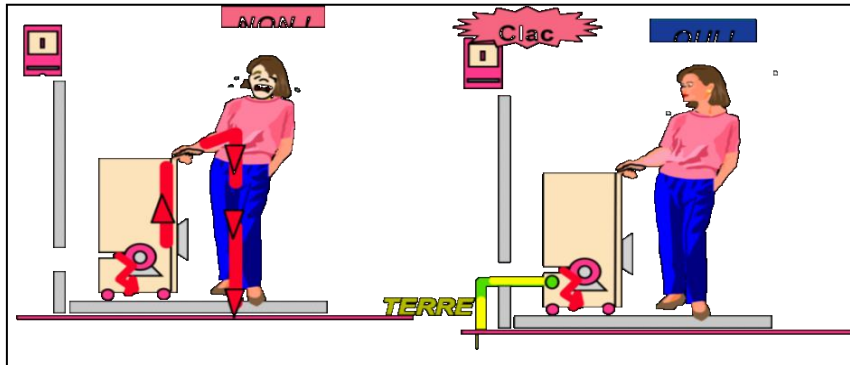


Figure IV.6 : Protection contre les contacts indirects par coupure automatique

Tableau IV.1 : Protection contre les contacts indirects par l'emploi de matériel de classe II

CLASSE	SYMBOLE	UTILISATION
0	Pas de symbole	Interdite dans l'industrie
I		Matériel devant être relié obligatoirement à la terre
II		Matériel à double isolation, jamais relié à la terre
III		Lampe baladeuse alimentée en TBTS, non reliée à la terre

IV-2-4. MESURES PREVENTIVES A ENTREPRENDRE (PROCEDURES DE TRAVAIL ELECTRIQUE)

Les comportements inadéquats des opérateurs et intervenants lors des opérations électriques sont, pour la plus part du temps, les causes des accidents d'origines électriques.

Pour assurer la sécurité du personnel, il convient d'adopter, lors des opérations électriques, un comportement conforme aux situations susceptibles de se produire, qui doit commencer par:

- 1- l'information ;
- 2- la formation ;
- 3- l'habilitation ;
- 4- le respect de procédures adaptées aux cas à traiter ;
- 5- l'emploi d'outillage de protections, de matériels spécifiques normalisés et agréés par l'organisme désigné ;

6- une analyse préalablement menée, de tous les risques susceptibles de se produire accompagnée de mesures de prévention, assurant une protection rendant le risque impossible ou non dangereux.

L'exécution des tâches d'ordre électrique doit se faire sur application des règles des travaux :

- Hors tension,
- Sous tension
- Ou au voisinage,
- Règles d'emploi des outils et matériel.

En règle générale, les interventions et travaux sur les installations et équipements électriques doivent être réalisés par un personnel habilité et seront exécutés hors tension.

Dans trois cas exceptionnels, ces interventions peuvent être exécutées sous tension :

- La mise hors tension pourrait mettre en danger la vie ou la santé des personnes.
➔ **Ex** : mise hors tension de moteur de ventilateur assurant l'aération de locaux confinés dans lequel séjournent des personnes.
- Des nécessités impérieuses d'exploitation empêchant la mise hors tension de l'installation ou de l'équipement.
➔ **Ex** : mise hors tension de la circulation de fluide assurant le refroidissement d'un four de traitement thermique (sauvegarde du matériel).
- La nature même des travaux ou des interventions exige la présence de la tension.
➔ **Ex** : vérification de circuits, recherche et localisation défauts, mesures de grandeurs électriques [1].

IV-3. TRAVAUX HORS TENSION

Il s'agit des opérations effectuées sur un matériel, un équipement ou une installation (ou une partie d'installation), soit avant sa *première mise sous tension*, soit après celle-ci, une **consignation** ayant été opérée. Tous les travaux ou les interventions sur un ouvrage en exploitation effectués hors tension, doivent être réalisés sur la base d'une opération de consignation ; c'est à dire effectuer dans l'ordre les quatre opérations suivantes:

Cette consignation dont le strict respect doit être absolu, consiste à effectuer :

1- La **séparation** de l'ouvrage, de toute source possible de tension par les organes prévus à cet effet (ouverture d'un interrupteur, d'un disjoncteur, d'un sectionneur...), suivie de la vérification de cette opération par l'examen de la position des organes de manœuvre, ou de la visibilité de la séparation des contacts, ou par d'autres procédés donnant une assurance équivalente.

La séparation doit porter sur tous les conducteurs actifs.

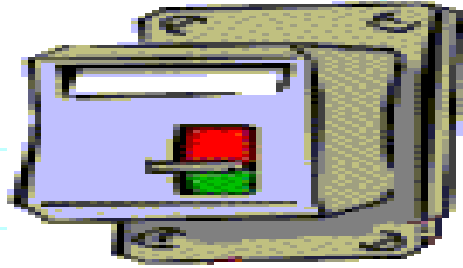


Figure IV.7 : Coupure par disjoncteur

2- La **condamnation** en position d'ouverture des organes de séparation, par immobilisation de l'organe par blocage mécanique ou dispositif offrant les mêmes garanties, suivie de la signalisation, apposée sur chaque organe ou dispositif, signalant la condamnation et l'interdiction de manœuvre; la **condamnation** des organes de séparation en position d'ouverture (pancarte d'interdiction de manœuvre, cadenas...).



Figure IV.8 : Condamnation par cadenas ou par pancarte
D'interdiction de manœuvre

La condamnation par immobilisation de l'organe de séparation est obligatoire en BTB et HT.

Dans les autres cas, la condamnation peut être réalisée par une signalisation (pancarte).



Figure IV.9 : Condamnation par signalisation

La suppression d'une condamnation est faite par la personne qui a procédé à la condamnation ou par un remplaçant désigné.

On peut se dispenser de la condamnation de l'organe de séparation pour des interventions sur les équipements basse tension (travaux sur installation exclus) si les trois conditions suivantes sont simultanément réunies :

- Le dispositif de séparation de la source reste visible depuis la zone de travail ;
- L'intervention est pratiquée par une seule personne ;
- L'équipement est raccordé à une seule source d'énergie électrique.

3- L'**identification** de l'ouvrage pour être certain que les travaux seront bien exécutés sur le matériel, l'équipement ou la partie d'installation ainsi mis hors tension ; cette identification peut être effectuée par divers moyens, mais elle doit être matérialisée, sur place, par marquage, banderoles, délimitant la zone consignée, ou par vision directe et sans ambiguïté des mises à la terre et en court-circuit éventuelles ; cette opération a pour but d'être certain que la zone de travail est bien située sur l'ouvrage mis hors tension (étude des schémas, des plans...).

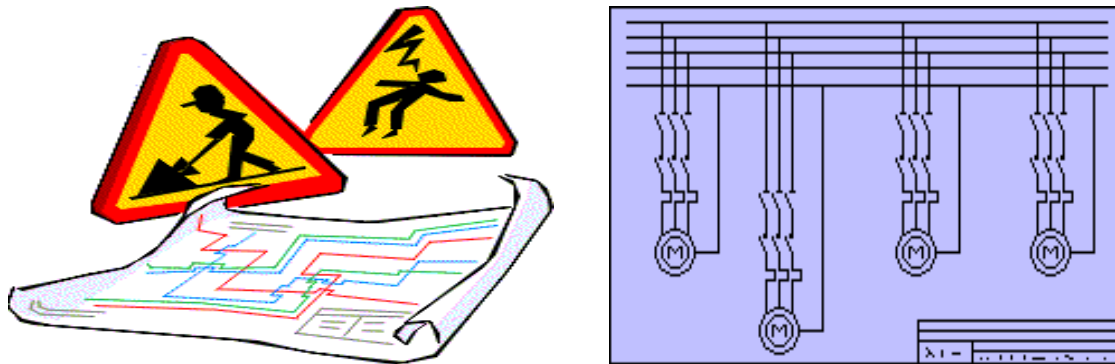


Figure IV.10 : Identification de l'ouvrage mis hors tension sur schéma et plan

4- La **vérification de l'absence de tension** (VAT) (voir figure IV.12 / IV.13), aussi près que possible du lieu de travail, sur chacun des conducteurs actifs, puis mise à la terre et en court-circuit (MALT-CCT).

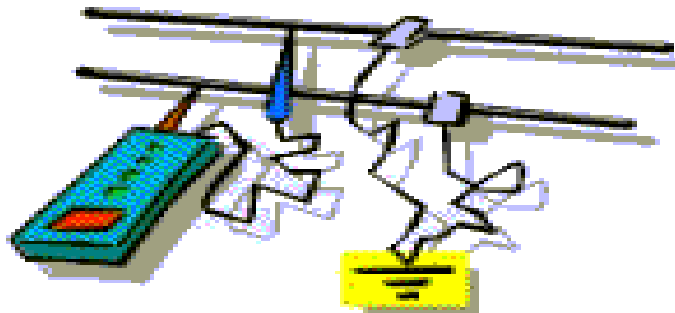


Figure IV.11 : VAT et MALT-CCT

Le bon fonctionnement d'un vérificateur d'absence de tension (VAT) doit être contrôlé avant et après son utilisation.

La vérification d'absence de tension sur tous les conducteurs actifs (neutre compris) est obligatoire avant toute opération sur une installation qui a été mise hors tension. En effet, un disjoncteur (ou un interrupteur) peut avoir été soumis à des arcs électriques importants lors d'ouvertures précédentes: les pôles peuvent restés soudés ou avoir une mauvaise résistance d'isolement à cause de la métallisation des chambres de coupure.

La mise à la terre (MALT) et en court-circuit (CCT) permet de se prémunir contre les risques dus aux tensions induites, aux condensateurs chargés, aux réalimentations éventuelles. Cette opération est facultative sur les installations en BTA. Elle est obligatoire sur un long câble BTA en BTB et en HT.

Le raccordement se fait aux points de séparation de l'ouvrage concerné et au plus près de la zone de travail. Le raccordement se fait d'abord sur le circuit de terre, puis sur tous les conducteurs actifs (neutre compris), au plus près de la zone de travail.

Il y a lieu de procéder à la protection éventuelle des pièces restant sous tension au voisinage par différents modèles de pancartes et de dispositifs de condamnation. Les deux premières opérations (séparation, condamnation) sont toujours réalisées par le chargé de consignation BC ou HC.

Les deux opérations suivantes (identification, VAT+MALT+CCT) peuvent être réalisées par le chargé de travaux B2 ou H2 : c'est la consignation en deux étapes.

Le chargé de travaux doit lire attentivement l'attestation de consignation, la dater, la signer, la compléter et en remettre un double au chargé de consignation.



Consignation pour travaux

Consignation en deux étapes

Figure IV.12 : Organisation de l'opération de consignation

Autres données rentrant en considération dans ces quatre points cités ci-dessus :

5- (y compris le neutre) au moyen des dispositifs conçus à cet effet et adaptés à la tension à détecter ; ces dispositifs doivent être vérifiés sur une source de tension ou un générateur appropriés **avant** et **après** chaque opération effectuée avec cet appareil ;

6- La mise à la terre et en court-circuit des conducteurs, soit à l'emplacement du travail, soit en l'encadrant en amont et en aval ; en BT, cette mise à la terre et en court-circuit n'est pas toujours exigée, sauf dans le cas de lignes aériennes ou s'il y a des risques de tension induite, de réalimentation fortuite, de présence de condensateurs ou de câbles de grande longueur ;

7- La protection éventuelle des pièces restant sous tension au voisinage

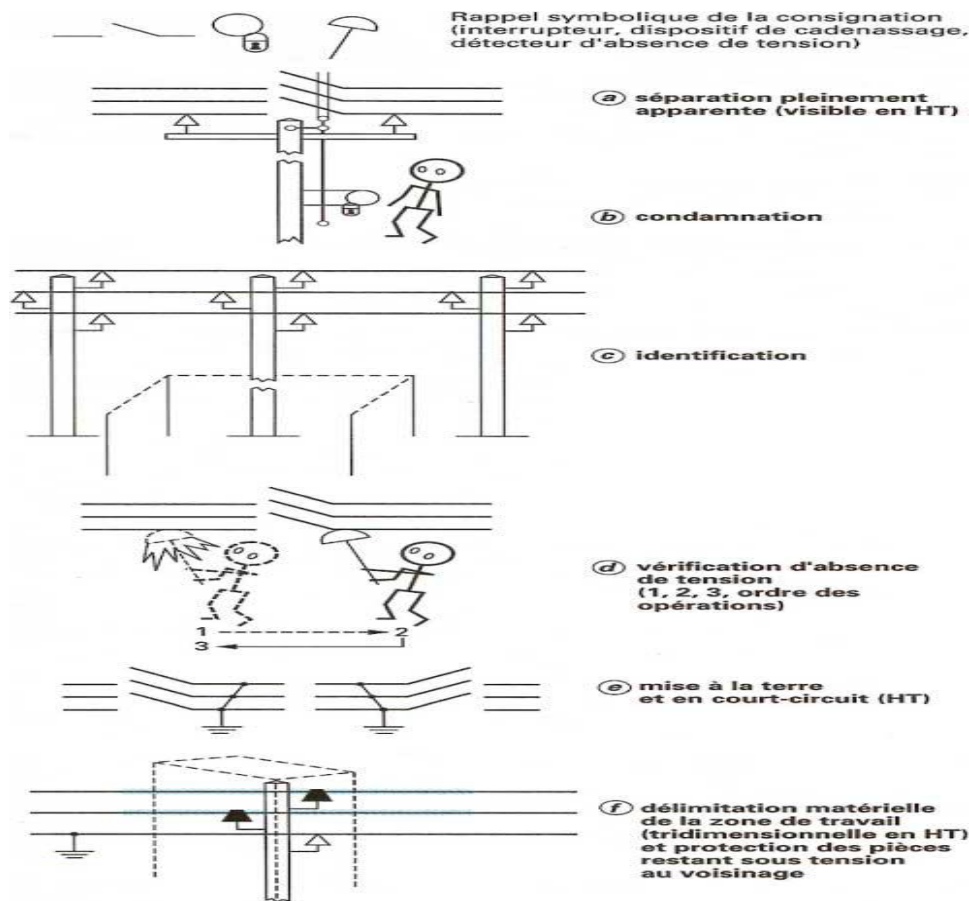


Figure IV.13 : Règles de base de la consignation

V-4. TRAVAUX SOUS TENSION

V-4-1 GENERALITES

L'application intégrale des prescriptions et mesures de sécurité relatives aux travaux hors tension présente souvent des difficultés à cause de leur complexité, et les accidents électriques n'ont pas été restreints comme on pouvait l'espérer ; cela résulte souvent d'erreurs, d'inattentions ou d'oublis, tous facteurs humains pouvant en outre être accompagnés d'accidents de matériels ou de phénomènes extérieurs (induction, surtension, effets capacitifs, etc.).

Aussi, en France comme dans de nombreux autres pays, c'est-on orienté de plus en plus vers l'exécution des travaux sous tension.

Cette conception moderne de la sécurité des interventions, par une intégration des prescriptions de sécurité dans le processus technologique, est en fait l'application de la conception ergonomique du travail.

L'intégration des mesures de protection dans les processus opératoires implique, à la base, la réalisation de conditions préalables rigoureuses, en particulier la formation du personnel, le contrôle des connaissances professionnelles et aussi la délivrance d'une habilitation par le chef d'entreprise. En outre, l'organisation du travail exige une préparation minutieuse et l'élaboration de techniques opérationnelles précises.

V-4-2. CAS OU LE TRAVAIL SOUS TENSION EST AUTORISÉ

L'employeur (personne assumant la responsabilité légale dans le cadre du Code du Travail) ou le chargé d'exploitation (personne désignée par l'employeur, ayant reçu délégation en vue d'assurer l'exploitation d'un ouvrage électrique), avant d'autoriser l'approche des ouvrages pour exécuter des travaux sous tension, doit prendre les dispositions nécessaires à la sécurité et les notifier aux intéressés.

Pour les ouvrages des domaines BTB, HTA et HTB, autres que ceux soumis au décret du 16 février 1982, le chef de l'entreprise intervenante ne doit suivre la procédure suivante que si l'exécution des travaux sous tension fait l'objet d'une demande expresse (par écrit) de l'utilisateur.

Les travaux sous tension sont autorisés :

- Sur les réseaux de distribution publique, ouvrages de production et leurs annexes ;
- Sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou d'utilisation ou si la nature même des opérations rend dangereuse ou impossible la mise hors tension.

Les travaux sous tension peuvent s'effectuer sous 3 conditions :

- Sur des pièces nues sous tension ;
- Au voisinage immédiat de pièces nues sous tensions accessibles ;
- Au voisinage de pièces nues sous tensions accessibles, pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu de tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension et de tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

L'employeur avant d'autoriser l'approche des ouvrages pour exécuter des travaux sous tension, doit prendre les dispositions nécessaires à la sécurité et les notifier aux intéressés.

Les règles à respecter (méthodes de travail, procédures opératoires, formation et habilitation, organisation de travail) sont précisées ci-après.

Les travaux sous tension sont autorisés :

- Sur les réseaux de distribution publique, ouvrages de production et leurs annexes ;
- Sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou d'utilisation ou si la nature même des opérations rend dangereuse ou impossible la mise hors tension.

Les travaux sous tension peuvent s'effectuer sous 3 conditions :

- Sur des pièces nues sous tension ;
- Au voisinage immédiat de pièces nues sous tensions accessibles ;

- Au voisinage de pièces nues sous tensions accessibles, pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu de tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension et de tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

L'employeur avant d'autoriser l'approche des ouvrages pour exécuter des travaux sous tension, doit prendre les dispositions nécessaires à la sécurité et les notifier aux intéressés.

Les règles à respecter (méthodes de travail, procédures opératoires, formation et habilitation, organisation de travail) sont précisées ci-après.

V-4-3. TRAVAUX SOUS TENSION OU A PROXIMITE IMMEDIATE

Jusqu'en 2010, les règles concernant la sécurité des travaux réalisés à proximité des réseaux étaient définies dans un décret datant d'octobre 1991.

En 2010, pour renforcer la prévention des endommagements des réseaux lors de travaux effectués à proximité de ces ouvrages et améliorer la sécurité des personnels de chantier et des riverains, un plan d'action a été initié par la direction générale de la prévention des risques du ministère de l'Ecologie.

Le **décret du 5 octobre 2011** marque un tournant dans la réglementation sur les travaux à proximité des réseaux enterrés. La réforme entérine :

- un **guichet unique** pour une information exhaustive et centralisée,
- des **obligations supplémentaires** pour les exploitants de réseaux, les maîtres d'ouvrages, les exécutants de travaux et la qualification des intervenants.

V-4-4. METHODES DE TRAVAIL

Avant d'entreprendre un travail d'ordre électrique sous tension, il y a lieu de l'organiser, pour éviter qu'un contact ou qu'un amorçage accidentel avec les pièces sous tension n'arrivent. Pour cela, et pour assurer sa pleine sécurité, l'exécutant doit respecter toutes les mesures de protection afin qu'aucune partie de son corps ne puisse entrer en contact avec les conducteurs nus ou autres éléments non protégés sous tension, des masses conductrices en liaison avec la terre (bâti d'appareillage, conduite de fluide,...), le sol... Pour ce faire, l'opérateur doit :

- S'isoler par l'utilisation des protections individuelles et collectives,
- Aménager l'emplacement de son travail,
- Choisir son matériel,
- Respecter quelques mesures particulières avant le démarrage de l'opération.



Figure IV.14 : Gants isolants, Casque isolant et Masque de protection contre Le rayonnement ultraviolet et infra rouge

Autrement, Lors de la préparation du travail, on a généralement le choix entre plusieurs méthodes. On doit choisir la mieux adaptée au travail et le chargé de travaux doit, juste avant le travail, confirmer ou infirmer le bon choix de la méthode retenue. Il peut au cours de son travail changer de méthode, mais, dans ce cas, il doit informer le personnel avec qui il travaille et s'assurer que chacun a correctement compris le rôle qu'il doit jouer.

Ces méthodes permettent de réaliser la totalité des opérations d'entretien et de réparation des installations électriques. Seul le remplacement sous tension d'un transformateur n'est pas possible, car les potentiels sont différents au primaire et au secondaire.

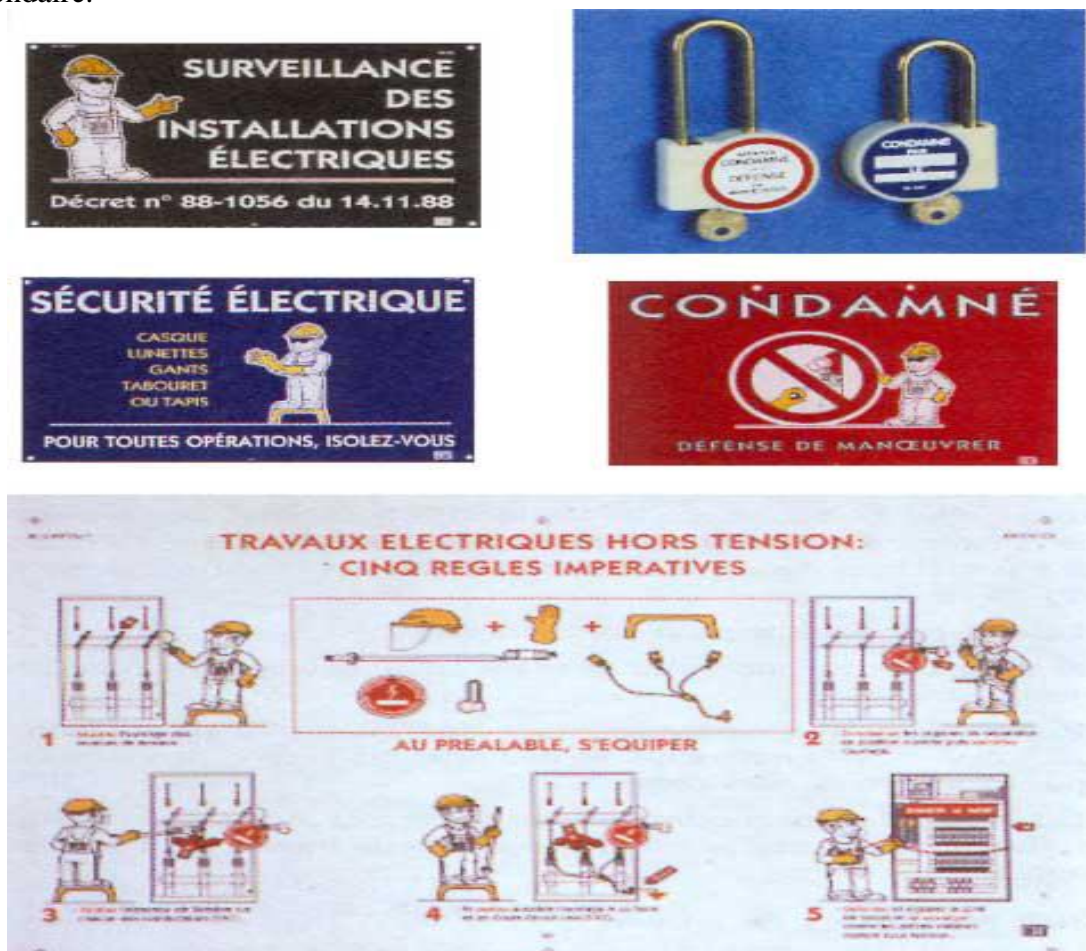


Figure IV.15 : Règles de sécurité : pancartes et dispositifs de consignation / Présente différents modèles de pancartes et de dispositifs de condamnation

❖ Travail à distance

L'opérateur se tient en dehors de la zone définie par la distance minimale d'approche autour des pièces nues sous tension. Il exécute son travail à l'aide d'outils montés à l'extrémité de perches isolantes et dans certains cas de cordes isolantes, ces outils et cordes ayant un isolement approprié au niveau de tension des pièces sur ou au voisinage desquelles il travaille. Cette méthode est utilisée pour toutes les tensions.

❖ Travail au contact

L'opérateur pénètre, avec les protections et les précautions prescrites dans la zone définie par la distance minimale d'approche autour des pièces nues sous tension. Les tâches sont effectuées à l'aide d'outils à main isolants ou isolés et l'opérateur est équipé de protections individuelles isolantes (gants, protègeras, etc.). Cette méthode est utilisée pour des tensions jusqu'à 30 kV.

❖ Travail au potentiel

L'opérateur se met au potentiel de la pièce sur laquelle il travaille.

Il crée ainsi autour de lui une nouvelle zone définie par la distance minimale d'approche dont il faut tenir éloigné les autres potentiels.

Les opérateurs portent un vêtement conducteur leur garantissant une équi-potentialité parfaite une fois la connexion établie.

Pendant le transfert du potentiel de terre au potentiel du conducteur et *vice versa*, l'opérateur n'est relié à aucun potentiel fixe. On dit qu'il est à *potentiel flottant*. Cette méthode est particulièrement adaptée aux tensions du domaine HTB.

❖ Aménagement de l'emplacement de travail :

L'opérateur doit :

- Disposer d'un emplacement dégagé et d'un appui assurant une position stable,
- Lorsque les conditions le permettent, s'isoler au moyen d'isolant approprié (écran, tapis, échelle...).

❖ Matériel : L'opérateur doit :

Utiliser des outils isolants ou isolés

• Utiliser des appareils de mesure ou de contrôle ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, de mauvais choix de gamme de mesure, ou de défaut d'isolement :

• Exclure l'emploi ou le port d'objets conducteurs dangereux (mètres ou règles métalliques) ;

❖ Avant le démarrage de l'opération : l'opérateur doit :

• Utiliser des outils isolants ou isolés ;

• Utiliser des appareils de mesure ou de contrôle ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, de mauvais choix de gamme de mesure, ou de défaut d'isolement ;

• Organiser le travail pour limiter les risques ;

- Désigner clairement la zone dangereuse par des panneaux ou des bandes d'avertissement ;
- Veiller à être constamment vu ou entendu par une autre personne connaissant les manœuvres à effectuer pour couper le courant et pratiquer la ventilation artificielle si nécessaire,
- Isoler les conducteurs nus ou autres éléments non protégés qui sont sous tension dans le voisinage immédiat au moyen de gaines, nappes, capuchons, profilés isolants, etc.

V-4-5. PROCEDURES OPERATOIRES

Les travaux sous tension consistent à réaliser en sécurité des opérations d'ordre électrique allant de la maintenance à la modification d'un circuit resté sous tension. Réservés aux électriciens, les travaux sous tension requièrent un savoir-faire spécifique, une très grande rigueur des équipes intervenantes dans leur préparation et leur exécution ainsi qu'une organisation parfaitement maîtrisée entre les différents acteurs.

En pratique, les travaux sous tension basse tension s'effectuent principalement par la méthode du travail au contact, méthode utilisée pour des niveaux de tension inférieurs à **36 kV**. Le travail au contact consiste à travailler directement sur les pièces nues sous tension en se protégeant avec des équipements de protection isolants adaptés au niveau de tension de l'installation sur laquelle s'effectuent les travaux.

Les procédures opératoires sont définies par l'emploi des conditions d'exécution du travail et des fiches techniques.

- Les **conditions d'exécution du travail** (CET) prescrivent les règles spécifiques de réalisation des travaux sous tension et, notamment, les modalités suivant lesquelles le travail doit être préparé, les outils vérifiés et utilisés, la bonne exécution vérifiée. Les CET sont approuvées par le Comité des Travaux sous Tension.

- Les **fiches techniques** d'outils (FT) ou les fiches techniques mode opératoire d'outils (FT-MO) donnent les instructions particulières d'emploi des outils, équipements, dispositifs et matériels utilisés pour ces travaux. Tous ces *outils* sont agréés par le Comité des Travaux sous Tension après des expérimentations réelles d'emploi exécutées sous sa responsabilité.

Cet agrément a pour but de s'assurer :

- D'abord, de la qualité des matériaux et des produits utilisés, en particulier des produits isolants, tant à la construction qu'en usage ;
- Ensuite que l'usage, dans les conditions prescrites, est conforme aux attentes des utilisateurs.
- Il convient d'observer que l'exécution des travaux sous tension exige que soient remplies certaines conditions préalables, telles que les conditions atmosphériques. Si ces conditions ne sont pas remplies, les procédures des travaux hors tension doivent être appliquées.

V-5. TRAVAUX AUX VOISINAGES

Il s'agit de travaux ou opérations exécutées au voisinage de pièces nues sous tension.

Ces *opérations* peuvent être d'ordre électrique ou non. Il y a lieu de distinguer entre les deux opérations en considérant des zones de travaux différentes et en graduant les procédures, les moyens de protection à mettre en œuvre et la compétence à rechercher pour le personnel.

Les *opérations* peuvent avoir un lien direct avec une activité d'ordre électrique et sont alors considérées comme telles, ou ne pas en avoir et, dans ce cas, elles sont considérées comme d'ordre non électrique. Cette distinction permet de graduer les procédures, les moyens de protection à mettre en œuvre et de définir la compétence à rechercher pour le personnel. Des zones de travaux différentes sont ainsi considérées.

Les *principes de protection* consistent à ce que l'opérateur doit se tenir éloigné des pièces nues sous tension, à des distances définies, ou à utiliser des protections isolantes placées entre les personnes et ces pièces. Ces distances peuvent être matérialisées par des obstacles plus ou moins performants tels que barrières, écrans, banderoles, placés à des distances précises et définies dans les règles.



Figure IV.16 : Moyens de matérialisation des distances d'éloignement des pièces nues sous tension

Le *maintien d'une distance dans l'air*, adaptée à la tension considérée, aux gestes des personnes et aux mouvements de leurs outils répond au premier principe. La matérialisation de cette distance par des obstacles plus ou moins performants tels que barrières, écrans, banderoles, placés à des distances précises et définies dans les règles, permet d'assurer la sécurité.

L'utilisation de *protections isolantes* recouvrant ou enveloppant les pièces nues sous tension répond au deuxième principe. Ces protections doivent avoir des caractéristiques mécaniques et diélectriques adéquates et prouvées. Ces matériels doivent aussi résister aux surtensions qui apparaissent sur les installations en exploitation. Suivant la résistance mécanique de ces dispositifs et des conditions de mise en place, il sera permis de s'appuyer ou non sur leur surface extérieure.

D'une manière générale, plus on se rapproche de la zone de danger, plus les exigences de sécurité ne sont grandes, ce qui peut justifier l'application des procédures des travaux sous tension.

IV-6. DISTANCES DE SECURITE

Dans le cadre de la publication **UTE C185-15**, on distingue les travaux et interventions:

- Sous tension,
- Au voisinage immédiat de pièces nues sous tension,
- Au voisinage de pièces nues sous tension,
- Sans prescription.

Des travaux pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu :

- De tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension,
- De tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

IV-6-1. LOCAUX RESERVES AUX ELECTRICIENS (LRE)

Ceux sont des enceintes normalement maintenues fermées dont l'accès n'est possible qu'aux personnes habilitées et désignées ou autorisées et surveillées. Ils contiennent les Ouvrages Electriques (installations et équipements) permettant l'accès éventuel à des pièces nues sous tension dans les domaines de la basse tension ou de la haute tension.

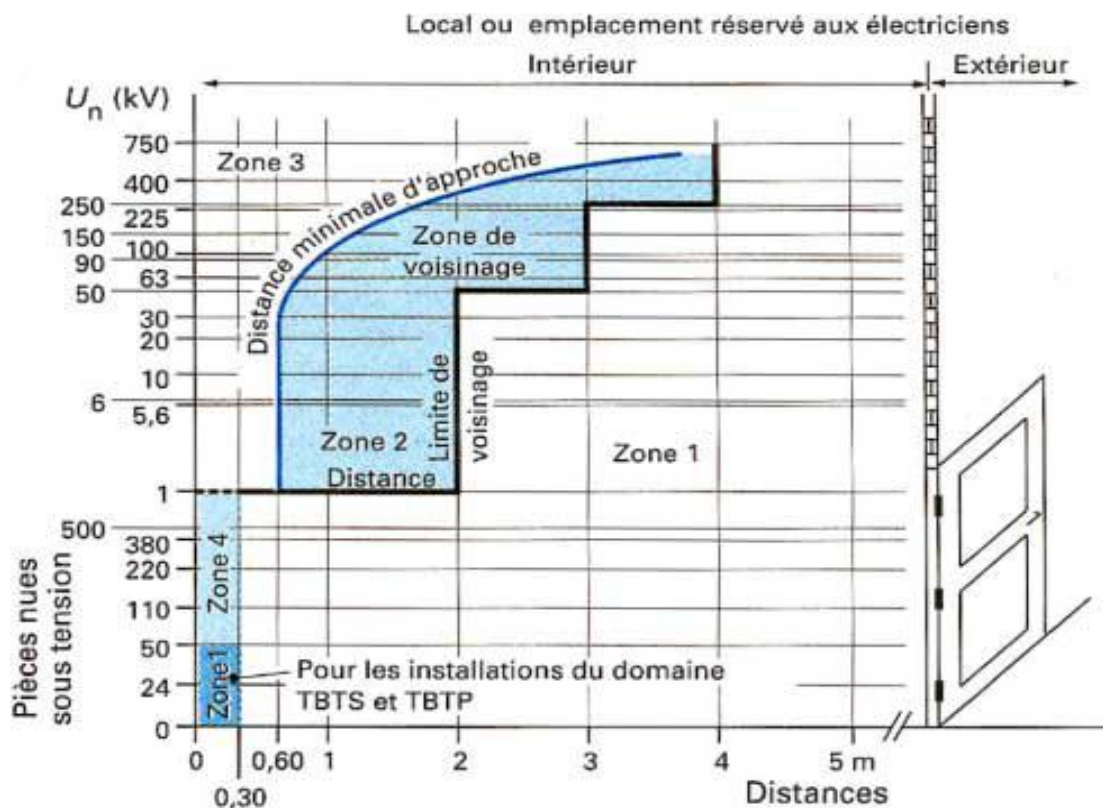
L'intérieur du **LRE** est découpé en zones d'environnement et de voisinage. Les degrés d'habilitation requis pour l'accès aux **LRE** varient selon le domaine de tension et la distance maintenue entre la personne et les pièces nues sous tension. Une Instruction Permanente de Sécurité (**IPS**) notifie les consignes à respecter à l'intérieur du **LRE**. En zone de voisinage la personne doit porter *un équipement de protection individuelle*.

IV-6-2. ZONE D'ENVIRONNEMENT

Par zones d'environnement, on entend celles relatives aux personnes, par rapport aux ouvrages électriques. On distingue plusieurs zones (**voir** figure (IV.17)).

❖ *Distance minimale d'approche*

La DMA est la distance à partir de laquelle il y a risque d'amorçage. C'est la somme de la distance de tension et de la distance de garde.



- Zone 1 :** accès réservé aux électriciens désignés et habilités, ou ayant reçu une consigne et surveillés
- Zone 2 :** accès réservé aux électriciens désignés et habilités, ayant reçu une consigne, la zone de travail étant délimitée
- Zone 3 :** application des règles des travaux sous tension
- Zone 4 :** application soit des règles des travaux sous tension, soit des règles d'intervention en BT, ou travaux au voisinage, selon zone 2

Figure V.17 : Zones d'environnement pour les tensions alternatives

❖ **Distance de tension** « t » (exprimée en mètres) est donnée, en l'absence de dispositifs de protection appropriés ou de mise hors de portée, par $t = 0,005 U_n$, avec U_n (en kV) valeur nominale de la tension à 0,10 m en HT. Dans certaines conditions (opérateur à un potentiel différent de celui de la terre, prise en compte de surtensions possibles), cette distance peut être modifiée (généralement augmentée). [1]

❖ **Distance de garde** « g » a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent de respect de la distance de tension. La zone définie par la distance minimale d'approche ($t + g$) est appelée communément **zone de danger** ou **zone de travaux sous tension**.

G est égale à :
0.3m en BT et 0.5m en HT

❖ **Distances limites de voisinage**

Elles permettent de définir des zones de travaux et d'interventions dits *au voisinage* et concernent les travaux exécutés par des personnes habilitées ou par des personnes non habilitées surveillées par des personnes habilitées.

