



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
UNIVERSITE CHEIKH CHAHID LARBI TEBESSI -TÉBESSA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE



DOMAINE DE FORMATION : Sciences et Technologies

Sécurité électrique

Filière : Sciences et technologie
Spécialité : Électrotechnique et Automatique
Niveau : Deuxième Année ST

Présenté par : **Dr. BOUKADOUM Aziz**

Année universitaire : **2022/2023**

Semestre: 4
Unité d'enseignement: UED2.2
Matière 2: Sécurité électrique
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

La matière a pour objectif d'informer le futur licencié sur la nature des accidents électriques, les méthodes de secours des accidentés électriques et de lui donner les connaissances suffisantes pour lui permettre de dimensionner au mieux les dispositifs de protection du matériel et du personnel intervenant dans l'industrie et autres domaines d'utilisation de ces équipements.

Connaissances préalables recommandées:

Notions d'électricité.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Risques électriques (2 semaines)

Définition et but de la sécurité du travail, Légende et historique du risque électrique, Organisme de normalisation, Statistiques sur les accidents électriques.

Chapitre 2 : Nature des accidents électriques et dangers du courant électrique (3 semaines)

Classement (actions directe et indirecte du courant électrique), Impédance du corps humain, Paramètres d'influence du courant humain, Effets pathophysiologiques du passage du courant électrique, Electrisation sans perte de connaissance, Electrisation avec perte de connaissance (fibrillation ventriculaire).

Chapitre 3 : Mesures de protection (6 semaines)

Introduction, Protection de personnes, Réglementation, Mesures de sécurité, Travaux hors tension, Travaux au voisinage des installations électriques, Protections individuelles et collectives, Protection contre les courants direct et indirect, Tension de sécurité, Schéma de liaison à la terre (SLT), Effets du champ électrique et magnétique, Protection du matériel, Dispositifs de protection (types et fiabilité des dispositifs), Installations intérieures BT, MT et HT, Appareils mobiles BT, Vérifications et contrôles.

Chapitre 4 : Mesures de sécurité contre les effets indirects du courant électrique (2 semaines)

Les incendies, Les matières nuisibles, Les explosions, Les bruits et les vibrations (Définition, normes et techniques de luttés contre le bruit).

Chapitre 5 : Mesures de secours et soins (2 semaines)

Attitude à observer en cas d'accidents électriques, Premiers soins, Ventilation assistée (méthodes du bouche à bouche et de Sylvester), Massage cardiaque externe, Soins aux brûlés.

Mode d'évaluation :

Examen final: 100 %.

Références bibliographiques:

- 1-V. Semeneko, Prescriptions Générale de Sécurité Technique dans une Entreprise, Université de Annaba, 1979.
- 2- A.Novikov, Cahier de Cours de Protection de Travail, Université de Annaba, 1983.
- 3- Edgar Gillon, Cours d'Electrotechnique, Dunod, Paris 1966.
- 4- Encyclopédie des Sciences industrielles, Quillet, Paris, 1983.
- 5- L.G. Hewitson, Guide de la protection des équipements électriques, Dunod, 2007.

Avant Propos

La sécurité électrique est un ensemble de pratiques pour les personnes qui sont exposés à la manipulation et à la maintenance d'équipements électriques. Il s'agit d'un ensemble de directives qu'ils suivent pour atténuer les risques électriques et prévenir ses effets dangereux en cas d'incident.

Dans ce contexte, la Sécurité électriques est une matière essentielle de l'unité de découverte dans le programme des étudiants LMD deuxième année Sciences et Technologie, Socle Commun 4^{ème} semestre dont les filières de L'Electrotechnique et de L'automatique.

Cette matière à pour objectif d'informer les étudiants sur la nature des accidents d'origine électriques, les moyennes et les méthodes de secours ainsi que à donner des connaissances suffisantes pour permettre de dimensionner au mieux les dispositifs de protection du matériel et du personnel intervenant dans l'industrie et d'autres domaines d'utilisation de ces équipements.

En effet, L'emploi de l'énergie électrique de façon permanente dans tous les domaines, depuis sa production d'énergie électrique jusqu'à sa consommation fait que le risque électrique est présent partout et doit être évalué et maîtrisé en toute occasion possible. Dans ce contexte, Le contenu de ce polycopié de cours est présenté avec un style très simple qui permet aux étudiants une compréhension rapide et efficace.

Sommaire

Avant Propos

Sommaire

Introduction

CHAPITRE I : RISQUES ELECTRIQUES

1.1 Définition et but de la sécurité du travail	8
1.2 But de la sécurité de travail	8
1.3 Histoire des risques électriques	8
1.4 Normes et texte réglementaires	9
1.5 Normes et texte réglementaires	12
1.6 La législation relative à la prévention et la sécurité au travail	12
1.6 Statistiques de l'INSERM	13
1.7 Statistiques de la CNAM	14
1.8 Différentes statistique (d'après documents INRS)	15
1.9 Accidents d'origine électrique selon le comité technique national (CTN)	16
1.10 Accident d'origine électrique selon l'élément matériel en cause	17
1.11 Classification des risques	19
1.12 Les accidents de travail	20
1.13 Statistiques	22
1.14 Analyse de la répartition des accidents de travail	22
1.15 Analyses de la répartition des accidents de travail par branche d'activité	22
1.16 Statistiques de l'INRS en France	23
1.17 Secteurs les plus touchés:	23
1.18 Nature du travail	23
1.19 Qualification du personnel accidenté	23
1.20 Conséquences de l'accident	23
1.21 Principaux facteurs ayant entraîné l'accident	23
1.22 Les accidents du travail	23
1.23 Conclusion	24
CHAPITRE 2 NATURE DES ACCIDENTS ELECTRIQUE ET DANGER DU COURANT ÉLECTRIQUE	
2.1 Principes généraux à connaître	25
2.2 Qu'est ce qu'un arc électrique ?	25
2.3 Qu'est ce qu'un court-circuit ?	26
2.4 Accidents d'origine électrique	26
2.5 Conditions de survenue d'une électrisation	26

Sommaire

2.6 Dommages corporels dus à l'électricité	27
2.7 Les effets des courants électriques sur l'organisme	28
2.8 Stimulation ou inhibition des phénomènes électriques cellulaires	28
2.9 Mode de contact	30
2.10 Effets du courant électrique sur le corps humain	34
2.11 Impédance électrique du corps humain	37
2.12 Situations des personnes	38
2.13 Impédance du corps humain	41
2.14 Tension de contact	41
2.15 Courant I_c	42
2.16 Effets du courant électrique I_c	44
2.17 Aspects cliniques des accidents d'origine électrique	45
2.18 Conclusion	45
CHAPITRE 3 MESURES DE PROTECTION	
3.1 Introduction	46
3.2 Protection contre les chocs électriques	46
3.3 Mesure de protection sans coupure de l'alimentation	49
3.4 Protection contre les contacts indirects	51
3.5 Tension limite de sécurité	52
3.6 Caractéristiques du risque :	52
3.7 Les dispositifs de protection différentielle	54
3.8 Les Régimes de neutre	56
3.9 Les différents types de SLT	59
3.10 Dispositif différentiel :	62
3.11 Schéma TN	62
3.12 Conducteurs neutre et protection confondus :	62
3.13 Schéma IT	65
3.14 Cas du départ éloigné	66
3.15 Tensions dangereuses	67
3.16 Perturbations électromagnétiques	69
3.17 Protection contre les surtensions	72
3.18 Conclusion	75
CHAPITRE 4 MESURE DE SECURITE CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DU COURANT ELECTRIQUE	

Sommaire

4.1	Mesure de sécurité pour le matériel électrique	76
4.2	Mesures préventives	78
4.3	Equipement de protection individuelle	78
4.4	Principaux équipements de protection individuelle contre les risques électriques :	79
4.5	Prévention des accidents :	79
4.6	Consignation et déconsignation	82
4.7	Mesure de grandeurs électriques	82
4.8	Habilitation des intervenants	84
4.9	Prévention et éducation	85
4.10	Les risques électriques	86
4.11	Risques d'électricité statique	87
4.12	Pour une sécurité maximum dans la zone considérée :	87
4.13	Pour diminuer les possibilités de charges électrostatiques :	87
4.14	Pour maintenir de bonnes manières de travailler :	88
4.15	La prévention des risques	88
CHAPITRE 5 MESURES DE SECOURS ET SOINS		
5.1	Introduction	90
5.2	Bruits et vibrations	91
5.3	Statistique bruit au travail	91
5.4	Vibration	93
5.5	Secours de la personne	95
5.6	Comportement général	96
5.7	Attitude à observer en cas d'accidents électriques	98
5.8	Premiers soins	99
5.9	La réanimation cardiopulmonaire	102
5.10	Ventilation artificielle	102
5.11	Brûlures électriques	102
	Conclusion générale	105
	Références	106-108

INTRODUCTION

L'énergie électrique est employé dans tous les domaines, domestiques, commerciaux, industriels, l'agriculture, ...etc. Alors, la présence des risques d'accidents d'origine électrique se trouvent également partout. Présent et invisible comme tous les risques inhérents aux formes supérieures de l'énergie, il a en revanche le mérite d'être bien connu, facile à maîtriser, ce qui, tout compte fait, le rend presque familier et en tout cas moins redouté que, par exemple, Contact direct et instantané de parties conductrices sous tension (desserrage de bornes, conducteurs accidentellement libère, pénétration de corps étrangers conducteurs, etc.). Le risque d'accident du travail d'origine électrique est faible en regard des autres risques. Cependant, les accidents qui en résultent sont particulièrement graves et ils sont souvent dus à une méconnaissance des risques, à un mode opératoire dangereux ou à une mauvaise préparation.

Le travail dans le domaine électrique conduit parfois à des situations particulières avec une diminution des protections, des câblages provisoires ou des régimes de fonctionnement exceptionnels. Il est donc important que les personnes amenées à diriger, entretenir ou intervenir dans les domaines, électriques soient sensibilisées à ce risque. La protection des personnes s'appuie sur des normes et des décrets. Mais elle s'appuie aussi sur une bonne connaissance des installations électriques et de l'appareillage. Il faut reconnaître que la sécurité 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. La protection légale des travailleurs est ensuite abordée à partir de décrets et d'arrêtés spécifiques. La formation du personnel intervenant à proximité des installations ainsi que l'équipement de protection sont également des aspects primordiaux à ne pas négliger.

Ce polycopié contient cinq chapitres, chacun pour leur partie, vont développer les manières de comprendre, d'analyser et de maîtriser le risque électrique. C'est pour cette raison que le premier chapitre de ce polycopié est consacré aux "risque électrique" .il traite le but de la sécurité du travail, Légende et historique du risque électrique, Organisme de normalisation, Statistiques sur les accidents électriques.

Dans le chapitre 2. S'est attaché à présenter la " Nature des accidents électriques et dangers du courant électrique". Les fondamentaux du choc électrique et du courant électrique passant à travers le corps humain.

Le chapitre 3 est consacré au " Mesures de protection "s'attache à présenter les mesure de sécurité, protection des personnes , du matériels, règles de construction d'installation des ouvrages ,des installations électriques à savoir les travaux hors tension, représentant la meilleure sécurité puisqu'il n'existe plus de risque de choc électrique, les travaux au voisinage où les mesures de protection permettent de travailler dans un espace sécurisé, et enfin les travaux sous tension où la présence permanente de la tension est gérée par des mesures rigoureuses de protection du personnel qui conduisent à une situation de travail sécurisée. Les outils, dispositifs et équipements utilisés doivent être de bonne qualité et bien entretenus.

Le chapitre 4 est consacré au" Mesures de sécurité contre les effets indirects du courant électrique" il traite Les incendies, Les matières nuisibles, Les explosions, Les bruits et les vibrations.

Le chapitre 5 est consacré au "Mesures de secours et soins" il traite Attitude à observer en cas D'accident électrique est les premières soins tel que la ventilation assistée, massage cardiaque, soins aux brulés.

CHAPITRE 1

RISQUES ELECTRIQUES

1.1 Définition et but de la sécurité du travail

La sécurité du travail repose sur un système sociotechnique, ensemble géré par des mesures de prévention des risques collectives et individuelles plus ou moins développées en fonction de la culture de prévention et de protection des travailleurs contre les accidents du travail et les maladies professionnelles. En d'autres termes, la santé et la sécurité au travail est une démarche pluridisciplinaire qui vise à supprimer ou à réduire les risques d'accidents susceptibles de se produire lors de l'exercice d'une activité professionnelle.

1.2 But de la sécurité de travail

La politique de santé et de sécurité au travail a pour objectif de limiter les risques professionnels tout en améliorant les conditions de travail de l'ensemble des salariés. Toutes les activités professionnelles comportent des risques à des degrés différents (accidents ou maladies).

1.3 Histoire des risques électriques

Il faut savoir que le phénomène d'électricité statique tue chaque année des centaines de personnes. 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 et posa le principe de la mise à la terre.

Le professeur richmann 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 donc on peut le considérer comme étant le premier exemple, attesté scientifiquement, d'accident électrique 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.

Les premiers risques ont apparus. Ces premiers incidents furent surtout chimiques dus aux produits contenus dans les piles. Ces produits ont répandu des vapeurs toxiques dans des laboratoires mal aérés. Ces premières piles furent des victimes. Ensuite tout s'emballa très

vite, 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.

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. La voie était ouverte à ces méthodes dont on connaît l'importance aujourd'hui.

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.