Les distances limites de voisinage des pièces conductrices nues sous tension sont :

- 0,30 m en BT
- 2 m en HT pour $1\text{KV} < U_n \leq 50\text{KV}$
- 3 m en HT pour $1\text{KV} < U_n \leq 250\text{KV}$
- 4 m en HT pour $U_n > 250\text{KV}$ [1]

❖ **Zone de travail**

C'est celle dans laquelle l'opérateur est amené à évoluer avec ses outils ou les matériels qu'il manipule. À l'intérieur de cette zone, qui doit être balisée, ne doivent pénétrer que les personnes autorisées ou désignées pour le travail à y effectuer.

Cette notion de zone de travail est à prendre en considération quelle que soit l'opération à effectuer, qu'elle soit hors tension, sous tension, au voisinage, ou qu'il s'agisse d'une intervention.

Tableau IV.2 : limites inférieures de la zone de travail par rapport à la pièce nue sous tension en fonction de la classe de tension

Zone \ classe de tension	BT	MT	HT 5.5kV	HT 15kV	HT 20kV
Sans prescription de sécurité	3m	3m	3m	3m	3m
Au voisinage de pièces nues sous tension	0, 30m	0.30m	0.65m	0.70m	0,80m
Au voisinage immédiat de pièces nues sous tension	Très près mais sans contact	0.10m	0.45m	0.55m	0,60m
Sur pièces nues sous tension	Contact	Contact	Contact	Contact	Contact

❖ **Zones d'environnement :**

Par zones d'environnement, on entend celles relatives aux personnes, par rapport aux ouvrages électriques. On distingue quatre zones.

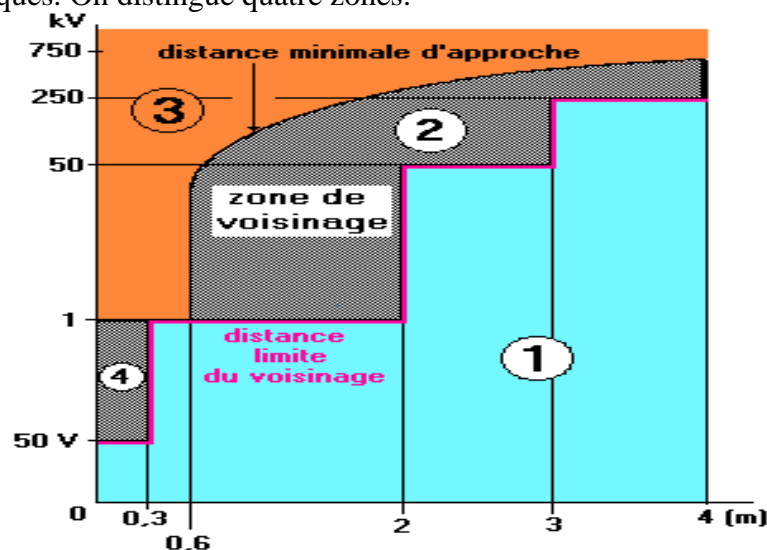


Figure IV.18 : Zones d'environnement

*/**zone 1**: C'est la zone qui s'étend au-delà de la limite de voisinage

*/**zone 2**: c'est la zone de voisinage du domaine HT

*/**zone 3**: c'est la zone comprise entre les pièces nues sous tension et la distance minimale d'approche (**DMA**) du domaine HT. La **DMA** est la distance à partir de laquelle il y a risque d'amorçage.

*/**zone 4**: c'est la zone de voisinage ou de travail sous tension du domaine BT (distance inférieure à 30 cm à partir de pièces nues sous tension).

Plus on s'approche de l'installation ou de l'ouvrage, plus le risque d'accident d'origine électrique n'augmente. L'environnement électrique est découpé en zones et à chaque zone correspondent des prescriptions de sécurité très précises.

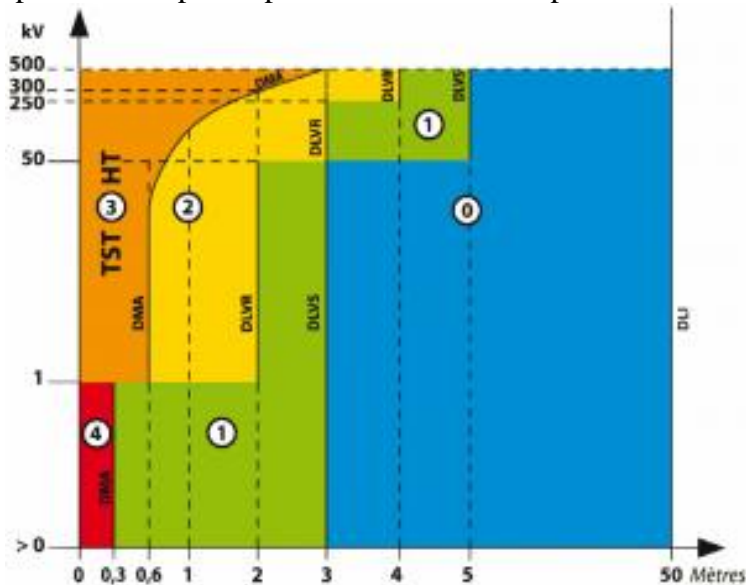


Figure V.19 : Zone d'environnement

• **En basse tension** : L'environnement se compose de la zone d'investigation (zone 0), et du voisinage qui se décompose en zone de voisinage simple (zone 1) et zone des opérations électriques (zone 4).

• **En haute tension** : L'environnement se compose de:

- La zone d'investigation (zone 0)
- Du voisinage qui se décompose en 2 zones : la Zone de voisinage simple (zone 1) et la zone de voisinage renforcé (zone 2)
- la zone des travaux sous tension (zone 3).

IV-6-3. TRAVAUX PRES DES LIGNES ELECTRIQUES

La notion de **LRE** s'applique également aux lignes aériennes. Les travailleurs doivent observer une distance de sécurité par rapport aux fils électriques. L'équipement et les machines doivent également être maintenus à une distance de sécurité. Cette distance varie selon la tension du courant.

Lorsque les travaux sont effectués près d'une ligne électrique, toute personne, pièce, équipement ou élément de machinerie doit se trouver :

- A plus de 3 m des lignes électriques de moins de 125 kV;

- A plus de 5 m des lignes électriques de 125 à 250 kV;
- A plus de 8 m des lignes électriques de 250 à 550 kV;
- A plus de 12 m des lignes électriques de plus de 550 kV.

❖ Distances à respecter autour d'une ligne de transport et de distribution

Une distance minimale entre tout bâtiment (ou structure) et les éléments du réseau électrique doit être respectée pour des raisons évidentes de sécurité et d'entretien du réseau électrique.

IV-7. SECOURISME DE BASE

Souvent, il suffit de gestes simples mais bien accordés pour sauver une vie humaine. A vrai dire, la sauvegarde de cette vie dépend d'une simple action sous tendue par deux tâches : Protéger-Alerter.

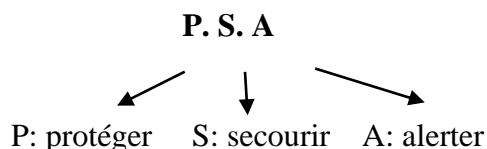
Mais surtout faire en sorte que cette impulsion de dévouement, d'altruisme, de courage n'entraîne pas des blessures graves ou la mort de sauveteurs. Pour des raisons bien évidentes de sécurité, il faut s'abstenir d'entreprendre quelques actions spontanées dangereuses dans l'intention de sauver une vie, comme par exemples :

- Se jeter à l'eau
- Traverser l'autoroute
- Descendre dans une fosse
- Se précipiter sur une personne victime d'un accident électrique.

L'alerte, quand elle s'implose, permet la prise en charge rapide de la victime par les services de secours spécialisés qui prennent le relais.

❖ Que faut-il faire suite à une électrisation?

La conduite à tenir en cas d'accident d'origine électrique se base sur la règle générale de secourisme qui est :



➤ Protéger

C'est assurer sa protection, celle de la victime, de ses biens, ainsi que celle des témoins.

Dans le cas d'un accident électrique, Le but est de soustraire les personnes présentes et l'accidenté de tous conducteurs ou pièces sous tension.

Si la victime est en contact avec la source électrique, toute intervention imprudente risque d'accidenter le sauveteur. Pour soustraire la victime aux effets du courant, il faut réaliser une mise hors tension et le sauveteur doit s'isoler, pour cela il faut procéder et dans l'ordre à :

- Couper ou faire couper l'alimentation en énergie électrique
- S'assurer que la remise sous tension ne pourra être effectuée,
- Dégager la victime en cas de nécessité.

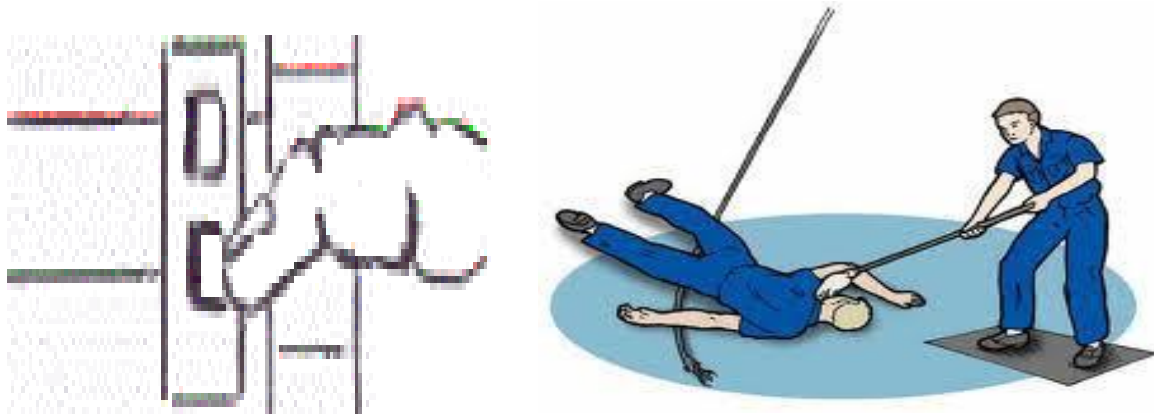


Figure IV.20: Protéger et s'isoler, couper et dégager

Le dégagement d'urgence consiste à sortir la victime du lieu de l'accident le plus rapidement et de la mettre en sécurité, si elle est exposée à un risque de sur accident ou à un danger vital, sans aggraver son état.

En règle générale,

- On ne déplace pas
 - On ne remue pas
 - On ne touche pas
- } inutilement un accidenté

Le dégagement d'urgence ne peut se pratiquer que sur :

- **Une victime inconsciente soumise à un danger,**
- **Une victime incapable de se soustraire d'elle-même.**

❖ **Alerter**

C'est prévenir ou faire prévenir les secours spécialisé en formulant un message clair, précis et concis. La conduite à tenir est :

- **Appeler ou faire appeler les secours spécialisés,**
- **Formuler le message d'alerte qui doit préciser :**
 - Numéro de téléphone
 - Lieu de l'accident
 - Nombre de victimes
 - Etat des victimes
 - Gestes effectués
 - **Ne jamais couper la communication le premier, attendre l'ordre du correspondant;**
 - **Rester auprès de la victime jusqu'à l'arrivée des secours.**

❖ **Secourir**

C'est assister la victime dans l'attente de l'arrivée des secours.

Dès que l'accidenté a été soustrait au contact et les secours ont été alertés, le secouriste doit procéder au bilan et surveillance qui consiste d'abord à recueillir de l'information :

- Que s'est-il passé?

- Tension, points et temps de contact?
- La victime est-elle restée coincée à la source?
- La victime a-t-elle été projetée après son contact avec la source de courant?
- La victime a-t-elle senti passer le courant à travers son corps?
- Y a-t-il des marques de brûlure aux points de contact sur la peau?
- Est-ce que la tension de contact était supérieure à 1 kV?
- La victime est-elle une femme enceinte ?

Après quoi il faut :

- **Apprécier les trois fonctions vitales, c. à. d: vérifier :**

- L'état de conscience
- La ventilation
- La circulation

- **Rechercher une éventuelle lésion :**

- Hémorragie
- Plaie
- Brûlure.....etc

- **Surveiller les fonctions vitales.**

- **Apprécier l'état de conscience : Le secouriste doit :**

- Poser des questions simples : votre nom ? Ça va ?...
- Donner des ordres simples : ouvrez les yeux, serrez- moi la main...
- Pincer légèrement la victime (sourd muet).

- **Apprécier la fonction ventilatoire : le secouriste doit :**

- Assurer la libération des voies aériennes (L.V.A),
- Desserrer tout ce qui est serré (cravate, col, ceinture...),
- Ouvrir la bouche de la victime, la nettoyer (enlever bridge, bonbons) et Essuyer les mucosités à l'aide d'un linge propre,
- Placer les quatre doigts d'une main sur le front de la victime,
- Placer deux doigts de l'autre main sous la pointe du menton en prenant appui sur l'os et non dans la partie molle du menton,
- Basculer prudemment la tête en arrière,
- Pencher son oreille et sa joue au-dessus de la bouche et du nez de la victime pour sentir le flux d'air expiré ;
- Observer le soulèvement de la poitrine et du ventre.

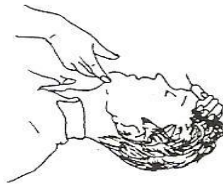


Fig 7a : Bascule prudente de la tête de la victime en arrière

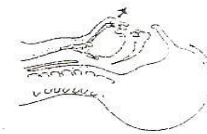


Fig 7b : Libération immédiate des voies aériennes



Fig 7c : Recherche avec la joue d'un flux d'air expiré



Fig 7d : Observation du soulèvement de la poitrine et du ventre

Figure IV.21 : Appréciation de la fonction respiratoire

- **Apprécier la fonction circulatoire** : Le secouriste doit :

Mettre les trois doigts (index, majeur, annulaire) qui étaient sur le front au milieu du cou, ramener cette main vers lui en palpant la face latérale du cou de la victime en gardant l'autre main sous le menton.

- Le cas d'un enfant moins d'un an : le secouriste doit placer les trois doigts sur la face interne du bras (pouls huméral).

- **Rechercher une éventuelle lésion**

- **Après le bilan, le secouriste doit faire ces instructions :**

- Mettre la victime en **PLS** si elle respire et elle est inconsciente ;
- Si la victime est inconsciente et ne respire pas : il doit commencer la réanimation par deux insufflations bouche à bouche ou bouche à nez (chez l'adulte) ou bouche à bouche et nez (chez le nourrisson). Après la deuxième insufflation, contrôler le pouls carotidien. Poursuivre la manœuvre jusqu'à la reprise de la ventilation ou l'arrivée des secours spécialisés. Contrôler le pouls carotidien toutes les deux minutes.
- Si la victime n'a pas de pouls : Après avoir vérifié l'absence de la ventilation, pratiqué deux O2 insufflations et vérifié l'absence du pouls carotidien, le secouriste doit procéder au massage cardiaque externe (MCE) associé à la respiration artificielle.
- La surveillance jusqu'à l'arrivée des secours spécialisés.

IV-8. PRINCIPES DE PROTECTION

La protection contre le risque électrique repose sur des dispositions réglementaires figurant dans le Code du travail. Elle concerne la mise en sécurité des installations et des matériels électriques, et ce dès leur conception. L'objectif est d'éviter tout contact, qu'il soit direct ou indirect, avec des pièces nues sous tension ou mises accidentellement sous tension. En outre, le matériel doit être conforme à la réglementation en vigueur afin de protéger les utilisateurs.

Lorsqu'il n'est pas possible de réaliser la consignation ou la mise hors de tension, la mise hors de portée des pièces nues sous tension accessibles aux travailleurs doit être assurée par : éloignement, obstacles, isolation.

Le principe repose sur l'association de la mise à la terre des masses et d'un dispositif différentiel. Ce dernier coupe automatiquement l'alimentation lorsqu'une masse métallique est mise accidentellement sous tension.

Le principe d'un dispositif à courant résiduel est de comparer l'intensité circulant dans le conducteur de phase (l'aller) et celle du conducteur de neutre (le retour).

IV-9.METHODOLOGIE

Les mesures de protection peuvent être classées en mesures *passives* et mesures *actives*

IV-9-1.MESURES PASSIVES

Les mesures dites passives (ne faisant pas intervenir la coupure du courant) sont subdivisées en trois groupes :

A) Rendre la possibilité de contact avec une partie active hautement improbable, par :

- **Eloignement** : En cas des lignes à très haute tension ;
- **Obstacle** : Enveloppe, écran devant un borné, porte d'armoire électrique, barrière ou rambarde *devant* un châssis d'appareillage ;
- **Isolation** : Câble souple, interrupteur domestique, habillage d'un réseau basse tension.

B) Rendre non dangereux le contact avec une partie active ou une masse, par :

- **Très basse tension de sécurité (TBTS)** ou de protection (TBTP) limité à 25V pour les contacts directs et 50V pour les contacts indirects ;
- **Séparation électrique**, empêchant le retour par la terre, pour appareils de classe 0 par exemple.

C) Rendre non dangereux le contact avec une masse et le sol ou entre deux masses à des potentiels différents, par des liaisons équipotentielles :

- Principales ou locales en basse tension ;
- Généralisé en haute tension en y incluant le sol ou l'emplacement de stationnement des personnes [28].

IV-9-2. MESURES ACTIVES

Les mesures dites actives assurent la *coupure du courant* en un temps suffisamment court pour que des effets physiopathologiques inacceptables ne puissent se produire. Elles font appel à des *appareils de protection* qui détectent et agissent :

- En cas de surélévation du courant normal (surintensité) : coupe circuit à fusibles, disjoncteurs...,
- En cas de dérivation d'une partie du courant par la terre ou les conducteurs de protection : Dispositifs à courant différentiel résiduel (dits différentiels). [28]

IV-10. CONCEPTION DES INSTALLATIONS

L'étude d'une installation électrique basse tension doit être conduite dans le souci permanent d'une bonne adaptation aux besoins de l'utilisateur final et compte tenu de la contrainte essentielle du respect du budget. Le critère final de la réussite d'une étude est donc le rapport qualité/prix (technico-financier).

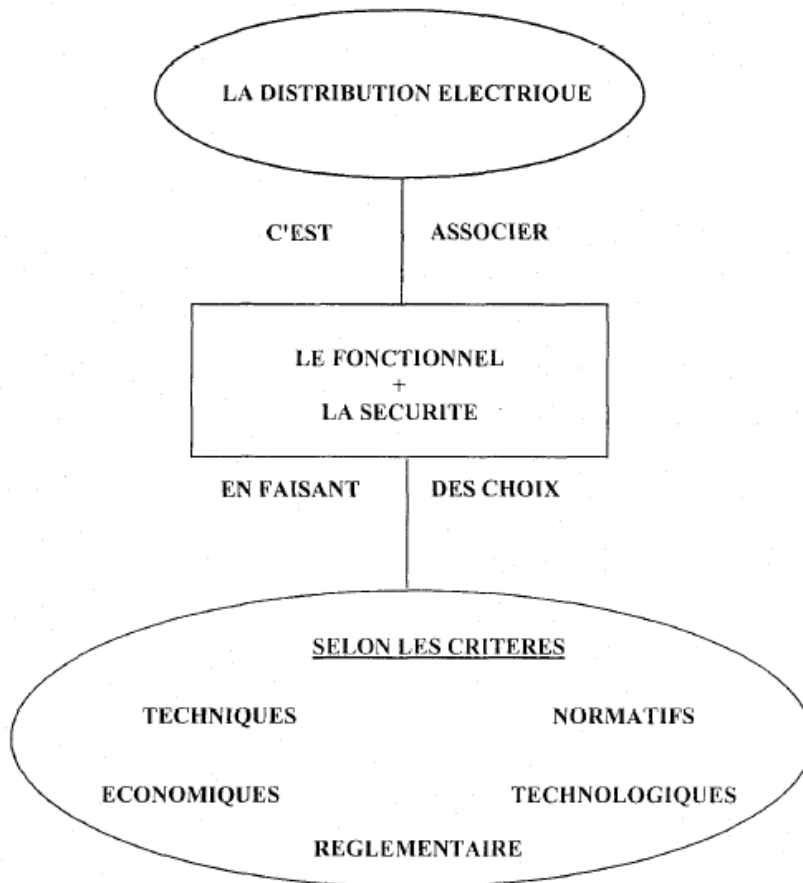


Figure IV.22 : Conception des installations

➤ Définition des équipements terminaux :

Le recensement des équipements terminaux utilisant l'énergie électrique en fonction des zones prédéfinies en se basant sur le plan de masse.

La définition de leurs caractéristiques (puissance, tension, facteur de puissance, triphasé ou monophasé etc.).

La prise en compte de leur modalité d'utilisation et, en particulier, de leur plage horaire de fonctionnement.

La prise en compte de leur statut dans l'installation (récepteurs secourus par une source secours ou non).

➤ ***Evaluation de la puissance totale :***

- Le regroupement des circuits en armoires divisionnaires ;
- Le schéma de l'arborescence du réseau ;
- L'application des coefficients de simultanéité.
- La détermination de la puissance appelée des différentes sources

➤ ***Choix de source d'énergie :***

- La définition de la nature des sources d'alimentation électriques en fonction de la puissance appelée ;
 - Le choix éventuel d'une source de remplacement ;
 - Le choix du régime du neutre en fonction des conditions d'exploitation et de la nature des installations ;
 - La détermination des caractéristiques des sources (puissance, impédance, courant de court-circuit etc.).

➤ ***Etude des armoires électriques :***

- Choix des appareillages de protection en fonction du courant d'emploi, du régime du neutre, du niveau de la sélectivité souhaité, etc.
 - La coordination des protections aux différents niveaux
 - L'ajout des fonctions de coupure, de sectionnement, de commande, de mesure, de signalisation et d'alarme.

➤ ***Choix des appareils terminaux et calcul des canalisations :***

- La définition des influences externes par groupes de locaux
- La détermination de la classe et du degré 1P (indice de protection) des appareillages
 - La définition du parcours des canalisations et leur mode de pose
 - Le choix de la nature de l'âme des conducteurs, et de la nature de l'isolant
 - Le choix des chutes de tension admissible à chaque niveau de l'installation
 - La détermination des sections des conducteurs actifs et de protection en fonction de l'intensité admissible, des surcharges, de court-circuit, des contacts indirects et du respect des chutes de tension
 - Le complément de l'étude des armoires par la définition du pouvoir de coupure des appareils de protection.

➤ ***Dossier d'exécution :***

Les pièces essentielles de ce dossier sont :

- Les plans d'implantation des équipements
- Les plans des canalisations et de filerie
- Les schémas unifilaires des armoires
- Le synoptique de l'installation
- Le carnet des câbles
- Les notes de calcul

- Les prospectus des appareillages

IV-11.PRINCIPALES RECOMMANDATIONS

Des accidents d'origine électriques se produisent sur tous les continents, dans tous les pays du monde. Tous les ans, ils tuent plusieurs personnes et rendent invalides d'autres, malgré toutes les mesures de protection et de prévention à prendre.

Cela tient notamment à un manque de sensibilisation générale et d'informations précises sur l'ampleur du problème, sur le coût économique, sanitaire et social des accidents électriques, et sur les interventions qui peuvent prévenir des accidents ou réduire leurs conséquences douloureuses.

En fait, les principales recommandations que doivent être respectées et appliquées par les travailleurs dans leur lieu de travail sont les suivantes :

- ✓ Adapter les choix au domaine de tension,
 - ✓ Obliger à utiliser du matériel approprié et faire appel à des intervenants qualifiés,
 - ✓ Obliger à isoler tous les conducteurs, aussi bien les neutres que les actifs, veiller à leur solidité et éviter les échauffements excessifs,
 - ✓ Veiller à ce que les parties actives ou les masses d'une installation ne soient pas portées à des tensions dangereuses pour les personnes, du fait de leur voisinage avec une installation de domaine de tension supérieure ou du fait de liaisons à des prises de terre non électriquement distinctes,
 - ✓ Veiller, dans les zones particulièrement exposées à la foudre, que toute installation comportant des lignes aériennes non isolées soit protégée contre les effets des décharges atmosphériques,
 - ✓ Veiller - sauf protections adéquates - à séparer les lignes de télécommande, de signalisation ou de télécommunication,
 - ✓ Veiller - sauf schéma très clair ou marque bien apparente - à identifier clairement et valablement les circuits et matériels, en particulier les conducteurs de protection,
 - ✓ Prévoir, dans tout circuit terminal, un dispositif de coupure d'urgence, aisément reconnaissable et disposé de manière à être facilement et rapidement accessible, permettant en une seule manœuvre de couper en charge tous les conducteurs actifs (ce dispositif peut commander plusieurs circuits terminaux),
- ✓ Séparer les sources d'énergie selon les indications fournies,
- ✓ Concevoir les mises à la terre en respectant les règles fournies,
- ✓ D'une manière générale respecter les principes de protection.

Les mesures de prévention du risque électrique font l'objet de prescriptions réglementaires codifiées ainsi que de normes associées.

Enfin, l'électricité statique, même si elle ne présente pas de risque physiologique important pour les personnes, peut être à l'origine d'accidents graves (incendies, explosions, chutes...).

IV-12. CONCLUSION

L'ignorance du risque électrique, principalement lors de travaux non électriques, est aujourd'hui encore source d'accidents. Une analyse systématique du risque permet de prévoir les éventuelles situations dangereuses et de planifier au mieux la prévention.

C'est l'employeur qui a la responsabilité de la mise en œuvre de cette analyse du risque. Cependant, cette analyse concerne également chaque acteur, dans la mesure de ses attributions, de ses compétences et de ses responsabilités. Dans la phase préparatoire du travail, l'employeur peut désigner une personne pour élaborer les prescriptions et procédures de sécurité. Dans la phase de réalisation des opérations, les chargés de travaux ou de chantier sont responsables de l'exécution des travaux et de la mise en place des mesures de sécurité prévues. Les exécutants et les chargés d'intervention sont quant à eux responsables de leur propre sécurité.

CHAPITRE V : SECURITE DU PERSONNEL LORS DES OPERATIONS ELECTRIQUES

V-1. INTRODUCTION

La formation à la sécurité, rendue obligatoire par la réglementation, doit notamment porter sur la conduite à tenir par le salarié en cas d'accidents ou de sinistre (incendie, urgence médicale, fuite de produitEtc.) . Il est essentiel que chacun dans l'entreprise quel que soit sa métier sache exactement ce qu'il doit faire, notamment pour enrayer un début d'accident dont le but de supprimer ou limiter certains effets nuisibles du travail en diminuant la gravité des conséquences de l'accident.

L'ensemble des consignes à donner aux travailleurs font partie intégrante des mesures de prévention techniques et organisationnelles à mettre en place et à porter à la connaissance des personnes présentes dans l'établissement .Chaque entreprise quel que soit sa fonction doit assurer la sécurité de ses travailleurs selon le code de travail par l'ensemble des consignes.

Parlons de la sécurité électrique dans l'entreprise et les consignes à donner est obligatoire pour éviter la survenance des accidents, mais l'habilitation électrique est aussi nécessaire dans la formation à la sécurité. Elle est considérée dans le monde de travail comme une exigence réglementaire pour tous les travailleurs qui effectuent des opérations d'ordre électrique et elle nécessite une formation préalable.

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'importance de la sécurité du personnel lors des opérations électriques et de savoir l'ensemble des mesures de protection soit individuelles ou collectives. Il s'appuie sur les dispositions du code de travail et les règles techniques liées à la sécurité.

Alors, quels sont les mesures de sécurité pour protéger les travailleurs ? Est- elle la formation à la sécurité électrique obligatoire dans le travail ?

Les accidents d'origine électrique surviennent :

- Du fait de défauts des matériels ;
- Du fait de comportements inadéquats ;
- Ou de la combinaison des deux.

Le comportement des opérateurs, intervenants, etc., doit être conforme aux situations susceptibles de se produire par l'information, la formation, et, surtout, le respect de procédures adaptées aux cas à traiter, que l'emploi d'outillages, de protections, de matériels spécifiques, vient compléter.

V-2. REGLEMENTATION

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'Education nationale sur la sécurité des élèves pendant leur formation, 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... Elles ne sont pas reprises dans le présent dossier.

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

Ces règles sont issues de 4 décrets publiés en 2010. Elles remplacent les dispositions du décret n°88-1456 du 14 novembre 1988 modifié.

L'employeur qui utilise des installations électriques (permanentes ou temporaires) sur les lieux de travail doit respecter les règles du Code du travail (articles R. 4226-1 à R. 4226-21).

Il convient, toutefois, d'explicitier la réglementation; le législateur s'est surtout préoccupé de fixer le cadre dans lequel doivent s'inscrire les règles de sécurité. En raison de la multiplicité des autorités de tutelle des diverses activités, le cadre réglementaire s'est développé parfois de façon non coordonnée ; cependant, un effort constant s'est efforcé d'harmoniser les différentes dispositions, et il n'y a plus guère de importantes.

En ce qui concerne les autres opérations, les dispositions essentielles sont explicitées ci-après.

On se borne, ici, à commenter brièvement les textes de la réglementation française.

*/Dans le **décret du 8 janvier 1965**, le titre XII est consacré aux travaux au voisinage de lignes, canalisations et installations électriques. Il fixe, en particulier, les distances d'approche, les modalités de mise hors tension des ouvrages, les précautions à prendre pour divers types de situations.

*/ Le **décret du 16 février 1982** définit les catégories de tension, prescrit l'établissement et la remise de titres d'habilitation et de carnets de prescriptions et précise les conditions d'exécution des travaux hors tension, sous tension et au voisinage.

*/ Le **décret du 14 novembre 1988** (qui a pris la suite de ceux du 14 novembre 1962 et du 4 août 1935) est le plus détaillé en la matière puisqu'il ne comprend pas moins de 60 articles. Signalons, particulièrement, la section V qui traite de la prévention des brûlures, incendies et explosions d'origine électrique et la section VI, de l'utilisation, la surveillance, l'entretien et la vérification des installations électriques.

*/ Le **décret du 20 février 1992** oblige client et entreprises à examiner en commun les risques particuliers aux lieux, aux travaux, et à établir les mesures de prévention correspondantes.

*/ En application du **décret du 26 décembre 1994**, les mesures suivantes doivent être prises :

-/ Déclaration officielle à l'inspecteur du travail pour tout chantier employant plus de 20 travailleurs *et* d'une durée supérieure à 30 jours ouvrés ou d'un volume supérieur à 500 hommes par jour ;

-/ Désignation d'un coordinateur, tant pour la phase de conception que de réalisation;

-/ Etablissement d'un plan général de coordination (PGC) qui englobe et harmonise les divers plans particuliers de sécurité et de protection de la santé (PPSPS) et les plans de prévention divers ;

-/ Etablissement d'un dossier d'intervention ultérieur sur l'ouvrage (DIU) qui permet, lors de la conception, de prévoir les éléments de nature à faciliter l'entretien ou la maintenance ultérieure

-/ Tenue d'un registre journal (RJ) sur le chantier pour le passage des consignes et la mention des observations.

*/ **Plans d'hygiène et de sécurité** : Pour aider à l'établissement de ces PHS, l'OPPBTP a établi des aide-mémoire pour différents types de travaux de bâtiment et de génie civil, qui devront être revus pour tenir compte de l'évolution de la réglementation.

Principales obligations de l'employeur pour l'utilisation d'installations électriques

- Maintenir les installations électriques en conformité avec les règles de conception qui leur sont applicables à la date de leur mise en service ;
- Assurer la surveillance et la maintenance des installations et des matériels électriques ;
- Vérifier ou faire vérifier les installations électriques.

La réglementation relative au code de travail doit assurer la protection et la sécurité du personnel dans les lieux de travail.

V-3. MESURES DE SECURITE

Les mesures de sécurité à prendre lors des opérations électriques pour assurer la protection du personnel sont définies dans le module traitant de la sécurité au travail. Autrement dit ; il faut connaître les règlements et les procédures pour intervenir en toute sécurité en cas d'un risque électriques.

Ces mesures font partie de l'habilitation du personnel à accomplir les tâches fixées selon la législation en vigueur, elles se divisent en 02 catégories :

- Celles concernant les personnes ;
- Celles concernant l'équipement.

V-3-1. RECUEIL DE PRESCRIPTION AU PERSONNEL « RPP »

- Le RPP concerne toutes les opérations et tous les intervenants ;
- Il permet de parler la même langue et accorder les pratiques ;
- Il ne se substitue pas à la législation : il précise nos exigences **sécurité**.
- Il est facile d'identifier pour chaque domaine le prescrit et l'interdit : des prescriptions générales pour tous les travailleurs et des prescriptions relatives aux travaux qui se pénètrent dans des zones dangereuses tel que le port des EPI.
- Il se découpe en 02 parties : Organisation de la prévention et les attitudes faces aux dangers.

Les prescriptions de sécurité auxquelles les employeurs doivent se conformer lors des travaux d'ordre électrique effectués dans les établissements soumis au code du travail sont actuellement mentionnées dans deux textes (décret no 88-1056, décret no 82-167).

Indépendamment d'une formation adaptée aux fonctions et à la nature de travaux pouvant être confiés aux travailleurs, et basée sur les prescriptions de sécurité, les prescriptions sont codifiées dans une publication de l'UTE, référencée UTE C 18-510. Si le

décret du 16 février 1982 et les textes d'application font effectivement référence aux publications antérieures à celle-ci (UTE C 18-513, 515, 520), le décret du 14 novembre 1988 n'y fait pas expressément référence, non plus que ses différents arrêtés d'application. Toutefois l'arrêté du 17 janvier 1989 est interministériel (travail, industrie...) et précise que cette publication, qui remplace les précédentes, constitue l'une des meilleures expressions des règles de l'art en la matière.

Les chefs d'établissements peuvent s'en inspirer pour établir des carnets de prescription particuliers, mais, sauf exceptions notables, contre reçu à tout travailleur. Notons qu'il existe une version simplifiée, UTE C 18-530, destinée au personnel habilité non électricien, exécutant ou chargé d'intervention.

Un projet de norme européenne EN 50110 portant sur le même domaine d'application est en cours d'établissement à la date du présent article.

V-3-2. DEFINITIONS

Les définitions des termes employés et leur exacte compréhension sont l'un des éléments clés de la sécurité lors des travaux ; cela explique que l'on y attache un grand intérêt. Il n'est pas possible, dans ce cadre, d'en reprendre l'intégralité (il en existe près de 70). On ne reprendra que les principales, nécessaires à la compréhension du contexte, qui sont, en particulier, des définitions d'ouvrages, d'opérations et de zones d'environnement.

V-3-2-1. OUVRAGES

• **Ouvrages (D'après NFC18 510)** Le terme « OUVRAGE » est exclusivement réservé, aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité et à leurs annexes. Autrement l'**Ouvrage** (électrique) est l'ensemble de matériels, appareillages, canalisations assurant la production, la distribution, l'utilisation de l'énergie électrique.

• **Installation** (électrique) : ensemble des matériels électriques et canalisations qui assurent la production, la transformation et la distribution de l'énergie électrique aux divers équipements qui l'utilisent.

• **Équipement** (électrique) : appareillages et canalisations des moteurs et autres appareils utilisant l'énergie électrique, y compris les circuits de commande, protection, mesure, qui leur sont affectés.

V-3-2-2. OPERATIONS

Les opérations électriques concernent les parties actives, autres parties conductrices, les conducteurs de protection...en exploitation pour un ouvrage.

• **Travaux** : Opérations ayant pour but de réaliser, modifier, entretenir, réparer un ouvrage électrique. Ils peuvent être d'ordre électrique ou non et font l'objet d'une préparation (générale ou particulière à chaque opération).

• **Interventions** : Opérations de courte durée et d'étendue limitée, sur un ouvrage TBT ou BT. Les interventions peuvent être de dépannage (pour remédier à un défaut), de connexion sous tension (circuits de faible puissance), de remplacement d'appareillages particuliers, pouvant être effectuées sous tension (fusibles, lampes...). Elles font l'objet d'une analyse sur place.

• **Manœuvres** : Opérations conduisant à un changement de la configuration électrique d'un ouvrage ; effectuées au moyen d'appareils ou de dispositifs prévus à cet effet (interrupteurs, disjoncteurs, sectionneurs, ponts...), elles peuvent faire l'objet d'un ordre de succession déterminé.

On distingue des manœuvres de consignation, d'exploitation et d'urgence (pour la sauvegarde des personnes et des biens).

• **Mesurages** : Opérations permettant le mesurage de grandeurs électriques, thermiques, mécaniques... au moyen d'appareils mobiles.

• **Essais** : Opérations destinées à vérifier le fonctionnement ou l'état électrique ou mécanique d'un ouvrage qui reste alimenté en énergie électrique.

• **Consignation électrique** : Suite d'opérations conduisant à une mise hors tension pour assurer la protection des personnes et d'ouvrages contre les conséquences de tout maintien accidentel ou de tout retour intempestif de la tension sur cet ouvrage. Il existe d'autres types de consignation, par exemple la consignation d'arrêt d'une machine ou d'un appareil.

• **Séparation** : Réalisation du sectionnement de tous les conducteurs actifs provenant des sources d'alimentation, au moyen de dispositifs dont les caractéristiques assurent cette fonction.

• **Condamnation** : Suite d'opérations sur un appareil, pour :

- Le mettre et le maintenir dans une position déterminée (ouvert ou fermé) ;
- Interdire la manœuvre (verrouillage, cadenas...) ;
- Signaler l'interdiction de manœuvre de cet appareil.

V-3-3. ORGANISATION DE TRAVAIL

Toute opération doit faire l'objet d'une organisation constituée d'une préparation du travail, d'une analyse sur le chantier et du respect de certaines procédures plus ou moins approfondies et détaillées, suivant la nature de l'opération, l'environnement, les risques objectifs et subjectifs, le nombre d'intervenants, l'utilisation d'engins particuliers, etc.

Chaque employeur doit fixer les pouvoirs particuliers donnés à la hiérarchie en matière de décision de travail ou d'opérations et d'attribution des rôles de chargé d'exploitation, de chargé de consignation, de chargé de travaux et d'exécutants. Ces pouvoirs sous-entendent la compétence, les moyens et l'autorité à leur application.

L'application des procédures en matière de surveillance et de contrôle des diverses étapes du travail doit être respectée. La surveillance du travail est incluse dans le rôle de chargé de travaux, mais peut demander, dans certaines circonstances, la présence supplémentaire d'un surveillant de sécurité électrique.

Les règles précisent que chaque individu doit, de plus, assurer sa propre sécurité.

L'implication de la hiérarchie dans les travaux et les opérations est un facteur de sécurité tout aussi important que la formation du personnel. On constate malheureusement que, lorsque la hiérarchie se désintéresse de cette activité, les accidents ou les *presque accidents* augmentent.

La publication UTE 18-510 fixe l'ensemble des réglementations nécessaires, voir même obligatoires, à respecter avant de commencer l'exécution d'un travail, afin d'éviter la survenance des conditions dangereuses :

- Par oubli,

- Par méconnaissance,
- Par interversion d'opérations, etc.

Il convient de :

- Définir clairement le travail,
- Faire une étude précise,
- Faire une analyse de tous les risques possibles,
- Prendre connaissance du matériel,
- Prendre connaissance de l'environnement électrique sur lequel l'opération sera effectuée.

V-3-3-1. PREPARATION DU TRAVAIL

Le travail doit être préparé obligatoirement en amont pour assurer la bonne maîtrise des risques ainsi que d'éviter les dégâts les plus possible à survenir.

Dans le domaine de l'électricité, la préparation du travail signifie la bonne habilitation des personnes électriciens et non électriciens, leurs rôles et tous les travaux possibles dont ils effectuent. (*Par la suite, on va bien démontrer le terme « Habilitation électrique »*)

Avant de débiter l'exécution du travail, il convient :

- De le définir d'une façon claire ;
- D'en faire une étude précise, en étudiant les différentes phases et les moyens à utiliser
- D'analyser complètement tous les risques possibles ;
- De connaître le matériel sur lequel l'opération va être effectuée, ou de rechercher les informations nécessaires (notices, plans, schémas, etc.) ;
- De se concerter avec les autres intéressés : exploitant, autres entreprises travaillant sur place, etc. ;
- De faire le choix des procédures à utiliser.

Tout cela constitue le *dossier d'exécution*.

V-3-3-2. ANALYSE SUR LE CHANTIER

L'analyse des risques est une étape nécessaire dans la sécurité et l'application de la prévention. Dans le domaine de l'électricité, c'est l'électricien de chantier ou chef de chantier d'électricité qui occupe une place importante dans l'analyse en ayant la charge de l'installation d'équipements électriques sur un chantier. Il réalise les travaux nécessaires dans les BTP, à l'intérieur ou l'extérieur des entreprises en assurant la bonne sécurité des équipements ou les installations et surtout la prévention des personnes qui sont en contact avec l'électricité. Lors des observations des risques présents sur le terrain, il doit informer son organisme employeur immédiatement.

Cette *analyse*, effectuée sur place, en présence du personnel, consiste à :

- Examiner le dossier d'exécution ;

- Prendre en compte l'environnement électrique ;
- Déterminer les emplacements où se trouveront les monteurs et l'outillage ;
- Vérifier l'existence des risques en conformité avec la préparation et des moyens de prévention correspondants.

On passe ensuite à la **vérification** :

- De l'exactitude des plans et schémas ;
- De la conformité des matériels aux buts poursuivis ;
- Du bon état des outils ;
- De la présence des dispositifs de sécurité individuels et collectifs ;
- De l'aptitude de l'équipe pour le travail.

L'étape suivante consiste en l'**information** concernant :

- Les risques et les moyens de s'en prémunir ;
- Les modes opératoires à mettre en œuvre, avec explications éventuelles ;
- La bonne compréhension, pour chaque acteur, de son rôle.

V-3-3-3. EXECUTION DES TACHES

Pour cette exécution, on applique les règles des travaux hors tension, sous tension ou au voisinage, les règles d'emploi des outils et matériels, parfois codifiées par des fiches dites de *mode opératoire*, en utilisant les protections individuelles et collectives mises à disposition ; on s'efforcera à une certaine rigueur de gestes dans l'environnement électrique, en les limitant à ceux nécessaires à l'exécution des tâches prévues.

Quelle que soit la nature du travail (hors ou sous tension), les procédures correspondantes doivent être appliquées ; celles-ci doivent être reçues, non comme autant de contraintes et de prescriptions tatillonnes, mais comme une aide dont le suivi permet d'éviter la survenance de conditions dangereuses (par oubli, par méconnaissance, par interversion d'opérations, etc.).

Elles sont codifiées dans la publication UTE C 18-510 qui donne des modèles des documents utilisés pour certaines d'entre elles et fixe les rôles de chacun des intervenants à divers titres.

Le technicien électricité a comme principale mission la planification et l'exécution de travaux de maintenance et de dépannage des installations électriques, c'est lui/elle qui se charge de réaliser les actions de maintenance préventive et curative des installations électriques.

Le technicien électricité garantit le bon fonctionnement du système électrique mais également des composants électroniques. Il/elle assure l'interface et le suivi technique des prestations avec les entreprises intervenant sur le site, en outre, il/elle contrôle et s'assure du suivi de l'approvisionnement en matériel.

Le technicien électricité rédige de manière régulière des comptes-rendu qui encadrent le progrès de son activité. Il/elle doit rester vigilant(e) et ne pas oublier de suivre l'évolution des techniques et normes du domaine électrique et maintenir à jour la documentation technique

spécialisée. De plus, il/elle assure les visites réglementaires de surveillance et de sécurité et se charge d'accompagner des stagiaires dans leur formation.

V-3-3-4. ACTEURS ET LEUR ROLE

La sécurité des travaux et opérations électriques est basée sur l'observation de règles strictes à appliquer ou à faire appliquer par différents acteurs, allant de l'employeur à l'exécutant. Il est primordial pour la sécurité des personnes et des biens que tous les acteurs sans exception jouent leur rôle et s'assurent que les liaisons entre eux sont établies et fonctionnent en permanence. Trop d'accidents sont dus à des défaillances d'organisation.

Les *principaux acteurs* sont énumérés ci-après :

- L'*employeur* est la personne qui, directement ou indirectement par délégation, assume la responsabilité légale dans le cadre du code du Travail. C'est elle qui délivre et qui signe le titre d'habilitation ; suivant l'organisation de l'entreprise, on peut utiliser les termes de *chef d'établissement*, de *chef d'entreprise* ou d'*exploitant*.

- Le *chargé d'exploitation* est la personne désignée par son employeur et qui a reçu délégation de celui-ci pour assurer l'exploitation d'un ouvrage électrique ou la direction des travaux suivant le type d'établissement ou d'entreprise. L'exploitation comprend aussi bien la conduite de l'ouvrage que l'autorisation d'accès, que les travaux neufs et d'entretien, ainsi que toutes les opérations utilisées pour le fonctionnement des ouvrages. Les employeurs et le chargé d'exploitation n'ont pas de titre d'habilitation.

- Le *chargé de consignation* est la personne désignée par son employeur ou par le chargé d'exploitation pour effectuer tout ou partie de la consignation électrique d'un ouvrage. Il réalise les opérations inscrites dans le cadre de la procédure des travaux hors tension.

Pour des travaux simples, il peut être confondu avec le chargé de travaux.

- Les *chargés de travaux ou d'intervention BT* sont les personnes désignées par leur employeur pour assurer la direction effective des travaux ou des interventions BT. Ils sont chargés de prendre ou de faire prendre les mesures de sécurité nécessaires et de veiller à leur application. Ils peuvent travailler seuls ou participer aux travaux ou interventions BT qu'ils dirigent.

- L'exécutant est la personne désignée par son employeur pour effectuer des travaux ou des interventions BT ou des manœuvres, en exécution d'un ordre écrit ou verbal venant du chargé de travaux ou du chargé d'interventions BT ou du chargé d'exploitation. L'exécutant ne peut pas travailler seul ; il doit être surveillé.

- D'une manière générale, avant toute *Opération*, le chargé d'exploitation délivre une autorisation d'accès aux ouvrages qui se traduit, suivant les diverses procédures, par des documents différents dans leur forme, mais comparables quant à leur finalité.

Il s'agit de préciser l'opération à effectuer, qui la réalise, pendant combien de temps la situation particulière va se maintenir. Les dispositions particulières et les séquences seront précisées.

En cas de suspension de travaux ou d'opération, des informations seront échangées entre le chargé de travaux et le chargé d'exploitation. Il en sera de même lors de la fin des travaux ou des opérations.

Des formalités différentes d'enregistrement de ces étapes sont prévues, mais il faut retenir que, pour les travaux complexes ou importants, un document écrit sera requis.

V-3-3-5. DOCUMENTS EMPLOYES

Dans ce paragraphe, ne seront cités que les documents les plus couramment utilisés. Pour obtenir des renseignements plus précis, il est recommandé de se reporter à la publication UTE C 18-510 déjà citée.

❖ *Travaux hors tension*

1- Attestation de consignation pour travaux : Etablie par le chargé de consignation, elle atteste qu'un ouvrage précis est dans un état tel que son accès est autorisé pour l'exécution des travaux hors tension par du personnel désigné.

Ce document comporte un avis de suspension et un avis de fin de travaux. Il est restitué par le chargé de travaux à la fin de l'opération et témoigne de la possibilité de reprendre la fonction de l'ouvrage, toutes les personnes ayant participé aux travaux se trouvant éloignées.

2- Attestation de première étape de consignation : établie par le chargé de consignation, elle atteste qu'un ouvrage est dans un état tel que les deux premières étapes de la consignation (séparation et condamnation), ont été effectuées, mais que les autres étapes doivent être réalisées par le chargé de travaux avant d'autoriser l'accès pour l'exécution des travaux. Ce document comporte un avis de suspension et un avis de fin de travaux.

3- Fiche de manœuvre : c'est un complément aux documents précédents. Elle permet de préciser les diverses étapes des manœuvres à effectuer lors d'une consignation complexe et, lors de la déconsignation, d'éviter des oublis et les conséquences possibles d'une fausse manœuvre dans les étapes de remise en service.

❖ *Travaux sous tension*

1- Demande de travail sous tension : établie par un chef d'établissement, elle fait connaître à une entreprise intervenante (ou extérieure) son intention de lui confier l'exécution de travaux sous tension. Ce document peut être général pour un ensemble de travaux ou particulier pour un travail déterminé.

2- Ordre de travail sous tension : établi par un employé, il désigne un chargé de travaux pour effectuer des travaux sous tension. Ce document peut, dans la pratique, être combiné avec l'autorisation de travail sous tension.

3- Autorisation de travail sous tension : l'employeur ou le chargé d'exploitation autorise par un texte écrit, à durée de validité limitée, un chargé de travaux à exécuter des travaux sous tension sur un ouvrage précis, dans des conditions de lieu et de date fixées, par du personnel désigné. Ce document comporte un avis de suspension et un avis de fin de travaux.

4-Instruction de travail sous BT : document écrit, établi par l'employeur ou le chargé d'exploitation, réservé à la basse tension, elle permet de couvrir un ensemble de travaux répétitifs pour une longue période et équivaut à l'autorisation de travail sous tension. Son emploi doit être complété par une procédure d'information du chargé d'exploitation lors du début, de la fin et, éventuellement, de la suspension des travaux. Ce document évite de rédiger des autorisations identiques dans leur nature, ne différant que par la date et l'heure d'exécution.

❖ *Travaux au voisinage*

1- Autorisation de travail : établie par le chargé d'exploitation, elle autorise le chargé de travaux à exécuter des travaux au voisinage d'ouvrages électriques.

Ce document précise, notamment, les mesures de protection à prendre en compte et comporte un avis de suspension et un avis de fin de travaux.

2- Instruction permanente de sécurité : de portée générale, particulièrement utilisée pour les travaux au voisinage de la haute tension, elle s'applique à des opérations répétitives et précise les conditions d'exécution, les conditions de désignation, d'habilitation, de surveillance du personnel, les conditions de vérification et d'entretien relatives au matériel et à l'outillage, les modalités particulières des opérations, les précautions à observer pour l'environnement telles que le balisage, la matérialisation des limites, etc. Ce document est utilisé pour les autres opérations.

❖ *Autres opérations*

1- Autorisation de travail : établie par le chargé d'exploitation, elle autorise le chargé de travaux, le chargé d'intervention BT, le chargé d'essai ou le chargé de réquisition à exécuter des opérations sur des ouvrages électriques. Ce document précise notamment les mesures de protection à prendre en compte et comporte un avis de suspension et un avis de fin de travaux.

2-Avis de réquisition : établi par le chargé d'exploitation ou par le chargé de réquisition, remis au chargé d'essai précisant les conditions de séparation des ouvrages et le changement de régime d'exploitation. Les conditions de sécurité à respecter seront précisées ainsi que les conditions de retour à la normale. Un avis de fin de réquisition complète le document ; il sera restitué par le chargé d'essai.

Pour tous ces documents, il est admis que l'utilisation de messages collationnés télétransmis est équivalente à la remise en mains propres des documents. Dans la pratique, on observe, dans les exploitations importantes, l'utilisation de documents regroupant les précédents. Il est nécessaire, dans ce cas, de conserver les libellés principaux inscrits dans les modèles officiels.

V-4. FORMATION ET HABILITATION

V-4-1. FORMATION

L'obligation de formation aux travaux électriques est inscrite dans le droit français. Cette formation doit être adaptée au travail à réaliser. L'employeur en assume la responsabilité et peut décider de réaliser lui-même cette formation, à l'exception de celle réservée aux travaux sous tension qui est soumise à des prescriptions particulières, ou de la confier à un organisme spécialisé.

La formation ainsi dispensée doit être basée sur la reconnaissance des risques électriques inhérents à chaque opération et doit indiquer les moyens et méthodes pour s'en prémunir.

Pour les *travaux sous tension*, des *conditions particulières* doivent être remplies:

- Le personnel doit avoir satisfait à une visite médicale d'aptitude faite par un médecin du travail ; cette visite doit être par la suite renouvelée tous les ans ;
- La formation doit être dispensée par un établissement de formation agréé et suivant un programme approuvé par le Comité des Travaux sous Tension.

À l'issue de la formation théorique et pratique, une appréciation portant sur l'aptitude de la personne à mettre en œuvre les méthodes de travail enseignées est remise à l'intéressé. Au

vu de cette appréciation et compte tenu des connaissances et du comportement de l'intéressé, l'employeur peut lui délivrer un titre d'habilitation de type T.

V-4-2. HABILITATION

L'habilitation électrique est une exigence réglementaire pour tous les travailleurs qui effectuent des opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage. Elle nécessite une formation préalable. Elle est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par l'employeur et l'habilité. [2]

C'est la reconnaissance par son employeur de la capacité d'une personne à effectuer en toute sécurité les tâches fixées pendant une durée de temps et présentant des risques professionnels pour lui-même et son environnement.

La délivrance d'une habilitation électrique par l'employeur ne dégage pas pour autant la responsabilité de ce dernier.

L'habilitation concerne toutes les opérations d'ordre électrique et non électrique.

De plus, il faut souligner que cette habilitation n'est pas directement liée à une classification professionnelle mais qu'elle doit être matérialisée par un document appelé *titre d'habilitation*.

V-4-2-1. SYMBOLES HABILITATIONS

Pour tenir compte des divers paramètres entrant dans les critères d'habilitation, la pratique a fait désigner le **domaine de tension** par une lettre :

- **B** pour la basse tension (BT) et la très basse tension (TBT) ;
- **H** pour la haute tension (HT).

Tableau V.1 : Habilitation

Habilitation				
Personnel	hors tension	Travaux Interventions hors tension sous tension	au voisinage	Interventions hors tension sous tension au voisinage du domaine BT
Non électricien	B0 ou H0		B0V ou H0V	
Exécutant électricien.....	B1 ou H1	B1T ou H1T	B1V ou H1V	BR
Chargé d'intervention				BR
Chargé de travaux.....	B2 ou H2	B2T ou H2T	B2V ou H2V	
Chargé de consignations...	BC ou HC		BCV ou HCV	BC
Agent de nettoyage sous tension...		BN ou HN		

Cette lettre est suivie d'une seconde lettre qui précise la **nature des opérations** que la personne pourra réaliser.

Pour les travaux hors tension, aucune lettre supplémentaire n'est utilisée.

On doit ajouter la lettre :

- **T**, pour les travaux sous tension ;
- **V**, pour les travaux au voisinage ;
- **N**, pour des travaux spécifiques de nettoyage.

La deuxième lettre peut avoir une *signification particulière* lorsqu'elle remplace les indices numériques indiqués ci-après :

- **R**, pour les interventions du domaine BT ;
- **C**, pour les personnes désignées comme *chargé de consignation*

La première lettre est généralement suivie d'un indice numérique qui précise le **rôle des opérateurs**:

- l'indice **2** traduit le fait que la personne est désignée comme **chargé de travaux** d'ordre électrique ;
 - l'indice **1** est relatif aux **exécutants** des travaux électriques ;
 - l'indice **0** est réservé aux personnes réalisant des travaux exclusivement d'ordre non électrique, des manœuvres ou de la surveillance simple.

V-4-2-2. TITRE DE L'HABILITATION

C'est un document qui atteste la délivrance de l'habilitation et qui doit comporter :

- Les renseignements d'identité de l'employeur et sa signature,
- Les renseignements d'identité du titulaire et sa signature,
- L'indication de la date de délivrance de l'habilitation,
- La durée de validité de l'habilitation,
- Les symboles de l'habilitation (lettres et chiffres),
- Les précisions sur le champ d'application réparti en domaines d'applications, ouvrages concernés et indications supplémentaires.

Tableau V.2 : Exemple du titre d'habilitation

TITRE D'HABILITATION

NOM : Employeur :
 Prénom : Affectation :
 Fonction :

Personnel	Symbole d'habilitation et attribut	Champ d'application		
		Domaine de tension ou tensions concernées	Ouvrages ou installations concernés	Indications supplémentaires
Travaux d'ordre non électrique				
Exécutant				
Chargé de chantier				
Opérations d'ordre électrique				
Exécutant				
Chargé de travaux				
Chargé d'intervention BT				
Chargé de consignation Chargé d'opérations spécifiques				
Habilité spécial				

Document supplémentaire : OUI NON

Le Titulaire : Signature :
L'employeur : Nom et prénom :
 Fonction :
 Signature :
Date : Validité :

➡ **Est habilité :** Toute personne qui accède sans surveillance à des locaux réservés aux électriciens pour :

- Y faire des travaux non électriques.
- Exécuter des travaux d'ordre électrique.
- Diriger des travaux d'ordre électrique.
- Procéder à des consignations
- Effectuer des essais, des mesures de grandeurs électriques.

Soit :

Les personnes désignées comme *surveillant de sécurité électrique* doivent être habilitées avec l'indice 0 ou 1 ou 2 ou avec la deuxième lettre R dans les limites de tension et suivant les ouvrages ou la nature des opérations qui leurs sont confiées.

Les personnes désignées comme *chargé d'essai*, qui assurent des fonctions correspondant à celles de chargé de travaux ou d'intervention BT, doivent être habilitées avec l'indice 2 ou la lettre R.

Les personnes n'entrant pas dans les catégories précédentes peuvent recevoir une *habilitation spéciale*, indiquée par la lettre **S** par exemple, suivie des indications précises d'activité.

Ces indications précises permettent de s'assurer que la personne concernée est à même de réaliser en sécurité les travaux ou opérations qui lui sont confiés. On notera qu'un titre d'habilitation trop vague ou trop général peut être la source d'un accident.

Il est important de rappeler que le titre d'habilitation ne permet pas à son titulaire d'effectuer de son propre chef les opérations pour lesquelles il est habilité. La personne doit être, d'une part, désignée pour l'exécution de l'opération et, d'autre part, autorisée à exécuter une telle opération.

Un modèle de titre d'habilitation est donné au chapitre 3 de la publication UTE C 18 510.

V-4-2-3. ATTRIBUTION, MAINTIEN ET RENOUVELLEMENT DE L'HABILITATION

D'une manière générale, l'employeur attribue l'habilitation après formation et reconnaissance des capacités des personnes.

Lorsque la formation est réalisée par un établissement spécialisé, ce dernier délivre une attestation ou une appréciation à l'issue de la formation.

La remise de l'habilitation est un moment privilégié où l'employeur et l'employé peuvent évaluer l'adéquation des compétences aux travaux électriques. Une remise hâtive et sans discussion serait de nature à dévaluer cette possibilité et dénoterait une mauvaise approche de la sécurité. C'est pourquoi, une révision périodique de l'habilitation est requise. Elle est au minimum annuelle pour les travaux sous tension.

Le *réexamen* ou le *maintien* de l'habilitation est un acte de sécurité ; ils doivent être entrepris dans les cas suivants :

- Mutation avec changement de dépendance hiérarchique ;
- Changement de fonction ;
- Interruption de la pratique des opérations pendant une longue durée, cette durée étant d'environ 6 mois pour les travaux sous tension ;
- Restrictions médicales, psychologiques ou de comportement ;
- Constat de non-respect des règles régissant les opérations, ou d'inaptitude ;
- Modifications importantes des ouvrages ou des matériels ;
- Evolution des méthodes de travail ou d'intervention BT.

À l'occasion de la *confirmation* de l'habilitation, l'employeur devrait juger de l'opportunité d'un recyclage de formation ou de la nécessité de formation complémentaire. La pratique tend à prouver qu'après la formation initiale obligatoire, les employeurs hésitent à proposer à leur personnel des recyclages ou des compléments de formation. Les accidents ou les presque accidents connus sont là pour prouver que la gestion des risques ne peut être garantie que par un effort soutenu et permanent des personnes concernées.

Cette proposition est d'ailleurs non seulement valable pour le personnel qui exécute les opérations mais aussi pour l'encadrement qui désigne le personnel et qui autorise l'exécution des opérations.

On notera que certaines caisses régionales d'assurance maladie préconisent des recyclages tous les 3 à 5 ans. La décision finale devrait être prise par l'employeur en fonction des besoins réels. Si l'employeur a des difficultés pour évaluer la compétence de son personnel en matière de risque électrique, il peut faire appel, par exemple, à des experts tels que les formateurs des établissements de formation spécialisés (institutions techniques, vérificateurs, etc.).

V-4-2-4. NIVEAUX DE L'HABILITATION

Le titre d'habilitation est désigné par des lettres et des numéros ; relatifs au domaine de tension, au niveau des opérations, et à la nature des opérations .L'habilitation est symbolisée de manière conventionnelle par des caractères alphanumériques et , si nécessaire un attribut :

- Le premier caractère indique le domaine de tension concerné ;
- Le deuxième caractère indique le type d'opération ;
- Le troisième caractère est une lettre qui précise la nature des opérations.

Tableau V.3 : Système de classification des habilitations électriques

1 ^{er} caractère	2 ^{ème} caractère	3 ^{ème} caractère	Attribut
B : basse et très basse tension H : haute tension	0 : travaux d'ordre non électrique 1 : exécutant opération d'ordre électrique: chargé de travaux C : consignation R : intervention BT générale S : intervention BT élémentaire E : opération spécifique	T : travaux sous tension V : travaux au voisinage N : nettoyage sous tension X : spécial	Essai Vérification Mesurage Manœuvre

Soit, selon le domaine de tension BT ou HT:

- Le non électricien est habilité B 0 ou H0
- L'exécutant électricien est habilité B 1 ou H 1
- Le chargé de travaux est habilité B 2 ou H 2.

Tableau V.4 : Les titres d'habilitation

<i>Le non électricien</i>	<i>L'exécutant électricien</i>	<i>Le chargé des travaux</i>
Il est responsable de sa propre sécurité et la et la sécurité de ses salariés.	Il exécute des travaux électriques.	Il surveille son personnel.
Il peut accéder à un local réservé aux électriciens sans autorisation.	Il est responsable de sa propre sécurité.	Il est responsable de sa sécurité ainsi que la sécurité de son personnel.
Il effectue des travaux non électriques.	/	Il dirige des travaux.

V-4-2-5. DEMARCHE DE L'HABILITATION

La démarche à suivre par l'employeur dont le but d'habiliter un travailleur à réaliser des opérations d'ordre électriques ou non sans risque électrique comprend des étapes ; ces étapes sont détaillées dans le graphique ci-dessous [2] :

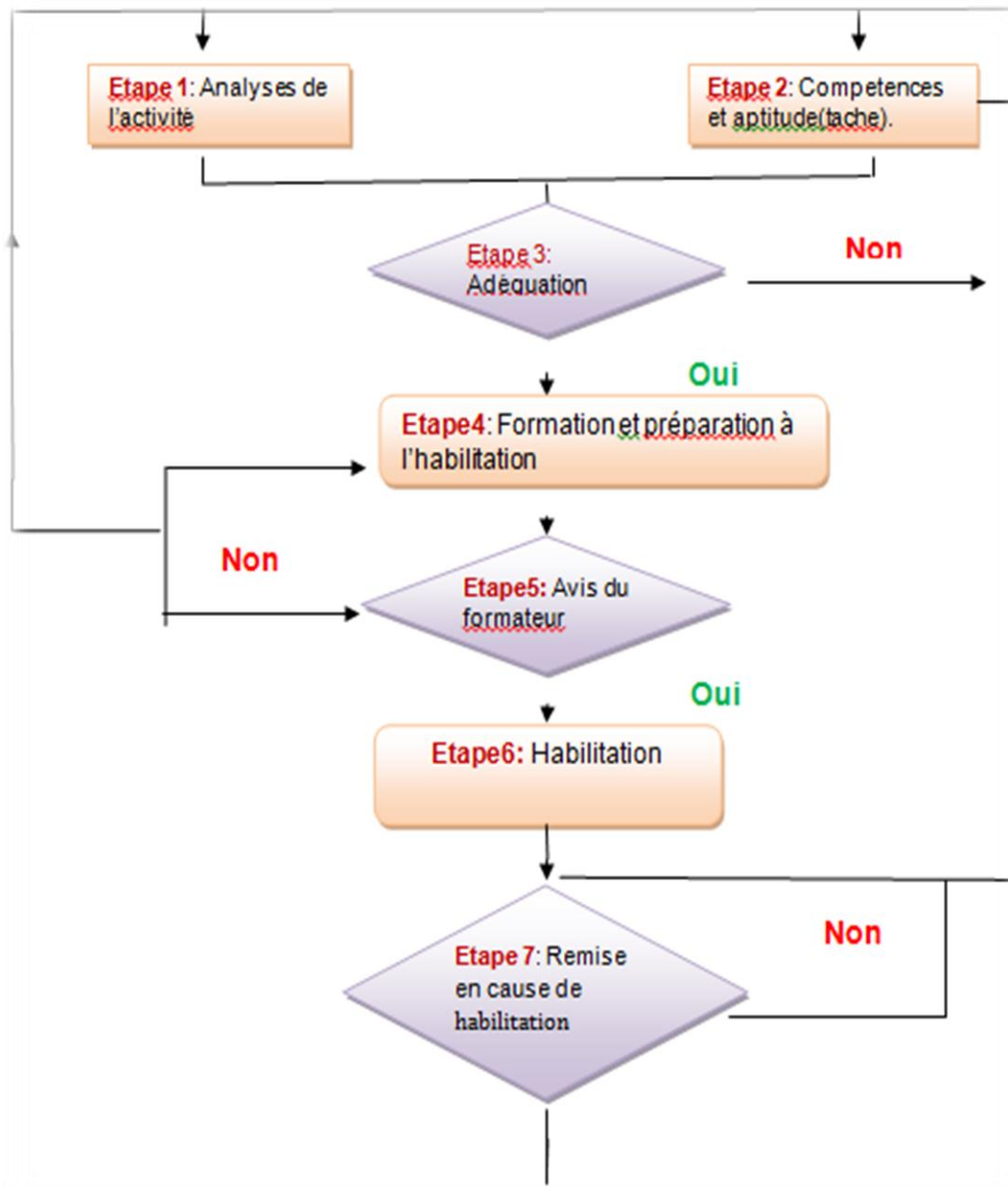


Figure V.1 : La démarche à suivre par l'employeur afin d'habiliter un travailleur à réaliser des opérations d'ordre électriques ou non sans risque électrique

V-4-2-6. QUI HABILITE ET QUI EST HABILITE

L'article R.4544-9 du code de travail rend obligatoirement l'habilitation des travailleurs qui effectuent des opérations d'ordre électrique; sur ou au voisinage des installations électriques en exploitation et sur des installations en construction au voisinage d'autres installations en exploitation. [3]

Toutes les opérations d'ordres électriques qui sont effectuées sur les installations électriques doivent être confiées à des personnes qualifiées, formées et habilitées pour éviter qu'un accident puisse survenir.

Les opérations d'ordre non électrique peuvent être confiées à des personnes non qualifiées en électricité, mais elles doivent être formées à la sécurité électrique et elles doivent savoir les risques électriques présents dans leur lieu de travail.

La personne qui habilite est celle qui a autorité sur le travailleur qui va effectuer une tâche présentant des risques d'origine électrique en respectant la norme NF C18-510.

C'est l'employeur ou son délégué en matière d'hygiène et de sécurité qui souscrit le titre d'habilitation. Il doit vérifier les conditions de délivrance et leur pertinence et fait procéder aux ajustements nécessaires.

V-4-2-7. CONDITIONS DE L'HABILITATION ELECTRIQUE

Avoir :

- *Une qualification technique et une aptitude médicale ;
- *Suivi une formation sur la sécurité électrique ainsi qu'un stage pratique;
- *Une attestation de formation ;
- *Délivrance du titre d'habilitation ;
- *On renouvellement de l'habilitation à chaque changement du champ d'application ou de modifications importantes des ouvrages électriques de l'entreprise.

V-5. MATERIEL DE PROTECTION

Des Protections individuelles et collectives sont employées pour les interventions et travaux sur installations électriques.

V-5-1. EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI)

Le matériel le plus couramment employé pour les interventions et travaux sur les installations électriques en général, à l'exclusion des matériels spéciaux conçus pour des usages particuliers. Leur correspondance en norme européenne EN, soit en projet pr EN, en norme ou document CEI, ou en document d'harmonisation CENELEC HD, ou normes AFNOR (on a gardé le même système de références) ou publications UTE C.

Ils sont obligatoires pour les travaux au voisinage et les travaux sous tension :

- Gants isolants ;
 - Lunettes ou masque de protection contre le rayonnement ultraviolet et infra rouge ;
 - Vêtements secs non inflammables recouvrant totalement bras et jambes, ne comportant pas de parties conductrices (fermetures à glissières métalliques...)
- Chaussures isolantes à semelles compensées ;
 - Eliminer les bagues et bracelets métalliques qui augmentent considérablement les surfaces d'entrées du courant s'ils viennent en contact avec une pièce sous tension ;
- Signaler un mauvais état éventuel des EPI au Chargé de Travaux.

❖ Protection des mains

Le gant constitue l'outil de protection individuel de première importance (NF C 18-415-EN60903). Ils sont réservés exclusivement à la manœuvre des appareils ; en aucun cas, ils ne peuvent servir à l'exécution d'un travail sur des parties sous tension.

Tableau V.5 : Classe des gants isolants

Classe	Tension maximale (kV)	Couleur de triangle double
00	0,5	Beige
0	1	Rouge
1	7,5	Blanc
2	17	Jaune
3	26,5	Vert
4	36	Orange

Les gants pour électriciens sont classés en différentes catégories :

Catégorie A : Résistant à l'acide

Catégorie H : Résistant à l'huile

Catégorie Z : Résistant à l'ozone

Catégorie M : Résistant mécanique

Catégorie R : Combinant A, H, Z et M

Catégorie C : Résistant aux très basses températures.

Ils sont marqués d'un triangle double et existent en diverses mensurations.

Leur conservation, leur entretien et leur usage, font l'objet de prescriptions très strictes; notamment, avant chaque usage, un essai par tenue du gonflage, soit par enroulement de la manchette, soit au moyen d'un accessoire spécifique (voir figure V.2), permet de s'assurer qu'ils ne sont pas perforés (auquel cas, ils sont à mettre hors d'usage).



La protection mécanique des gants isolants, utilisés pour les travaux sous tension, est assurée par le recouvrement du gant isolant d'un surgant de cuir siliconé. Un gant comportant la combinaison des deux protections mécanique et électrique est à l'étude pour la basse tension.

Figure V.2 : Vérificateur pneumatique pour gants

Les gants isolant doivent être vérifiés :

- Visuellement pour déceler les traces de cassure,
- Sous pression d'air et immersion dans l'eau pour déceler les perforations (la plus petite piqûre suffit à rendre complètement inefficace la protection d'un gant).

❖ Protection des yeux

La protection des yeux à l'aide de lunettes ou masque (écran facial) est requise :

- Pour toute manœuvre d'appareils de sectionnement ou de coupure en haute et basse tensions ;
- Pour tous travaux sous tension, en particulier pour ceux concernant la filerie des relais, les comptages, etc. ;
- Lors des travaux ou interventions au voisinage
- Lors des étapes sous tension des interventions
- Lors des opérations de contrôle, essais, mesurages
- Lors de la mise en place des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit.
- Chaque fois qu'il y a risque d'arc électrique (flash), de projection de vapeur ou de particules de matière.



Figure V.3 : Lunettes et masque anti UV de protection des yeux

Les optiques de ces lunettes et écran facial doivent être en matériaux résistant aux chocs, aux rayons infrarouges et à l'arc, et traités pour filtrer les rayons ultraviolets dégagés par cet arc (NF S 77-100 et 101, EN 166 à 168). Réalisées en polycarbonates spéciaux, il existe 3 classes de lunette (1, 2 et 3), le niveau de protection maximal étant la classe 1 (filtrage UV à 92 %). Le plus élevé (lunettes), tandis que, pour d'autres matériels (gants), c'est le plus faible.

Il convient d'y prêter attention pour éviter que ce désordre ne soit générateur d'accidents. Pour certaines activités, un **masque de protection** de mêmes caractéristiques peut être utilisé.

❖ Protection de la tête

La protection de la tête au moyen d'un casque conforme à la norme NF S 72-202 est nécessaire contre le risque :

- De chute d'objet ou de partie d'objet (isolateurs, pièces métalliques) lors de la manœuvre d'appareils de coupure ou de sectionnement, situés dans un plan au-dessus de l'opérateur ;
- De choc à la tête (obstacle à hauteur d'homme) ;
- De chute de hauteur (plus de 3 mètres) ;
- De contact électrique au niveau de la tête.