Entre 1970 et 1980, le professeur autrichien Biegelmeier s'est livré sur lui-même à des mesures de courant et d'impédance sous des tensions allant de 10 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 [3].

1.4 Normes et texte réglementaires

1.4.1 La réglementation

Le code du travail permet au ministre du travail de prendre des décrets portant règlement d'administration publique en vue d'assurer l'hygiène et la sécurité des travailleurs [4]. Il existe une véritable hiérarchie des différents textes, voir Figure .1.1

- La Loi : votée par l'assemblée nationale elle définit des objectifs à atteindre.
- Le Décret : Il découle d'une loi, il est signé 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 : Émise pour les services techniques ou administratifs des ministères, et destinée aux fonctionnaires, elle analyse les textes et détermine une ligne d'action.

- La Note Technique : Émise par les services techniques des ministères, et destinée aux fonctionnaires, elle donne une interprétation technique d'un point particulier.

1.4.2 Arrêtés

De nombreux arrêtés d'application ont été publiés. Certains renvoient à des normes d'installation et plus particulièrement à la NF C 15-100 « Installations électriques à basse tension ». Ces arrêtés couvrent plusieurs domaines comme par exemple :

- *la protection des installations électriques ;*
- *les circuits et les installations de sécurité ;*
- *la vérification des installations, ... etc .*

1.4.3 La Normalisation

Les normes

Ce sont des documents de référence qui apportent des réponses à des questions technique et commerciales [5] répétitives. Elles sont élaborées selon des procédures strictes par l'ensemble des acteurs concernés : producteurs, utilisateurs, laboratoires, pouvoirs publics, consommateurs, puis homologuées par un organisme d'état : AFNOR (Association française de normalisation) pour la France, D.I.N (Deutsche Institut für Normung) pour l'Allemagne, S.I (Standard Institut) pour la grande Bretagne.

Rôle d'une norme

La norme est donc un ensemble de textes d'application volontiers et contractuelle. Elle n'est pas obligatoire et correspondant à des critères momentanés qui peuvent évoluer dans le temps. Dans certains cas, elle peut être rendus obligatoire par arrêté : c'est le cas pour la norme NFC15-100, norme de réalisations portant sur les installations électrique basse tension.

Différentes familles de normes

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

- NF C 15 100 : installations électriques à basse tension;
- NF C 13 100 : poste de livraison HT/BT;
- NF C 13 200 : installations électriques en haute tension.

Norme de conception

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

- NF C20-010 : classification des degrés de protection procurés par enveloppes (boitier, carcasses de machine...);
- NF C20-030 : règles de sécurité relatives a la protection contre les chocs électriques ;
- NF C71-008 : règles particuliers concernant les baladeuses (éclairage portail).

Organisme de normalisation

La norme sont définies et élaborer par organismes institutionnels au niveau français, la normalisation en France est réglementée par la loi du 24 mai 1941 qui a créé l'Association Française de Normalisation (AFNOR) et définit la procédure d'homologation des normes.

Cette loi est complétée par le décret n° 84-74 du 26 mai 1974 modifié par les décrets n° 90-653 et 91-283. C'est elle qui assure la certification de produits et de service, critères de qualité baser sur une grande exigence. Cette certification s'appuie sur des résultats d'essais, de contrôles de normes, de règlement technique donnant le marquage NF (norme francais), certification de produits dans divers secteurs tels ceux de l'électricité, de l'ameublement, le marquage CE définissant la conformité des produits aux exigences des directives européenne; La certification de système ISO 9000, définissant des critères de qualité. Il existe des organismes de normalisation pour chaque secteur d'activité économique. Pour le secteur de l'électricité et de l'électrotechnique c'est la comite électrotechnique française (C.E.F).

Concernant le matériel, les installations et les services, c'est l'union technique de l'électricité (U.T.E) qui fournit des normes homologues et des normes enregistre, mais également des guides et des publications qui ne sont alors que des recommandations. La publication UTE 18-510 regroupe les prescriptions de sécurité pour les travaux dans les établissements soumis au décret du 14 novembre1988.

Les normes homologuées doivent être appliquées aux marchés passés par l'état, les établissements et services publics. Au niveau européen.

Il existe trois organismes de normalisation :

- Le comité européen de normalisation (C.E.N) ;
- Le comité européen de normalisations pour l'électrotechnique (CENELEC) ;
- L'institut européen de normalisation des télécommunications (E.T.S.I.).

1.5 La législation relative à la prévention et la sécurité au travail

La législation relative à la prévention et la sécurité au travail fait appliquer le droit de l'homme à la santé au travail. En Algérie, la santé au travail pour tous les travailleurs est un droit législatif. Nous citerons les [2] textes les plus importants :

“ *Loi 83-13 du 2 juillet 1983 relative aux accidents de travail et aux maladies professionnelles -N° JORA 28 du 05/07/83. TITRE 5 : Prévention. Article 73, 74 et 75* ”

“ *Loi 85-05 du 16 Février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.*

“ *Loi 88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène lqa sécurité et à la médecine de travail. N° JORA 04 du 27/01/88* ”

1.6 Statistiques de l'INSERM

L'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale) recense la plupart des cas mortels. Le tableau 1.2 en récapitule les données pour les années 1970 à 1999 (les statistiques actuelles n'étant plus publiées).

1	2	3	4	5	6	7	8
Année	Hommes	Femmes	Total	Population (en 10 ⁶ habitants)	Consommation par millions d'habitants (10 ³ kWh)	Taux (4/5) pour 10 ⁶ habitants	Taux (7/6) pour 10 ⁶ habitants et 10 ³ kWh consommés
1970	176	26	202	50,52	2,573	4	1,55
1975	144	29	173	52,65	3,166	3,28	1,04
1980	130	19	149	53,59	4,326	2,78	0,64
1985	146	22	168	55,06	5,077	3,05	0,60
1990	112	22	134	56,61	5,704	2,37	0,41
1995	76	10	86	58,02	6,341	1,48	0,23
1999	69	12	81	58,39	6,735	1,39	0,20

Tableau 1.1 Accident [3] mortels (doc .INSERM)

Les colonnes 1 à 4 proviennent de l'INSERM.

Les colonnes 5 à 8 proviennent du croisement avec les chiffres tirés des enquêtes annuelles du ministère chargé de

Tableau 1.1 Accident [3] mortels (doc .INSERM)

Les colonnes 1 à 4 proviennent de l'INSERM. Les colonnes 5 à 8 proviennent du croisement avec les chiffres tirés des enquêtes annuelles du ministère chargé de l'énergie (Industrie). Ce taux tient compte tant de l'accroissement de la population que de celle de la consommation. On note, sur cette période, une baisse constante du nombre d'accidents.

1.7 Statistiques de la CNAM

La CNAM (Caisse nationale de l'assurance maladie) couvre le domaine général des risques professionnels et publie des statistiques d'accidents du travail. Le tableau 1.3.en récapitule les données pour les années 1981 à 2010.

Année	AT-arrêt	AT - IP	Décès	Nombre de journées perdues
1975	2 793	360	67	
1980	1 883	247	50	
1981	1 829	225	40	
1982	1 671	224	41	
1983	1 601	210	39	
1984	1 445	209	30	
1985	1 306	185	42	
1986	1 228	149	29	
1987	1 254	143	25	
1988	1 200	196	43	
1989	288	172	37	
1990	1 308	177	35	
1991	1 288	174	38	
1992	1 225	167	27	
1993	1 045	128	25	
1994	958	118	13	
1995	930	122	12	
1996	916	99	19	45 180
1997	906	86	17	39 484
1998	896	89	9	35 526
1999	861	81	11	40 538
2000	888	84	12	45 399
2001	874	69	16	Non enregistré
2002	915	97	8	50 817
2003	837	87	6	52 655

2004	865	79	22	49 935
2005	802	90	5	43 156
2006	834	74	11	48 018
2007	838	86	11	42 766
2008	771	82	9	47 917
2009	807	79	5	50 691
2010	713	74	5	44 662

AT-arrêt : accidents du travail avec arrêt

AT-IP : accidents ayant entraîné une incapacité permanente

Tableau 1.3 Accidents du travail [3] d'origine électrique (doc. CNAM)

On observe sur la période 1998-2008 une moyenne de 853 accidents enregistrés ayant pour cause l'électricité, 84 accidents graves et 11 mortels, pour un nombre de journées perdues de 41 521. Pour se faire une idée de l'incidence du facteur électricité sur la population active on note que pour l'année 2008, 18 508 530 salariés ont été concernés, qu'il y a eu 703 976 accidents avec arrêt, 44 037 accidents graves, 569 décès et 37 422 365 journées perdues. Si on compare ces derniers chiffres avec les moyennes précédentes, on peut dire que l'électricité représente 0,12 % des accidents, 0,19 % des accidents graves, 1,94 % des accidents mortels et 0,11 % des journées perdues. Bien que la tendance à la baisse apparaisse sur une longue période, il faut cependant constater que le nombre d'accidents mortels n'arrive plus à baisser significativement. Cette situation laisse penser qu'il faut maintenir en permanence une grande vigilance lors des opérations sur ou au voisinage des ouvrages et des installations électriques dans tous les usages de l'électricité, d'autant plus que le risque d'accident mortel est 10 fois plus grand que pour les autres accidents.

1.8 Différentes statistique (d'après documents INRS)

L'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) reprend les résultats publiés par la CNAM et a produit une analyse d'une centaine d'accidents sur des installations à basse tension, sur une quinzaine d'années.

A- Evolution des accidents d'origine électrique

Le nombre des accidents du travail [6] d'origine électrique est passé de près de 3 000 avant 1975 à 834 en 2006. Il en va de même des accidents graves, dont le nombre recule de 360 en 1975 à 74 en 2006. Cette tendance traduit une plus large maîtrise du risque, mais les analyses de sévérité sont là pour nous en rappeler la particulière gravité.

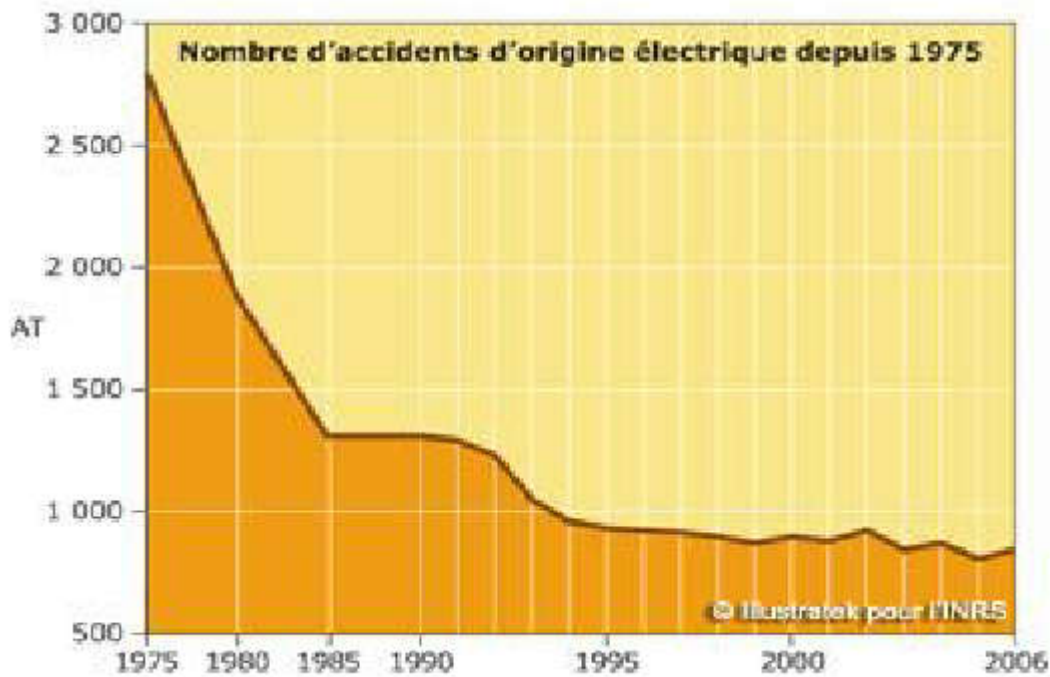


Figure 1.4 Evolution du nombre [7] d'accidents d'origine électrique depuis 1975

Triangle de sévérité

Les triangles de sévérité mettent en lumière la particulière gravité du risque électrique. Les accidents d'origine électrique sont 17 fois plus souvent mortelles que les accidents ordinaires.

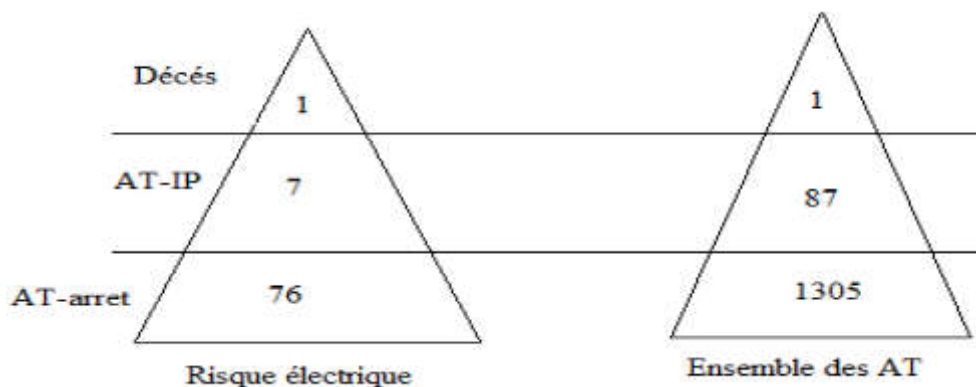


Figure 1.5 Triangle de sévérité INRS

1.9 Accidents d'origine électrique selon le comité technique national (CTN)

En 2006, on comptait 834 accidents [7] d'origine électrique. Les salariés les plus touchés : le secteur du bâtiment et des travaux publics (31 %). la métallurgie (18 %). Les activités de service et du travail temporaire (14.3 %). L'alimentation (11.6 %).