Pour certains travaux électriques, il est nécessaire que ce casque soit isolant (travaux sur les réseaux aériens sous tension, travaux dans les fileries d'appareils de mesure ou de contrôle, etc.).

Lors de travaux en hauteur, ce casque doit comporter une jugulaire correctement assujettie et reliée mécaniquement à la coiffe du casque par des rivets susceptibles de se rompre facilement pour éviter une éventuelle strangulation (rivet en caoutchouc ou matière plastique souple) (NF EN 397).

❖ *Protection du tronc ou des membres*

Lors de travaux s'effectuant sous tension ou au voisinage, le tronc et les membres des exécutants doivent, au minimum, être entièrement recouverts par des vêtements secs, non souillés de graisse, d'huile ou de produits inflammables. Les manches de ces vêtements doivent recouvrir les avant-bras et être boutonnées ou serrées aux poignets. Le port de short est interdit pour ces travaux.

Les exigences générales font l'objet de la NF S 74-500 - EN 340.

Des protections individuelles peuvent venir compléter les vêtements : protège-bras isolants (NF C 18-404 - EN 60984) utilisés pour les travaux au contact en tension HTA.



Figure V.4 : Protège bras pour HTA et Tenue réglementaire de l'électricien

❖ *Protection des pieds*

Cette protection peut être assurée soit :

- Par des chaussures, des sur chaussures ou des bottes isolantes,
- Soit par l'intermédiaire de tabourets
- Ou de tapis isolants conforme à la norme NF C 18-420.

L'emploi de ces derniers est nécessaire pour effectuer les manœuvres des appareils de coupure ou de sectionnement, chaque fois que l'équipotentialité du sol environnant n'est pas réalisée.

L'opérateur doit se placer au centre et éviter tout contact avec la masse métallique.

On notera que les tabourets à plateau plein, offre l'avantage d'éliminer le risque d'un contact accidentel avec le sol, provoqué par la chute d'un objet conducteur.

Certaines chaussures de sécurité ont des embouts renforcés, protégeant les extrémités contre les chocs ou les écrasements (NF S 73-501 à 504, EN 344).



Figure V.5: Chaussures et tapis pour l'électricien

V-5-2.EQUIPEMENT INDIVIDUEL DE SECURITE (EIS)

L'utilisation d'outillage isolés et d'accessoires de sécurité appropriés, sont nécessaires lors des interventions à proximité de pièces nues sous tension (BT), publication UTE C18-515.

❖ *Emploi d'outils isolés ou isolants*

Afin de protéger l'opérateur et éviter la survenance de court-circuit, il est prescrit d'employer pour les travaux sous tension ou au voisinage en basse tension, des outils isolés ou isolants tels que :

- Pincés universelles ou à poignée isolée,
- Tournevis à manche isolant,
- Clefs diverses revêtues de matériaux collés.

Du matériel à isolation renforcée est utilisé afin d'éviter la mise en contact accidentelle de pièces portées à des potentiels différents ; il est marqué de 2 triangles croisés. Ce matériel est adapté aux travaux ou interventions en zone de voisinage BT.

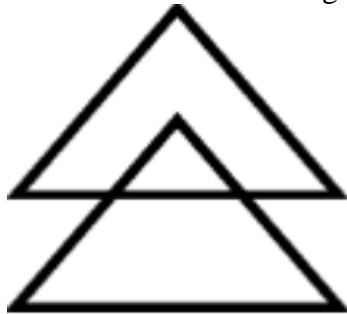


Figure V.6 : Symbole d'outillage électrique

On utilise :

- Des outils à main pour travaux sous tension jusqu'à 1 kV (NF C 18-400 - EN 60900) ; au-dessus de 1 kV, ces outils doivent être d'un modèle agréé par le Comité des Travaux sous Tension ;
- Des tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines pour travaux sous tension (NF C 18-401-HD 496 S1) ;
- Des tubes isolants creux (CEI 1235) ;
- Des perches isolantes et outils adaptables pour travaux sous tension (NF C 18-402-HD 542 S1) (voir figure V.11).

- Des échelles isolantes (NF C 18-430) (voir figure V.7) :
 - Des longes de sécurité (NF S 71-503 - EN 354) ;
 - Des harnais (NF S 71-508 - EN 361) ; (voir figure V.8)
 - Des équipements élévateurs à bras isolants.

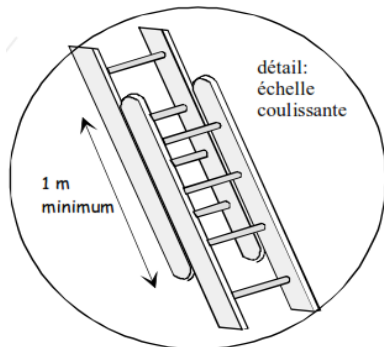


Figure V.7 : Echelle isolante



Figure V.8 : Harnais de sécurité



Figure V.9 : Outils à main

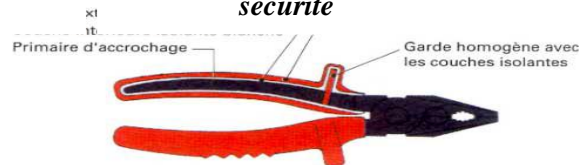


Figure V.10. : Exemple d'outil isolé



Figure V.11 : Exemples de perches isolantes

V-5-3 .EQUIPEMENT COLLECTIF DE SECURITE (ECS)

(Écrans, grillages de protection et protecteurs isolants)

Les **écrans et grillages** de protection provisoire, destinés à isoler une zone de travail de tout contact fortuit avec des pièces ou des conducteurs sous tension, peuvent être en matériaux isolants (bois bakéliné, matières plastiques expansées, fibre de verre, etc.). Ils permettent de créer une enceinte isolée à l'intérieur de laquelle les travailleurs peuvent évoluer en sécurité ou, inversement, de limiter une zone dans laquelle tout déplacement, toute intervention sont interdits à quiconque.

D'autres systèmes de protection isolants consistent, pour les tableaux de distribution à basse tension, de contrôle ou de comptage, ainsi que pour les câbles souterrains, en des **nappes isolantes** vinyliques (pr EN 61112) éventuellement maintenues par des pinces en bois, des tapis isolants.

Pour les réseaux aériens, ce sont des **profilés** isolants (figure V.12) pour les conducteurs et des **capuchons** isolants pour les isolateurs qui permettent de mettre le ou les opérateurs à l'abri des contacts électriques, sans préjudice des mesures de protection individuelles à prendre dans le cas de travaux sous tension.

Pour isoler les extrémités de conducteurs isolés ou protégés, en attente de mise en place sur les appareils de jonction, lors de raccordement sous tension, il est recommandé d'employer de petits capuchons protecteurs isolants adaptés à la section du câble.



Figure V.12 : Nappes, capuchons et pinces

❖ *Protections collectives à caractère permanent :*

Sont incorporées dans les installations électriques en vue d'éviter les risques de contact direct avec les pièces nues sous tension (capots d'appareils de coupure, grillages et écrans de protection, enceintes équipotentielles, blindages, mises à la terre automatiques, etc.)



Figure V.13: Protection par grillage

❖ *Protections collectives à caractère temporaire :*

Nécessaires seulement pendant le temps d'intervention sur les machines, les ouvrages et les installations.



La protection mécanique des gants isolants, utilisés pour les travaux sous tension, est assurée par le recouvrement du gant isolant d'un surgant de cuir siliconé. Un gant comportant la combinaison des deux protections mécanique et électrique est à l'étude pour la basse tension.

Figure V.14 : Vérificateur pneumatique pour gants

❖ *Matériel de condamnation des appareils :*

Il est nécessaire, en vue d'un travail hors tension sur une machine (une installation électrique), de procéder à la coupure des circuits électriques afin de séparer de toute source possible de courant la partie de l'ouvrage (de l'installation) sur laquelle on doit travailler (voir figure IV.13). Quand l'opérateur s'est assuré que la coupure a été correctement effectuée, phase par phase y compris le neutre et les circuits auxiliaires le cas échéant, il procède à la condamnation en position d'ouverture de cet (ces) appareil(s) par verrou ou cadenas personnel et appose une pancarte très lisible portant une inscription telle que « **Appareil condamné – Défense de manœuvrer** » (voir figure IV.15).

Cette pancarte constitue la protection minimale dans le cas où il n'est pas possible d'immobiliser matériellement les appareils de coupure (cas des sectionneurs à commande par perche ou des interrupteurs dont la poignée n'est pas adaptée à cet effet).

❖ *Appareils de vérification d'absence de tension :*

La vérification d'absence de tension, d'une mise à la terre et en court-circuit des conducteurs électriques alimentant l'équipement sur lequel on doit intervenir est obligatoire lors de tout travail hors tension sur une machine, un ouvrage, une installation électrique.

Suivant la tension des ouvrages et leur conception (barres omnibus, lignes aériennes ou câbles souterrains), ces appareils de vérification de l'état de tension sont différents.

Pour avoir la certitude du bon fonctionnement de l'appareil, il y a lieu de le vérifier avant et après usage.

Tableau V.6 : Appareils de vérification selon la tension

<i>Pour la basse tension</i>	<i>Pour la haute tension</i>	<i>Pour les lignes aériennes</i>	<i>Pour les câbles souterrains</i>
Le vérificateur d'absence de tension permet, pour certains modèles, de déterminer, lorsqu'elle est présente, son niveau (127, 220 ou 380 V) et le conducteur neutre. (voir figure V.15)	on utilise des perches à néon, ou des dispositifs électroniques sonores et lumineux (voir figure V.16) montés sur des perches isolantes (détecteur généralement unipolaire lors de contact avec une partie conductrice présentant un potentiel alternatif par rapport à la terre.	des fusils lance-câbles (voir figure V.17) sont utilisés. Ils permettent de contrôler l'état de tension des ouvrages. Les mêmes précautions de vérification, avant et après usage sont requises pour ces dispositifs, à l'aide d'un vérificateur intégré ou par contact avec des installations sous tension.	cette vérification d'absence de tensions conduites obligatoirement à une destruction partielle du câble sur lequel on doit intervenir, avec utilisation d'une perche de piquage de câble.(voir figure V.19)



Figure V.15 : Vérificateur d'absence de tension en BT



Figure V.16 ; Vérificateur d'absence de tension pour HT A



Figure V.17 : Fusil lance-câbles



Figure V.18 : Vérificateur et perche pour HT B



Figure 19 : Perche de piquage pour câble souterrain

❖ *Dispositifs de mise à la terre et en court-circuit :*

Le dispositif de mise à la terre et en court-circuit se compose d'un ensemble de liaisons en conducteurs isolés extra-souples, centré sur un raccord de triturations auquel aboutissent trois tresses de court-circuit du côté des conducteurs actif et un câble de mise à la terre de l'autre (modèle pour une installation triphasée de caractéristique courantes) :

- La mise en place de ces dispositifs se fait obligatoirement en utilisant des gants isolants et une perche isolante. On opère dans l'ordre suivant :
 - Vérification du bon état de l'équipement ;
 - Raccordement du conducteur de terre à l'aide d'un étau de terre adopté à l'installation
 - Fixation des pinces sur chacun des conducteurs en utilisant une perche isolante adaptée.

Ces dispositifs existent sous différents types, adaptés aux courants de court-circuit, ainsi qu'aux diverses formes, diamètres ou sections des conducteurs qui peuvent être des barres méplates, rondes, tubulaires, câbles, fils, etc.(voir figure V.20).

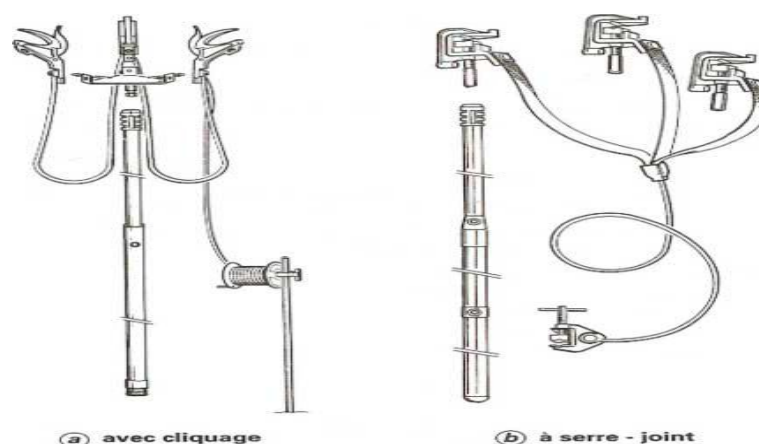


Figure 20 : Dispositifs de mise à la terre pour lignes aériennes

La mise en place de ces dispositifs se fait obligatoirement en utilisant des gants isolants et une perche isolante. Sont actuellement normalisés :

- Les appareils de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit au moyen de cannes pour utilisation sur les matériels du type « protégé », en installation fixe ;
- Les dispositifs portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit (pr EN 61230).

Toutefois, lorsque l'on ne veut pas intervenir directement sur un câble mis hors tension, on peut se prémunir contre un retour éventuel de tension au moyen d'un appareil spécial dit pavé de terre permettant la mise automatique en court-circuit et à la terre. Cet appareil convient en HTA jusqu'aux courants de court-circuit de 10 000 A pendant 1 s entre phase et terre (voir figure 21).



Figure V.21 : Pavé de terre blocs

❖ Création d'une zone protégée de travail :

La zone de travail est délimitée au moyen d'éléments de la construction, écrans, grillages, panneaux. Le balisage de cette zone est matérialisé avec des fanions ou des pancartes de couleur verte portant éventuellement la mention zone de travail (voir figure V.22).



Figure V.22 : Délimitation de la zone de travail

❖ Signaux et pancartes :

Les informations, avertissements et interdictions nécessaires à la sécurité du travail sont signalés par signaux et pancartes qui ont fait l'objet de l'arrêté du 4 novembre 1993. Il existe trois types de signalisation:

▪ Les disques d'interdiction, à couleur de fond blanc avec symbole noir et cercle et barre transversale rouges;



Figure V.23 : Panneau d'interdiction

▪ Les triangles d'avertissement ayant une couleur de base jaune et une couleur complémentaire noire signalant la présence d'un danger éventuel.



Figure V.24 : Panneau d'avertissement

▪ Les pancartes complémentaires rectangulaires peuvent apporter des précisions aux signaux précédents (voir figure V.25)

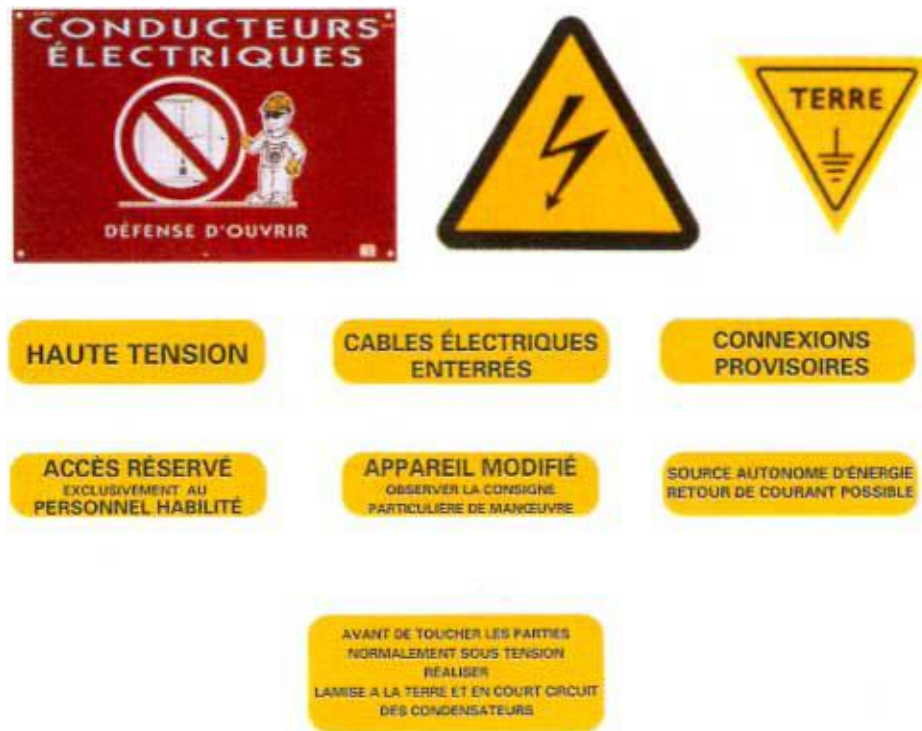


Figure V.25 : Risque électrique : signaux et pancartes

V-6. SOINS AUX ÉLECTRISÉS

Le temps est très important lors des soins donnés aux électrisés, perdez une seconde peut perdre la vie d'une victime électrisée. Il s'agit des gestes simples à faire mais souvent ces gestes ont sauvé plusieurs vies humaines. Les personnes responsables des soins, autrement dit les secouristes ou les témoins d'un accident d'origine électrique doivent agir rapidement dont le but d'éviter des conséquences graves.

Ils doivent en premier lieu privilégier leur propre sécurité vis-à-vis du risque de sur-accident. Avant toute manipulation de la victime, il faut vérifier que l'interruption du contact avec l'agent conducteur et la neutralisation de la source électrique sont assurées. Une fois le blessé isolé et protégé, le premier maillon de la chaîne des secours est l'appel au secours. Ensuite, le sauveteur doit secourir la victime selon des instructions à suivre : ***On parle alors de secourisme de base pour les électrisés et la règle PAS.***

Les premiers soins aux électrisés ont fait l'objet d'une notice et d'une affiche réglementaires, annexées à un arrêté du 14 février 1992 pris en exécution d'un décret de même date, spécifiant dans le détail les opérations à effectuer. Le traitement d'un accidenté électrique ne tolérant pas de retard dans sa mise en œuvre, il importe impérativement, pour qu'il y ait une possibilité de succès, que ce traitement soit entrepris dès la survenance de l'accident. Les premiers secours peuvent se résumer à la règle de trois fois quatre : trois actions (protéger, alerter, secourir), chacune d'elles appelant quatre interrogations (qui ? quand ? comment ? pourquoi ?).

❖ **PROTEGER**

- **Qui ?** : La victime, mais aussi son entourage et les intervenants.

• **Quand?** : Chaque fois que l'origine électrique de l'accident peut être soupçonnée.

• **Comment ?** : En supprimant la cause :

- Mettre la victime hors tension, en coupant le courant (prévoir une chute éventuelle), et en position de sécurité ;
- Baliser les lieux si une circulation se produit à proximité ;
- Penser aux risques adjacents (incendie, explosion, manque d'éclairage, etc.).

• **Pourquoi ?** : Si,

▪ En **basse tension**, des dispositions improvisées peuvent être prises lorsque l'on ignore où se trouve un appareil de coupure, pour effectuer un dégagement sous tension (à l'aide d'une perche isolante, d'un bâton ou de chiffons secs, de plastiques, de gants, etc.),

▪ En **haute tension**, sauf cas tout à fait particulier où du matériel spécial est mis en œuvre, cette intervention ne peut concourir qu'à augmenter le nombre de victimes. Elle ne doit être entreprise que par des personnes compétentes, disposant d'un matériel adapté.

❖ **ALERTER**

• **Qui?** : Les secours médicalisés spécialisés d'urgence (SAMU, pompiers, médecins, ambulances) et, s'il y a lieu, les secours locaux compétents [Électricité de France (EDF), Société nationale des chemins de fer français (SNCF), etc.].

• **Quand ?** : En, si la victime a perdu connaissance, si des brûlures profondes ou étendues sont visibles et, en **tension**, dans tous les cas.

• **Comment ?** : En précisant l'endroit précis et le numéro de téléphone, l'origine de l'appel, le lieu exact de l'accident (itinéraire, repère...), la nature de l'accident (électrisation, haute ou basse tension avec ou sans chute, etc.), le nombre de victimes, leur état apparent, les gestes d'urgence déjà effectués, etc., les risques particuliers (sous tension, dégagement à effectuer, environnement...).

• **Pourquoi ?** : Pour permettre aux secours médicalisés de prévoir le matériel, la suite du transport et du traitement et l'intervention d'éléments auxiliaires (pompiers en cas de feu, gendarmerie pour régler la circulation, etc.).

❖ **SECOURIR**

• **Qui doit ?** : Toute personne présente et, par priorité, qualifiée (médecin, infirmier, secouriste, bénévole de sang-froid).

• **Quand ?** :

▪ Lorsque la victime présente une perte de connaissance, avec maintien de la ventilation (respiratoire), le pouls étant présent ;

▪ En état de mort apparente, caractérisé par une perte de connaissance, avec arrêt prolongé de la ventilation, absence de pouls carotidien (arrêt cardiaque ou fibrillation).

Dans tous les cas caractérisés par un arrêt de la ventilation, avec maintien du pouls, aussi bien qu'avec arrêt de la ventilation et absence de pouls, l'intervention doit être immédiate.

• **Comment ? Pourquoi ?** : L'arrêt respiratoire visible nécessite une ventilation assistée urgente et l'arrêt cardiaque par fibrillation entraîne la mort dans un délai de quelques minutes.

V-7. PREMIERS SOINS

Dans le cadre de cet article, il ne saurait être question de traiter du secourisme, dont l'apprentissage est indissociable de l'exercice correspondant sur personnes ou sur mannequin, sauf à induire de fausses connaissances. On rappelle, simplement, les *notions élémentaires particulières au risque électrique*, et à lui seul, d'autres éléments pouvant intervenir (plaies, fractures, etc.) :

- S'il s'est agi d'une brève secousse électrique sans conséquence apparente, on doit conseiller à l'accidenté de consulter son médecin dans tous les cas.
- Si la victime présente une perte de connaissance, il faut libérer les voies aériennes et mettre la victime en position latérale de sécurité, avec précaution (axe – « tête, cou, tronc »).
- Si la victime est dans un état de mort apparente, on doit :
 - Quand existe un arrêt ventilatoire (présence du pouls carotidien), procéder à une ventilation artificielle par la bouche à bouche ;
 - Quand il existe un arrêt cardio-ventilatoire (absence du pouls carotidien), associer le massage cardiaque externe à la ventilation artificielle.

Dans tous les cas, il faut poursuivre les gestes de réanimation sans interruption jusqu'à l'arrivée sur place des secours médicaux qui pratiqueront, s'il y a lieu, la défibrillation des ventricules.

- Si la victime, consciente, présente des brûlures grave, l'action de l'eau froide est illusoire sur les brûlures internes, mais elle est indiquée sur les brûlures externes après avoir soustrait la victime à la zone de risque électrique.

On doit toujours ôter les vêtements superficiels, protéger les surfaces brûlées (emballage stérile ou couverture aluminées stérile des boîtes de secours), allonger et surveiller la victime jusqu'à sa prise en charge par les secours médicaux.

- Si la victime présente un état de mort apparente et des brûlures graves, les gestes de réanimation cardio-ventilatoire priment à l'évidence les soins aux brûlures.

Ces notions sont extraites de l'ouvrage « *Précis de secourisme du travail* et reproduites avec l'aimable autorisation du service général de médecine du travail EDF-GDF ».

V-8. BRULURES ELECTRIQUES

Outre les risques précédents, l'électricité peut provoquer des brûlures graves soit par l'arc électrique lui-même, soit par les conséquences d'un court-circuit (projections de métal fondu), soit encore par le passage du courant à travers les tissus humains internes et/ou externes. Le traitement des brûlés relève spécialement des milieux hospitaliers et nécessite un transport rapide vers un centre spécialisé, éventuellement après un transit par un hôpital proche qui pourra effectuer les premiers soins et mettre en route une réhydratation, éventuellement une alcalinisation (une cuillère à café de sel avec une cuillère à café de bicarbonate de soude en solution dans un bol d'eau), mais seulement si elle peut être faite rapidement et si l'accidenté a une conscience normale et n'a pas vomi.

Dans l'immédiat, les premiers secours consistent essentiellement à protéger les plaies par pansements secs et stériles, sans adjonction d'aucun produit (sauf pour les brûlures légères, peu étendues et superficielles) et sans déshabiller la victime.

L'enseignement du secourisme doit accompagner, à partir d'un certain niveau, l'habilitation, dépendant de conditions diverses relatives au site, au matériel, à l'exploitation, etc. L'enseignement de qualité, faisant l'objet de recyclages périodiques, devrait être une préoccupation de premier plan, car, en cas d'accident avec une victime en état de mort apparente, la survie dépend de l'action immédiate du ou des témoins. Tout électricien formé au secourisme devrait avoir en permanence sur lui, à titre de mémo, la carte EDF-GDF *Crédit mémo sur la Vie*

V-9. CONSIGNES A DONNER AU TRAVAILLEURS

En pratique, les consignes de sécurité s'appliquant à l'ensemble du personnel sont dénommés consignes générales. Elles sont complétées par des consignes spéciales s'adressent à des personnes spécifiquement désignées et par des consignes particulières propres à certains travaux ou à certains locaux.

Les travaux d'origine électriques sont d'origine dangereux et ils aboutissent à des accidents graves, pour cela les consignes particulières de sécurité doivent être respectées et appliquées par les personnes qui travaillent dans des locaux d'électricité ou qui effectuent des travaux au voisinage. Ces consignes sont les suivantes :

- Laisser le personnel qualifié uniquement (formé à la sécurité et au fonctionnement) utiliser le matériel électrique ;
- Vérifier le matériel électrique et les outils chaque jour avant l'utilisation ;
- S'assurer que toute personne en contact avec l'électricité respecte les mesures de sécurité et les consignes ;
- Le port des EPI est obligatoire ;
- Toujours empêcher les opérations électriques ou couper le courant électrique en cas d'un danger ;
- Vérifier s'il y a des pièces nues avant l'utilisation ;
- Faire attention à la fréquence du courant, sa nature et la façon de contact avec le corps humain ;
- Eviter une approche lente inutile avec l'électricité ;
- Être familiariser avec le courant électriques et ses dangers.

V-10. CONCLUSION

La formation à la sécurité est essentielle dans le monde de travail car elle constitue une cause relativement fréquente dans la diminution de taux des accidents et leurs gravités possibles.

Les accidents d'origine électrique ont un facteur de gravité très grave dans les entreprises ; mais ; avec la bonne formation et les mesures de sécurité à prendre, la gravité peut diminuer et les conséquences peuvent être un peu plus grave.

Une personne qui a reçu une bonne formation à la sécurité, une bonne habilitation ainsi qu'elle respecte correctement les consignes de sécurité, ne peut pas avoir des conséquences du courant électrique.

Si on examine les causes des accidents d'origine électrique, bien que le nombre de ceux-ci ne soit pas constant et qu'ils n'aient pas tous été répertoriés, on s'aperçoit que c'est la qualification inadéquate du personnel et la mauvaise organisation du travail qui restent les causes principales d'accidents d'origine électrique. Alors, il faut donc porter sur la formation du personnel et l'organisation du travail pour éviter la survenance des accidents.

CHAPITRE VI : LES INCENDIES DANS LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

VI-1. INTRODUCTION

La prise en compte du risque incendie s'inscrit dans la démarche globale d'évaluation et de prévention des risques de l'entreprise. L'incendie dans l'entreprise est un sujet préoccupant et d'actualité permanente. Il est souvent question de sinistres graves faisant parfois des victimes et causant d'importants dégâts matériels. Toutes les parties prenantes doivent être conscientes de la gravité potentielle du phénomène.

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace. La plupart des établissements industriels et commerciaux présentent des risques d'incendie multiples. Ces risques sont liés aux caractéristiques de construction des bâtiments, à la nature et à la quantité des matières emmagasinées, stockées et mises en œuvre, aux opérations spécifiques des fabrications...

Les incendies d'origine électrique sont assez courant, ils entraînent d'important dommages matériels et de graves blessures .La plupart de ces incendies sont attribuables à un mauvais entretien du système électrique ; toutefois ; l'installation incorrecte des composants électriques peut aussi présenter des risques d'incendie.

Les installations électriques sont conçues pour répondre aux différents besoins des utilisateurs dans tous les domaines et elles sont équipées de dispositifs de sécurité.

Pour les travailleurs, leur participation à la sécurité incendie comporte l'obligation de connaître et d'appliquer les consignes en cas d'incendie et de participer aux exercices d'évacuation.

Les statistiques montrent que les incendies d'origine électrique représentent 20% de tous les incendies dans les entreprises ou les industries causant des conséquences graves.

Alors, que présentent les incendies d'origine électrique comme risque pour les installations électriques ? Et quelles sont les mesures de prévention nécessaire et de détection pour lutter contre ce risque ?

VI-2. CARACTERISTIQUES DES INCENDIES ELECTRIQUES

Il y a lieu de distinguer :

- 1- Les incendies provoqués par les matériels ou les installations électriques ;
- 2- Les incendies d'origine étrangère aux installations, mais les impliquant dans le processus engagé.
- 3- Si les effets sont identiques à partir d'un certain stade possible du développement, les moyens de détection et de protection, d'une part, de lutte, d'autre part, peuvent être différents en tout ou partie. Seul, le premier cas est abordé ici.

Pour prendre naissance et se propager, un incendie suppose la présence de matières combustibles, de comburant (air) et d'un processus de déclenchement (chaleur). Indépendamment des matériaux de construction, on trouve dans une installation électrique des éléments favorables à la propagation des incendies, c'est-à-dire des matériaux isolants combustibles solides ou liquides.

VI-2-1. STATISTIQUES ET CAUSES DES INCENDIES

VI-2-1-1. STATISTIQUES DES INCENDIES

Selon les statistiques de la direction des risques professionnels de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS), le nombre des incendies représentait, en 2004, 2 accidents sur 10 000 et, pour cette année-là, aucun décès direct lié à un incendie au titre des accidents du travail n'a été à déplorer.

La fiche d'information de *Laboratoire LAVOUE* réactualise et synthétise les statistiques portant sur les incendies d'origine électrique qui ont déjà fait l'objet de plusieurs fiches depuis 2014. La présente étude porte sur 4616 incendies de bâtiments traités par ce laboratoire entre septembre 2013 et septembre 2018. En prenant uniquement les 74% de cas où nous arrivons à une conclusion certaine sur la cause d'un incendie, les incendies électriques représentent 24% des cas d'incendie et constituent donc la 1^{ère} cause accidentelle des incendies de bâtiments (la deuxième cause des incendies pris dans leur globalité après l'incendie volontaire).

La répartition des incendies d'origine électrique est la suivante :

- 5% installation fournisseur d'énergie ou perturbations sur le réseau de distribution,
- 46% installation privative (tableaux électriques et distribution),
- 49% récepteurs électriques.

On constate donc que les incendies d'origine électrique se répartissent à peu près à part égale entre les incendies d'installations électriques (installations distributeur et installations privatives) et les incendies de récepteurs électriques.

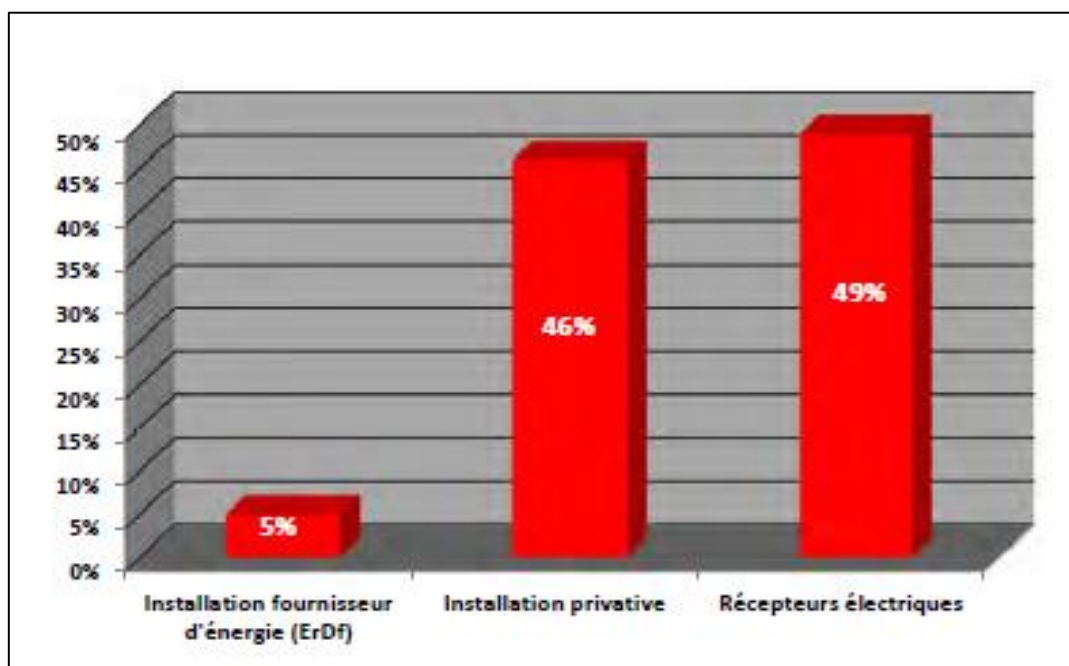


Figure VI.1 : Incendies des installations électriques

❖ Incendies imputables au distributeur d'énergie

Ces incendies ne représentent qu'une petite part, 5%, des incendies d'origine électrique.

• **Incendie suite à perturbation sur le réseau d'alimentation en dehors du bâtiment :** Ce type de sinistre, peu fréquent, engendre parfois des dommages à plusieurs bâtiments.

• **Incendie sur la partie installation électrique relevant du distributeur d'énergie :** Ces incendies prennent naissance principalement au niveau des fusibles et disjoncteurs.

❖ Incendies sur les installations électriques privées

Cette catégorie d'incendie se rencontre fréquemment puisqu'on l'évalue à 46% des incendies d'origine électrique. Les départs de feu prennent naissance essentiellement au niveau des tableaux de protection et les canalisations électriques.

❖ Incendies des récepteurs électriques

Les incendies de récepteurs électriques représentent la moitié des incendies d'origine électrique (49% selon les études). On peut citer notamment :

- Les appareils comprenant un groupe de réfrigération telle que les réfrigérateurs, les congélateurs ;
- Les appareils disposant d'une résistance électrique chauffante tels que les sèche-linges, lave-linges, lave-vaisselles ou chauffe-eaux ;
- Les appareils de chauffage électrique fixes ou mobiles.

Sur l'ensemble des incendies de récepteurs électriques expertisés par ce laboratoire, on dénombre 58 types d'appareils différents. La répartition par type d'appareil est la suivante :

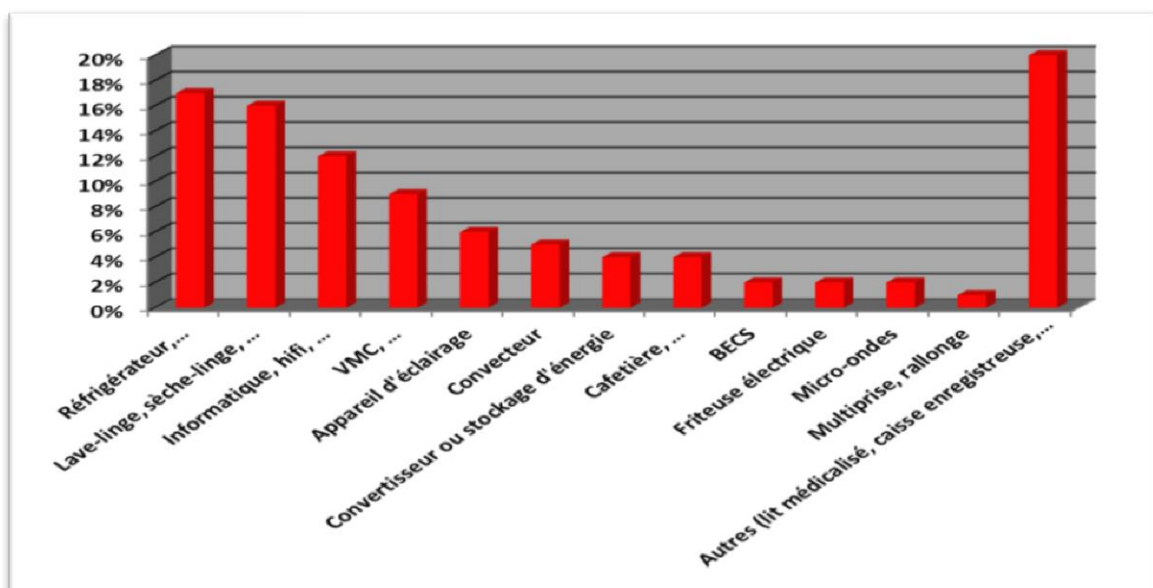


Figure VI.2 : Incendies des récepteurs électriques

VI-2-1-2. CAUSES DES INCENDIES

Les incendies d'origine électrique sont souvent causés par des installations ou des appareils électriques défectueux.

• **Arc électrique** : L'arc électrique correspond à la cause la plus fréquente selon les experts. Les arcs électriques sont bien souvent causés par la dégradation des isolants et des connexions dans les installations vétustes et/ou non entretenues. Ces dégradations entraînent une surchauffe et une carbonisation des isolants dans lesquels apparaissent des arcs électriques puisque le carbone est un conducteur de courant. C'est la présence simultanée d'arcs électriques et de carbone qui entame la flamme. Selon les essais issus de l'IEC 62663, il suffit d'un arc de 2,5 ampères pendant 1 seconde pour enflammer un câble ou une connexion.

• **Court-circuit** : Il s'agit de la mise en contact accidentelle de deux points d'un circuit électrique provoquant l'augmentation très rapide et très élevée du courant entraînant la destruction des conducteurs par fusion ou explosion. Il suffit alors qu'à proximité se trouve un matériau inflammable pour que l'incendie se déclare.

• **Surcharge** : La surcharge correspond à une intensité électrique supérieure à celle initialement prévue par le circuit électrique, souvent causée par le trop grand nombre d'appareils branchés sur le même circuit. La surcharge entraîne l'échauffement des câbles dans la durée pouvant aller jusqu'à leur fusion et l'inflammation des matériaux environnant.

• **Courant de fuite** : Correspond au courant qui s'échappe des conducteurs en allant dans la terre en traversant le matériau. Des études ont montré qu'à partir de 300 milliampères de courant de fuite, certains matériaux s'enflamment.

• **Foudre et surtensions de réseaux** : Il s'agit d'une augmentation très rapide (pour la foudre) ou plus lente (pour les surtensions réseaux par exemple à cause d'une rupture de neutre) de la tension entre phases ou entre phase et neutre provoquant la destruction des composants des appareils électriques branchés sur le réseau. Ces destructions peuvent aller jusqu'à l'inflammation de l'appareil concerné.

VI-2-2. CAUSES DIRECTES INTERNES

Les 30 % des incendies seraient d'origine électrique dus principalement à des causes, parmi ces causes on cite les causes directes internes dans les industries :

1- **L'échauffement** des câbles dus à une surcharge dont certains facteurs peuvent aggraver les échauffements. Il peut être dû :

- A une connexion défectueuse (desserrée, brisée, oxydée...);
- A un défaut d'isolement (fuite de courant, amorçage superficiel, carbonisation...);
- A une surintensité (surcharge, court-circuit...);
- A la proximité d'un matériel dégageant de la chaleur, soit normalement (trop grande proximité), soit anormalement (par suite d'un défaut interne, d'un manque de ventilation...);
- A un manque d'entretien (accumulation de poussières, obstruction d'orifices de ventilation...);
- A une cause mécanique (grippage d'un arbre de machine tournante, déformation, augmentation de couple résistant...).

Cet échauffement peut provoquer la combustion des isolants, par effet Joule, ou entraîner à son tour d'autres défaillances. Il peut être dû :

- Une ventilation insuffisante,
- L'accumulation de poussières ou de dépôts de graisse,
- Le stockage de matériaux inflammables à proximité d'installations électriques,
- L'empilage des câbles empêchant l'évacuation de la chaleur.

2-Amorçages et arcs : Les amorçages qui donnent naissance aux arcs et les arcs eux-mêmes sont le plus souvent dus, ou à l'origine de :

- Une baisse des qualités diélectriques d'un isolant, dépôt de poussières conductrices, d'humidité, créant un amorçage superficiel qui devient un pont conducteur de résistance progressivement décroissante ;
- De surtensions ;
- Un rapprochement entre deux parties actives, ou entre partie active et le sol, à des potentiels différents ;
- Une ouverture de contacts de dispositifs de coupure en charge à pouvoir de coupure insuffisant (ou de sectionneurs manœuvrés en charge).

Les arcs développent instantanément des énergies pouvant être considérables et conduire à des courts-circuits par effets électrodynamiques.

Si le milieu environnant (air, isolant liquide ou gazeux) n'est pas rapidement régénéré, l'arc subsiste jusqu'à l'intervention des protections ou la destruction des matériels.

Par ailleurs, la fusion des parties métalliques, de même que l'énergie dégagée, peuvent enflammer les matières combustibles situées à proximité (isolants électriques ou autres matériaux).

3-Le **court-circuit** entraînant un arc électrique,

L'origine des incendies est souvent attribuée à l'électricité faute de renseignements plus précis ou lors d'enquêtes incomplètes. Le court-circuit est le plus souvent évoqué alors qu'il est généralement la conséquence d'un début d'incendie et provient d'une autre cause ; en réalité, on confond le plus souvent le court-circuit, qui est rare, avec d'autres incidents d'origine électrique, dont il peut être une suite. Étant donné l'état des lieux et des matériels après un incendie, il est difficile de retracer chronologiquement l'ordre des facteurs.

Le court-circuit est défini comme une « *surintensité produite par un défaut ayant une impédance négligeable entre des conducteurs actifs présentant une différence de potentiel en service normal* ». Cette mise en contact de conducteurs peut provenir par exemple :

- D'une action humaine malencontreuse, comme une chute d'outil dans un jeu de barres, le contact d'une virole de pinceau entre barres lors d'un nettoyage, un effort électrodynamique à la suite d'un amorçage entre phases, le poinçonnement d'un câble ;
- Du déplacement de parties actives (desserrement de borne ou de connexion) ;
- De la pénétration de corps étrangers, d'animaux ;
- De la dégradation d'isolants jusqu'au contact pratiquement franc entre parties actives.

En général, le fonctionnement des dispositifs de protection adéquats entraîne la coupure, mais n'empêche pas l'énergie libérée entre-temps d'être susceptible d'enflammer les matériaux combustibles voisins, de projeter des métaux en fusion, de dégager des vapeurs

métalliques et d'occasionner ainsi des brûlures graves, soit localisées, soit étendues, et/ou des atteintes aux yeux (coup d'arc).

En basse tension, dans le cas de défauts dits à *la terre*, improprement appelés *court-circuit à la terre*, l'utilisation des dispositifs différentiels à moyenne sensibilité de l'ordre de 30 à 500 MA, intervient généralement suffisamment à temps pour limiter l'énergie de défaut, ils sont donc utilisés en tant que dispositifs employés dans la prévention des incendies d'origine électrique

4- **Explosions** : Il s'agit ici de l'explosion possible de certains matériels électriques et non de l'explosion due à l'environnement. Ces matériels sont généralement enfermés dans des enveloppes contenant des diélectriques liquides susceptibles de se vaporiser sous l'effet d'un court-circuit et d'engendrer des pressions suffisantes pour faire céder les parois ; lorsque les diélectriques sont inflammables ou susceptibles de former, en vapeur avec de l'air, des mélanges combustibles ou explosifs, le processus peut être déclenché.

C'est le cas de transformateurs dont l'isolant est l'huile minérale, qui sert de liquide de refroidissement, de condensateurs, de démarreurs de moteurs, etc.

La **protection** est assurée par des dispositifs capteurs de pression ou de bulles résultant de la décomposition des diélectriques (relais Buchholz) ou de protections internes d'auto extinction associés ou non à la coupure.

Un autre cas typique, encore que peu fréquent, résulte de la rupture d'un conducteur à l'intérieur d'un câble isolé ; un arc en série se produit, décomposant l'isolant avec formation d'une hernie.

Lorsque celle-ci se rompt, les gaz s'enflamment au contact de l'air ; ce défaut est indétectable s'il n'intéresse pas un autre conducteur actif ou de protection.

D'autres causes directes internes peuvent être aussi : On peut citer des éléments susceptibles de provoquer des défauts, indépendamment des précédents. Parmi les **causes internes** à une installation :

- Les **surtensions** d'origine interne (enclenchement ou déclenchement d'un disjoncteur), qui peuvent affecter les transformateurs et les matériels à composants électroniques ; la protection contre ces manifestations relève d'une technique particulière;
- Les **variations fréquentes de régime** d'utilisation, notamment avec des pointes de courant (démarrages fréquents de moteurs ou de soudeuses électriques) ;
- Les **variations continues de tension** (flicker), de fréquence ;
- La présence de **courants harmoniques** ;
- Les **oscillations** à haute fréquence ;
- Les **influences électromagnétiques**.

Parmi les **causes externes** à une installation déterminée :

- Les **surtensions** propagées par les réseaux aériens, que celles-ci proviennent d'un coup de foudre direct ou indirect ou d'une induction, plus ou moins amorties, suivant la distance à l'impact ; y sont particulièrement sensibles les transformateurs et l'appareillage, dont la protection peut être assurée par parafoudre ;

- L'*environnement* (corrosion, température ambiante, pollution, eau...);
- Les *effets mécaniques* (chocs, tractions, vibrations, percements);
- Les *facteurs humains* (fautes de comportement, fausses manœuvres, défauts d'entretien, travaux, etc.).

Enfin cela peut-être dû aussi à :

- Un défaut d'isolement conduisant à une circulation anormale du courant entre récepteur et masse ou entre récepteur et terre,
- Des contacts défectueux (de type connexion mal serrée ou oxydée) entraînant une résistance anormale et un échauffement,
- Le non-respect des consignes de sécurité,
- Habilitation électrique non adaptée à l'opération à réaliser.

VI-2-3. INTERACTIONS

Si certains facteurs isolés sont susceptibles de compromettre l'intégrité d'un matériel électrique, il est fréquent que plusieurs éléments agissent soit simultanément, soit successivement, l'un étant la résultante d'un autre. Cet effet peut être illustré par la **figure (VI.3)**, dans laquelle :

- Le cercle extérieur représente les *contraintes* pouvant affecter un matériel (décrites ci avant);
- Les rectangles en représentent les *effets*;
- Les cercles intérieurs en constituent les *conséquences*.

Quoique le diagramme puisse s'appliquer à toutes sortes de défauts, il est ici utilisé pour montrer les effets successifs ou simultanés résultant les uns des autres et conduisant à un incendie.

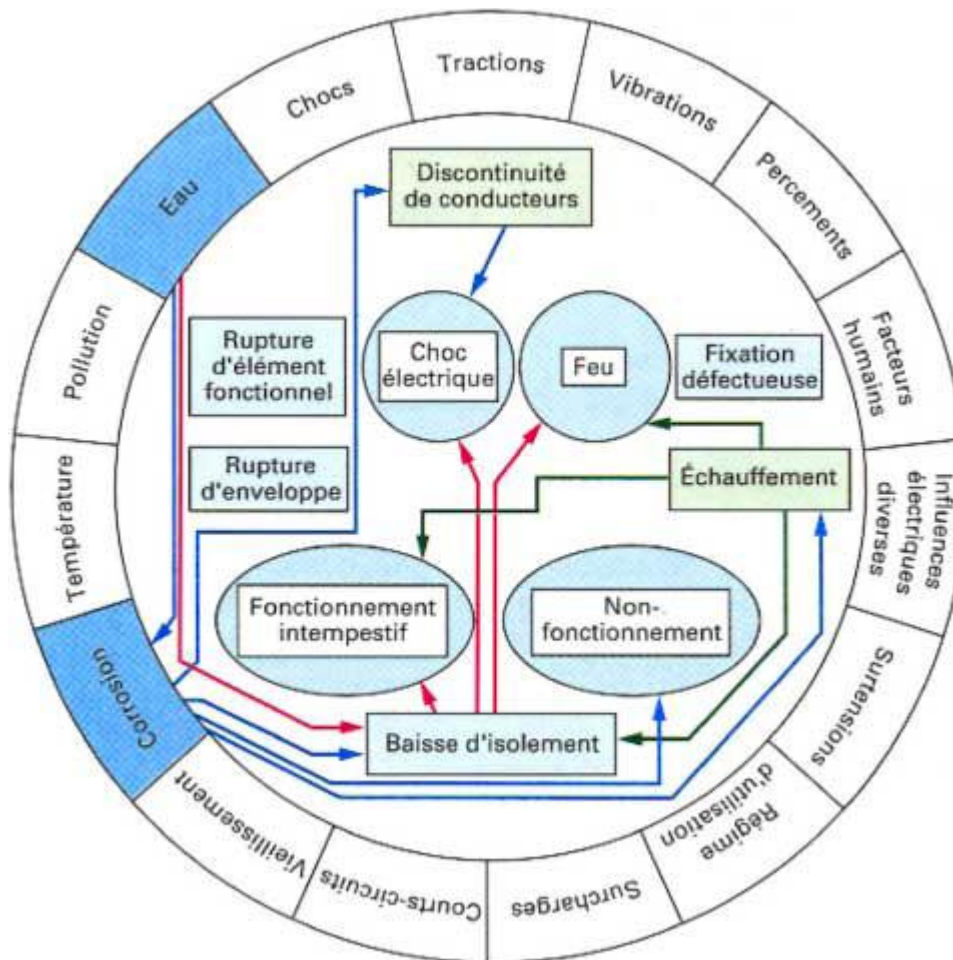


Figure VI.3 : Interactions de différents phénomènes : contraintes, effets et conséquences

VI-3. MESURES DE PREVENTION DES INCENDIES D'ORIGINE ELECTRIQUE

Les mesures de prévention, qui font l'objet de la réglementation en ce qui concerne les installations et les bâtiments, et de normalisations pour les matériels, ont pour but:

- D'éviter, autant que faire se peut, les causes susceptibles de provoquer un incendie ;
- D'en limiter les effets, s'il a pris naissance ;
- D'assurer en premier lieu la sécurité des personnes, puis des biens ;
- De faciliter l'intervention des secours.

Certaines de ces mesures peuvent mener à des conditions contradictoires qu'il faut s'efforcer de concilier. C'est ainsi, par exemple, que le développement de matériaux d'isolation des câbles, à base de produits chlorés, non propagateurs de la flamme, en remplacement du caoutchouc, du papier imprégné d'huile, de tresses textiles, s'il limite la propagation *rapide* du feu, gêne considérablement les secours par l'opacité des fumées dégagées, et cause d'importants dégâts par les vapeurs corrosives qui se répandent dans des milieux non atteints par les flammes.

VI-3-1. REGLEMENTATION ET NORMES

Certaines dispositions réglementaires et normatives viennent compléter, sur des points particuliers, les dispositions générales.

L'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public. Dispositions applicables aux établissements des quatre premières catégories. Dispositions générales. Installations électriques :

- Eviter que les installations électriques ne présentent des risques d'éclosion, de développement et de propagation d'un incendie ;
- Permettre le fonctionnement des installations de sécurité lors d'un incendie.

Les installations électriques sont conformes au décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 modifié pris pour l'exécution des dispositions du code du travail en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques et à ses arrêtés d'application.

Les matériels utilisés dans les installations électriques sont conformes au décret n° 95-1081 du 3 octobre 1995 modifié, transposant en droit national la directive 2006/95/CE du 12 décembre 2006.

Les installations électriques sont réalisées et installées de façon à prévenir les risques d'incendie ou d'explosion d'origine électrique. Les installations électriques réalisées selon la norme NF C 15-100 (décembre 2002) sont présumées satisfaire à ces exigences.

VI-3-2. REACTION AU FEU

La réaction au feu d'origine électrique est définie par l'arrêté du **21 juillet 1994** , il s'agit des classes C1 , C2 et C3 qui vont être progressivement remplacées par les Euroclasses A, B1, B2, C, D, E et F.

Les critères « C1 : Non propagateur de l'incendie » et « C2 : Non propagateur de la flamme » sont remplacés par 5 critères :

- Non propagation de la flamme
- Opacité des fumées
- Gouttelettes enflammées
- Dégagement de chaleur
- Acidité

Suivant les performances atteintes lors de ces évaluations, les câbles sont définis par une suite d'indices qui permettent d'apprécier ses performances.

Tableau VI.1 : Extrait de l'Arrêté du 21 juillet 1994

Classification selon décision n° 2006/751/CE				Exigence réglementaire
A_{ca}				Série K20
B1_{ca}	s1a	d0 d1 d2	a1	
B2_{ca}	s1a		a2	
B1_{ca}	s1b s1 s2	d0 d1 d2	a1 a2	C1 ne dégageant pas de composés halogénés
B2_{ca}	s1b s1 s2			
C_{ca}	s1a s1b s1 s2			
C_{ca}	s3			C1# (1) (2)
D_{ca}	s1a s1b s1 s2 s3	d0 d1 d2	a1 a2 a3	C1 (1)
E_{ca}				C2
Aucune des classes ci-dessus				C3

Le tableau (VI.1) ne permet la « conversion » que du classement Euroclasses vers le classement « C ». Il ne permet pas de définir le classement Euroclasses d'un câble « C ».

Lorsque les exigences réglementaires utilisant la classification européenne de réaction au feu entreront en vigueur, les dispositions issues de ce tableau cesseront d'être applicables.

Tableau VI.2 : Le code de réaction au feu

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
propagation du feu et dégagement de chaleur.	Dégagement de fumées (s1, s1a, s1b, s2, s3).	Production de gouttes / particules enflammées (d0, d1, d2).	Acidité (a1, a2, a3) en appliquant également l'essai décrit dans la norme UNE-EN 50267-2-3.
Aca Ne contribuent pas à l'incendie.	s1 Faible production de fumée et propagation lente de la fumée. s1a Transmission >80%. s1b Transmission >60% et <80%.	d0 Sans gouttelettes ni particules enflammées.	a1 Conductivité < 2,5 µS/mm et pH > 4,3.
B1ca -B2ca Contribuent faiblement à l'incendie.	s2 Production et propagation moyenne de fumée.	d1 Sans gouttelettes ni particules enflammées qui durent plus de 10 secondes.	a2 Conductivité < 10 µS/mm et pH > 4,3.
Cca - Dca - Eca Combustibles, contribuent à l'incendie, par ordre croissant.	s3 Aucun.	d2 Aucun.	a3 Aucun.
Fca Propriétés de contribution non classées.	/	/	/

❖ Classement des matériaux et éléments de construction

Les diverses réglementations ont établi un corps de doctrine, qui s'applique plus particulièrement aux matériaux et éléments de construction. Des spécifications particulières, concernant le choix, et parfois les matériaux constituant des matériels, leur installation, des dispositions spéciales selon la nature du risque, etc., font partie de ces réglementations auxquelles il conviendra de se référer. En ce qui concerne la construction des bâtiments (cf. code de la construction), on distingue deux types d'essais visant à détecter :

- Les premiers, la **réaction au feu**, c'est-à-dire l'élément apporté au feu et au développement de l'incendie, les critères retenus étant la quantité de chaleur dégagée pendant la combustion ainsi que la présence ou l'absence de gaz inflammables ;

- Les seconds, la **résistance au feu**, c'est-à-dire le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu, malgré l'action d'un incendie.

Les essais sont différents suivant que les matériaux concernés sont souples ou rigides. En outre, une série d'essais complémentaires peut être effectuée, par exemple pour des matériaux de caractère fusible, afin de déterminer la vitesse de propagation des flammes et le pouvoir calorifique d'un matériau (combustibilité).

Pour les matériaux ignifugés, il y a lieu, de plus, d'apprécier la durabilité dans le temps des caractéristiques apportées par le traitement.

La sanction de ces essais est codifiée par un classement, qui exprime le caractère d'incombustibilité ou de combustibilité des matériaux et, dans le cas de combustibilité, leur **degré** plus ou moins grand **d'inflammabilité** (à ne pas confondre avec vitesse de propagation de la flamme) (arrêté du 30 juin 1983) ; on désigne par :

- M0 un matériau incombustible ;
- M1 un matériau non inflammable ;
- M2 un matériau difficilement inflammable ;
- M3 un matériau moyennement inflammable ;
- M4 un matériau facilement inflammable.

VI-3-3. RESISTANCE AU FEU

Elle s'applique aux éléments de la construction (portes et rideaux, murs et cloisons, poteaux et poutres, planchers et plafonds). Les critères retenus sont :

- La **résistance mécanique**, qui est la tenue propre de l'élément pour qu'il continue à remplir son office, et, s'il y a lieu, concoure à la stabilité de la construction ;

- L'**isolation thermique** entre deux parois opposées de l'élément, qui s'apprécie car l'échauffement (différence de température entre la paroi exposée au feu et l'autre paroi) ;

- L'**étanchéité aux flammes**, qui s'appuie à la fois sur la résistance mécanique de l'élément, compte tenu des déformations admissibles, et sur l'efficacité de l'isolation thermique ;

- L'**absence d'émission de gaz inflammables** hors de la face exposée à l'essai (réaction au feu).

▪ Le **classement** des éléments se fait d'après les **durées** (15 min, 30 min, 1 h, 1 h 30 min, 2, 3, 4 et 6 h) pendant lesquelles ils satisfont aux critères précédents. La résistance au feu des éléments est appréciée selon :

- ✓ Leur **stabilité**, liée à la résistance mécanique ;
- ✓ Leur **degré pare flamme**, qui prend en compte la résistance mécanique, l'étanchéité aux flammes et l'absence d'émission de gaz inflammables ;
- ✓ Leur **degré coupe-feu**, qui comprend la totalité des critères, c'est-à-dire le degré pare flamme et l'isolation thermique.

VI-3-4. INTEGRATION DE LA PREVENTION A DIFFERENTS STADES

Le souci de prévention ne peut être limité dans le temps ou dans l'espace ; il doit intervenir de façon permanente, à chaque moment de l'activité, de la conception d'un matériel, d'une installation ou d'un bâtiment, à leur usage quotidien.

VI-3-4-1. CONCEPTION D'UN MATERIEL

La première étape essentielle d'une étude de conception d'un réseau électrique est l'élaboration d'un bilan de puissance. Dans cette étape, les valeurs de puissances actives et réactives, consommées de l'installation, doivent être cernées et localisées géographiquement. La détermination de ce bilan, permet de dimensionner l'installation à partir des caractéristiques des récepteurs et aboutit à la déduction du facteur de puissance.

Toutes les étapes de la méthodologie peuvent être refaites au moyen du logiciel de conception électrique «ECODIAL» qui s'est avéré être très efficace puisque non seulement il fournit tous les calculs détaillés, mais de plus, il fournit à l'utilisateur une proposition du choix des appareillages les plus adéquats.

On doit procéder à :

- Un **choix** judicieux **des matières, matériaux ou composants** ; les résultats des essais permettent ce choix, parfois difficile compte tenu de tous les impératifs à respecter (isolation électrique et bonne conductivité thermique par exemple) ;
- Un **agencement** convenable **des éléments constitutifs** (ne pas placer côte à côte un composant dégageant de la chaleur (lampe) et un élément sensible (accumulateur) ;
- Une **mise en œuvre** judicieuse, afin de ne pas réduire ou détruire les propriétés initiales lorsque l'on effectue une association de matériaux (soudure sur un composant électronique sensible à la chaleur) ;
- Une **étude** approfondie pour réduire les échauffements (ventilation appropriée, disposition, respect d'un certain volume en opposition à la tendance vers la miniaturisation).

VI-3-4-2. REALISATION D'UN MATERIEL

Les directives, plans, spécifications, procédures de fabrication, doivent être parfaitement suivies. Même dans le cadre du respect d'une norme, il n'est pas rare de voir qu'un changement de composants, de type de montage, apparemment sans conséquences, pour des motifs économiques, de délai, de rupture d'approvisionnement, peuvent modifier profondément la tenue d'un matériel par suite d'interactions imprévues.

Lorsqu'on s'engage dans la réalisation d'une installation électrique, on pense surtout aux câblages, au tableau électrique... Mais on ne s'attend pas en général à devoir acheter autant de matériel avec un nombre de références important.

Faire une liste de matériel électrique: "découpage" de l'installation électrique en plusieurs groupes:

Ce qu'on appelle découpage, c'est la **création de plusieurs groupes dans l'installation électrique**, groupes qui sont composés de plusieurs matériels différents.

Ainsi, dans une installation électrique, on peut créer 7 groupes:

1-L'alimentation électrique: c'est la partie qui alimente votre installation électrique au niveau général.

2-Le tableau électrique: Comme le nom l'indique, le matériel qui compose ce groupe est en rapport avec le tableau électrique.

3-La distribution des réseaux: La distribution est en rapport avec la circulation du courant électrique depuis le tableau, jusqu'aux organes terminaux.

4-L'appareillage électrique: Ce sont les interrupteurs, prises de courant...

5-L'éclairage: Concerne tout le matériel lié à l'éclairage dans l'habitation

6-La ventilation: C'est le groupe qui est consacré à la VMC et à ses accessoires.

7-Le chauffage électrique: Groupe qui ne concerne que les personnes souhaitant installer des chauffages électriques.

On va donc lister tout le **matériel électrique indispensable pour faire votre installation électrique**, avec une partie "les indispensables" et une partie "le matériel optionnel". Les indispensables:

- La barrette de terre.
- La cablette de terre.
- Le câble d'alimentation électrique principal.
- Le panneau de contrôle.
- Les embouts EBCP ou fouet de raccordement
- Le disjoncteur 500mA.
- Les embouts de câblage à collerette isolante.

Le matériel électrique optionnel:

- Barrette de neutre/phase/Terre.

VI-3-4-3. INSTALLATION

Une installation électrique est un ensemble cohérent de circuits électriques, d'appareillages électriques. Elle peut se situer dans un bâtiment ou un ensemble de bâtiments à usage d'habitation, industriel, commercial, ou de bureaux. Les installations électriques comprennent l'ensemble des matériels électriques mis en œuvre pour la production, la conversion, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique.

De nombreux incendies sont déclarés chaque année, 25 des incendies d'origine électriques dans les industries sont dus principalement à des installations défectueuses ou l'absence de la sécurité électrique. Parmi les règles relatives à la prévention des installations, on cite :

- Demandez l'installation de différentiels à haute sensibilité afin de protéger les personnes et les objets.
- Faites relier l'installation à la terre.
- L'entretien des installations électriques doit être régulièrement, les installations doivent être en bon état de sécurité pour éviter la survenance des incendies.
- Coupez toujours l'alimentation électrique avant n'importe quelle opération telle que le nettoyage.
- Ne posez rien sur une installation électrique, en particulier sur les radiateurs électriques.
- Eloigner toutes matières inflammables.
- Faites installer détecteur de fumée ou détecteur d'incendie.
- Les installations doivent être équipées d'un parafoudre.

Il est difficile de prévoir exactement le comportement au feu des installations, même si elles sont correctement réalisées. Il va de soi que les règles établies dans les normes doivent d'abord être respectées.

Mais, comme elles ne peuvent traiter tous les cas, il revient à l'installateur, compte tenu de l'environnement connu ou prévisible, de prendre des précautions particulières. Celles-ci peuvent conduire à des coûts plus élevés.

Par exemple, il faut utiliser des sections plus importantes de conducteurs pour tenir compte des mauvaises conditions de refroidissement, des câbles ayant un bon comportement aux températures élevées, des cloisons coupe-feu, des dispositifs à pouvoir de coupure élevé, etc.

Réciproquement, si le feu est d'origine externe à l'installation électrique, il faut protéger celle-ci chaque fois qu'elle doit assurer des fonctions essentielles (éclairage, transport de personne ou de fluides, mise à l'arrêt sûr de certains équipements, etc.).

Si la distribution électrique, quelle que soit la nature du risque d'incendie (interne ou externe), joue un rôle primordial, il est nécessaire de détecter toute élévation anormale de température et de faire agir les dispositifs de sécurité pour éviter un sinistre ou pour assurer les fonctions essentielles.

— D'une part, il convient de *regrouper les éléments essentiels* (tableaux principaux de distribution, groupes électrogènes de secours, batteries d'accumulateurs, etc.) dans des locaux réservés à cet usage, ayant des parois coupe-feu d'un degré suffisant (2 h), et d'en compartimenter les diverses parties de façon telle qu'un incident localisé (feu, court-circuit) ne puisse se développer et affecter d'autres parties.

D'autre part, les *passages des canalisations* doivent être étudiés avec soin ; par exemple, il ne faut pas faire traverser les locaux à risques d'incendie (chaufferies, cuisines...) par des canalisations autres que celles qui les desservent, tant pour éviter leur atteinte par un foyer que la transmission du feu des canalisations vers le bâtiment.

Indépendamment de l'emploi de câbles à caractéristiques particulières ; il y a intérêt à réaliser des installations limitant l'extension des foyers éventuels. Divers procédés sont utilisés :

- Revêtement des câbles par des matériaux intumescents (peintures, mastics), qui, sous l'action du feu, provoquent, par leur gonflement, une gaine enrobant le câble et assurant

à celui-ci une protection temporaire contre l'effet thermique (mais de durée limitée : 15 à 30 minutes, au maximum) ;

▪ Confinement des canalisations dans des gaines ou des caniveaux recoupés à intervalles rapprochés par des barrières coupe feu ainsi qu'obturation des trémies de passage d'un local à un autre, ces barrières et obturations étant réalisées par des matériaux adéquats (laine de roche, plâtre, sable, etc.) et empêchant en outre la propagation des fumées, tout en réduisant le tirage naturel.

Il existe également des plaques à presse-étoupe en matériau résistant, qui offrent l'avantage d'admettre des traversées ultérieures avec moins de risques de non, ou mauvaise, obturation subséquente.

VI-3-4-4. UTILISATION

Toute entreprise peut être confrontée à un accident d'origine électrique, même si on observe peu d'accidents du travail. Une bonne connaissance des principes de base de l'utilisation des installations électriques, les machines ou les appareils permet à chaque salarié de limiter les risques surtout les incendies.

Des conseils pour une bonne utilisation de tous matériels électriques dont le but de la bonne prévention contre tout accident d'origine électrique surtout les incendies :

- Sur les installations électriques, il faut vérifier le coupe-circuit électrique s'il s'est déclenché plus de 10 fois.
- Évitez de faire passer les fils électriques sous un tapis.
- Ne raccorder pas à la terre par l'intermédiaire d'une canalisation d'eau.
- Ne surexploiter pas les équipements électriques.
- L'utilisation des machines ou appareils électriques doit être faite par des personnes habilitées en électricité. La mauvaise utilisation peut entraîner des accidents avec des conséquences graves.

➤ Pour les **matériels**, le respect des conditions d'utilisation et d'entretien spécifiées par le constructeur doit être absolu, quel que soit le domaine considéré (domestique, industriel, locaux d'habitation, établissements recevant du public, immeubles de grande hauteur, etc.). Cela suppose que les notices fournies avec les appareils soient bien explicites sur les dangers encourus en cas de mauvaise utilisation, par exemple l'insertion d'un téléviseur ou d'un réfrigérateur, dans un meuble non ventilé, le séchage d'une serviette de bains sur un convecteur mural électrique, le manque de nettoyage des filtres d'une hotte de cuisine, etc.

➤ Pour les **installations**, une aggravation importante des risques peut apparaître lorsque l'on effectue des modifications mal conçues ou mal réalisées sur l'installation ou les appareils existants, ou lorsque des solutions inadaptées sont apportées par une personne qui connaît pas l'ensemble du problème.

Le passage de conducteurs en nombre supérieur à celui prévu initialement par l'installateur sur les chemins de câbles est un exemple, hélas, trop répandu, aussi bien dans le domaine domestique que dans le domaine industriel ou public.

Quant au remplacement des dispositifs de sécurité calibrés par des dispositifs de calibre supérieur, il s'agit là d'un fait extrêmement courant, sans parler des solutions de dépannage

dont les médias de toute nature font parfois état et qui peuvent conduire à des situations particulièrement dangereuses.

Les risques peuvent être considérablement réduits si les procédures, établies par le constructeur de l'appareil ou l'installateur, sont fidèlement respectées. Très souvent, un entretien mal exécuté apporte des risques que ne peut soupçonner son auteur ; c'est le cas, par exemple, du nettoyage avec des produits facilement inflammables, du remplacement de composants par des modèles de type voisin, mais de caractéristiques différentes, d'une périodicité de nettoyage ou de remplacement non respectée, etc.

Parmi les risques liés au manque d'entretien, on peut citer l'accumulation de poussières, les pertes d'isolement par suite de dépôts, les courants de fuite résultant d'une conductivité augmentée du milieu environnant, etc.

Au-delà de ces règles formulées en termes généraux, l'analyse détaillée des statistiques [met en relief :

- D'une part, l'importance à attacher à l'entretien de l'appareillage électrique et de ses contacts, à la bonne ventilation des équipements dégageant de la chaleur (moteurs, onduleurs) et à un réglage approprié des protections ;

- D'autre part, celle visant à pallier les fautes de comportement humain, telles que l'emploi rigoureux des « *permis de feu* » pour le soudage, la protection des travaux de meulage, la détection et l'élimination des fuites et résidus d'huiles, liquides combustibles et de nettoyage, l'évacuation des matières combustibles (peintures, vernis, chiffons, etc.), le rangement rigoureux des matériels et le bon emploi des convecteurs électriques (distance, non couverture).

VI-4. CARACTERISTIQUES DES MATERIELS ELECTRIQUES DU POINT DE VUE DU RISQUE D'INCENDIE

VI-4-1. ESSAIS DES MATERIELS

Les matériels électriques font l'objet, dans les normes de construction qui leur sont propres, d'essais spécifiques visant à vérifier et à assurer un certain comportement vis-à-vis du risque d'incendie, soit du fait de leur tenue en cas d'incident interne (déclenchement du feu), soit du fait de leur tenue en cas d'incident externe (durée de service, propagation du feu). Chacun de ces essais reproduit une situation conventionnelle représentative d'un incident donné, mais doit être spécifié de façon telle que sa reproductibilité puisse être assurée et que les résultats soient similaires, indépendamment du lieu ou de l'opérateur.

Les matériels ou équipements électriques doivent répondre à des exigences normatives afin de garantir la sécurité des biens et personnes au regard des risques électriques, mécaniques, thermiques, feu.

Les essais proposés peuvent répondre à de multiples normes dont : directive basse tension, directive machine, EN ISO 8528-13....etc.

Tout matériel électrique tel que les appareils électrodomestiques et outillage/bricolage, luminaires, appareils de traitement de l'information, appareils de

laboratoire, machines industrielles, appareils électro médicaux (dans le cadre de la directive dispositifs médicaux), bancs de test... sont concernés par l'essai avant l'utilisation. [29]

Les essais du matériel est une étape essentiel dans la sécurité électrique, autrement dit ; cet essais doit fait obligatoirement chaque fois que cela est nécessaire surtout lors de l'arrivage de nouveaux matériels. Son but essentiel est de protéger tout matériels contre les risques présents notamment le risque d'incendie.

Les matériels électriques répondent aux normes bien définies bien que leurs essais sont munis aussi à ces normes, chaque industrie doit respecter l'application de ces normes selon le code de travail pour éviter les incendies.

VI-4-2. CONDITIONS D'INSTALLATION

Lorsque l'on effectue une installation électrique, il est important d'être extrêmement vigilant, car manipuler de l'électricité ne se fait pas à la légère. Il existe des règles de base notamment stipulées par le biais de la norme *NF C 15-100* qui définissent et régissent l'installation et l'alimentation de votre circuit électrique pour un meilleur confort et une plus grande sécurité des personnes et des biens.

Une installation électrique comprend:

- Une source d'énergie ou arrivée de courant.
- De l'appareil électrique.
- Des appareils d'utilisation.

L'ensemble étant relié par des canalisations électriques. Une installation, pour être conforme à la réglementation doit réaliser les conditions suivantes :

➤ **Assurer une protection contre les blocs électriques directs ou indirects** : On dit qu'il y'a choc électrique lorsque le passage du courant s'effectue à travers le corps humain.

➤ **Protection contre les effets thermiques en service normal** : Une installation électrique bien exécutée ne doit pas produire un échauffement tel qu'il risque de provoquer les brûlures ou un incendie.