Accidents d'origine électrique selon le CTN			
Comités techniques nationaux	AT-arrêt	AT - IP	Décès
A Métallurgie	150	5	0
B Bâtiment et travaux publics	258	34	7
C Transports, EGE, Livre, Communication	61	4	0
D Alimentation	97	7	1
E Chimie, Caoutchouc, Plasturgie	30	3	1
F Bois, Ameublement, Papier-carton, Textiles, Vêtement...	31	2	0
G Commerces non Alimentaires	53	4	1
H Activités de Services I	35	2	0
I Activités de Services II et Travail Temporaire	119	13	1
Total électricité	834	74	11
Ensemble des accidents du travail	700 772	46 596	537
Pourcentage des accidents dus à l'électricité	0,12 %	0,16 %	2,05 %

Tableau 1.4 Accidents d'origine électrique selon le CTN

1.10 Accident d'origine électrique selon l'élément matériel en cause

On peut noter que, dans 69 % des cas, les circonstances de l'électrisation ne sont pas connues. Ou sont insuffisamment précis. Les accidents se produisent surtout lors de travaux sur des installations fixes basses tension (19,6 %), au cours de l'utilisation de machines-outils portatives, d'appareils de soudure électrique, de lampes portatives, ou de ponts roulants. Les interventions sur ou au voisinage du réseau concernent les lignes aériennes, les postes de transformation et les canalisations enterrées. Les lésions souvent multiples, touchent principalement les yeux, les membres supérieurs, les mains. Ce sont des brûlures, des commotions, des contusions ou des plaies. La meilleure prévention consiste à travailler hors tension, à mettre en œuvre un plan de prévention et des procédures d'intervention.

Accidents d'origine électrique selon l'élément matériel en cause			
Élément matériel	AT-arrêt	AT - IP	Décès
non précisé	117	11	2
non classé ci-dessous	463	43	5
Installations fixes basse tension	164	8	1
Ponts roulants	10	1	1
Machines outils portatives	13	3	0
Machines et appareils de soudure électrique	16	0	0
Lampes portatives	8	0	0
Plate-forme d'essai	4	0	0
Poste de transformation côté BT	3	0	0
Poste de transformation côté HT	3	1	0
Lignes aériennes BT	9	0	0
Lignes aériennes HT	10	4	2
Canalisations enterrées	12	2	0
Matériel à haute fréquence	2	1	0
Total électricité	834	74	11

Tableau 1.5 Accidents d'origine électrique selon l'élément matériel en cause

1.11 Classification des risques

Risques des circulations et déplacements

Ces risques concernent les circulations et déplacements au sein de l'entreprise à l'intérieur d'une même unité géographique. Exemple : d'un service à un autre qu'ils soient dans le même bâtiment ou non, de la boutique à la réserve, du magasin à la cave, etc.



Figure I.1 Risques des déplacements

Risques des manutentions manuelles et mécaniques

Ces risques concernent tous les risques liés à l'utilisation de matériel de manutention et à la manipulation mécanique d'objets (caisses, cartons, marchandises...). Les manutentions manuelles et mécaniques peuvent entraîner des lésions graves notamment en cas de heurt ou de collision avec des engins ou matériels.



Figure I.2 Risques de manutentions

Figure I.3 Risques psychosociaux

Risques physiques

Les risques physiques concernent tous les risques liés à l'utilisation de machines ou équipements professionnels (presse, outils, scie, matériel divers, y compris les couteaux, les machines à découper, les fours...) et l'utilisation d'équipements additionnels (échelle, escabeau, échafaudage...). Ils concernent aussi l'environnement de travail : bruit, ambiances lumineuses, vibrations, travail sur écran, rayonnements optiques ou électromagnétiques, chaleur, froid, etc

Risques psychosociaux

Troubles de la concentration, du sommeil, irritabilité, nervosité, fatigue importante, palpitations... Un nombre grandissant de salariés déclarent souffrir de symptômes liés à des risques psychosociaux. Les risques psychosociaux ont un impact sur le fonctionnement des entreprises (absentéisme, turnover, ambiance de travail...). Il est possible de les prévenir.

Risques routiers

Tout déplacement, si banal soit-il, à pied ou à bord d'un véhicule, expose le salarié à des risques : collisions, accidents de la route, mal de dos (conduite d'un véhicule), heurt, glissade ou entorse (circulation à pied).

Risques d'incendie et d'explosion

Les risques d'incendie et d'explosion sont des sujets permanents de préoccupation pour de nombreuses entreprises. En effet, les incendies et les explosions sont à l'origine de blessures graves voire de décès, et de dégâts matériels considérables.

Risques chimiques

Ces risques concernent les produits, émissions, déchets chimiques (peintures, diluants, white spirit, essence de térébenthine, pyrèthres, amines aliphatiques, acétone, xylène, acétate de butyle, solvants,.....).

Risques biologiques

Les agents biologiques (bactéries, champignons, virus...) peuvent être à l'origine de maladies chez l'homme : infections, intoxications, allergies voire cancers. Le risque biologique concerne de multiples activités : les métiers de la santé, les services à la personne, l'agriculture, les industries agroalimentaires...

Bruit

Le bruit constitue une nuisance majeure dans le milieu professionnel. Il peut provoquer des surdités mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé du salarié et la qualité de son travail

Risques électriques

Dans notre société industrielle, toute entreprise peut être confrontée à un accident d'origine électrique. Le risque électrique comprend le risque de contact, direct ou non, avec une pièce nue sous tension, le risque de court-circuit, et le risque d'arc électrique. Ses conséquences sont l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion...La prévention du risque électrique repose, d'une part, sur la mise en sécurité des installations et des matériels électriques et, d'autre part, sur le respect des règles de sécurité lors de leur utilisation ou lors d'opération sur ou à proximité des installations électriques

1.12 Les accidents de travail

L'accident du travail est un évènement :

- ✓ *Non intentionnel, ce qui exclue le suicide et l'homicide volontaire ;*
- ✓ *Violent et soudain, ce qui le distingue de la maladie professionnelle ;*

- ✓ *Provoquant une lésion, les dégâts matériels n'étant pas considérés*

1.12 Les causes de l'accident

L'homme peut être à l'origine d'actions dangereuses. Quelques exemples de causes humaines d'accident

- Mauvaises connaissances du travail : Il faut définir clairement ce qui doit être obtenu, la façon la meilleure de procéder, les risques qui peuvent accompagner l'exécution du travail, les moyens de les prévenir
- Mauvaises habitudes du travail : Elles peuvent provenir d'un apprentissage mal conduit, d'un manque d'explications claires, d'un laisser aller lors de petites difficultés.
- Méconnaissance des risques : Elle est due à un manque d'expérience. Il faut penser que des dangers non prévus peuvent apparaître pour des travaux exécutés même régulièrement.
- Mauvais exemples On les suit plus facilement que les bons.
- Indifférence : Certains connaissent les risques, mais affichent la plus grande indifférence à leur égard.
- Goût du risque : Dans certains cas, il peut y avoir une « provocation » à l'égard du risque. L'application stricte des consignes permet de lutter contre ces « défis » stupides.
- Fatigue, déficience physique : Elles peuvent être à l'origine d'actions maladroites, mal coordonnées ou insuffisantes.
- Hâte et impatience
- Enervement, colère
- Paresse et négligence

Remarque importante

Après l'accident Après un accident, tout le monde cherche un responsable, alors qu'il faudrait avant tout rechercher les causes pour éviter la répétition du même accident.

1.13 Statistiques

Accident du travail Tout accident ayant entraîné une lésion corporelle imputable à une cause soudaine extérieure survenue dans le cadre de la relation de travail.

1.13.1 Accidents avec arrêt : Ce sont des accidents ayant entraîné une interruption de travail d'au moins un jour en sus de la journée au cours de laquelle l'accident est survenu.

1.13.2 Accidents graves : On entend par accident grave, un accident de travail ayant entraîné la fixation d'un taux d'incapacité permanente partielle (IPP) ou total (IPT).

1.13.3 Accidents mortels : Les accidents mortels sont uniquement ceux pour lesquels la mort est intervenue avant consolidation, c'est-à-dire avant la fixation d'un taux d'incapacité permanente et la liquidation de la rente.

1.13.4 Accidents de travail en Algérie : La directrice de la prévention des accidents de travail et des maladies professionnelles a précisé que 48.382 accidents de travail, dont 552 mortels, ont été déclarés en 2017 à la CNAS. Soulignant que le plus grand nombre d'accidents déclarés à la CNAS concernent le secteur du bâtiment et des travaux publics (25 %), notamment dans le secteur privé, la même responsable a estimé que les hommes sont les plus touchés.

Accidents avec arrêt de travail

Les accidents de travail ont enregistré une légère baisse de (1,32%) entre 1998 à 2005, passant de 29 435 accidents à 29 047 accidents. Le nombre de jours total d'arrêt de travail a connu une hausse importante de (21,14%), passant de 1 204 233 jours à 1 458 840 jours. Le montant d'indemnisation des arrêts de travail est passé de 401,25 millions de dinars à 720,97 millions de dinars soit une variation positive de (79,68%).

Accidents avec incapacité

Le nombre d'accidents graves est passé de 5 660 à 7 931 soit une hausse de 40,12% ; l'incapacité permanente globale est de 78 627 en 1998 contre 98 034 en 2005, soit une croissance de (24,68%). Le montant d'indemnisation a doublé passant de 206 millions de dinars en 1998 à 402 millions de dinars pour 2005, soit une variation positive de (95%). Le taux moyen d'incapacité est moins important en 2005 qui s'élève à 12,36% par rapport à celui de 1998 (13,89%). (Voir moyenne3 du tableau ci-dessus). •

Accidents avec décès

Le nombre de décès payés au cours de l'année 1998 est de 373 victimes contre 415 morts en 2005, soit une hausse de 11,26%. Les capitaux décès réglés sont passés de 59,3 millions de dinars en 1998 à 102,6 millions de dinars en 2005, soit une hausse de 72,9%

1.14 Analyse de la répartition des accidents de travail

ce sont les accidents de trajet, de déplacement et lieu de travail occasionnel qui engendrent le plus d'arrêt de travail soit en moyenne 66 jours par accident contre une moyenne globale de 50 jours par accident; même chose pour les accidents avec incapacité; les lieux d'accidents qui entraînent le plus de morts sont les (chantier, déplacement, trajet et atelier avec des respectives de 28%, 26,30%, 20,50% et 19,50%, Soit un taux global de 94,20%.

1.15 Analyses de la répartition des accidents de travail par branche d'activité

Les branches d'activités qui engendrent des accidents avec arrêt de travail supérieur à la moyenne globale des branches sont : transports et manutention (61j/acc), interprofession (57j/acc), bois (55j/acc) et bâtiment et travaux publics (52 j/acc); alors que la moyenne de l'ensemble des branches est de 48 j/acc;

Les accidents avec incapacité permanente affichent la même tendance que Celle des accidents avec arrêt. En plus des branches déjà citées, il y a la branche gaz et pétrole qui entraîne une incapacité de 20% supérieure à l'incapacité moyenne totale qui est 12,1% ;

Les branches qui entraînent presque la totalité des décès sont le BTP, interprofession et transports et manutention avec 82,66% du total des décès.

1.16 Statistiques de l'INRS en France

L'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) a repris les résultats publiés par la CNAM et a produit une analyse d'une centaine d'accidents sur des installations à basse tension, sur une quinzaine d'années (INRS ES 325). Cette analyse montre la répartition suivante :

1.17 Secteurs les plus touchés:

En 2008, on comptait 771 accidents d'origine électrique. Les salariés les plus touchés : le secteur du bâtiment et des travaux publics (30 %), la métallurgie (17 %), les activités de service et du travail temporaire (16 %), l'alimentation (11 %). 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.

1.18 Nature du travail

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 %, Installation, modification, rénovation 23 %, Travaux d'ordre non électrique 30 %, Nettoyage 2 %, Non précisé 2 %, Autres travaux 1 %.