➤ **Protection contre les sous intensités** : L'installation doit être prévue de façon à ce que le circuit électrique concerné soit interrompu lorsqu'il y'a court-circuit ou surcharge.

➤ **Protection contre les sursensions** : La protection contre ce risque doit permettre d'assurer la sécurité des personnes et la conservation du matériel.

➤ **Sectionnement et commande** : Il faut qu'on puisse provoquer la mise hors circuit de l'installation lorsque survienne un défaut. On prévoit le dispositif d'arrêt d'urgence. Dans le cas où on doit intervenir, il faut pouvoir en isoler la partie sur laquelle on doit travailler: des dispositifs de sectionnement de l'installation sont nécessaires.

VI-4-3. CANALISATIONS ELECTRIQUES

Les essais sont effectués uniquement sur des câbles et non sur les ensembles de conduits renfermant des conducteurs isolés qui ne peuvent pas être considérés comme un produit fini (ils répondent, d'ailleurs, à d'autres essais, particuliers à chaque catégorie). Les câbles sont soumis, comme les matériaux de construction, à des séries d'essais relatifs, d'une part, à leur réaction au feu, et d'autre part, à leur résistance au feu (NF C 32-070); il faut insister sur le

fait que les critères d'essai, ainsi que les qualifications qui en découlent, sont conventionnels et que le comportement peut être différent dans des conditions s'écartant de celles spécifiées.

Pour pallier les dégagements de fumées corrosives des composés chlorés, on dispose également de câbles C1 dits « sans halogènes » à isolation synthétique réticulée.

Une canalisation électrique est constituée de conducteurs ou de câbles électriques et d'un dispositif de protection mécanique (du style conduits, plinthes ou goulottes). Ce qui permet d'assurer la protection de la canalisation électrique contre les influences extérieures. Il faut distinguer :

- Les éléments non ouvrables comme par exemple les tubes rigides ou les gaines souples.
- Les éléments ouvrables comme les goulottes, les plinthes, les profilés ou encore les moulures.
- Les canalisations préfabriquées : elles sont utilisées dans l'industrie et le secteur tertiaire.

❖ *Les canalisations électriques préfabriquées*

Les canalisations électriques préfabriquées représentent la solution de distribution d'énergie la plus moderne dans une installation pour machines, équipements et éclairages et ce, dans tous les types de bâtiments. Ce type de produits s'adaptent particulièrement bien aux entrepôts et autres structures de cet acabit.

Le système de canalisations électriques préfabriquées est un ensemble de solutions conçu pour distribuer le courant électrique dans les bâtiments industriels et alimenter les systèmes d'éclairage avec une puissance pouvant aller jusque 63 A.



Figure VI.4 : Canalisation électrique préfabriquée

VI-4-4. MATERIELS ELECTRIQUES

On entend par "Matériel électrique" : les équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques, et les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, relevant des catégories mentionnées à l'annexe I A de *la directive 2002/96/CE* , et conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 volts en courant alternatif et 1 500 volts en courant continu.

Le matériel électrique est destiné à être utilisé dans le domaine de la production, du transport, de la distribution et de la transformation de l'énergie électrique.

On distingue deux catégories pour le matériel électrique :

- Matériel à basse tension dont la tension d'emploi est inférieure à 1000V.
- Matériel à haute tension dont la tension d'emploi est supérieure à 1000V.



Figure VI.5 : Matériel électrique

Comme matériels électriques, on peut citer :

1- *Transformateurs*

Leur risque d'incendie résulte généralement de l'arc provoqué par un claquage d'isolant. Dans les immeubles de grande hauteur et dans les locaux essentiels constituant le cerveau d'une entreprise, l'alimentation en énergie doit présenter la plus grande fiabilité. Les transformateurs d'alimentation peuvent être classés en :

- Transformateurs **immergés à diélectrique liquide** qui est soit de l'huile minérale, soit un diélectrique chloré (qui tendent à disparaître), soit un liquide siliconé (mais, avec une conductivité thermique faible et une inflammabilité non nulle) ;
- Transformateurs **secs** qui fonctionnent sans diélectrique liquide dans l'air ambiant, et qui sont à la fois robustes, légers, ne nécessitant pas d'entretien et offrent les meilleures garanties sur le plan de la sécurité.

Ils sont soit imprégnés (résines, silicones, fibre de verre), soit enrobés dans un moulage à base de résine chargée. N'étant pas protégés contre les contacts directs, ils doivent être munis d'une protection adéquate (écran, cellule...).

Les dangers d'explosion du transformateur dans l'huile dont l'indice d'oxygène est très bas (27) et le pouvoir calorifique supérieur à celui du fuel, aggravent les sinistres qui peuvent prendre des proportions dramatiques.

Le risque d'incendie, et même d'explosion, des transformateurs à isolant liquide est limité si le transformateur, en liaison avec un conservateur, est maintenu constamment plein et si les relais

Buchholz sont installés sur le couvercle de la cuve du transformateur.

La surveillance de ces relais, en ce qui concerne la nature des dégagements gazeux, doit être effectuée en prenant des précautions particulières pour ne pas provoquer d'inflammation (prise de gaz ramenée à hauteur d'homme). Malgré ces précautions, la cause d'incendie possible est le claquage des traversées, ce qui entraîne un arc à la masse, l'inflammation et un certain écoulement de diélectrique qui peut prendre feu, s'il s'agit d'huile. Un dispositif automatique doit empêcher la vidange du conservateur. Pour éviter de répandre de l'huile enflammée, une cuve de rétention, dont la capacité doit être au moins de 60 % de celle de l'huile contenue dans le transformateur, est généralement placée en dessous avec un dispositif d'extinction constitué par un lit de cailloux retenus par un grillage.

2- Condensateurs

Les condensateurs au PCB sont généralement constitués de feuilles d'aluminium. En cas d'arcs, le dégagement d'acide chlorhydrique résultant de la décomposition du diélectrique risque de provoquer la formation de chlorure d'aluminium dont l'action catalysant peut être à l'origine d'un incendie.

3- Générateurs et moteurs

Suivant leur puissance, le refroidissement de leurs enroulements est assuré par une circulation d'air en circuit ouvert ou en circuit fermé. Sur les alternateurs de grande puissance, la circulation d'air est remplacée par une circulation d'hydrogène ou d'eau.

Dans le cas particulier des alternateurs, les dispositions d'installation peuvent permettre, en cas d'incendie, de transformer, par un jeu de vannes, la circulation d'air en circuit ouvert en circulation d'air en circuit fermé, et l'extinction s'obtient automatiquement par injection de dioxyde de carbone (CO₂). Notons que :

- La quantité de CO₂ injectée doit représenter au moins 20 % du volume total d'air retenu dans le circuit fermé ;
- Cette teneur de 20 % doit être maintenue par injections additionnelles, au moins jusqu'à l'arrêt complet de l'alternateur ; la réalisation d'une étanchéité parfaite étant difficile, l'action du ventilateur rend possible une réalimentation du foyer en air frais, ce qui est dangereux.

4- Disjoncteurs

Les disjoncteurs dans l'air ne présentent de risque que par les manifestations de l'arc engendré à la coupure. Leurs chambres d'extinction et les distances à respecter à leur mise en place le pallient.

Les diélectriques liquides sont généralement remplacés par des diélectriques gazeux (hexafluorure de soufre SF₆) ; le risque pour ces derniers disjoncteurs est généralement minime.

5-Matériel sous enveloppe

La limitation de la propagation d'un arc, résultant généralement d'un amorçage à la masse dû à un claquage, à un contournement d'isolateur ou encore à une insuffisance de pouvoir de coupure d'un appareil, nécessite un compartimentage à l'intérieur des tableaux.

Ce compartimentage, réalisé en matériau non combustible (tôle), éventuellement isolant (jeux de barres), suffit à limiter la propagation d'un défaut interne. Il est en outre recommandé, à l'intérieur d'un même caisson, pour séparer les appareils assurant la commutation de sources différentes (dispositifs normal secours).

6- Relais et appareillage délicat

Du point de vue protection, l'appareillage délicat doit être éloigné des appareils isolés au PVC pour éviter les inconvénients pouvant résulter du dégagement de vapeurs d'acide chlorhydrique. Dans la lutte contre le feu, le dioxyde de carbone présente l'avantage de ne laisser aucune trace, mais, pour le matériel très délicat, le refroidissement brutal dû à la neige carbonique peut provoquer des ruptures de conducteurs. Si les relais, les cartes et microprocesseurs électroniques ne constituent pas, par eux-mêmes, un risque important, en raison de la limitation de l'énergie qu'ils mettent en jeu, ils souffrent très généralement des effets indirects du feu, ne serait-ce que par leur sensibilité à l'acide chlorhydrique dû à la combinaison de l'eau et des produits de combustion du polychlorure de vinyle (PVC) isolant les conducteurs, quand ce n'est pas de l'eau elle-même.

VI-4-5. MATERIELS POUR ATMOSPHERES EXPLOSIBLES

Dans les industries chimiques, pétrolières, mais aussi agroalimentaires de nombreuses substances dangereuses sous formes de gaz, fumées, liquides, poudres ou poussières sont utilisées ou dégagées lors de la fabrication, de la transformation ou du stockage de produits courants tel que : gaz, hydrocarbures, plastiques, vernis, peintures, médicaments, poudres (*Voir annexe 10*)

Les règles relatives aux installations électriques en atmosphère explosible sont données dans l'article spécifique *Matériels et installations électriques en atmosphères explosibles*.

On rappelle que la directive cadre 76/117/CCE du 18 décembre 1975 et 79/196/CCE du 6 février 1979, suivies de nombreuses autres, de même que les normes EN seront à adapter à la directive dite de « *Nouvelle approche* » 94/9 du 23 mars 1994 qui sera entièrement applicable en 2003. Il n'existe pas encore de normes spécifiques d'installation. On rappelle les normes donnant les modes de protection.

Il existe plusieurs modes de protection reconnus par la CEI (Commission Electrotechnique Internationale) et le CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique). Chaque mode de protection est symbolisé par une lettre qui figure sur l'étiquette ATEX du matériel.

Depuis le 1er juillet 2006, les normes de la série EN50014 à EN50028 sont remplacées par celles des séries EN60079 et EN61241 listées dans la figure ci-dessous.

Plusieurs modes de protection peuvent être utilisés sur un même appareil. Dans ce cas les symboles concernés apparaissent les uns après les autres (ex : Ex de Ib IICT4).

Tableau VI.3 : Mode de protection de matériel électrique

MODE DE PROTECTION DES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES				
Normes IEC/EN		Symbole		Principe
Gaz	Poussières	Gaz	Poussières	
60079-0	61241-0	-	-	Règles générales
60079-1	61241-1	d	tD	Enveloppe antidéflagrante
60079-2	61241-2	px/py/pz	pD	Suepression interne
60079-5		q	-	Remplissage pulvérulent
60079-6		o	-	Immersion dans l'huile
60079-7		e	-	Sécurité augmentée
60079-11	61241-11	la/lb/lc	laD/lbD	Sécurité intrinsèque
60079-15		nA nL nR nC	-	Non étincelant Energie limitée Respiration limitée Dispositif scellé
60079-18	61241-18	ma/mb	maD/mbD	Encapsulage

Les modes de protection les plus courants pour l'éclairage ATEX et l'appareillage basse tension ATEX sont le « d » enveloppe antidéflagrante et le « e » sécurité augmentée.

➤ **Enveloppe antidéflagrante « d »** : Les composants qui génèrent des arcs électriques sont enfermés dans une enveloppe qui doit remplir trois fonctions :

- Contenir une explosion interne sans déformation permanente.
- Garantir que l'inflammation ne peut se transmettre à l'atmosphère environnante.
- Présenter en tout point extérieur une température inférieure à la température d'auto-inflammation des gaz présents.

➡ Les normes fixent des valeurs d'interstice « i » et de longueur de point (L) en fonction du groupe de gaz. Les enveloppes antidéflagrantes sont généralement en fonte d'aluminium ou alliage (minimum IP54) et nécessitent une maintenance régulière et rigoureuse (graissage des joints et couples de serrage).

➤ **Sécurité augmentée « e »** : Chaque composant est conçu pour ne pas générer d'étincelles ni d'échauffement excessif ; pour cela :

- Les distances dans l'air sont plus importantes.
- N/ les bornes sont spécifiques (auro-desserrage impossible).
- N/ l'enveloppe est au minimum IP54, en matière antistatique et résistante aux chocs (7Nm)

➡ Les enveloppes à sécurité augmentée sont généralement en polyamide ou en polyester renforcé. Le raccordement des conducteurs doit être rigoureux (dénudée et serrage) et les instructions concernant les tensions d'utilisation et les intensités doivent être respectées. La classe de température prend en compte le point le plus chaud de l'appareil.

Le matériel électrique pour atmosphères explosibles offre généralement des indices de protection très supérieurs au matériel industriel standard.

Le matériel électrique ATEX est généralement conçu pour un fonctionnement dans une température ambiante comprise entre -20°C et $+40^{\circ}\text{C}$. Pour certains appareils équipés de batteries, cette plage de fonctionnement peut-être réduite (par exemple -5°C à $+35^{\circ}\text{C}$ pour un luminaire secouru). Pour les utilisations particulières en pays très chauds ou très froids, certains produits ont été conçus spécialement pour avoir une plage de fonctionnement plus étendue (par exemple jusqu'à -50°C ou jusqu'à $+60^{\circ}\text{C}$). [30]

VI-5. DETECTION DU FEU ET LUTTE CONTRE L'INCENDIE

VI-5-1.GENERALITES

L'astuce pour détecter les risques d'incendies d'origine électrique est de savoir à quoi ressemble une valeur anormale. La meilleure solution consiste à relever des mesures de base pour les composants et les équipements particulièrement importants. Cela vous donne un point de comparaison. Prenez l'habitude de réaliser ces tests une fois par an. Ils permettent de détecter d'autres défauts dans les installations, ainsi que de réduire les coûts de maintenance préventive et de prévention des incendies. [31]

L'association (combustible, comburant et chaleur) est souvent schématisée sous la forme graphique du triangle de combustion (figure IV.6). L'incendie prend naissance généralement lorsqu'en un point précis le triangle de feu s'est refermé.

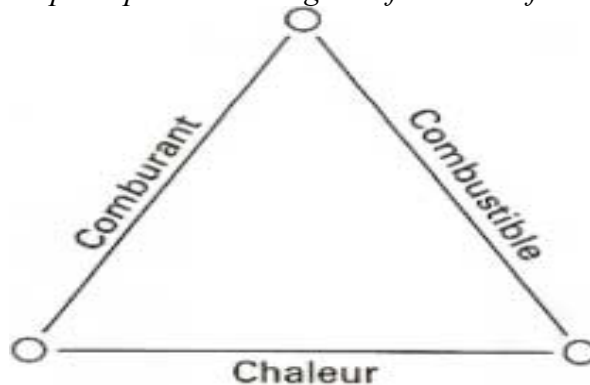


Figure IV.6 : Triangle du feu

La précocité de la détection, de l'alarme et la rapidité d'intervention sont des nécessités absolues pour obtenir le maximum d'efficacité dans la lutte contre le feu. Il importe donc que des mesures soient mises en œuvre pour :

- Détecter (voire avant l'apparition des premières flammes) un feu électrique ;
- Donner l'alarme (aux services internes et aux sapeurs-pompiers)
- Attaquer le feu avec tous les moyens dont on dispose.

La caractéristique essentielle des feux de matériel électrique, notamment pour les câbles, est que, en général, les isolants utilisés (largement à base de PVC) dégagent du chlore et que les additifs employés pour éliminer la combustibilité (antimoine) provoquent des fumées grasses et opaques gênant considérablement les secours. Certains spécialistes ont même émis la suggestion qu'un feu plus rapide mais moins fumigène entraînerait une action plus efficace et des dégâts moins importants. On peut donc être amené, dans certains cas, à assurer un désenfumage et une ventilation, au risque d'activer l'incendie.

Pour qu'un incendie prenne naissance, il faut :

- Du combustible (du bois, des chiffons, des graisses, du caoutchouc, du gaz, etc.)
- Du comburant (l'oxygène est le plus répandu) ;
 - De la chaleur (une flamme, une étincelle, un échauffement, une réaction chimique, etc.).

VI-5-2. CLASSES DE FEU

Tableau VI.4 : Les classes de feu

Classes de feu	Exemples	Extincteurs utilisables
A feux secs (matériaux solides)	bois, carton, tissus, paille, etc.	<ul style="list-style-type: none"> · eau · eau pulvérisée avec additif · poudre polyvalente · mousses
B feux gras (liquides et solides liquéfiables)	essence, alcools, fioul, goudron, graisse, etc.	<ul style="list-style-type: none"> · eau pulvérisée avec additif · poudre polyvalente · CO₂ (dioxyde de carbone) · mousses
C feux de gaz	méthane, butane, propane, etc.	<ul style="list-style-type: none"> · poudre polyvalente, CO₂
D feux de métaux	sodium, aluminium, magnésium, etc.	<ul style="list-style-type: none"> · extincteurs spéciaux

Suivant les types de feu, les moyens de lutte à mettre en œuvre sont différents.

À cet effet, les feux sont classés suivant l'**aliment de l'incendie**, c'est-à-dire la nature du combustible, et les agents d'extinction devront y correspondre. On distingue 4 classes de feux

(Figure VI.7) :

- **Classe A** : feux de matériaux solides, généralement de nature organique, dont la combustion se fait normalement avec formation de braises (bois, papiers, tissus...) ;
- **Classe B** : feux de liquides ou solides liquéfiables (hydrocarbures, graisses, matières plastiques...) ;
- **Classe C** : feux de gaz ;
- **Classe D** : feux de métaux, l'inflammabilité est variable selon le métal considéré et son état physique (poussières, copeaux, blocs...). (*Voir annexe II*)

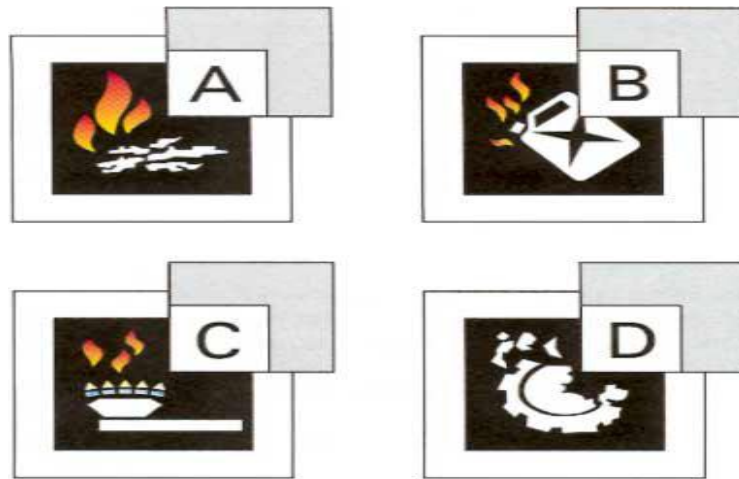


Figure VI.7 – Pictogrammes des classes de feux

Il n'existe pas de classe particulière aux feux électriques, l'électricité étant seulement à l'origine du foyer, les composants tels que les isolants étant les combustibles ; on parle alors de feux **d'origine** électrique.

Notons qu'il existe des *foyers-types*, définis pour chaque classe de feu pour procéder aux essais d'homologation des extincteurs (classe D exceptée).

VI-5-3.COMBURANT

La base du triangle de feu représente le comburant qui est presque toujours l'oxygène de l'air ambiant. Le comburant est l'élément chimique qui permet la combustion.

La prise en compte du risque d'apparition d'Atmosphères Explosives (ATEX) est une nécessité. En effet, elle s'inscrit dans la démarche de prévention des risques en milieu professionnel. Elle est un complément aux évaluations du risque chimique et du risque incendie préalables.

L'oxygène nécessaire à la combustion est généralement apporté par l'air ambiant, mais peut l'être par d'autres produits chimiques générateurs, soit directement, soit au cours de réactions chimiques (l'ammoniaque par exemple). Des expériences ont montré que l'abaissement de la teneur en oxygène de l'atmosphère ambiante au-dessous d'une certaine teneur (15 % par exemple) rendait pratiquement toute combustion impossible.

L'action consiste donc à faire baisser la teneur de l'atmosphère en oxygène ; pour cela, il suffit par exemple d'injecter un gaz neutre (dioxyde de carbone, azote, vapeur d'eau), ce qui a pour effet de faire disparaître les flammes et de transformer en combustion lente la combustion vive des matériaux devenus incandescents.

VI-5-4. ELEMENT D'INFLAMMATION

❖ *Source d'inflammation*

Elles peuvent être amenées notamment par le procès lui-même (flammes, surfaces chaudes...), par des opérations particulières (meulage, soudage, travaux de maintenance), par

l'installation électrique (étincelles, surtensions) dynamiques (court-circuit, défaut d'isolation) ou statiques (frottement).

❖ *Élément d'inflammation*

Si l'on considère la période de début d'incendie, on constate généralement trois phases :

- La distillation, dégageant des vapeurs inflammables ;
- La combustion des vapeurs inflammables ;
- L'élévation de température, provoquée par la combustion vive des vapeurs accélérant leur dégagement par élévation de la température du combustible qui, s'il est à l'état solide, ne tarde pas à devenir incandescent.

Les quelques *définitions* suivantes permettant de mieux saisir les différents processus possibles :

➤ **Point d'éclair** : température à laquelle une substance combustible forme suffisamment de vapeurs pour que le mélange de celles-ci avec l'air s'enflamme en présence d'une flamme pilote, sa combustion ne se poursuivant pas après son retrait.

➤ **Point d'inflammation** (ou **point du feu**) : température à partir de laquelle une substance combustible émet des vapeurs en quantité suffisante pour former avec l'air un mélange inflammable au contact d'une flamme pilote ou d'une étincelle, la combustion se poursuivant même après retrait de la flamme pilote ou de l'étincelle.

➤ **Point d'auto-inflammation** : température à partir de laquelle la réaction de combustion d'une substance dans l'air s'amorce d'elle-même sans qu'elle soit mise au contact d'une flamme ou d'une étincelle ; il peut varier suivant la méthode utilisée pour sa détermination.

➤ **Domaine d'inflammabilité ou d'explosivité des gaz et vapeurs**

— **Combustibles** : Proportion combustible/comburant nécessaire pour assurer la combustion ; il est compris entre deux limites :

— **La limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité**, au-dessous de laquelle un mélange gazeux est trop pauvre (en combustible) pour pouvoir s'enflammer ou exploser ;

➤ **la limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité**, au-dessus de laquelle le mélange gazeux est trop riche (en combustible) pour pouvoir s'enflammer ou exploser.

L'action consiste à contrarier l'élévation de température et tend à ramener le combustible à une température inférieure :

- A son point d'inflammation, s'il s'agit d'un gaz ou d'un liquide ;
- A celle nécessaire pour obtenir un dégagement notable de vapeurs, s'il s'agit d'un combustible solide.

VI-5.5. REGLES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Quels que soient les moyens mis en œuvre, l'*extinction* reste basée sur les **règles** suivantes :

- Rapidité de l'intervention ;
- Limitation d'extension du foyer en direction de l'installation électrique ou de celle-ci vers l'environnement ;

- Choix des moyens d'intervention pour éviter tout risque d'accident au cas où les produits extincteurs (eau pulvérisée, bicarbonate de sodium spécialement traité, dioxyde de carbone) atteindraient des parties sous tension ;

- Mise d'appareils respiratoires à la disposition du personnel appelé à intervenir, la décomposition au feu des isolants donnant, fréquemment, naissance à des vapeurs toxiques, ou à une réduction du taux d'oxygène.

D'autres règles entre autres :

- Maintenez votre installation électrique en bon état.
- Faites installer un détecteur de fumée ou détecteur d'incendie. Le détecteur de fumée alerte dès la formation de fumée dans une pièce. Il permet donc d'avertir les occupants d'un logement dès que l'incendie se déclare pour leur permettre de maîtriser le départ du feu ou de fuir sans être victimes des émanations.
 - Pour être efficace, le détecteur doit être installé à proximité des zones de sommeil.
 - Sur les installations électriques modernes, faites vérifier le coupe-circuit électrique s'il s'est déclenché plus de 10 fois.
 - Evitez de faire passer les fils électriques sous un tapis.
 - Equipez-vous d'un parafoudre.
 - Ayez en tête le numéro d'urgence des pompiers.
 - Ne tentez pas de lutter seul contre le feu sans avoir appelé les secours. [32]

Tout le monde est responsable de la sécurité et doit rester attentif à l'environnement de travail. C'est-à-dire veiller, par exemple : à éteindre les appareils électro-ménagers après utilisation (percolateur, four, chauffe-biberon, etc.) ; à signaler les situations à risque ; à respecter les consignes, etc.

VI-5-6. DETECTION

La fonction fondamentale d'un dispositif de détection automatique d'incendie est de déclencher une alerte perceptible et compréhensible dès le début de la combustion. Cette alarme doit être déclenchée à bon escient.

Un feu se caractérise par dégagement de gaz de combustion et de fumée, production de flammes et élévation de la température.

C'est à partir de l'un de ces phénomènes que fonctionne un détecteur d'incendie.

VI-5-6-1. ROLE DE SYSTEME DE DETECTION

Un système de détection a pour rôle de déceler, signaler et localiser l'incendie. Il peut, en plus, provoquer la mise en œuvre de dispositifs associés tels que fermeture de clapets, de trappes de ventilation et de portes coupe-feu, arrêt de ventilation ou de climatisation, ouverture de clapets et de trappes de désenfumage, mise en service de ventilateurs de désenfumage, mise en service d'installations fixes d'extinction, etc.

Un système de détection incendie a pour but de signaler à un poste central ou au personnel chargé de la sécurité de l'établissement tout événement pouvant être le signe d'un début d'incendie.

Il est nécessaire de mettre en place un système de sécurité incendie (SSI) permettant de détecter le plus rapidement possible un début de sinistre.

VI-5-6-2. SYSTEME DE DETECTION

Un système de détection incendie (SDI) est une unité faisant partie du système de sécurité incendie (SSI), dont l'objectif est de déceler de façon aussi précoce que possible la naissance d'un feu.

Un Système de Détection Incendie assure la détection d'un phénomène lié au développement d'un feu. Le signale le localise et envoie ces informations en vue de faire activer les commandes adéquates tout en évitant de délivrer des alarmes non justifiées. Le système de détection automatique d'incendie comprend au minimum les détecteurs automatiques d'incendie et l'équipement de contrôle et de signalisation (ECS).

L'alarme Fournie par l'ECS a pour but de prévenir l'ensemble des occupants des locaux ou des bâtiments concernés et de provoquer l'évacuation. Elle peut être délivrée manuellement par l'intermédiaire d'un surveillant ou de manière automatique.

Le détecteur automatique est composé d'un capteur surveillant un phénomène chimique résultant d'un incendie, et qui fournit un signal correspondant à l'ECS.

Les systèmes de détection se répartissent en :

- Systèmes classiques *à boucles*, pour petites installations, permettant d'identifier la boucle, dont l'un des détecteurs, au moins, a été sollicité ;
- Systèmes *à localisation d'adresse de zone*, qui permettent d'identifier, individuellement ou par groupes, les détecteurs sollicités ; ils conviennent aux installations importantes ou d'accès difficile ;
- Systèmes *multi ponctuels*, qui, par aspiration d'air du volume à surveiller, acheminent le prélèvement vers une chambre de détection qui signale en permanence toute trace de fumée.

VI-5-6-3. INSTALLATION DE DETECTION

Toute installation de détection d'incendie comporte nécessairement une *centrale*, qui réalise en particulier :

- Une alimentation des détecteurs automatiques ;
- La collecte et l'analyse des informations issues de ces détecteurs ou des dispositifs d'alerte manuels répartis dans les locaux ;
- Le déclenchement des systèmes d'alerte (sonore et visuelle) ;
- Le déclenchement des systèmes associés ;
- La surveillance permanente des boucles de détection et des dispositifs d'alerte ;
- L'affichage ou le report sur un tableau d'affichage, en dehors de la zone à surveiller, des indications relatives à la localisation des feux.
- L'ensemble est appelé *système de sécurité incendie (SSI)*.

Les différents **types de détecteurs**, choisis selon les risques existants, et la configuration des locaux, sont :

➤ **À détection de fumées** : (Par ionisation, par analyse optique) ;

❖ **Détecteur optique de fumée** :

▪ Particulièrement adapté pour les feux couvrants qui mettent longtemps à se déclarer (matelas, poubelle, canapé...) et qui sont les plus courants.

▪ Détection par réflexion d'un faisceau de lumière sur les particules de fumée.

▪ Surface maximale de détection d'environ 60m².

❖ **Détecteur linéaire de fumée** :

▪ Particulièrement adapté pour les feux à évolution lente produisant beaucoup de fumée.

▪ Détection par mesure de l'opacité des fumées blanches ou noires qui traversent le faisceau laser émis par le boîtier et renvoyé par le réflecteur.

▪ Couverture de grandes distances évitant ainsi l'emploi de plusieurs détecteurs.

▪ Détection jusqu'à 100m.

➤ **À détection de flamme** : (Par optique infrarouge, par optique ultraviolet) ;

❖ **Détecteur de flamme infrarouge ou ultraviolet** :

▪ Particulièrement adapté pour les feux à développement rapide (produits inflammables).

▪ Détection des rayonnements infrarouges ou ultraviolets émis par les flammes.

▪ Surface maximale de détection d'environ 550m².

➤ **À détecteur de température** : (Thermostatique (sensibles à un seuil), thermo-vélocimétriques et thermostatiques (sensibles au gradient de température), différentiel (sensible à une différence de température)).

❖ **Détecteur de chaleur thermo vélocimétrique** :

▪ Particulièrement adapté pour les débuts d'incendie occasionnant un développement anormalement rapide de la température ou un dépassement de seuil (60°C).

▪ Détection par mesure de la température ambiante (thermistance associée à un microcontrôleur).

▪ Surface maximale de détection d'environ 30m².

Les systèmes répondent aux normes NF S 61-931 à 61-940 et aux règles R7 de l'APSAD pour leur installation, les détecteurs et tableaux de signalisation, aux normes NF S 61-950 à 61-965.

VI-5-7.MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

❖ **Les extincteurs** : ce sont des appareils portatifs contenant un agent extincteur qui peut être projeté et dirigé sur un feu par l'action d'une pression interne.

• Les extincteurs sont désignés suivant les agents extincteurs qu'ils contiennent.

• Les extincteurs sont de couleur rouge.

• Les extincteurs sont munis d'une étiquette.

VI-5-7-1. AGENTS EXTINCTEURS

Les produits utilisés pour combattre le feu sous diverses formes sont les suivants :

1- L'eau (avec ou sans additifs) agit par refroidissement et/ou par étouffement. Goupille Bleue.

• Eau en jet plein ou jet bâton

Projetée par une lance simple ou mixte, elle convient bien aux feux de classe **A** et à un refroidissement des installations environnantes.

Elle n'est pas conseillée, en BT, pour les feux d'origine électrique ou au voisinage de matériels électriques, du fait de sa conductivité (sauf matériels *étanches*), et interdite en HT.

• Eau pulvérisée

Elle agit par privation d'oxygène et refroidissement et crée un écran protecteur vis-à-vis du rayonnement du foyer.

Dans les installations électriques, la lance DHT (*diffuseur haute tension*) conforme à NF S 61-820, est obligatoire.

2-La poudre agit par étouffement et réaction chimique. Goupille Jaune.

Il en existe trois types :

- Poudres BC (correspondant à ces types de feux) ; difficiles à nettoyer ensuite sur le matériel électrique, leur usage est généralement déconseillé pour l'appareillage sensible (relais, électronique) ;

- Poudres polyvalentes ABC ; leur action doit être complétée, sur les foyers de type A, par le refroidissement par eau pulvérisée (S 60-204) ;

- Poudres D, pour feux de métaux.

3- Liquides émulseurs

Ils permettent :

- D'obtenir avec l'eau une mousse agissant par privation d'oxygène et isolation thermique ; toutefois la formation de mousse est impossible en présence de composants acides tels que ceux formés par la combustion du PVC ;

- D'accroître l'efficacité de l'eau par action des Agents Formant Film Flottant (A3F) à la surface du combustible (par exemple feu de diélectrique de transformateur (NF S 60-210, 220, 225)).

4-Le dioxyde de carbone agit par suppression de l'oxygène. Goupille grise.

Le dioxyde de carbone (CO₂) agit par privation d'oxygène ; il est efficace sur les petits feux de classe B et en espaces confinés (armoires électriques...) ; il peut présenter des risques pour le personnel qui interviendrait avant évacuation par ventilation.

5-Halons

Dérivés halogénés des hydrocarbures, ils ne peuvent plus être utilisés qu'en installation fixe ou pour les extincteurs. Ils agissent par inhibition de la flamme et ne doivent pas être utilisés sur les braises (leurs produits de décomposition sont toxiques et corrosifs).

Leur disparition à terme est programmée et d'autres produits (FM 200, gaz spéciaux) s'y substitueront, tant dans les installations fixes existantes que pour certains extincteurs (NF EN 27201-1).

Tableau IV.5 : Les classes de feu et leurs agents extincteurs

Agent extincteur	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	Feu d'origine électrique	Portée en mètres
Eau pulvérisée	Très efficace	Inefficace	Inefficace	DANGER !	2 à 3 m
Eau pulvérisée + additif	Très efficace	Peu efficace	Inefficace	DANGER !	2 à 3 m
Poudre BC	Inefficace	Très efficace	Très efficace	DEGATS	3 à 4 m
Poudre polyvalente ABC	Peu efficace	Très efficace	Très efficace	DEGATS	3 à 4 m
CO2	Inefficace	Efficace	Efficace	Très efficace	Environ 0.5 m
Halons	Inefficace	Efficace	Inefficace	Très efficace	Environ 0.5 m

VI-5-7-2. MOYENS D' ACTIONS MOBILE

Il s'agit essentiellement d'utiliser des extincteurs qui sont soit portatifs (jusqu'à 10 kg), soit mobiles (sur roues ou sur engins).

Les extincteurs sont identifiés par la nature et la quantité d'agent extincteur contenu, la classe du feu pour lesquels ils conviennent (**Figure VI.9**) et le foyer type d'homologation, par notations pictogrammes (**Figure VI.10**) (Normes NF S 61-900 à NF S 61-920).

En cas d'incendie dans une installation électrique ou à son voisinage, l'attaque doit s'effectuer en observant, outre les prescriptions particulières pouvant être données dans une consigne, les **principes** suivants :

- (a) Mettre hors tension, chaque fois que possible, l'appareil en feu, et, éventuellement, la partie d'installation voisine ;
- (b) Se munir des moyens de protection contre les gaz toxiques, si nécessaire ;
- (c) Ouvrir les exutoires de fumée, s'il en existe ;
- (d) Fermer toutes les ouvertures connues (portes, fenêtres ou trappes) ;
- (e) Employer seulement des appareils mettant en œuvre :
 - Du CO2 (neige carbonique) ;
 - De l'eau pulvérisée, éventuellement avec antigel (à l'exclusion de ceux à base de sels solubles) ou avec un mouillant, en n'utilisant que des dispositifs assurant la pulvérisation directe, sans possibilité de jet bâton (lances non réglables) ;
 - De la poudre (bicarbonate de sodium hydrofugé).

Éventuellement, on peut utiliser le sable mis en place à cet effet conformément à certains textes réglementaires.

L'utilisation d'extincteurs portant la mention « à sur courant électrique » est strictement interdite.



Figure IV.8 : Exemple d'étiquetage d'un extincteur

(f) Attaquer le feu, chaque fois que les circonstances le permettent, le dos au vent, en se rapprochant progressivement du foyer et en observant les prescriptions particulières suivantes :

- Avec le CO₂ ou les halogènes, attaquer directement la base des flammes ;
- Avec l'eau pulvérisée, rabattre lentement le jet de pulvérisation sur la base des flammes ;
- Avec la poudre, après une courte action sur la flamme, rabattre la diffusion sur la base des flammes.

(g) En cas d'inflammation de ses vêtements, la victime se roulera par terre, les témoins la recouvriront de couvertures, de vêtements ou de linges en laine ou en coton, de préférence mouillés, pour obtenir l'extinction par étouffement ; au cas où il ne serait pas possible de s'approcher suffisamment de la victime, on fera usage des extincteurs indiqués au paragraphe (e).

(h) Assurer l'évacuation de tous les gaz toxiques par ventilation des locaux après extinction de l'incendie ; les vapeurs des produits de la combustion étant plus lourdes que l'air, évacuer les gaz délétères en utilisant des ventilateurs spécialement disposés pour aspirer l'air au point le plus bas du local, chaque fois que celui-ci sera en contrebas par rapport au sol extérieur.

Dans le cas où le **matériel** électrique est **sous tension** ou s'il y a un doute, il y a lieu, en outre, de revêtir des gants isolants adaptés à la tension nominale de l'installation et de maintenir entre l'appareillage d'extinction et les pièces sous tension un écartement minimal :

- $Dm = 0,50$ m pour les installations à basse tension ;
- $Dm = 1$ m pour les installations à haute tension de tension ≥ 20 kV ;

- $Dm = 2$ m pour les installations à haute tension à tension comprise entre 20 et 50 kV.

Au-delà de 50 kV, l'usage des extincteurs n'est autorisé que hors tension.

L'usage des lances de pulvérisation pour les ouvrages sous tension (ou susceptibles de l'être), avec diffuseurs DHT, requiert de maintenir entre le diffuseur et les parties actives une distance minimale identique à dm (ci-dessus) jusqu'à 50 kV inclus, puis :

- 3 m entre 50 kV et 250 kV inclus ;
- 4 m au-delà de 250 kV.

Tableau IV.6 : Possibilités d'emploi des extincteurs dans différents cas.

Utilisation des extincteurs					
	Agents extincteurs				
	Eau	Eau +A3F	Poudre polyvalente	Poudre BC	CO2
Emploi selon classes et types de feux					
A – feux secs.....	Xxx	Xxx	xx	x	x
B – liquides produits volatiles, essence	0	Xxx	Xxx	Xxx	x
B –produits moins volatiles, huiles, solides liquéfiables	x	xxx	xxx	Xxx	x
C – gaz.....	0	0	.....	X	0
d- Métaux.....					
Emploi selon application					
Immeubles (bureaux)	Xxx	Xxx	.....	X	X
Immeubles (garages, sous-sols, annexes).....	.....	Xxx	.....	Xxx	X x
Chantier et feux de gaz.....	.....	.....	X	Xxx	
Véhicules de transport de personnes	.....	.....	Xxx	X	
.....	X	X	X	Xxx	
Véhicules aménagés, camions ateliers.....	.....	X	.....	X	Xxx
Matériel électrique d'utilisation courante .....	.....	.....	.....	.....	.....
o Emploi exclu	xx Bon emploi				
x Emploi possible, avec précautions	xxx Emploi recommandé sans action efficace				

Dans le **cas particulier des matériels tournants**, pour les moteurs et générateurs dont la circulation d'air de refroidissement se fait en circuit ouvert, si l'arrêt ne peut être obtenu très rapidement (importance de la masse en mouvement), seule, l'eau pulvérisée injectée dans le sens de la circulation d'air pourra assurer le refroidissement et l'extinction, pour les autres fonctionnements, on peut utiliser également la poudre ou le dioxyde de carbone. Le **tableau (IV.6)** indique les possibilités d'emploi des extincteurs dans différents cas.

L'aspersion par eau, de type déluge : Dite aussi **rideau d'eau**, cette installation peut autant asperger un matériel siège d'un incendie, que le protéger du rayonnement d'un feu voisin ; toutefois, l'aspersion, plus généralisée que dans le cas des sprinklers, risque de provoquer davantage de dégâts.

L'aspersion par mousse extinctrice : L'installation de production de mousse, par émulsion, est particulièrement destinée aux feux de cuves à fuel des groupes diesels, des gros

transformateurs. Une alarme doit prévenir préalablement le personnel susceptible d'être présent dans les locaux à traiter, qui peuvent être entièrement remplis.

Le *noyage d'ambiance par CO2* : Il peut être mis en œuvre aussi bien dans des locaux rendus étanches, que dans des volumes restreints, tels qu'armoires, tableaux, pupitres, etc.

Un délai de l'ordre de 30 s précède la fermeture des issues et le noyage, après mise en action de signalisations sonores et visuelles, maintenues pendant l'émission et jusqu'après vérification du retour à la normale après assainissement des locaux (règles R 3 de l'ASAD).

Le *noyage d'ambiance par halon 1301* : Il s'applique et s'effectue de la même façon que pour le CO 2. Toutefois l'installation peut être plus facilement décentralisée (norme expérimentale S 62-101, Règles R 2 de l'ASAD).

Le rôle joué par les extincteurs portatifs et mobiles comme premier secours d'urgence dans la lutte contre les incendies est important.

Le Code du Travail impose à tout employeur de garantir la sécurité de ses employés, notamment par la mise en œuvre d'une protection incendie appropriée qui comprend des extincteurs portatifs en nombre suffisant et de type adapté au risque à protéger.

Le Code du travail précise seulement qu' « il y a au moins un extincteur portatif à eau pulvérisée de 6 litres au minimum pour 200 m2 de plancher, avec un minimum d'un appareil par niveau ». La règle APSAD « R4 » (des assurances) constitue le référentiel technique reconnu de base. D'autres réglementations spécifiques prévoient également l'installation d'extincteurs, telles que celle relative aux Etablissement Recevant du Public ou celle relative aux Immeubles de Grande Hauteur.

Les extincteurs sont conçus pour combattre des incidents relativement mineurs au départ qui pourraient très vite devenir des incendies majeurs.

Les extincteurs sont donc de plusieurs types : Tout dépend de l'agent extincteur qu'ils contiennent pour l'utilisation adéquate (eau ou mousse, poudre, dioxyde de carbone...) et de leur poids ou de leur équipement (sur roues...). Ils doivent être placés sur des piliers ou sur les murs, en des endroits bien dégagés, de préférence à l'entrée des ateliers ou des locaux. Ils sont signalés par inscription en rouge (conformément à la signalisation de santé et sécurité au travail). Les extincteurs portatifs doivent être conformes à la norme EN-3 et porter le marquage CE. Toute nouvelle installation d'extincteurs doit faire l'objet de la part de l'installateur spécialisé de la délivrance d'un certificat de conformité. [33]

VI-5-8. CONDUITE A TENIR

La conduite à tenir face à un incendie d'origine électrique :

- Donner l'alerte.
- Mettre hors tension l'installation, et éventuellement les installations voisines (couper l'arrivée de gaz s'il y a lieu).
- Fermer les portes et les fenêtres.
- Attaquer le feu à la base à l'aide d'un extincteur adapté (dioxyde de carbone, eau en jet pulvérisé, poudre).

- Après l'extinction de l'incendie, évacuer les gaz toxiques en aérant. [1]

VI-6. CONCLUSION

L'électricité est trop souvent jugée par défaut responsable de la cause d'un incendie. La cause électrique (installations ou récepteurs) constitue certes la première cause accidentelle des incendies mais l'électricité ne met le feu que dans des cas bien précis.

Les incendies des installations électriques représentent la moitié des incendies d'origine électrique dont les conséquences sont graves.

La bonne maîtrise des risques d'incendie et le bon état de matériel permettent d'éviter les dégâts matériels et humains lors d'un incendie dans une installation électrique.

Le rôle de la prévention contre les incendies électriques autrement dit le système de détection est assez important dans le cadre de la lutte contre la naissance d'un incendie dans l'industrie. Diverses stratégies de sécurité peuvent être mises en œuvre afin de préserver l'intégrité électrique des circuits de sécurité.

On conclue que malgré toutes les mesures de prévention et l'évolution de la culture de sécurité employée dans le milieu de travail, le risque d'incendie d'origine électrique est toujours présent dont il peut aboutir à des incapacités de travail et /ou des décès pour les personnes et les détériorations du matériel.

**Chapitre VII : ETUDE DE CAS : ANALYSE DES RISQUES ELECTRIQUES PAR LA
METHODE AMDEC A FERTIAL ANNABA****VII-1. INTRODUCTION**

Au cours de ces dernières années, plusieurs techniques et modèles mathématiques de prévision des risques ont été développés. Citons à titre d'exemple, l'analyse des dangers du procédé (Process Hazard Analysis : PHA), l'analyse des couches de protection (Layers Of Protection Analysis : LOPA) et l'analyse quantitative des risques (Quantitative Risk Analysis : QRA). (HAZOP, AMDEC, Arbre des Causes, Arbre des Evénements...) et des modèles mathématiques des effets et de vulnérabilité. La finalité étant d'estimer les risques individuels et sociétaux et par suite appliquer les mesures qui répondent convenablement à cette estimation. (*Voir annexe 03*)

A travers des données et des recherches approfondies sur les risques d'origine électriques à **FERTIAL ANNABA**, plus précisément au niveau de l'unité centrale utilité CU II, une étude a été faite qui comprend une partie consacrée aux risques liés au poste 63/5.5 KV, afin de bien préciser les moyens à utiliser pour les réduire.

Le choix de la méthode qui a été prise est celui de la méthode « AMDEC » qui est une étude de base permettant l'analyse des modes de défaillances et les traiter avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer ou de minimiser les risque associés.

Pour assurer la sécurité des personnes et des installations, il est nécessaire que ces matériels répondent à des règles strictes et éprouvées.

**VII-2. AMDEC (ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFESTS
ET DE LEUR CRITICITE)****VII-2-1.DEFINITION**

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. (*Voir annexe 04 et annexe 05*)

VII-2-2. LES OBJECTIFS DE L'AMDEC

Les objectifs de l' « AMDEC » sont :

- Rechercher les défaillances pouvant conduire à un événement indésirable ;
- Classifier ces défaillances ;
- Contrôler les défaillances critiques au moyen d'actions correctives.

VII-2-3. LES ASPECTS DE LA METHODE

❖ ASPECT QUALITATIF

L'aspect qualitatif de l'étude 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.

❖ INTERETS

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

❖ LIMITE

- 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.

❖ MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE

- Définir le système étudié ;
 - Découpage du système en sous-systèmes, assemblage, composant, etc ;
 - Définir les modes de défaillance ;
 - Définir les causes des défaillances sous l'angle de fonction et défaillances de performances ;
 - Définir les effets des défaillances locaux et sur le système.

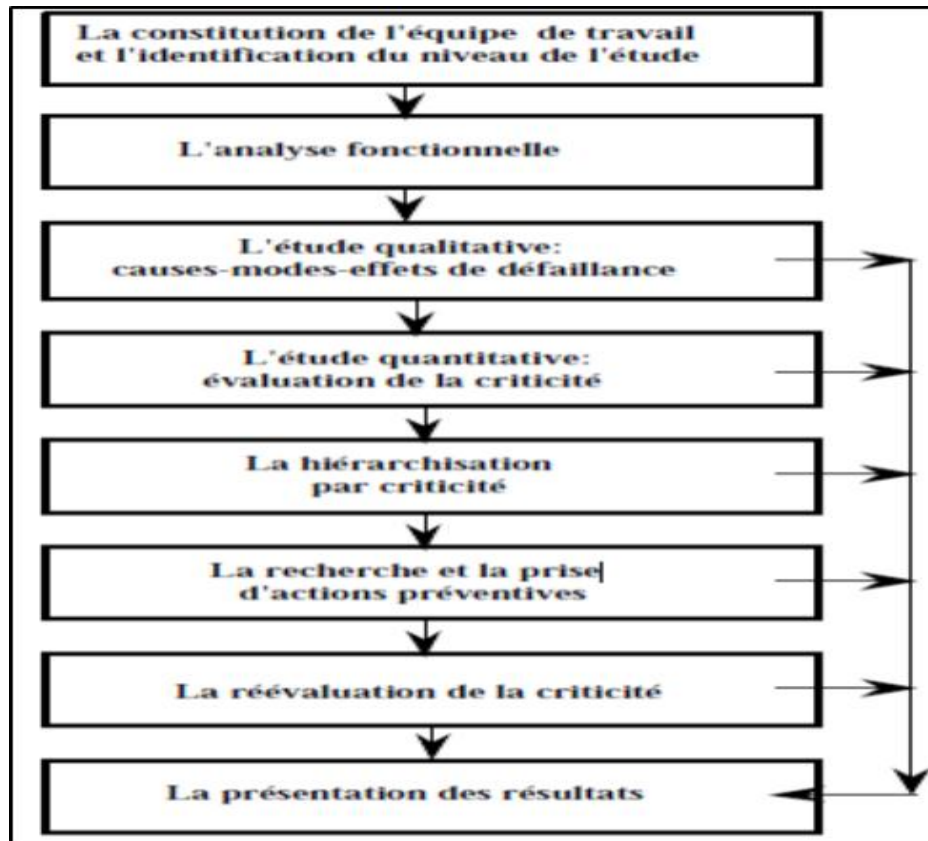


Figure VII.1 : Processus de l'AMDEC

VII-3. PRESENTATION DE FERTIAL ANNABA

VII-3-1. HISTORIQUE DU COMPLEXE

Pour le compte de la SONATRACH, la Société française KREBS a construit le complexe d'engrais phosphates qui a été mis en exploitation en 1972 avec l'entrée en production des unités : acide sulfurique, acide phosphorique et engrais. (*Voir annexe 06*)

La même Société française a parachève la construction d'une unité de Tripolyphosphate de Soude qui a démarré en 1982 ; la même année le complexe d'Engrais Azotes a été mis en exploitation par le démarrage des unités Acide Nitrique et Nitrate d'Ammonium dont la construction fut confié à KREBS.

En 1975 la société française Creusot Loire Entreprise avait été contractée pour réaliser l'unité d'ammoniac dont le premier démarrage a été effectif en 1987.

Le complexe d'ammoniac et d'engrais phosphates/azotes d'Annaba (CEPA) demeurait une partie intégrante de l'entreprise nationale des engrais et des produits phytosanitaires - ASMIDAL issue de la restauration de la société mère SONATRACH, depuis septembre 1984.

En 2001 et dans le cadre de la restructuration de l'entreprise ASMIDAL, le complexe CEPA a été érigé en filiale et pris le nom de FERTIAL. Et juste avant le partenariat les 2 filiales AZOFERT (Arzew) et FERTIAL (Annaba) ont été fusionnées en une seule entité.

En aout 2005 un accord de partenariat « stratégique » entre l'entreprise algérienne des engrais, ASMIDAL, et le Groupo VILLAR MIR espagnol, a été signé pour donner naissance

a l'entreprise FERTIAL les Fertilisants d'Algérie détenue a 34% par le groupe algérien et a 66% par le groupe espagnol et le complexe est devenu la plateforme usine d'Annaba.

VII-3-2. PRESENTATION DU COMPLEXE

La zone d'étude est située a l'extrême Nord-est de l'Algérie, dans la wilaya d'Annaba.

L'ensemble des unités de FERTIAL se trouve sur la plateforme chimique, située au Sud-est de la ville d'Annaba vers la route des salines sur les berges de la mer Méditerranée.

L'usine FERTIAL d'Annaba est située sur un terrain vague de forme trapézoïdale et d'une surface de 184.817 m² dans la zone industrielle qui se trouve au sud de la ville d'Annaba.

Les unités de productions des engrais azotés et la centrale utilité II sont implantées dans la partie nord et les unités de productions d'engrais phosphates et centrale utilité I dans la partie Sud.

Le site du complexe occupe une superficie de l'ordre de 108 hectares délimité aux :

- Nord-est par la méditerranée,
- Sud-est par l'Oued Seybouse et la cite Sidi Salem,
- Sud-ouest par la route RN 44 et par la Cite et El BOUNI
- Nord-Ouest par l'Oued BOUDJLINA et la cite Seybouse.

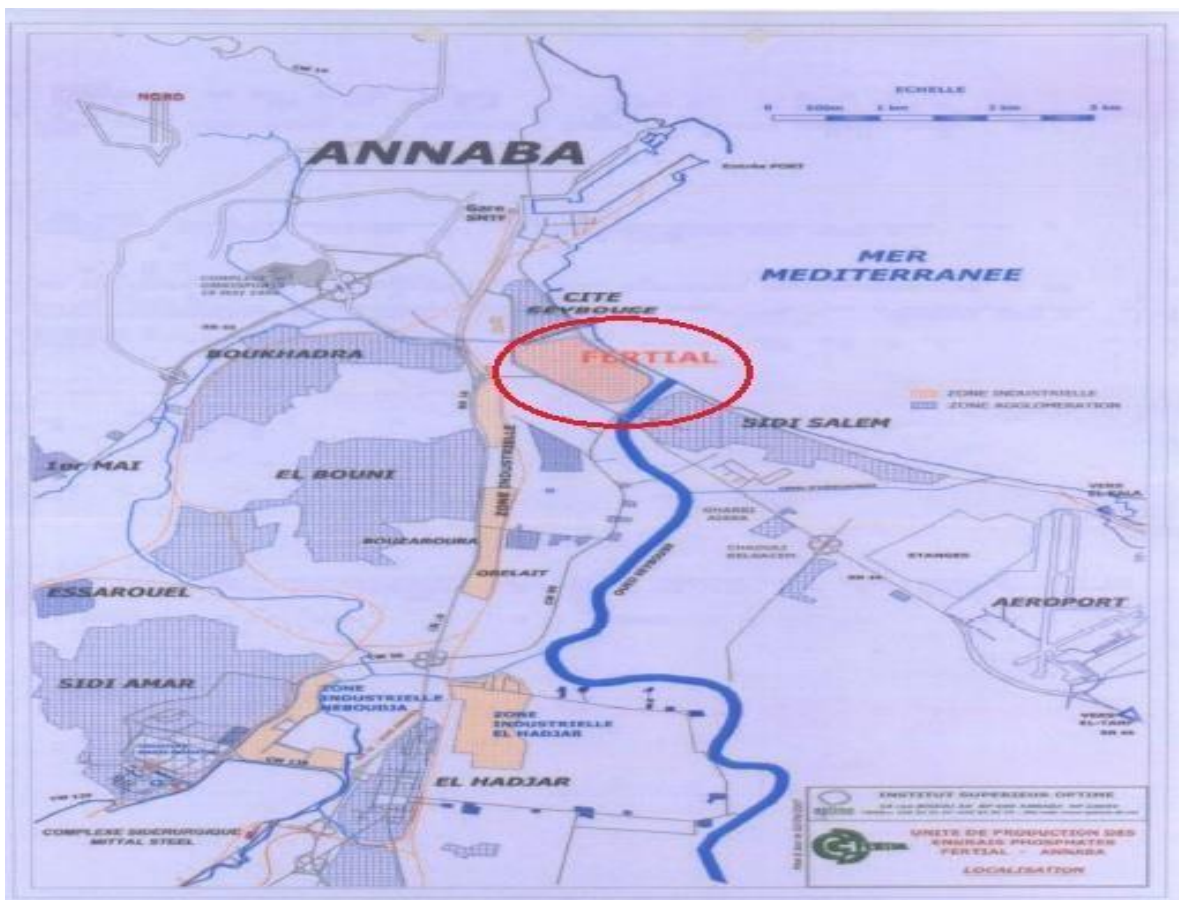


Figure VII.2 : localisation de FERTIAL par rapport à la ville d'Annaba

Dans le cadre de son domaine d'activités, la société des fertilisants d'Algérie FERTIAL SPA ANNABA produit et commercialise:

- L'ammoniac anhydre liquide (-33° C)
- Nitrate d'Ammonium granule a usage agricole et Technique
- Le Calcium Ammonium Nitrate 27% Azotes (CAN 27)
- Différentes types d'engrais NPK (Azote, Nitrate, Phosphate)

VII-3-3. LES UNITES DE PRODUCTION

Les installations opérationnelles réparties sur le site d'ANNABA sont:

- Unité de production et de stockage NH₃
- Unité de production d'acide nitrique
- Unité de production et de stockage du nitrate d'ammonium
- Unité de production et de stockage de NPK
- Unité centrale utilité CU 2

Tableau VII.1 : Liste des unités de production du complexe FERTIAL à Annaba

<i>Unités</i>	<i>Date de mise eu service/ modification</i>
Une unité d'ammoniac- procédé Kellogg	1987
Un stockage d'ammoniac	1987
Une unité d'acide nitrique composée de 2 lignes de fabrication	1982
4 bacs de stockage d'acide nitrique	3 bacs : 1982 - 1 bac : 2001
Une unité de nitrate d'ammonium composée de 2 lignes de fabrication	1982
Une unité de NPK- procédé Pechiney Saint-Gobain	1972
Un centre de conditionnement et stockage du nitrate d'ammonium	1984
4 unités de dessalement eau de mer- multi-flash	1985 – 1987
2 chaudières Bab-cool	1985
1 chaudière standard KESSEL	1987

VII-3-4. DESCRIPTION DE L'UNITE CENTRALE CU2

La centrale est une unité motrice et primordiale pour complexe de production. Elle a pour but de satisfaire le besoin du complexe en matière utilités tel que: eau, vapeur, électricité.



Figure VII.3 : l'unité centrale CU 2

VII-3-4-1. DESCRIPTION PAR INSTALLATION (SECTIONS)

❖ **SECTION DE POMPAGE EAU DE MER :**

Cette section a pour but de produire au complexe une eau de mer qui répond aux conditions de l'Unité de dessalement. Ceci est réalisé par le pompage d'eau de mer du port /station de pompage/ au complexe dans les conditions de pression et de débit demande. L'eau de mer provenant du port, pénètre dans la cheminée d'équilibre, ou un partage de cette dernière se fait dans trois compartiments selon le besoin des utilités (Compartiment 1 : CU II, Compartiment 2 : pour Unité Ammoniac et Compartiment 3 pour NINA). Un compartiment est prévu pour le rejet du surplus d'eau de mer à la mer. (*Voir les annexes 07, 08, 09*)

❖ **SECTION DESSALEMENT DE L'EAU DE MER :**

Il existe 4 blocs de dessalement eau de mer de débit 200t/h par unité. Fonctionnant avec système de distillation (multi-flash) et éjecte-compression. L'eau distillée produite est stockée dans des bacs de réserve.

❖ **SECTION DEMINERALISATION :**

Il existe deux chaînes de traitement des eaux, chaque chaîne est composée d'un filtre à charbon actif et d'un échangeur d'ions à lit mixte la chaîne devra traiter un débit de 70 m³/h d'eau déminéralisée.

❖ **SECTION CHAUDIERE :**

Cette section est composée de trois chaudières deux (bab-cook) et l'autre « standard KECAL » de production de vapeur de : 720 tonne/h unité de pression 40 bar et t= 420°C. La vapeur produite passe par barillet comme moyen de distribution à travers le complexe cette vapeur est présentée aux utilités à différente pression (40 bar, 13 bar, 0,7 bar) par détente.

❖ **SECTION TURBO-ALTERNATEUR :**

Une partie la vapeur produite passe par une turbine qui fait tourner un alternateur produisant de l'électricité (5,5kv) par la transformation d'énergie thermique en énergie mécanique dans la turbine.

❖ **SECTION COMPRESSION D'AIR :**

Cette section a pour but de satisfaire le complexe d'air comprimé (air de service et instrumentation). Il existe 3 compresseurs a doublé étage et effet, débit 1070 Nm³ par unité. Une partie de cet air est utilisée comme air de réserve, l'autre part à travers des sécheurs d'air pour être utilisée comme air d'instrumentation.

❖ **CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT :**

Cette section a pour but de présenter une eau industrielle refroidie pour être utilisée comme source froide pour les échangeurs du procédé de la centrale.

VII-4. IMPLÉMENTATION ET PRÉSENTATION DU POSTE ÉLECTRIQUE 63/5.5 KV

VII-4-1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

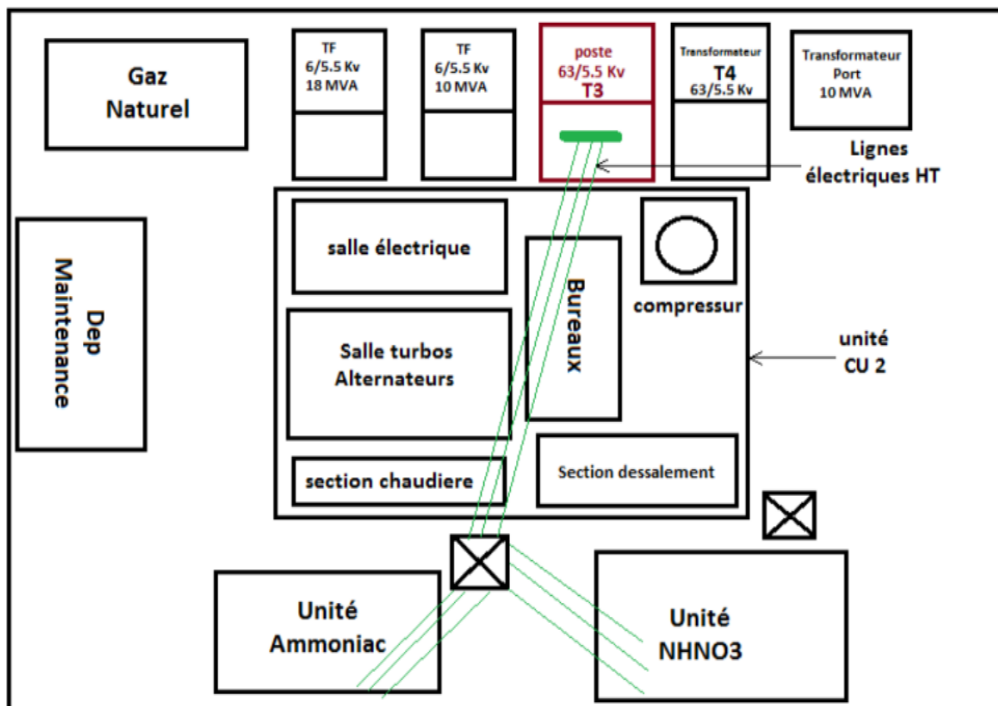


Figure VII.4 : Situation géographique du poste électrique T3 63/5.5 KV

VII-4-2. PRÉSENTATION DU POSTE ÉLECTRIQUE T3 63/5.5 KV

Le poste ouvert de livraison T3 63/5.5 KV du la CU 2 est une installation électrique recordée au réseau de distribution publique sous une tension nominale de 63 KV.

Ce poste est équipé de :

- Deux parafoudres de choc qui assurent la protection contre les foudres et surtensions indésirables.
- Deux sectionneurs qui permettent l'isolement du transformateur de puissance.



Figure VII.5 : Transformateur T₃ 63/5.5 KV

VII-4-3. LES RISQUES LIÉS AU POSTE

Le poste électrique 63/5.5 KV présente des risques :

- Sur le voisinage : le poste électrique 63/5.5 KV est situé à l'intérieur du complexe FERTIAL, entouré par de bureaux administratifs et des ateliers ainsi des routes d'accès ou la distance entre le poste et son voisinage ne répondent pas aux mesures de sécurité.
- Sur le personnel intervenant à l'intérieur du poste pour les travaux électriques ou non électriques.
- Ainsi quelques risques liés à l'architecture du poste (un poste ouvert, sa construction était dans les années 1980, ne répond pas aux normes actuelles et aux exigences de sécurité).

➤ Travaux d'ordre électrique :

- Entretien préventif des matériels électriques.
- Vérification et contrôle des systèmes de protection et de mesurage électrique, manœuvres.

➤ Travaux d'ordre non électrique :

- Désherbage.
- Opération de nettoyage.

VII-4.4. APPLICATION DE LA METHODE D'AMDEC

La figure ci-dessus présente la décomposition fonctionnelle de l'installation électrique étudiée :

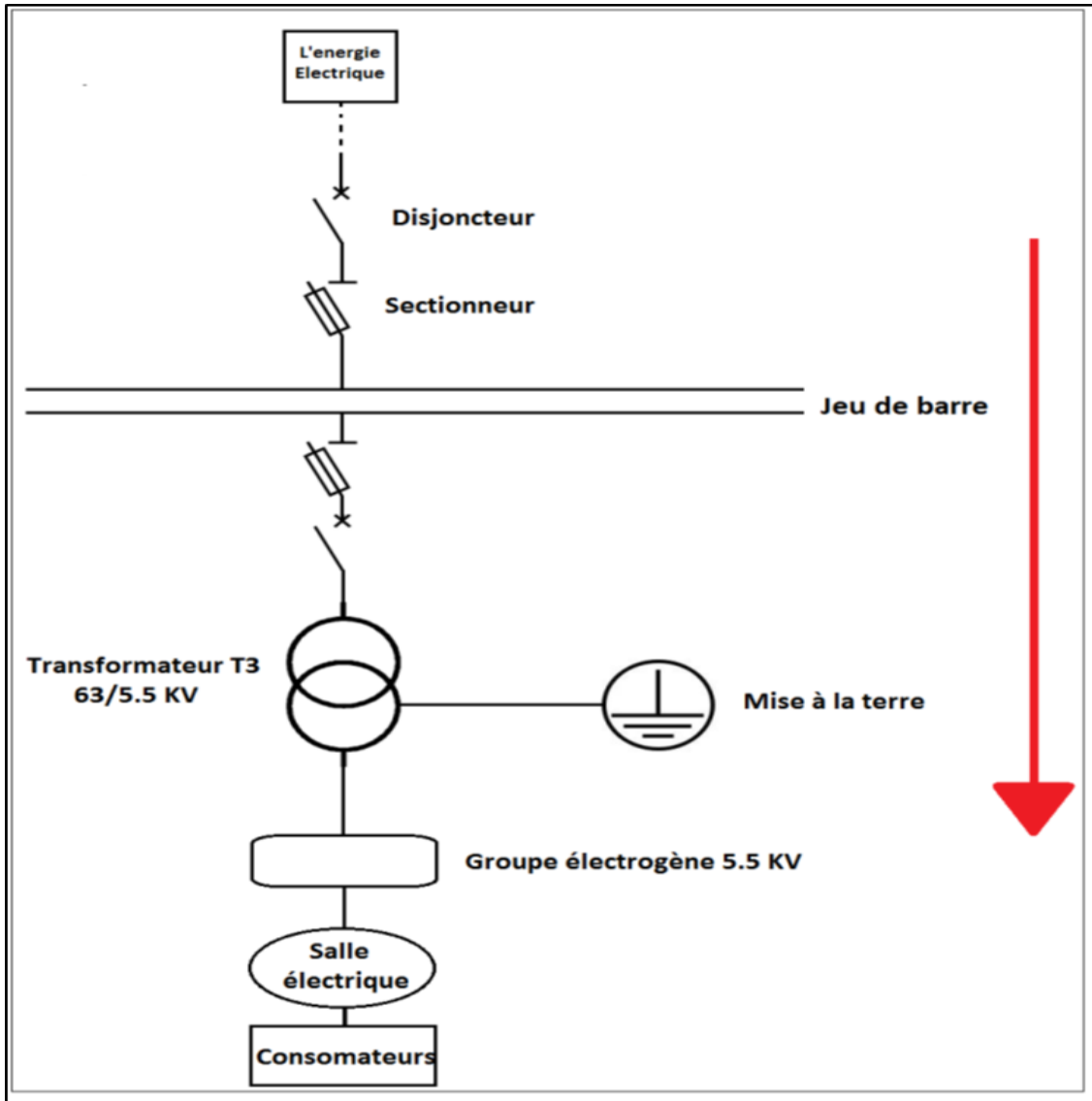


Figure VII.6 : Analyse fonctionnelle de l'installation électrique

Tableau VII.2 : Analyse par AMDEC du sectionneur tripolaire

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Sectionneur tripolaire	Ouvre et ferme le circuit (trois phases)	Ne s'ouvre pas	Blocage Mécanique	Manque de protection en cas de changement de fusible	Lors du manoeuvre	2	4	2	16	Maintenance périodique	1	4	2	8
				Le circuit n'alimente pas en cas de blocage ouvert										
		Ne ferme pas	L'arc électrique	Coupure électricité Explosion lors de changement du fusible Libération de vapeurs toxiques de cuivre et d'acier (fusion de l'installation électrique)		3	4	2	24	Maintenance Périodique Changement de fusible	2	3	2	12

Tableau VII.3 : Analyse par AMDEC du disjoncteur

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Disjoncteur	Protéger le transformateur des surintensités et des surtensions	Pas de déclenchement	Cause mécanique Cause magnétique Perturbation d'huile	Ne déclenche pas en cas de court-circuit Pas de projection de système incendie Coupure de l'électricité	Détecteur de température	3	3	4	36	Programme d'entretien préventif standard	2	2	4	16

						Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	F	G	D	C		F	G	D	C
Jeu de barres	Branche les lignes entre eux	Défaillance structurelle (rupture)	Mécanique Magnétique	Sur échauffement	Détecteur de température	3	3	2	18	Maintenance Et vérification périodique	2	3	2	12
		Dilatation	Mauvaise cirage Vibration Echauffement Refroidissement	Coupure électricité		3	3	3	27	Maintenance Et vérification périodique	2	2	3	12

Tableau VII.5 : Analyse par l'AMDEC du jeu de transformateur T₃63/5.5 KV

						Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	F	G	D	C		F	G	D	C
Transformateur T ₃ 63/5.5 KV	Il abaisse la tension d'alimentation	Sur échauffement	Court circuit	Explosion	Détecteur de fumée	3	5	3	45	Maintenance des réfrigérants	2	4	2	16
		Bobinage grillé	Surintensité Surtension	Incendie		3	4	3	36	Changement périodique d'huile Vérification des fuites	2	2	3	12

Tableau VII.6 : Analyse par l'AMDEC du jeu de transformateur T363/5.5 KV avec d'autres causes

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Transformateur T3 63/5.5 KV	Il abaisse la tension d'alimentation	Dégradation des isolants	Surtension Echauffement	Défaillance électrique	Détecteur de fumée	3	4	2	24	Vérification de la peinture du transformateur	2	3	2	12
		Déplacement enroulement	Court circuit	entrave la circulation d'huile		2	4	2	16	Changement périodique d'huile	2	2	2	8

Tableau VII.7 : Analyse par l'AMDEC de la mise à la terre

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Mise à la terre	Absorption des charges statiques vers la terre	Rupture du câble	Choc mécanique Mauvais serrage Absence de contrôle Mauvais contact	Incendie Explosion	Visuel ou par appareil de détection	2	4	2	16	Vérification périodique de la liaison de la mise à la terre	1	3	2	6

Tableau VII.8 : Analyse par l'AMDEC du groupe électrogène

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Groupe électrogène (5,5 KV)	L'alimentation électrique du poste	Fusible ne fonctionne pas	Erreur humaine	Incendie	Détecteur de fumée	2	4	2	16	Changement de fusible La bonne formation du personnel	2	2	2	8
				Effet thermique										

Tableau VII.9 : Analyse par l'AMDEC de la salle électrique

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur le système	Détection	Indices nominaux				Actions correctives	Indices finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Salle électrique	Contrôle du poste électrique	Défaut d'isolement Echauffement Des appareils de contrôle	Détérioration de la protection des câbles Surcharge	Incendie	Détecteur de fumée / température	2	4	3	24	Coupe feu mise en place Vérification périodique	2	2	3	12
				Incendie										

VII-4-5. RESULTATS DE L'APPLICATION

➤ *Avant l'application :*

Tableau VII.10 : Résultat avant l'application

<i>Eléments</i>	<i>Mode de défaillance</i>	<i>Criticité</i>
Sectionneur tripolaire	Ne s'ouvre pas	16
	Ne ferme pas	24
Disjoncteur	Pas de déclenchement	36
Jeu de barres	Défaillance structurelle (rupture)	18
	Dilatation	27
Transformateur	Sur échauffement	45
	Bobinage grillé	36
	Dégradation des isolants	24
	Déplacement enroulement	16
Mise à la terre	Rupture du câble	16
Groupe électrogène	Fusible ne fonctionne pas	16
Salle électrique	Défaut d'isolement	24
	Echauffement des appareils de contrôle	18



: *Risque acceptable sous contrôle ;*



: *Risque indésirable*



: *Risque inacceptable*

➤ *Après l'application :*

Tableau VII.11 : Résultat après l'application

<i>Eléments</i>	<i>Mode de défaillance</i>	<i>Criticité</i>
Sectionneur tripolaire	Ne s'ouvre pas	8
	Ne ferme pas	12
Disjoncteur	Pas de déclenchement	16
Jeu de barres	Défaillance structurelle (rupture)	12
	Dilatation	12
Transformateur	Sur échauffement	16
	Bobinage grillé	12
	Dégradation des isolants	12
	Déplacement enroulement	8
Mise à la terre	Rupture du câble	6
Groupe électrogène	Fusible ne fonctionne pas	8
Salle électrique	Défaut d'isolement	12
	Echauffement des appareils de contrôle	6



Risque acceptable sous contrôle



Risque acceptable

VII-4-6. INTERPRETATION

D’après l’analyse des risques du système étudié à l’aide de la méthode « AMDEC » on peut hiérarchiser les éléments étudiés selon leur criticité. On a choisi la valeur 16 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse la valeur 16 c’est sur les éléments qu’il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriés.