1.19 Qualification du personnel accidenté

Les victimes ont dans leur majorité une qualification suffisante pour les travaux qui leur ont été fixés ;

- ✓ *Qualification suffisante 50 %,*
- ✓ *Qualification sans rapport avec l'accident 30 %,*
- ✓ *Qualification insuffisante 20 %.*

1.20 Conséquences de l'accident

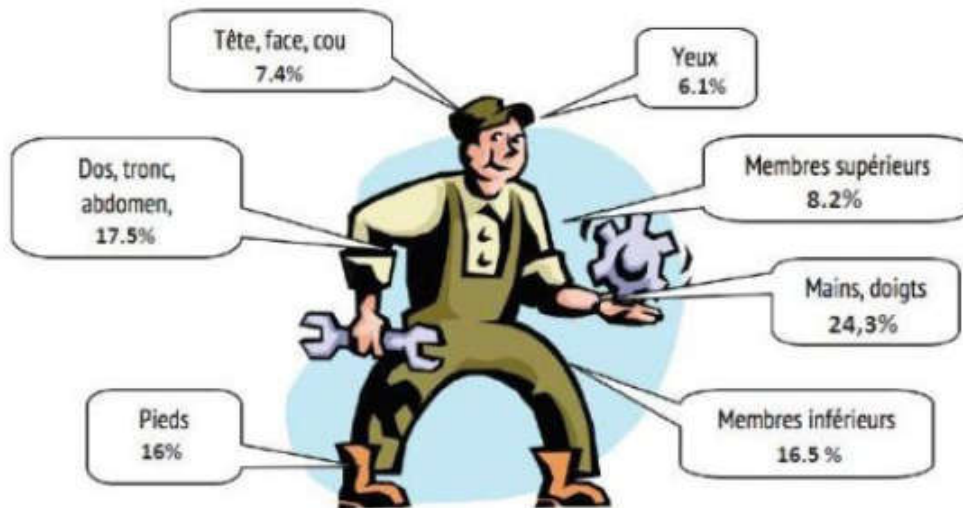
- ✓ *Brûlures 42 %*
- ✓ *Chocs électriques 36 %.*
- ✓ *Décès 32 %*

1.21 Principaux facteurs ayant entraîné l'accident

- ✓ *Travail mal organisé 35 % ;*
- ✓ *Installations défectueuses 28 % ;*
- ✓ *Opérateur non qualifié 15 % ;*
- ✓ *Non précisé 7 % ;*
- ✓ *Ignorance du risque 5% ;*
- ✓ *Matériel défectueux 4 % ;*
- ✓ *Matériel inadapté 3 % ;*
- ✓ *Fausse manœuvre 2 % ;*
- ✓ *Mouvement inopiné 1 %.*

1.22 Les accidents du travail

Élément matériel, nature et siège des lésions Le tronc et la main sont les sièges qui présentent le plus souvent des lésions chez la victime. Les parties du corps les plus exposées aux accidents du travail sont les mains et les doigts, avec plus de 29% du nombre total, suivi du dos, du tronc et de l'abdomen.



1.23 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présentés une étude générales sur la sécurité électriques, les réglementations et les normes imposées aux accidents d'origine électrique ainsi que des statistiques sur les accidents mondiale et niveaux nationales. Nous avons parlé aussi sur les risques électriques en milieu de travail. Les statistiques du nombre d'accidents tout en soulignant leur exceptionnelle gravité sur le corps humain.

CHAPITRE 2

NATURE DES ACCIDENTS ELECTRIQUE ET DANGER DU COURANT ÉLECTRIQUE

2.1 Principes généraux à connaître

2.1.1 Formation de l'électricité statique et de l'électricité dynamique

En frottant l'un contre l'autre deux matériaux isolants, on contraint une partie des électrons de l'un à quitter leurs atomes et à s'accumuler à la surface de l'autre. Les atomes ayant cédé des électrons sont chargés positivement, et ceux qui ont accepté sont chargés négativement. Ces charges demeureront momentanément sur la surface des corps (de quelques secondes à plusieurs mois selon les matériaux et les conditions environnementales). Ces charges électriques constituent ce que l'on appelle de l'électricité statique. La quantité d'électricité formée est en général très faible. Plus un corps est conducteur, moins il est propice à une telle accumulation de charges. L'électricité dynamique est constituée par un flux d'électrons libres circulant dans une seule direction. Pour créer un tel flux, il faut utiliser un matériau conducteur relié à ses extrémités à un générateur (pile, dynamo, accumulateur, alternateur).

2.2 Qu'est ce qu'un arc électrique ?

Un arc électrique est susceptible d'apparaître lorsque l'on ouvre ou l'on ferme un circuit. En effet, sous l'influence de la tension électrique entre les extrémités des conducteurs que l'on sépare ou que l'on approche, les électrons libres sortent du métal et heurtent violemment les molécules d'air. Cela a pour conséquence d'arracher des électrons aux atomes de l'air et de le rendre subitement conducteur. Ce phénomène s'accompagne d'une projection de particules métalliques en fusion (plus de 3000°C). C'est l'arc électrique. D'une manière générale, les arcs électriques peuvent jaillir entre deux conducteurs ou deux récepteurs voisins portés à des potentiels différents. La liaison qui en découle est d'abord invisible (courant de fuite) puis visible (arc électrique). Les éclairs qu'on observe pendant les orages sont des arcs électriques entre deux nuages ou entre nuage et la terre.

2.3 Qu'est ce qu'un court-circuit ?

Un court-circuit résulte d'une liaison accidentelle entre deux pièces conductrices présentant entre elles une différence de potentiel. Le courant de court-circuit qui en résulte est dangereux il peut atteindre, selon l'emplacement où il se produit, une intensité très élevée (50kA et plus).

A l'origine des courts-circuits on peut citer :

- La détérioration des isolants par vieillissement ou usure mécanique,
- La rupture d'un conducteur,
- La chute ou l'introduction d'un outil conducteur dans un circuit présentant des parties nues sous tension.

2.4 Accidents d'origine électrique

Les électrisations

On appelle électrisation le passage d'un courant électrique à travers le corps humain ainsi que l'ensemble des conséquences physiopathologiques de ce passage.

Pour qu'une victime soit électrisée il faut que tout ou une partie de son corps soit intégrée dans un circuit électrique fermé et sous tension. En d'autres termes il est nécessaire que deux points du corps de la victime soient amenés à un potentiel différent.

Les électrocutions

Le terme d'électrocution est réservé à toute électrocution immédiatement mortelle. Pour certains auteurs l'électrocution peut être due à tout décès directement lié aux conséquences du passage du courant. Cette définition élargie permet d'inclure les accidents mortels par brûlures électriques tout en excluant les brûlures thermiques ainsi que les traumatismes indirects par chute ou par projection.

2.5 Conditions de survenue d'une électrisation

Principales causes des accidents électriques :

- a)- mauvais état des isolants* : dégâts mécanique, ou usure (60% des cas) ;
- b)- modification sans contrôle* : modification ou extension d'une installation électrique par une personne non compétente ;
- c)- recherche du prix le plus bas sans souci de conformité* : le choix d'un prix compétitif se fait parfois au détriment de la qualité ;
- non respect des distances de garde par rapport aux ouvrages électriques ;

d)- *inadaptation aux usages* : il faut éviter d'utiliser une installation pour une destination non prévue à l'origine.

L'électrisation peut se produire par contact direct (avec une partie active) ou indirect (avec une masse mise accidentellement sous tension). Le courant ne passe que si le circuit est fermé c'est-à-dire s'il y a :

- soit deux points de contact avec des pièces sous tension,
- soit un point de contact avec une pièce sous tension et un autre avec la terre.

2.6 Dommages corporels dus à l'électricité

La gravité d'une électrisation dépend de plusieurs facteurs :

- ✓ *L'intensité du courant (danger à partir de 5mA),*
- ✓ *La durée du passage du courant,*
- ✓ *La surface de la zone de contact,*
- ✓ *La trajectoire du courant,*
- ✓ *L'état de la peau (sèche, humide, mouillée),*
- ✓ *La nature du sol,*
- ✓ *La capacité d'isolation des chaussures portées.*

2.7 Les effets des courants électriques sur l'organisme

L'action pathogène du courant électrique relève de deux types d'effets : *les brûlures électriques et les phénomènes de stimulation ou d'inhibition des phénomènes électriques cellulaires*. Ces effets sont d'autant plus marqués que la quantité d'énergie délivrée aux tissus est très élevée.

Les brûlures électriques

On décrit trois types de brûlures électriques :

- les brûlures électrothermiques (ou brûlures vraies).
- les brûlures par flash.
- les brûlures par arc électrique.

Les brûlures électrothermiques (brûlures vraies)

Sont visibles au niveau des points d'entrée et de sortie du courant. Elles possèdent des caractères très spécifiques et de grand intérêt médico-légal (zone de nécrose blanchâtre ou marbrée ne saignant pas). Leur mécanisme s'explique par une émission de chaleur par effet

joule .Leur aspect clinique dépend de la durée d'exposition au passage du courant et de la résistance cutanée .L'étendue des lésions dépend du trajet du courant estimé par la position de ses points d'entrée et de sortie.

Les masses musculaires et les trajets vasculo-nerveux (zones de moindre résistance) sont particulièrement exposés.

Les brûlures par flash électrique

S'expliquent par la survenue d'un éclair (rayonnement lumineux et chaleur).Elles prédominent au niveau des zones découvertes .Elles n'ont aucun caractère spécifique. Dans ce type de brûlure où le courant ne traverse pas le corps, la gravité est liée à la survenue d'un coups d'arc oculaire (brûlures cornéennes ou exceptionnellement cataracte d'apparition retardée).L'élévation de température qui peut parfois atteindre 30000°C explique l'association possible de ces lésions avec des brûlures thermiques classiques.

Les brûlures par arc électrique

Se produisent avec les courants de haute tension et en l'absence de contact direct avec le conducteur électrique .Il existe une distance d'amorçage qui, lorsqu'elle est franchie, place la victime dans la même situation que si elle touchait le conducteur.

2.8 Stimulation ou inhibition des phénomènes électriques cellulaires

En ce qui concerne les effets du courant sur les membranes cellulaires, il est actuellement admis que le courant électrique puisse être responsable de lésions d'ischémie nécrose sans que cela soit relié à l'effet thermique. Par ailleurs certaines complications retardées comme les neuropathies pourraient s'expliquer l'électroporation et les mécanismes de destruction cellulaire. L'électroporation désigne l'augmentation de la perméabilité membranaire sous l'effet de l'application d'un champ électrique.

Lors d'une électrocution, la mort peut survenir selon trois mécanismes :

a)-L'asphyxie par tétanisation des muscles respiratoires survient à partir de 20mA à condition que le trajet du courant passe par la cage thoracique. Il se produit alors une tétanisation des muscles respiratoires qui cède à la rupture du contact électrique.

b)-L'arrêt circulatoire est dû à la survenue d'une *fibrillation ventriculaire* ou plus rarement à une asystolie .La majorité des accidents électriques mortels est due à la survenue d'une

électrocution surtout lorsque le courant en cause est de fréquence 50 à 60 Hz .Pour un trajet donné du courant, le risque dépend de l'intensité et de la durée du trajet.

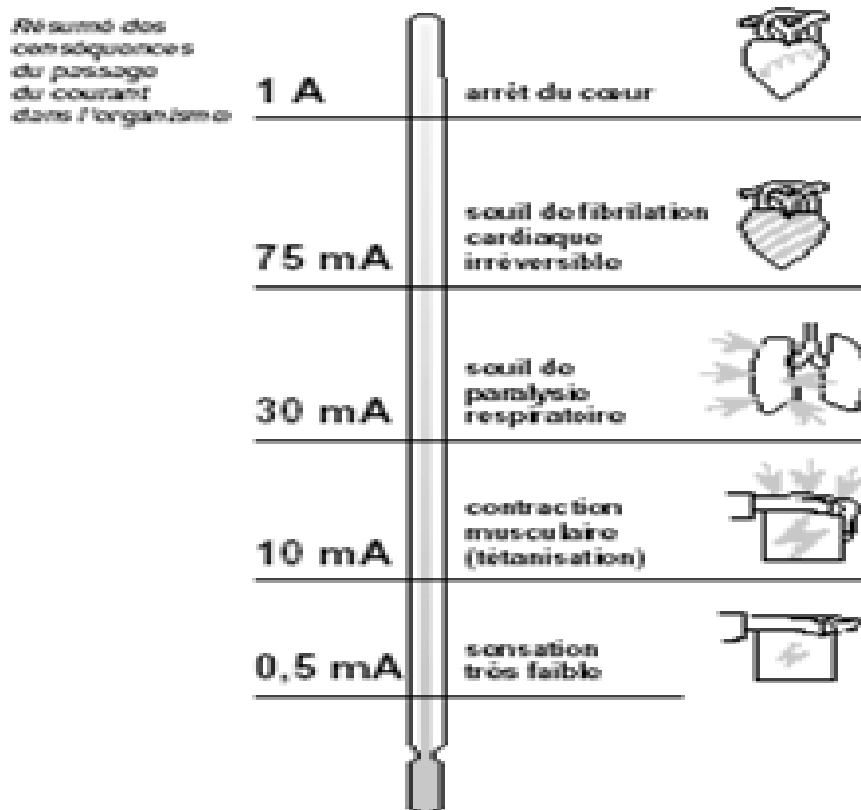
On constate que plus la durée de passage du courant es longue plus le risque est élevé, car le courant traverse alors le cœur durant la phase réfractaire du cycle cardiaque.

Les seuils de risque varient également selon le trajet du courant à travers le corps.

b)-L'arrêt circulatoire est dû à la survenue d'une *fibrillation ventriculaire* ou plus rarement à une asystolie .La majorité des accidents électriques mortels est due à la survenue d'une électrocution surtout lorsque le courant en cause est de fréquence 50 à 60 Hz .Pour un trajet donné du courant, le risque dépend de l'intensité et de la durée du trajet.

On constate que plus la durée de passage du courant es longue plus le risque est élevé, car le courant traverse alors le cœur durant la phase réfractaire du cycle cardiaque.

Les seuils de risque varient également selon le trajet du courant à travers le corps.



2.9 Mode de contact

Les nombreuses causes d'accidents sont classées en deux catégories en fonction de la nature du contact accidentel qui place la personne en danger.

Sans contact avec l'individu :(phénomène d'amorçage)

C'est l'approche d'un conducteur sous haute tension (HT) et d'un élément conducteur relié à la terre .Le niveau d'isolement entre le conducteur et la personne est diminué par l'ionisation de l'air. Il se produit un arc électrique entre l'élément sous tension et l'individu.

Contacts directs

C'est le contact d'une personne avec les parties actives des matériels ou des installations.

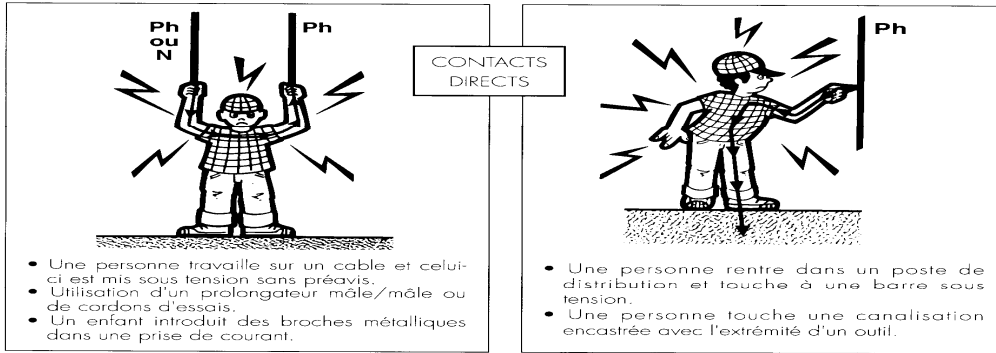
Ces parties actives peuvent être :

- des conducteurs (conducteur neutre y compris),
- des parties de matériel susceptibles d'être sous tension en service normal (bornes, armatures, leviers, ect..).

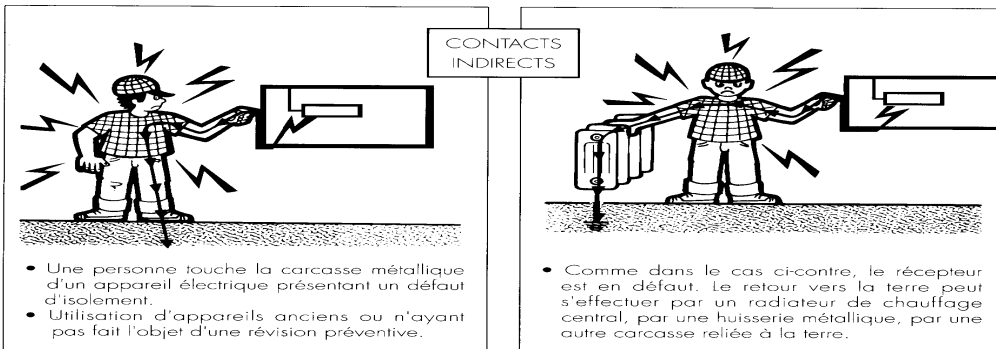
Contacts indirects.

C'est le contact d'une personne avec des masses mises accidentellement sous tension. La masse est une partie conductrice susceptible d'être touchée et normalement isolée des parties actives, mais pouvant être mise accidentellement sous tension (par un défaut d'isolement).

Accidents liés à l'imprudence et à la maladresse de l'utilisateur.



Accidents liés seulement à l'état du matériel employé.



Exemples

Contact direct : 45 % des accidents du travail.

C'est le contact d'une personne avec les parties actives des matériels électriques, c'est-à-dire des parties normalement sous tension.

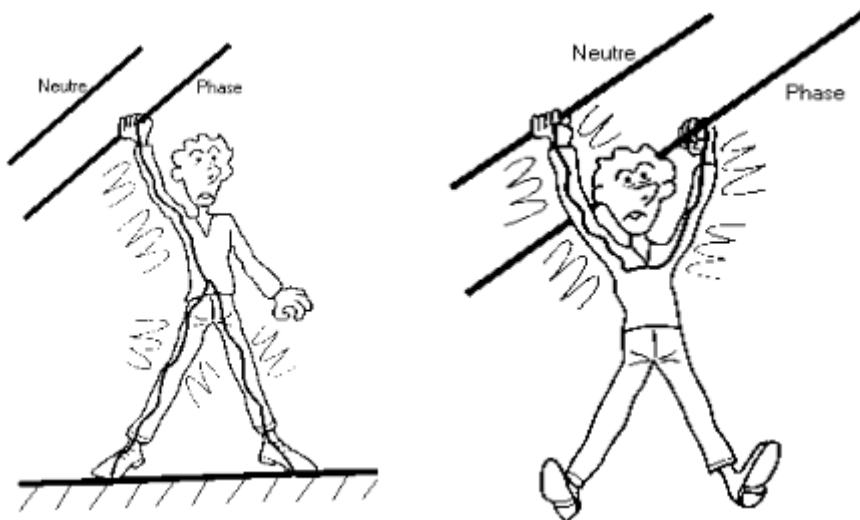


Figure 2. 3 contacts directs

Ces parties actives peuvent être :

- ✓ des conducteurs actifs (phase, neutre...);
- ✓ des pièces conductrices des matériels et des équipements

✓ *susceptibles de se trouver sous tension en service normal.*



Le personnage est mis sous tension entre un conducteur actif avec sa main droite et le sol. Le corps est soumis à une tension de 230V (environ). Seule la protection active par disjoncteur différentiel haute sensibilité à courant résiduel (30mA) peut être efficace.

Le personnage est soumis à un potentiel de 230V, aucun appareil de protection ne peut couper le courant. Il est considéré par les protections comme un récepteur.

Contacts indirects

Contacts indirects : 20 % des accidents du travail.

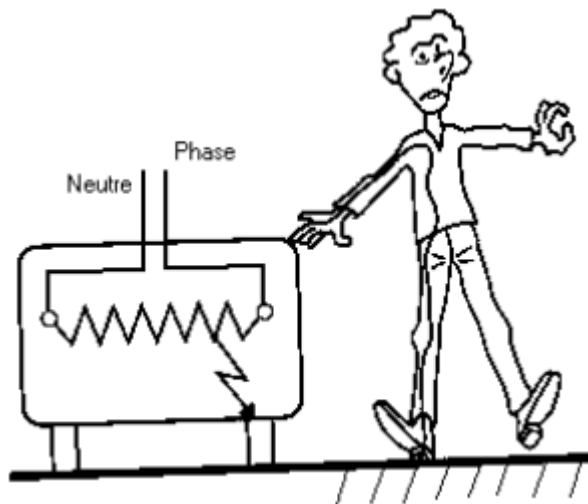
C'est le contact d'une personne avec des parties qui sont devenues actives accidentellement en particulier à cause d'un défaut d'isolement. Dans ce cas les parties simultanément accessibles peuvent être : des masses, des éléments conducteurs, des conducteurs de protection, des prises de terres.



Figure 2. 4 Contacts indirects

Exemple 2

Le personnage se trouve relié au potentiel de la phase donc sous environ 230V. Seul un disjoncteur différentiel associé à une prise de terre peut couper le courant.



Autre contacts électriques

20 % des accidents du travail est de l'approche de personne au voisinage de parties actives, particulièrement dans les domaines

Hautes Tensions HTA et HTB.

15 % des accidents du travail est le problème d'isolation ne convenant pas dans des conditions prévues, rayonnement thermique ou phénomènes tels que la projection de particules en fusion et les effets chimiques dus à des courts-circuits, surcharges,

2.10 Effets du courant électrique sur le corps humain

Effets physiopathologiques

Des études menées dans le monde entier sur des animaux et dont les résultats ont été extrapolés à l'homme, ont permis pour des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) de fixer des valeurs d'intensité points de repères ou seuils. Ces résultats d'expérience ont permis à la commission électrotechnique internationale (C.E.I.) d'établir les courbes précisant, en fonction du temps, les zones correspondant aux différents effets physiopathologiques résultant du passage du courant et, en particulier, indiquant les seuils de courants dangereux publication CEI 479-1 et 479-2.[13][14][15]. Les effets physiopathologiques du courant électrique sont indiqués sur le diagramme temps- courant de la Figure. 2.10; ce diagramme comporte quatre zones dans lesquelles les effets vont en s'aggravant de la zone 1 à la zone 4 :

- **la zone 1** habituellement aucune réaction : le seuil de perception varie suivant les individus, suivant leur sexe et leur taille, mais se situe entre 0,1 et 0,5 mA ;
- **la zone 2** habituellement, aucun effet physiologique dangereux ; cette zone se situe entre le seuil de perception et le seuil de non-lâcher ; (0,5 à 10 mA) ;
- **la zone 3** (entre les courbes B et C1) Habituellement aucun dommage organique Probabilités de contractions musculaires et de difficultés de respiration , pour des durées de passage du courant supérieures à 2 secondes dans laquelle le passage du courant peut provoquer quelques troubles de circulation et des difficultés de respiration, mais sans conséquences irréversibles ; en particulier, une personne qui tient dans sa main une poignée ne peut plus desserrer son étreinte ; le seuil de non-lâcher se situe au-dessus de 10 mA ;
- **la zone 4** dans laquelle existe-le risque de fibrillation ventriculaire, pouvant entraîner l'arrêt cardiaque ; ce risque est d'autant plus grand que la durée de passage du courant est supérieure à celle d'un cycle cardiaque.

Pour la zone 4 on observe :

Au-dessus de la courbe c1 : 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

Entre les courbes c1 et c2 : Probabilité de fibrillation ventriculaire augmentant jusqu'à 5 % ;

Entre les courbes c2 et c3 : Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 50 % ;
 Au-delà de la courbe c3 : Probabilité de fibrillation ventriculaire supérieure à 50 %. Nota : T cycle cardiaque = 0,8 s \geq T période du courant électrique = 0.02s pour f = 50 Hz le passage du courant électrique fait vibrer le cœur à une fréquence à laquelle il ne peut plus assurer sa fonction de pompe, et ce d'autant plus que le passage du courant s'effectue au cours de la période vulnérable du cycle cardiaque pendant laquelle la pompe se réamorçe On déduit donc la courbe C1 en forme en S qui sépare les zones ③ et ④ du diagramme temps-courant et qui se situe entre les valeurs limites suivantes :

40 mA pendant $t \geq 5\phi$

500 mA pendant $t = 30\text{ms}$

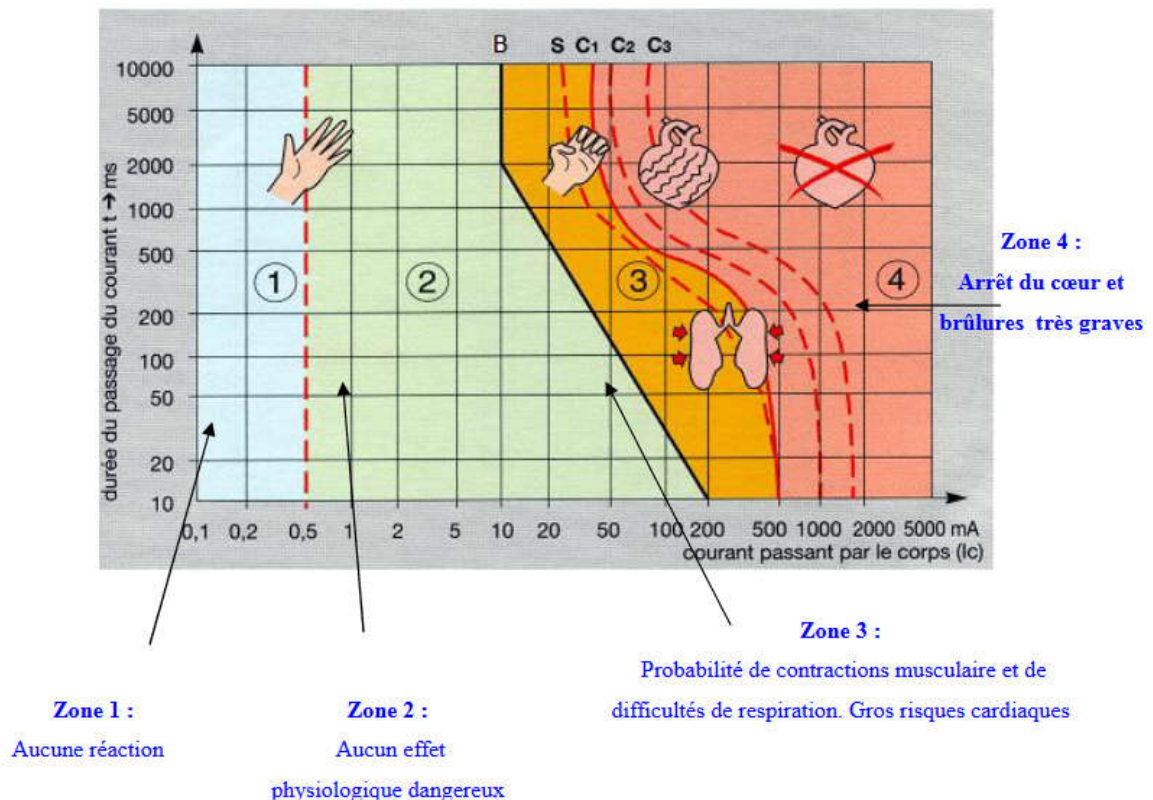


Figure 2.10 Zones temps-courant des effets du courant alternatif (15 Hz à 100 Hz) sur des personnes (CEI 479-1) [13].