D’après la criticité on peut distinguer les actions prioritaires pour diminuer les défaillances de ces éléments, tel que :

- Vérification de la liaison mise à la terre.
- Vérifier les disjoncteurs.
- Vérifier les niveaux d’huile des transformateurs.
- Vérifier l’assèchement du transformateur.
- Essayage périodique des sectionneurs ;
- Test périodique des groupes électrogènes ;
- Contrôle thermographique de température ;
- Contrôle visuel.

VII-4-7. STATISTIQUES AVANT ET APRES L’APPLICATION DE L’AMDEC

➤ *Avant l’application :*

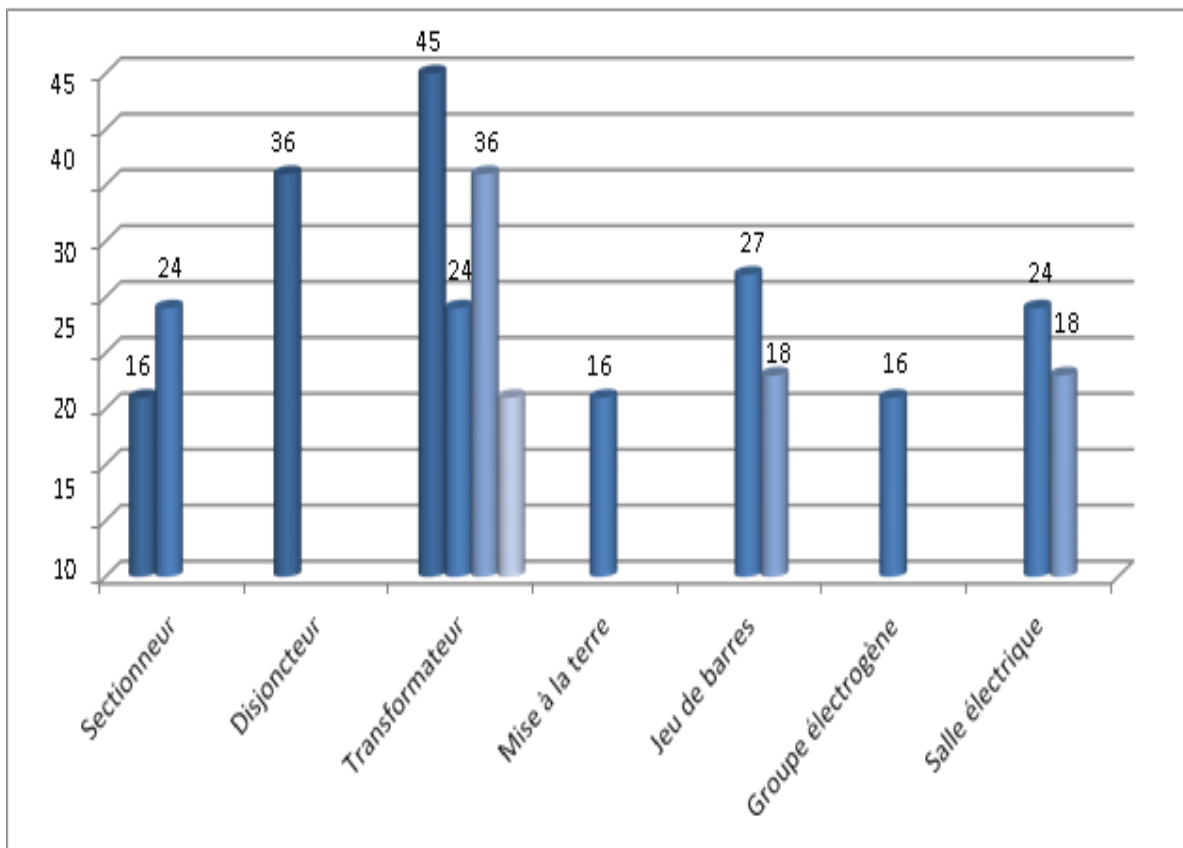


Figure VII.7 : Histogramme des statistiques de la criticité avant l’application de l’AMDEC

➤ Après l'application :

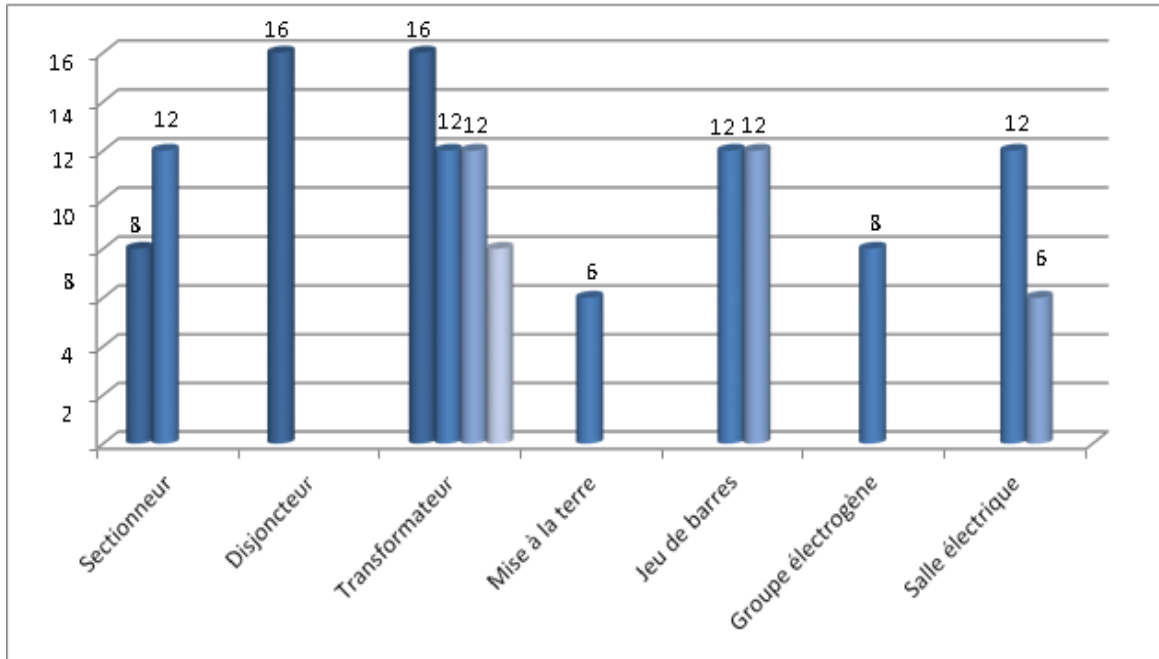


Figure VII.8: Histogramme des statistiques de la criticité après l'application de l'AMDEC

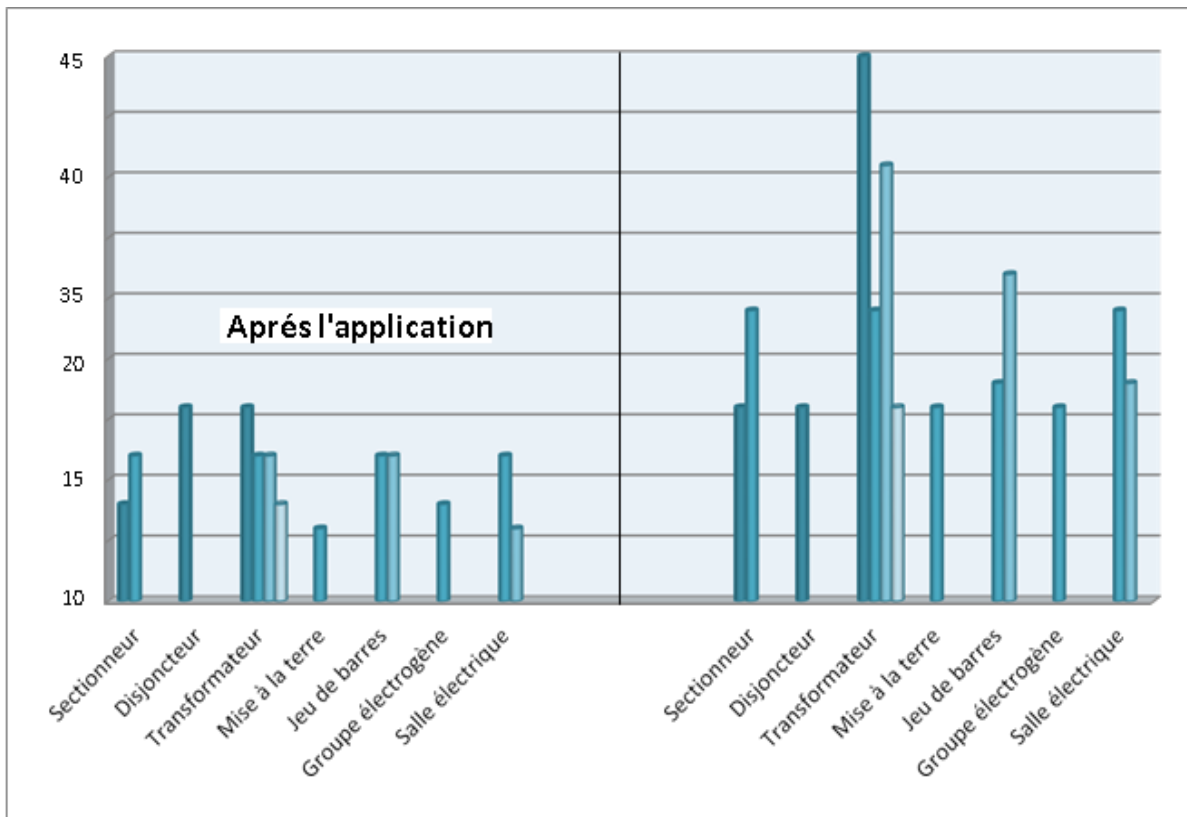


Figure VII.9 : Histogramme de comparaison de criticité avant et après l'application

VII-4-8. CHOIX DES APPAREILS DE PROTECTION

Les appareils de protection électrique sont les appareils destinés à établir ou Interrompre un circuit électrique. Le choix de ces appareils de protection se fait selon leurs fonctions :

- Fonction “ isolement ”
- Fonction “ commande ”
- Fonction “ élimination de défaut ”
- Fonction “ surveillance ”

❖ **Fonction “ isolement ”**: Elle consiste à Isoler ou séparer des sources de courant un circuit à vide. C’est une fonction de sécurité qui a pour but de séparer du réseau une partie d’installation afin de pouvoir y travailler sans risque.

❖ **Fonction “ commande ”** : Il s’agit d’une opération volontaire, manuelle ou automatique, consistant à fermer un circuit ou à l’ouvrir dans ses conditions normales de fonctionnement,

❖ **Fonction “ élimination de défaut ”** : La fonction consiste à séparer des sources une portion de circuit en situation anormale, dont les conséquences peuvent être dangereuses pour le personnel ou le matériel. Cette fonction est aussi parfois Improprement appelée “protection”. L’appareillage ne peut en effet protéger contre l’apparition d’un défaut mais doit Intervenir pour en limiter les répercussions sur les éléments du réseau restés sains.

❖ **Fonction “ surveillance ”** : Cette fonction assure la surveillance des paramètres d’exploitation (tension, courant, température, ...) pour provoquer une alarme ou une ouverture du circuit.

Le tableau ci-dessus définit tous les appareils de protection utilisés dont le but est la sécurité du poste électrique 63/5.5 KV.

Tableau VII.12 : Choix des appareils de protection électrique

Fonctions de l’appareillage				
Appareils de base	Fonctions réalisées			
	Isolement	commande	élimination de défaut	surveillance
Sectionneurs	X			
Interrupteurs		X		
Contacteurs		X		
Disjoncteurs		X	X	
Coupe-circuits à fusibles			X	X
Relais et déclencheurs				X

VII-4-9. LES MOYENS DE PROTECTION DU POSTE ELECTRIQUE 63/5.5 KV

VII-4-9-1. PROTECTION CONTRE LE CONTACT DIRECT

La protection contre le contact direct se fait :

- Par éloignement.
- Par isolation.

VII-4-9-2. PROTECTION CONTRE LE CONTACT INDIRECT

❖ MISE A LA TERRE DES MASSES DES RECEPTEURS :

Cette méthode est valable seule si la résistance de la prise de terre est faible, ce qui n'est pas toujours facile à réaliser. Cela nécessite l'adjonction d'un dispositif différentiel qui coupe automatiquement l'alimentation dès que le potentiel des masses dépasse 25 à 50 V.

❖ DISPOSITIFS DE PROTECTION A COURANT DIFFERENTIEL RESIDUEL (DR) :

Il détecte une défaillance de l'isolement de l'alimentation se traduisant par un déséquilibre des courants dans les conducteurs. Lorsque l'intensité du courant de départ qui s'écoule dans la prise de terre atteint la valeur seuil (30 mA), l'alimentation est automatiquement coupée. Associé dans un même appareil à la protection contre les surintensités, il est appelé disjoncteur différentiel.

❖ PROTECTION PAR SEPARATION DES CIRCUITS :

Réalisée par un transformateur de sécurité équipé donc de 2 bobinages (le primaire côté distribution, le secondaire côté récepteur) et permettant ainsi de séparer les appareils électriques récepteurs de la source d'alimentation. Ce moyen est efficace à la condition expresse qu'aucun point du circuit secondaire ne soit réuni à la terre.

VII-4-9-3. PROTECTION CONTRE LE RISQUE BRULURE

Pour prévenir les accidents qui entraîneront des brûlures dues à l'arc électrique et aux projections de matière en fusion, il faut :

- Protéger les circuits de mesure contre les surintensités.
- Dispositifs à haut pouvoir de coupure.
 - Porter des protections individuelles telles que : lunettes ou écrans faciaux anti UV, gants isolants adaptés à la tension.

VII-4-9-4. CONSIGNATION ELECTRIQUE

Tout travail hors tension sur une installation électrique doit être précédé d'une mise en sécurité dont la procédure s'appelle consignation.

La consignation se décompose en quatre phases :

- Séparation
- Condamnation
- Identification
- Vérification d'absence de tension

L'ensemble de ces opérations doit être inscrit sur un document, l'attestation de consignation pour travaux, signé par la personne responsable de la consignation, et remis à la

personne chargée de la réalisation des travaux qui le signe “pour accord”, avant d’ouvrir le chantier.

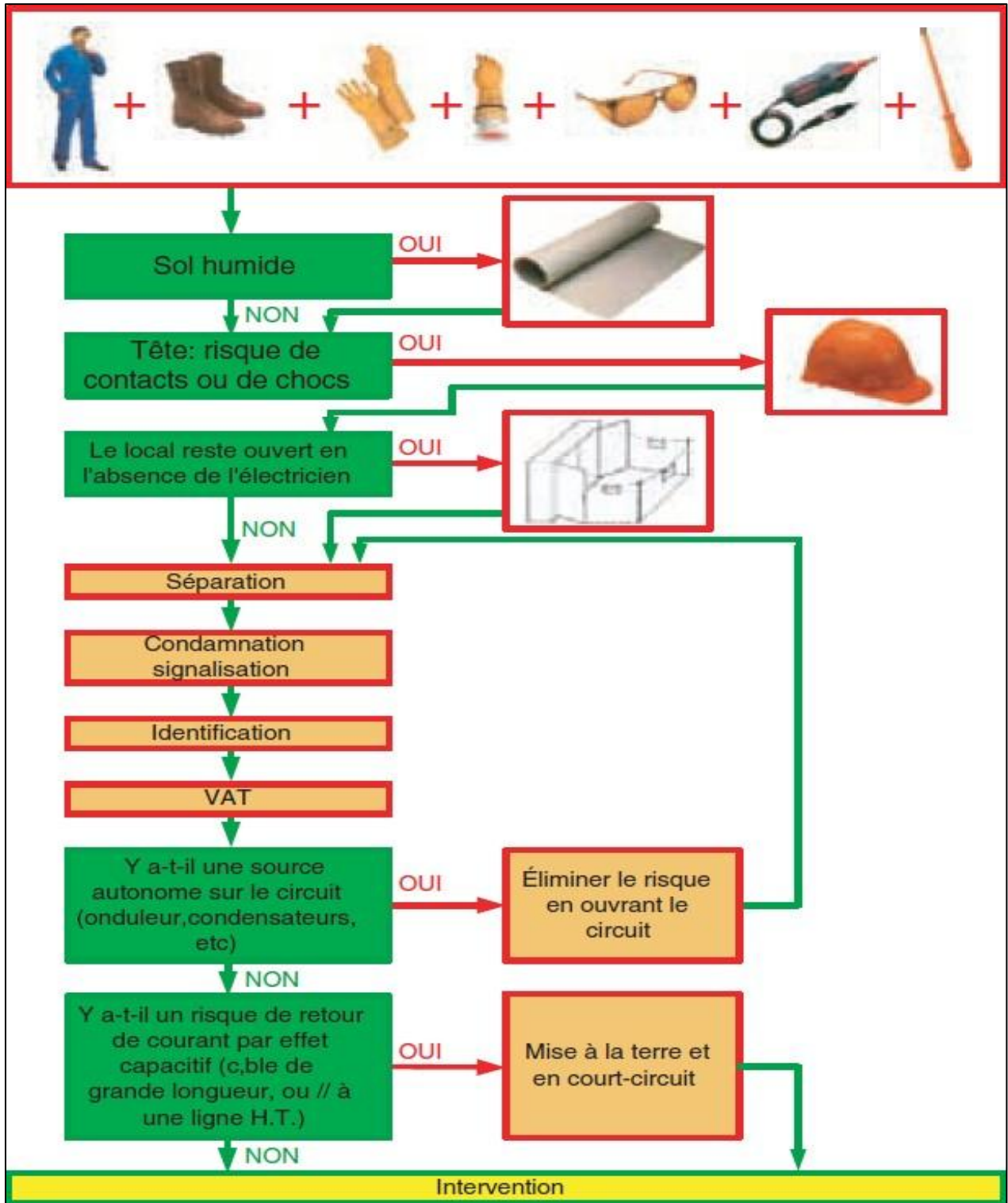


Figure VII.10 : Etapes d'une consignation électrique

VII-5. CONCLUSION

Les risques d'origine électrique doivent être prévenus par les chefs d'entreprise en sécurisant les installations et le matériel électrique, et en habilitant les équipes d'intervention sur ces installations.

Le risque électrique, s'il est mieux maîtrisé, reste toujours présent. Les statistiques sont là pour prouver la diminution du nombre d'accidents tout en démontrant toujours leur exceptionnelle gravité.

D'après notre étude qui a été faite à l'unité centrale des utilités CU II à FERTIAL sur les installations électriques au poste 63/5.5 KV, il a été constaté que plusieurs composantes électriques peuvent être la cause d'un accident d'origine électrique et il se trouve que la méthode d' « AMDEC » est la méthode la plus adéquate pour ce cas, car elle permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (probabilité d'occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

CONCLUSION GENERALE

Bien que la réglementation soit très exigeante en matière de sécurité électrique et malgré l'application intégrale des mesures de sécurité relatives aux travaux hors tension, sous tension et au voisinage, les accidents électriques n'ont pas été restreints comme on pouvait l'espérer ; cela est dû, d'un côté, à la complexité du grand nombre de mesures, de normes et réglementations à appliquer, auquel il faut ajouter les erreurs humaines (d'inattentions ou d'oublis) et matérielles (panne ou phénomènes extérieurs type induction, surtension, effets capacitifs, etc.), d'un autre côté.

Pour assurer une sécurité maximale, que ce soit du personnel au sein du domaine de travail ou dans le domestique, et avant même d'intégrer les mesures de protection dans les processus opératoires, il faut construire une base de sécurité fondée sur des conditions préalables rigoureuses, en particulier l'information et la formation du personnel, la qualification professionnelle c.à.d. avoir des compétences et des connaissances adéquates dans le domaine électriques. Cette aptitude professionnelle doit être contrôlée, révisée et validée par la délivrance d'une habilitation par le chef d'entreprise.

La sécurité impose d'être exigeant au niveau de la conception des équipements électriques afin de garantir que l'utilisation du produit ne présente aucun danger pour l'utilisateur et d'assurer son entretien électrique à temps réguliers, de respecter les distances d'isolement afin d'éviter tout contact avec les tensions dangereuses, de réaliser la liaison à la terre des parties conductrices accessibles pour que ces parties ne deviennent pas dangereuses suite à un défaut, de mettre en fonctionnement un disjoncteur différentiel pour protéger les personnes, de toujours travailler hors tension, sauf cas exceptionnels, ... etc. Ceci doit être complété par une organisation du travail qui exige une préparation minutieuse et l'élaboration de techniques opérationnelles précises.

Cette conception moderne de la sécurité du travail, par une intégration des prescriptions de sécurité dans le processus technologique, rentre dans le cadre de l'application de la conception ergonomique du travail.

Nombreuses sont les règles d'or de la sécurité pour les interventions et travaux hors tension, sous tension et au voisinage, dont nous rappelons, ici, quelques prescriptions qu'il faut absolument respecter :

- Ne jamais travailler sous tension, à moins que ce ne soit absolument nécessaire ;
- Il est permis de travailler sous tension uniquement si :
 - La tension contre terre ne dépasse pas 300 V ;
 - La place sur laquelle on travail est un emplacement isolé ;
 - Les outils sont isolés ou si l'on utilise des gants isolants.
- D'autre part, il est absolument défendu de travailler sous tension si on se trouve :
 - Dans un local mouillé ;
 - Dans un local avec danger de corrosion ;
 - Dans un local avec danger d'explosion.
- Selon les prescriptions (PIE), une tension supérieure à 50 V doit être considérée comme dangereuse ;

- Pendant les travaux, il faut prendre toutes les mesures de sécurité indispensables pour éviter des accidents ou des dégâts ;
- Le conducteur de protection doit toujours être coupé après les conducteurs polaires et relié le premier ;
- Le contrôle des mises à la terre doit être effectué périodiquement ;
- Le contrôle des compteurs doit être fait par les distributeurs d'énergie, au minimum tous les 14 ans ;

- ***Si le travail se fait en laboratoire :***

- Ne jamais travailler seul;
- Toujours porter les protections personnelles (souliers, lunettes de protection);
- Ne pas porter de bijoux métalliques;
- Environnement de travail dégagé et bien éclairé;
- Ne pas travailler dans l'humidité, sur un sol humide ou mouillé, les pieds nus;
- Planifier l'expérience: prévoir des calibres adéquats, pas de connexion hasardeuse ou douteuse, appareils de mesure adéquats utilisés correctement;
- Travailler hors tension dès que possible (témoins lumineux) pour votre protection et celle des appareils;
- Câblage du montage;
- Installation des appareils de mesure.

- ***Si le travail est hors tension :*** Il faut toujours :

- Séparer l'installation ou l'équipement de toute source possible de tension ;
- Condamner le ou les appareils de séparation en position d'ouverture ;
- Contrôler l'absence de tension ;

Eventuellement il faut :

- Mettre à la terre et en court-circuit tous les conducteurs ;
- isoler les parties avoisinantes sous tension ou placer des écrans de protection.

- ***Si travail se fait sous tension***

- Manipulations avec UNE main seulement;
- Ne pas modifier les connexions;
- Utiliser les dispositifs de sécurité (disjoncteur, panneau de mesure, etc.).

- ***Si accident est d'origine électrique***

- Commencer par couper le courant ;
- Puis secourir la victime ;
- Et alerter les secours (SAMU n°115, pompiers n°14).

Un défaut électrique peut entraîner la production d'étincelles et l'échauffement anormal d'un système électrique parcouru alors par un courant incompatible avec ses caractéristiques. Ces effets peuvent conduire à un incendie généralisé ou à une explosion, si des matières inflammables se trouvent à proximité.

Les incendies et les explosions sur le lieu de travail sont souvent spectaculaires et parfois mortels. Leur prévention fait l'objet d'une réglementation spécifique.

Il faut toujours respecter les règles de sécurité et surtout rester particulièrement vigilant !

BIBLIOGRAPHIE

N°	DESIGNATIONS
[1]	Le livre de Mme « Nacera ROUHA » sur la sécurité électrique
[2]	www.inrs.fr.formation-réglementation-prévention-risque-electrique
[3]	www.preventica.com
[4]	www.oppbtp.com
[5]	www.preventionbtp.fr
[6]	www.simco-ion.fr
[7]	www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6345/ed6345.pdf
[8]	Commission électrotechnique internationale, « Théorie du circuit », dans IEC 60050 Vocabulaire électrotechnique international », p. 131-12-58 « borne d'entrée » ; « 131-12-59 « borne de sortie » » [archive]
[9]	https://physique-chimie-college.fr/definitions-fiches-science/puissance/
[10]	https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physiquechimie/seconde/mecanique/champ-electrique.html
[11]	www.electriciteguide.com/guide/principe-dune-installation-electrique-domestique.htm
[12]	https://www.maxicours.com/se/cours/protection-des-personnes/
[13]	https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-reseaux-et-applications-tiadc/archive-1/prevention-des-accidents-electriques-d5100/nature-et-importance-des-accidents-d-origine-electrique-d5100niv10002.html
[14]	http://meteosat.pessac.free.fr/IMA/ressources/Electrotechnique/Gif_ETT/triphas.htm
[15]	https://www.abcclim.net/regime-neutre-tt-tn-c-tns-it.html
[16]	https://www.iso-exterieure.fr/quels-sont-les-dispositifs-de-protection-dune-installation-electrique/
[17]	https://www.iso-exterieure.fr/quels-sont-les-dispositifs-de-protection-dune-installation-electrique/
[18]	https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-disjoncteur-differentiel-general-10642/
[19]	https://monelectricite.pro/definition-dun-contacteur/
[20]	https://www.prestawatt.fr/quest-selectivite-circuits-electriques
[21]	https://electrotoile.eu/dispositif_differentiel_ddr.php#:~:text=1.2.-,D%C3%A9finition%20%3A,de%20terre%20dans%20l'installation.
[22]	https://www.editions-tissot.fr/actualite/sante-securite/soudage-a-l-arc-electrique-risques-et-mesures-de-prevention
[23]	https://www.officiel-prevention.com/dossier/formation/securite-btp/la-prevention-des-risques-professionnels-des-travaux-souterrains
[24]	https://www.interventionprevention.com/entretien-installations-electriques/
[25]	https://pro.bureauveritas.fr/conseils/verification-electrique
[26]	Règlement général sur les installations électriques – Livre 1-
[27]	https://e-electricity.com/fr/category/switchgear/product
[28]	[Livre de prévention des risques électriques de Monsieur M.HAMMANI BACHIR consultant HSE]
[29]	https://www.lne.fr/fr/essais/securite-electrique
[30]	http://www.negosphere.fr/images/marque/60.pdf
[31]	https://www.fluke.com/fr/apprendre/blog/installations-electriques/tests-et-mesures-dans-le-cadre-de-la-prevention-des-incendies-electriques

[32]	https://www.aviva.fr/conseils-en-assurance/mes-biens/prevenir-incendies-electrique.html
[33]	https://www.officiel-prevention.com/dossier/incendie/materiels-fixes-et-mobiles-de-lutte/materiels-fixes-et-mobiles-de-lutte-contre-lincendie

ANNEXES DES TABLEAUX

Annexe n 01	Tableau 01 : Statistiques des accidents électriques à FERTIAL
Annexe n 02	Tableau 02 : Effets des accidents électriques selon le domaine de la tension
Annexe n 03	Tableau 03 : Méthodes d'analyse des risques
Annexe n 04	Tableau 04 : Evaluation de la criticité
Annexe n 05	Tableau 05 : Evaluation de la gravité
Annexe n 11	Tableau 06 : Classe de feu

Tableau 01 : Statistiques des accidents électriques à FERTIAL

Année	Heures travaillées	Nombre d'accident		Nombre de jours perdus	Taux de fréquence	Taux de gravité
		Sans arrêt	Avec arrêt			
2013	798,234	9	3	56	3.75	0.07
2014	786,546	3	1	10	1.27	0.01
2015	779,235	3	2	33	2.56	0.04
2016	799,659	1	1	21	1.25	0.02

Tableau n 02 : Effets des accidents électriques selon le domaine de tension

DOMAINE DE TENSION	COURANT ALTERNATIF	COURANT CONTINU
TBT	$U \leq 50$ volts	$U \leq 120$ volts
BTA	$50 < U \leq 500$ v	$120 < U \leq 750$ v
BTB	$500 < U \leq 1000$ v	$750 < U \leq 1500$ v
HTA	$1000 < U \leq 50$ kV	$1500 < U \leq 75$ kV
HTB	$U > 50$ kV	$U > 75$ kV

Tableau 03 : Méthodes d'analyse des risques

Méthode	Avantages	Inconvénients
APR	<ul style="list-style-type: none"> - Méthodique/facile - Bien adapté aux procédés discontinus, aux risques mal connus, aux Installations peu étudiées 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas exhaustive (risque d'oubli) - Caractère préliminaire (détail du procédé non couvert) - Ne traite pas les Interactions
HAZOP	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptée à des procédés continus - Systématique - Utilisable pour gérer les modifications - Transposable à un système de pensée 	<ul style="list-style-type: none"> - Lourd - Divergence facile - Ne permet pas la représentation des combinaisons d'événements ou leur enchaînement

Tableau 04 : Evaluation de la criticité

		Niveau de Gravité			
		Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
	Frequent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
	Probable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
	Occasionnel	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable	Inacceptable






Fréquence	Rare	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable	Indésirable
	Improbable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle	Indésirable
	Invraisemblable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable sous contrôle

Tableau 05 : Evaluation de la gravité

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 n 06 : Classe de feu

Classes	classe A	classe B	classe C	classe D	classe F
Signalétique					
Dénomination	Feux "secs" ou "braisants" Feux de matériaux solides formant des braises	Feux « gras » Feux de liquides ou de solides liquéfiables	Feux « gazeux » Feux de gaz	Feux de métaux	Feux d'huiles et graisses végétales ou animales (Auxiliaires de cuisson)
Combustible	bois, papier, tissu, plastiques (Polychlorure de vinyle), déchets ...	Hydrocarbures (essence, fioul, pétrole), alcool, solvants, acétone, paraffine, plastiques (polyéthylène, polystyrène), graisses, goudrons, vernis, huiles, peinture et câble électriques, ...	propane, butane, acétylène, gaz naturel ou méthane, gaz manufacturé,	limaille de fer, phosphore, poudre d'aluminium, poudre de magnésium, sodium, titane, ...	En lien avec l'utilisation d'un auxiliaire de cuisson (cocotte minute, friteuse,)
Agent extincteur	Eau pulvérisée (A) Eau pulvérisée avec additif (émulseur) ou mousse Gaz inerte	Dioxyde de carbone (CO2) Eau pulvérisée avec additif (émulseur) (AB) ou mousse Poudres BC (BC) Gaz inerte	Poudres BC (BC)	Extinction réservée aux spécialistes avec du matériel adapté (poudres D) (sable sec, terre sèche).	Poudres BC (BC) Agents de classe F (carbonate de potassium ou acétate d'ammonium)
	Poudres polyvalentes ABC				
Manœuvres et risques	L'eau est indiquée, bon marché, et agit par refroidissement	Extinction au CO2 à condition que la surface enflammée ne soit pas trop grande	Fermer la vanne d'alimentation. Attention : risque d'explosion en cas de soufflage de la flamme !	Danger d'explosion : eau interdite !	Refermer le récipient avec le couvercle, une couverture anti-feu ou une serpillière humide (pas trempée ! l'huile réagit violemment au contact de l'eau)

ANNEXE DES FIGURES

Annexe n 06	Figure 01 : Organigramme de FERTIAL ANNABA département sécurité
Annexe n 07	Figure 02 : Section déminéralisation des eaux
Annexe n 08	Figure 03 : Chaudière au niveau de la CU2
Annexe n 09	Figure 04 : Turbo alternateur au niveau de la CU2
Annexe n 10	Figure 05 : Explosion d'origine électrique
Annexe n 12	Figure 06 : La norme NFC

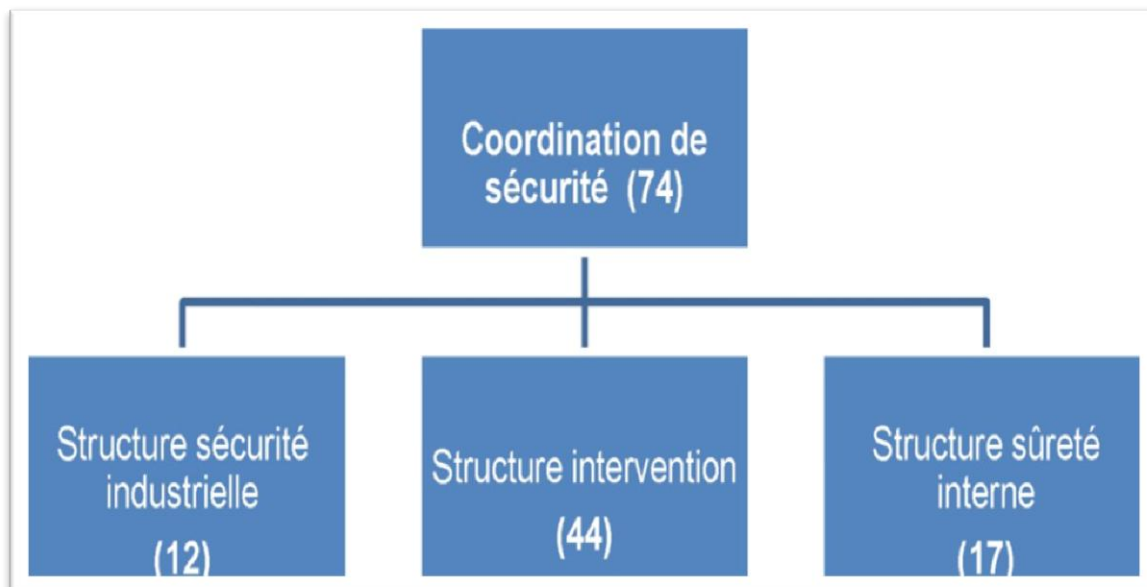


Figure 01 : Organigramme de FERTIAL ANNABA département sécurité



Figure 02 : Section déminéralisation des eaux



Figure 03 : Chaudière au niveau de la CU2



Figure 04 : Turbo alternateur au niveau de la CU2



Figure 05 : Explosion d'origine électrique

LES POINTS CLÉS DE LA NORME NF C 15-100⁽¹⁾

Les prises de courant

— Les quantités par pièces



» EN SAVOIR PLUS



» EN SAVOIR PLUS



» EN SAVOIR PLUS

SÉJOUR



Total minimum suivant la surface

- de 28 m²

5 mini



+ de 28 m²

7 mini



CHAMBRE



Total minimum toute surface

3 mini



PRISES SUPPLÉMENTAIRES

+2 mini



À proximité des prises de communication RJ 45, en priorité dans le séjour

AUTRES PIÈCES



De plus de 4 m², hors WC

1 mini



CUISINE



Total minimum suivant la surface

- de 4 m²

3 mini



+ de 4 m²

6 mini



Prises cuisine alimentées par un circuit électrique dédié, hors prises commandées ou spécialisées : four électrique, lave-vaisselle, plaques de cuisson...

Option : une prise en plus pour la hotte



1,80 m mini

dont 4 mini en plan de travail

— Les quantités par circuits électriques



» EN SAVOIR PLUS



(1) La norme NF C 15-100 amendement 5 concerne les installations dont les permis de construire ont été déposés à partir du 27 novembre 2015.

Figure 06 : La norme NFC