Effets du passage du courant alternatif		
Intensité	Perception des effets	Temps
0,5 à 1 mA	seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	choc au toucher, réactions brutales	
10 mA	contraction des muscles des membres	4 mn 30
20 mA	début de téτανisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	paralysie ventilatoire	30 s
40 mA	fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	fibrillation ventriculaire	1 s
300 mA	paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	fibrillation ventriculaire	100 ms
1 000 mA	arrêt cardiaque	25 ms
2 000 mA	centre nerveux atteints	instantané

Tableau 2.1 Effet du passage du courant alternatif [13].

Les risques sont d'autant plus importants que le temps de passage du courant de choc électrique est long. En pratique, lorsqu'une personne est traversée par un courant électrique, le passage de ce courant est provoqué par la tension à laquelle est soumise cette personne (tension de contact Figure. 2.12). C'est pourquoi le diagramme temps-courant doit être transposé en diagramme temps-tension en tenant compte de l'impédance électrique du corps humain



Figure 2.11 Tension de contact

2.11 Impédance électrique du corps humain

L'impédance électrique du corps humain peut être représentée schématiquement par la Figure.

2.12 : on voit que cette impédance est constituée :

- D'une part, de l'impédance de la peau, équivalente à une résistance R_p en parallèle avec un condensateur C ;
- D'autre part, de la résistance des muscles et tissus des membres R_i , le tronc étant pratiquement équipotentiel.

Les expériences [16] [17] récentes ont montré que, pour des tensions supérieures à environ 80 V, le condensateur en parallèle avec la résistance R_p se mettait en court-circuit, et que seules subsistaient les résistances R_i qui n'étaient pas influencées par les conditions d'humidité. L'impédance électrique du corps humain à prendre en considération pour la détermination de la tension de contact dépend essentiellement de deux éléments :

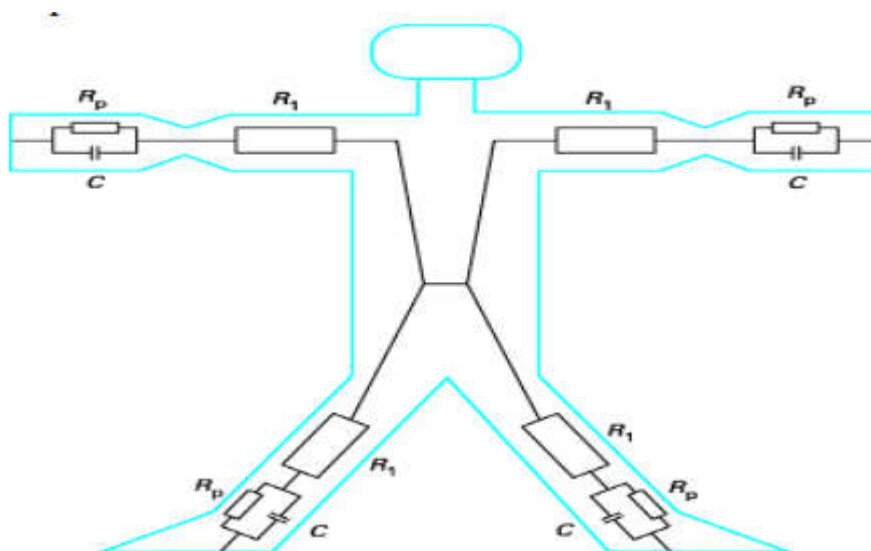


Figure 2.12 Impédance électrique du corps humain [17]

Le trajet le plus probable du courant de défaut dans le corps de la personne ; les conditions d'environnement, notamment en ce qui concerne la présence d'eau, qui peut affecter les conditions de contact des personnes avec la terre. Ces deux éléments permettent d'établir la relation qui doit exister entre la tension de contact présumée et le temps de passage du courant, pour qu'il n'en résulte habituellement pas d'effet physiologiquement dangereux pour toute personne soumise à cette tension de contact. La courbe de sécurité L donnant le Temps de coupure c'est -à-dire le temps pendant lequel le courant alternatif (15 à 100 Hz), peut passer par le corps humain sans provoquer d'effet dangereux. Se situe dans la

zone 3 de la Figure. 2.13: du fait du caractère statistique de cette dernière courbe, qui est sujette à des erreurs et correspond à des personnes de caractéristiques moyennes et non aux personnes les plus sensibles. En outre, cette courbe tient compte de valeurs statistiques d'impédance du corps humain, telles que 95 % des personnes possèdent une impédance de valeur supérieure.

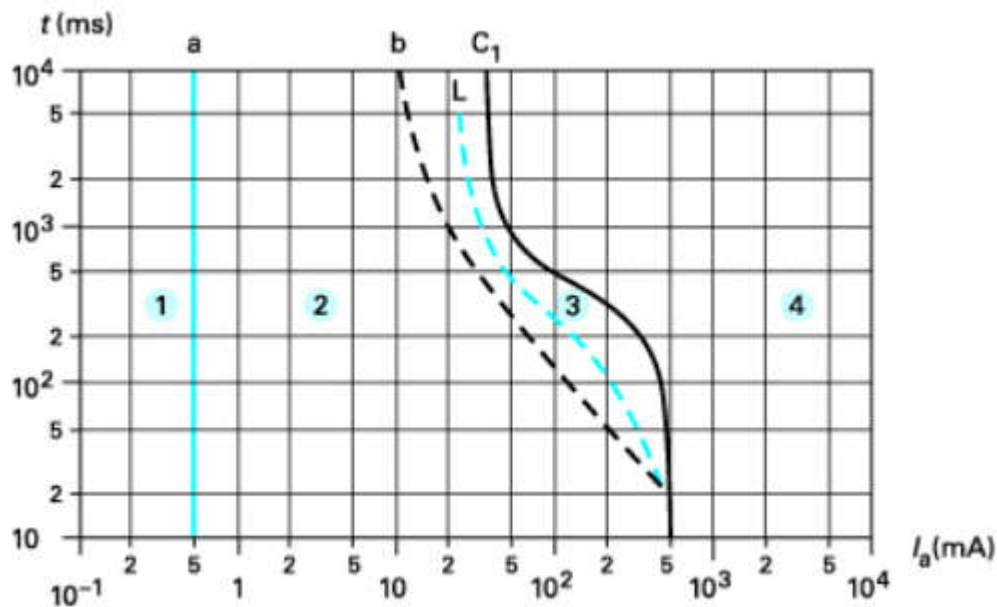


Figure 2.13 Courbe donnant le Temps de coupure [17]

I_B Courant passant par le corps

t : Durées du passage du courant.

L : Courbe donnant le Temps de coupure c'est -à-dire le temps pendant lequel le courant peut passer par le corps humain sans provoquer d'effet dangereux.

Nota : Les études internationales (UTE C15-110, UTE C15-111, UTE C15-112) ont montré que la courbe L ainsi définie assurait de façon statistique une sécurité satisfaisante, une sécurité absolue ne pouvant être obtenue.

2.12 Situations des personnes

On distingue trois situations des personnes. Normale, particulière et immergée.

❖ Une situation normale

Une situation normale : elle correspondait aux caractéristiques suivantes :

- ✓ Locaux (ou emplacement) secs ou humides ;
- ✓ Peau sèche, en tenant compte de la présence de sueur ;
- ✓ Sol présentant une résistance importante. Calcul de L'impédance électrique Z_1 :

L'impédance électrique est calculer On tenant compte des conditions de protection dans la situation normal (BB1) :

$$Z1 = 1\ 000 + 0,5 Z5 \% \quad (\text{en } \Omega) \quad (2.1)$$

BB 1 : résistance normale ; conditions générales dans lesquelles se trouvent les personnes ; la valeur de la résistance tient notamment compte de la présence de chaussures et d'une certaine résistance du sol ;

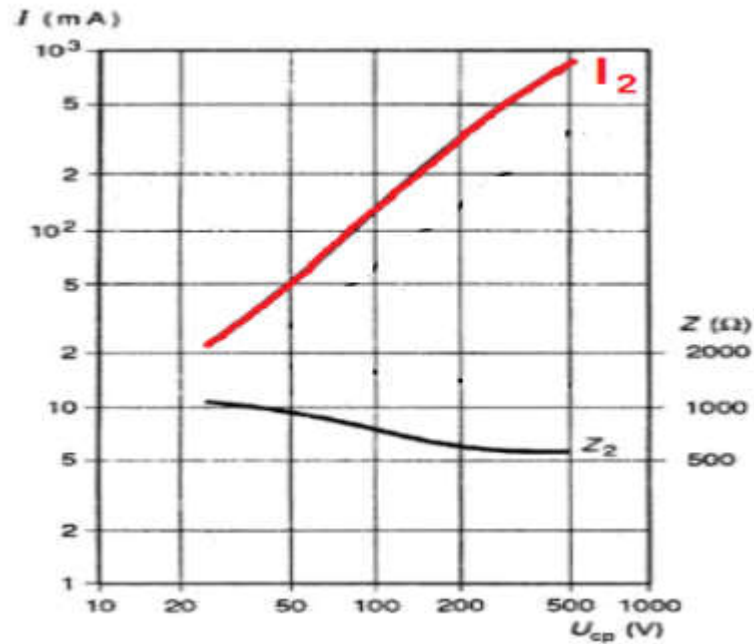
- La valeur de 1 000 Ω représentant(R chaussures+R sol)
- Z5 % étant la valeur, indiquée dans la CEI 479,
- 0,5 coefficient tient compte du double contact deux mains-deux pieds.

Le tableau 2.2. Indique pour la situation normale, en fonction de a tension de contact présumée U_{cp} :

- L'impédance électrique Z1 (Figure. 2.14), déterminée comme indiqué précédemment ;
- l'intensité I1 du courant électrique (Figure. 2.14), passant par le corps humain ;
- le temps de coupure t1 (courbe L de la Figure. 2.15) déterminé, sur la Figure. 2.14, par la courbe L1.

$U_{cp}(V)$	$Z_1(\Omega)$	$I_1(mA)$	$t_1(s)$
50	1 725	29	5
75	1 625	46	0,60
100	1 600	62	0,40
150	1 550	97	0,28
230	1 500	153	0,17
300	1 480	203	0,12
400	1 450	276	0,07
500	1 430	350	0,04
U_{cp} : tension de contact présumée.			

Tableau 2.2 Temps de coupure en situation normale [17]



Z_2 I_2 Situation particulière

Figure 2.16 Impédance électrique Z_2 du corps humain et intensité I_2 du courant passant par le corps humain en fonction de la tension de contact [17]

❖ Une situation immergée

Elle correspondait au cas des personnes immergées. Lors de laquelle on ne peut plus compter sur la résistance de la peau et du sol

Paramètre d'influence du courant humain

Les différentes réactions physiopathologique rencontres lorsqu'un courant électrique traverse le corps dépendent du plusieurs facteurs :

- Z : Impédance du corps humain ;
- U_c : tension appliquée au corps, tension de contact ;
- I_c : courant qui circule dans le corps humain, courant de choc ;
- t : temps de passage du courant dans le corps ;
- La pression de contact ;
- La fréquence du courant ;
- Le trajet du courant.

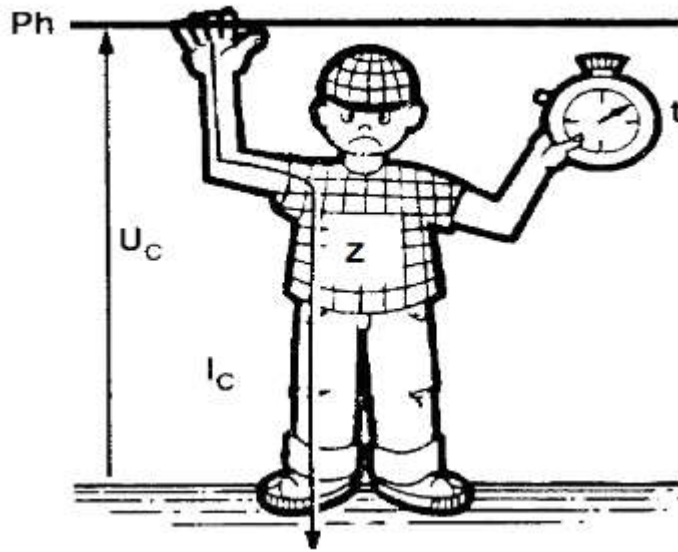


Figure 2.17 Paramètre d'influence du courant humain [16]

2.13 Impédance du corps humain

L'impédance de la peau [12] varie pour chaque individu en fonction, essentiellement, des paramètres suivants :

- *la température de la peau ;*
- *la surface et la pression de contact ;*
- *la tension de contact ;*
- *l'état d'humidité et de sudation de la peau ;*
- *le temps de passage du courant ;*
- *l'état physiologique de la personne ;*
- *la morphologie de l'individu ;*
- *le trajet du courant dans le corps humain*

2.14 Tension de contact

La tension U_c appliquée au corps humain peut-être due :

- à deux contacts avec des parties actives (voir contacts directs).
- à un contact avec des parties mises accidentellement sous tension (voir contacts indirects).

🚧 ***Les risques sont d'autant plus importants que la tension de contact est élevée***

🚧 ***Les risques sont d'autant plus importants que la résistance est faible.***

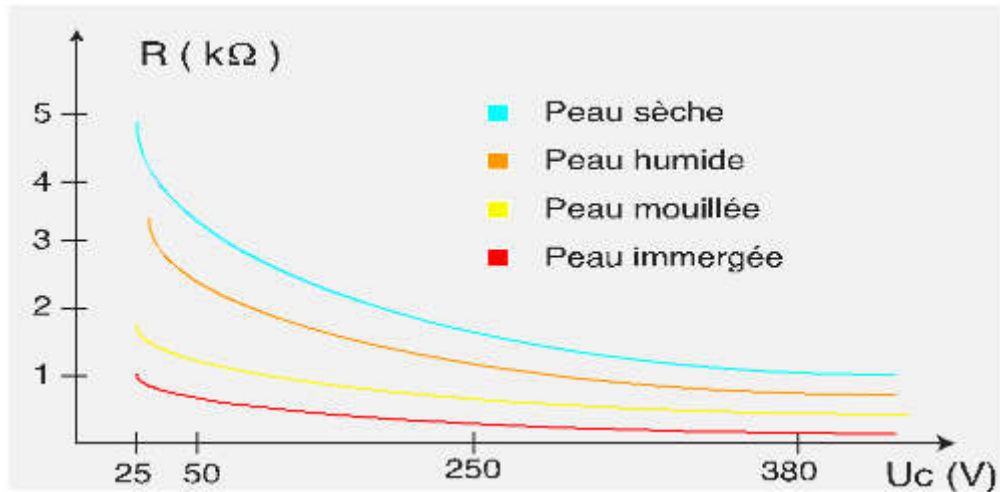


Figure 2.18 Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau [16]

Tension de Contact	Peau Sèche	Peau Humide	Peau Mouillée	Peau Immergée
25V	5000	2500	1000	500
50V	4000	2000	875	440
250V	1500	1000	650	325
>250V	1000	1000	650	325

Tableau 2.4 Article 322-2 de la norme NFC 15-100[16]

2.15 Courant I_c

Les effets se manifestent différemment à partir de seuils qui sont fonction : du type de courant : alternatif ou continu ; du domaine de fréquence de la tension ; du type d'onde de courant.

Courant Alternatif

Valeurs caractéristiques résumant les effets produits par un courant alternatif (50/60 Hz) suivant l'intensité du courant.



Figure 2.19 Effets du courant alternatif [16]

Courant continu

Lors d'un accident en courant continu, le moment le plus dangereux est la mise sous tension et la coupure du courant. Un facteur d'équivalence k entre le courant continu et le courant alternatif 50 Hz permet de définir les effets du courant continu. k = facteur d'équivalence entre courant continu et courant alternatif.

k = facteur d'équivalence entre courant continu et courant alternatif, avec $K = 3.75$

La différence avec les effets du courant alternatif est due à l'excitation des muscles par le courant qui est liée aux variations d'intensité, deux à trois fois plus élevée en courant continu qu'en courant alternatif [Classeur INRS Habilitation : sensibilité aux risques électrique].



Figure 2.20 Effets du courant continu [16]

✚ *Les risques sont d'autant plus importants que l'intensité du choc électrique est élevée*

2.16 Effets du courant électrique I_c

Effet thermique

On admet généralement que les brûlures électriques provoquées par le passage du courant peuvent se manifester pour des intensités relativement faibles, de l'ordre de 10 mA, si le contact est maintenu quelques minutes

Effets téтанisant

Lorsque la tension est alternative, les muscles intéressés par le trajet du courant se contractent ; les mains par exemple se crispent invinciblement sur les conducteurs et empêchent ainsi tout dégagement volontaire du sujet soumis à la tension du générateur.



Figure 2.21 Effets téтанisant

Effets respiratoires et circulatoires

Si l'intensité du courant qui traverse le corps humain atteint 20 mA, 60 secondes suffisent pour bloquer la respiration par contraction du diaphragme et des muscles respiratoires. C'est l'asphyxie ou syncope bleue.

Une fibrillation ventriculaire apparaît pour des intensités de même ordre de grandeur : elle résulte de la contraction anarchique des fibrilles du muscle cardiaque. Les battements du cœur, rapides et désordonnés, ne permettent plus d'assurer la circulation sanguine. C'est la syncope cardiaque ou syncope blanche.

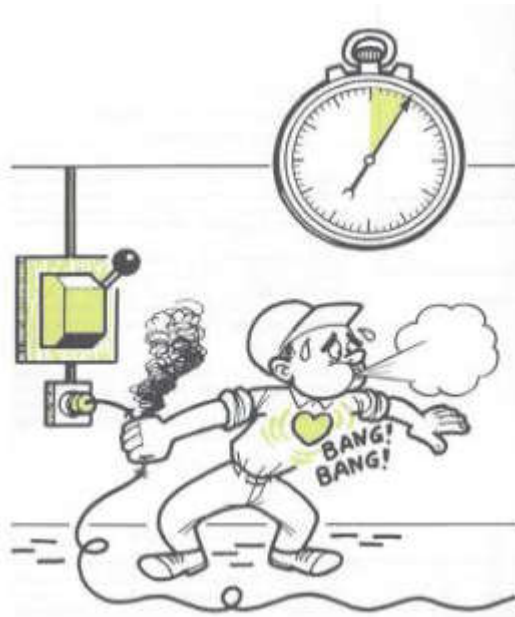


Figure 2.22 Effets respiratoire

2.17 Aspects cliniques des accidents d'origine électrique

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).*
-

2.18 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé sur les différentes natures des accidents électriques, les types de contact, et l'effet du courant sur le corps humain, on peut constater plus l'intensité I qui traverse le corps est important, plus le choc électrique n'est dangereux. Il faut donc rechercher à diminuer la valeur de I pour éviter le choc ou mieux le supprimer, c'est l'objet de la prévention des accidents d'origine électriques.

CHAPITRE 3

MESURES DE PROTECTION

3.1 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.

3.2 Protection contre les chocs électriques

3.2.1 Protection contre les contacts directs

Les dispositions de protection contre les risques de contact ont pour but d'assurer la mise hors portée de pièces nues sous tension accessibles aux travailleurs. La protection peut être obtenue par l'un des trois moyens suivants :

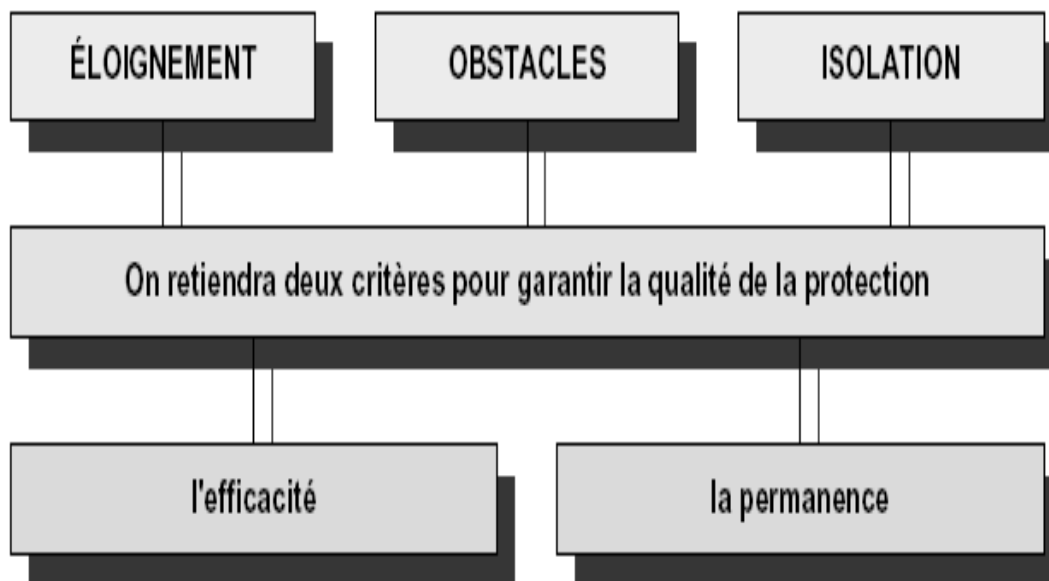


Figure 3.1 Types de protection contre les contacts directs

Eloignement

L'éloignement doit être suffisant pour prévenir le risque d'accident par contact direct ou rapprochement à l'aide d'objets que les travailleurs manipulent ou transportent. Les distances doivent être compatibles avec le matériel manutentionné. La distance d'éloignement doit être

de 2,5m augmentée de la longueur des objets conducteurs (outils, échelles) pouvant être manipulés dans les locaux, et 7,9m sous des tensions de 750kV.

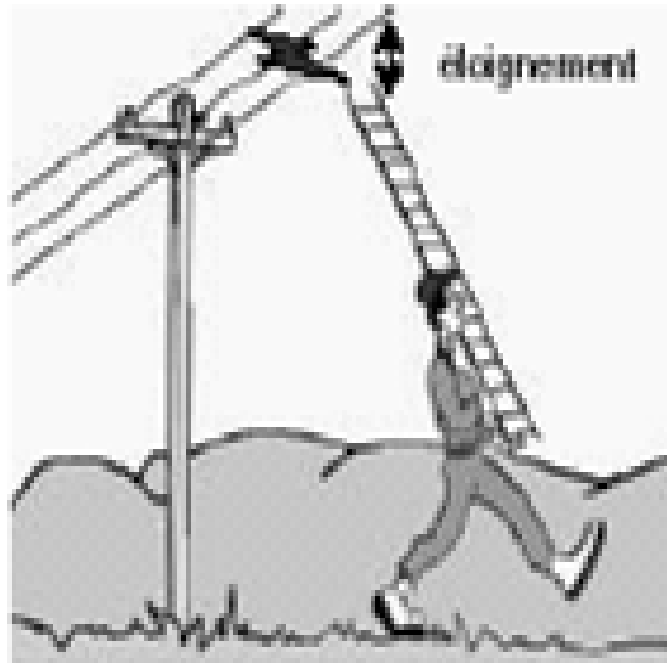


Figure 3.2 Phénomène d'éloignement

Obstacles

La protection doit être assurée compte tenu des contraintes auxquelles sont soumis les obstacles par leurs :

- *nature,*
- *étendue,*
- *disposition,*
- *stabilité.*

Inaccessibilité des parties actives.

Il n'est pas possible pour des raisons :

- de coût de fabrication,
- d'échanges thermiques d'air ambiant,
- d'entretien,

D'isoler systématiquement toutes les parties actives d'un matériel ou d'une installation. D'où la possibilité de rendre inaccessible les parties active :

- par l'emploi de barrières, d'enveloppes, d'obstacles :
- grille d'enceinte d'un poste de transformation,
- armoires pour équipements, ne pouvant être ouvertes qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil après mise hors tension

- par la mise en place des rambardes ou panneaux grillagés fixes distant d'au moins 10 cm pour $U < 500V$ ou 20 cm pour $U > 500V$.
- par une implantation des matériels qui met hors de portée ces parties actives.

Tous les obstacles, coffrets d'appareillage, armoires de tableaux, cache-bornes de moteurs, portes en tôles ou en grillage dans les postes HT doivent être maintenus en place et en bon état.

Important : La suppression des obstacles, quelle qu'en soit la classe de tension, ne sera réalisée que par des électriciens.



Figure 3.3 accident due à l'obstacle

Isolation

L'isolation doit être adaptée à la tension de l'installation et conserver à l'usage ses propriétés, eu égard aux risques de détériorations auxquelles elle peut être exposée (protection des conducteurs et câbles), (On peut également rajouter une isolation sur des câbles nus).
L'isolation des parties actives : Celles-ci doivent être totalement recouvertes d'un isolant qui ne peut être enlevé que par destruction.

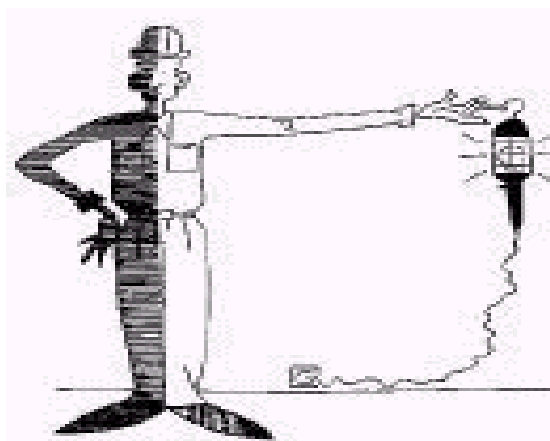


Figure 3.4 Isolation

3.3 Mesure de protection sans coupure de l'alimentation

a)-Utilisation de la TBTS

La très basse tension de sécurité (TBTS) s'utilise lorsque le risque est très élevé (piscines, salles de bain, ect..). Cette tension doit être inférieure à 50V.

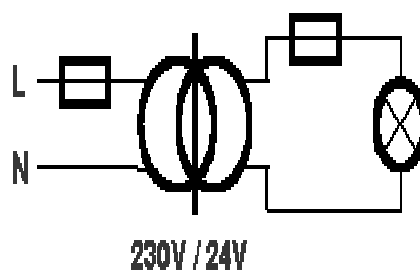
Cette mesure consiste à alimenter des circuits sous très basse tension fournie par un transformateur de sécurité. Trois conditions doivent être respectées :

- aucune partie active du réseau TBTS ne doit être relié à la terre.
- les masses des matériels TBTS ne doivent être relié ni à la terre, ni à des masses d'autres circuits, ni à des éléments conducteurs.
- les parties actives des circuits TBTS et des circuits alimentés en tension plus élevée doivent présenter entre eux un niveau d'isolement au moins équivalent à celle existant entre enroulement primaire et secondaire du transformateur de sécurité (double isolation) .

Il en résulte des mesures précédentes que :

- les circuits TBST doivent emprunter des canalisations distinctes.
- Les socles des prises de courant ne doivent pas comporter de contact de terre et doivent être d'un type spécial pour éviter toute connexion avec celle d'un circuits de tension plus élevée .

Note : lorsque la TBTS est inférieure à 25V, cette mesure est considérée comme assurant la protection contre les contacts directs.

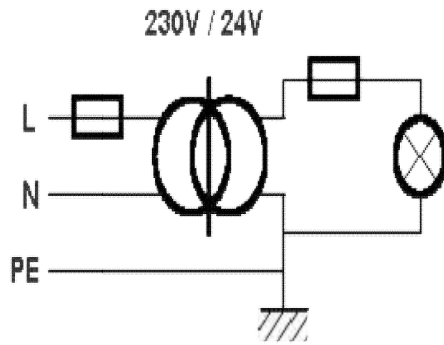


Alimentation en TBTS par transformateur de sécurité

Figure 3.5 Alimentation TBTS

b)- Utilisation de la TBTP

On utilise également la très basse tension de protection (TBTP), elle répond aux mêmes conditions que la TBTS, mais un point du circuit est raccordé à la terre. Elle convient pour la protection contre les contacts indirects.



Alimentation en TBTP par transformateur de sécurité

Figure 3.6 Alimentation TBTS par transformateurs de sécurité

D'autres mesures sont également recommandées pour la protection contre les contacts directs :

- n'autoriser l'accès du local ou l'utilisation du matériel qu'à des personnes habilitées.
- Utiliser un dispositif à courant différentiel résiduel haute sensibilité DDR ($I_n \leq 30\text{mA}$)

c)- Comment fonctionne un DDR

En l'absence de défaut (rupture d'isolant), on aura $I_1 = I_2$.

En présence d'un défaut d'isolement, on aura $I_1 > I_2$ avec $I_1 - I_2 = I_f$.

Le circuit de détection du différentiel va enregistrer cet écart entre le courant entrant et le courant sortant ouvrant ainsi les contacts.

L'équipement sera automatiquement mis hors tension.

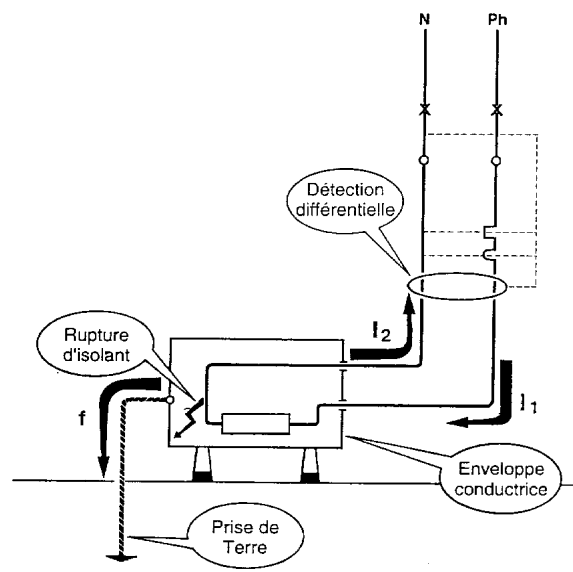


Figure 3.7 Principe de fonctionnement d'un DDR

3.4 Protection contre les contacts indirects

Il existe plusieurs moyens de prévenir les contacts dits indirects c'est-à-dire ceux qui impliquent des masses métalliques mises accidentellement sous tension :

Protection contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation.

La coupure automatique de l'alimentation, après l'apparition d'un défaut, est destinée à empêcher le maintien d'une tension de contact pendant une durée telle qu'il risque d'en résulter un danger pour les personnes.

La mise en œuvre de cette protection nécessite :

- La liaison de toutes les masses de l'installation avec un conducteur de protection lui-même relié à la terre.
- L'interconnexion à un même conducteur de protection, donc à une même terre, de toutes les masses susceptibles d'être accessibles simultanément,
- L'utilisation d'un dispositif de protection du type disjoncteur à courant différentiel résiduel qui sépare automatiquement, à la suite d'un défaut d'isolement, l'alimentation et la partie de l'installation protégée.
- Les caractéristiques du temps de réponse de ce disjoncteur doivent être telle que toute tension de défaut, ou de contact, ne puisse se maintenir au-delà d'un temps qui limite les effets pathophysiologiques du courant à une valeur non dangereuse, pour une personne victime d'un choc indirect .

Protection par l'emploi d'une très basse tension de sécurité (TBTS) ou de protection (BTTP).

Valeurs maximales de la tension en TBTS (à l'intérieur des locaux) :

Milieu sec	$U < 50V$
Milieu humide	$U < 25V$
Milieu mouillé	$U < 12V$

Par une double isolation ou une isolation renforcée : protection contre les contacts indirects sans coupure automatique de l'alimentation.

Emploi de matériels de la classe 2 ou équivalente.

Ces matériels sont identifiés par le symbole du double carré.

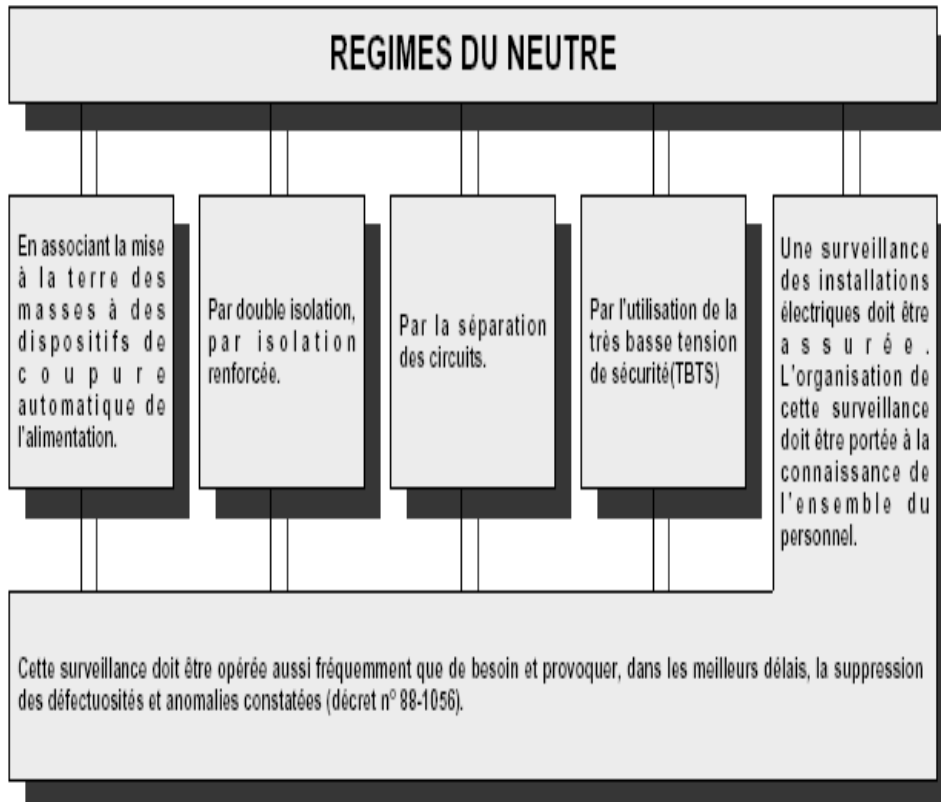


Figure 3.8 Régime de neutre

3.5 Tension limite de sécurité

La norme C15-100 présente une classification des différents locaux. Selon le type de local, elle définit deux types de tension de sécurité (25 et 50V). Ces tensions dites non dangereuses écoulent dans le corps humain un courant inférieur à 30mA. Le danger du courant électrique étant fonction de sa durée de passage, il a été établi un tableau donnant le temps de coupure maximal du dispositif de protection en fonction de la tension de défaut.

3.6 Caractéristiques du risque :

La valeur de tension dangereuse est obtenue en multipliant la résistance minimale du corps humain par la valeur d'intensité considérée comme dangereuse.

- Résistance minimale du corps humain : 1000Ω
- Intensité dangereuse pour l'homme en courant alternatif : 0,025A
- Intensité dangereuse pour l'homme en courant continu : 0,06 A

En courant alternatif (50hz) est dangereuse toute tension supérieure à : 25V

En courant continu, est dangereuse toute tension supérieure à : 60V.

UI = 50 V		UI = 25 V	
Tension de contact (V)	Temps maxi de coupure (s)	Tension de contact (V)	Temps maxi de coupure (s)
< 50	-	< 25	-
50	5	25	5
75	0,6	50	0,48
90	0,45	75	0,3
120	0,34	90	0,25
150	0,27	110	0,18
220	0,17	150	0,12
280	0,12	230	0,05
350	0,08	280	0,02
500	0,04		

3.7 Les dispositifs de protection différentielle

3.7.1 Immunisation contre les risques de déclenchements intempestifs

Les dispositifs de protection différentielle (disjoncteurs différentiels, interrupteurs différentiels et prises de courant différentielles) sont couramment utilisés dans des domaines aussi variés que le logement et les installations industrielles.

La protection différentielle est mise en œuvre pour assurer trois fonctions fondamentales :

- Protéger les personnes contre les contacts indirects ;
- Protéger les biens contre les risques de destruction ou d'incendie que peuvent provoquer les courants de défaut à la terre ;
- Assurer une protection complémentaire contre les contacts directs.

3.7.2 Qu'appelle-t-on déclenchement intempestif d'un DDR ?

Un dispositif de protection différentielle à courant résiduel (DDR) assure la protection des personnes et des biens en mettant hors tension le circuit défectueux dès l'apparition d'un courant de fuite dangereux à la terre.

Les DDR actuellement utilisés, déclenchent parfois, sans défaut d'isolement sous l'action de courants de fuite transitoires.

Outre le fait que ces déclenchements nuisent au confort et à la continuité de service, les interruptions peuvent inciter certains exploitants à supprimer les protections, les risques que cela entraîne.

On appelle, par conséquent, un déclenchement intempestif tout déclenchement du DDR en présence d'un courant de fuite ne présentant aucun danger pour les personnes et les biens.

3.7.3 Comment apparaît le phénomène ?

Lorsque, sur un réseau électrique sain (sans défaut d'isolement), l'utilisateur constate des déclenchements intempestifs, ils sont généralement dus à des courants de fuites transitoires, s'écoulant vers la terre. Ces déclenchements peuvent se produire d'une façon intermittente, aléatoire, souvent à la mise sous tension d'un circuit, parfois à la coupure.

3.7.4 Les causes des déclenchements intempestifs

Ces déclenchements gênants ont essentiellement trois origines :

- Les surtensions atmosphériques,
- Les surtensions de manœuvres,

Nota : La suppression de la majorité des déclenchements intempestifs des DDR constitue une étape importante dans l'amélioration de la sécurité des personnes et des biens.

Elle permet de réconcilier les impératifs de sécurité et de continuité de service indispensable au confort de l'utilisateur.

3.7.5 Dispositifs de protection différentielle.

Rôle d'un dispositif de protection à courant différentiel résiduel en courant alternatif:

- ouvre le circuit électrique en cas de fuite supérieure à la valeur de consigne;

I_d : Intensité de défaut
 I_r : réglage du différentiel

$I_d > I_r$

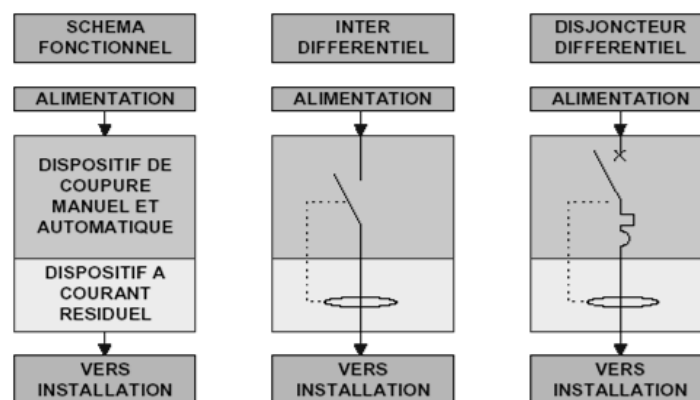
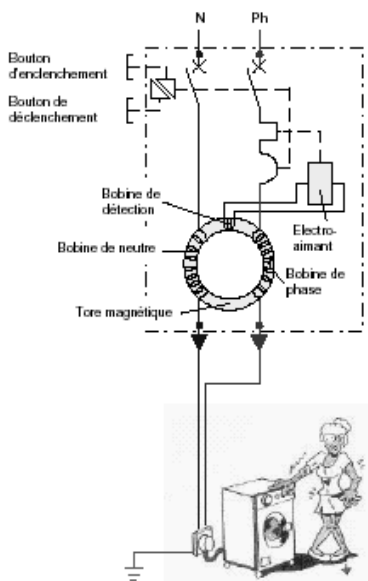


Figure 3.9 Dispositifs de protection différentielle

Principe de fonctionnement:



Le même nombre de spires du conducteur de phase et du conducteur de neutre est bobiné sur un tore en métal ferromagnétique. Les sens de bobinage sont tels que les forces sont de sens opposés. En l'absence de courant de défaut I_d , $I_{ph} = I_n$. Si I_d se produit $I_{ph} \neq I_n$. Une force magnétique se produit, d'où flux dans le bobinage secondaire et action sur l'électro-aimant.

La valeur de réglage du différentiel est fonction de deux paramètres:

- la valeur de la prise de terre (en ohm)
- la tension de sécurité (12V; 25V; 50V) suivant l'indice de risque du local.

exemple: un local est classé 12V
la prise de terre est de 1200Ω
La valeur du différentiel sera:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{1200} = 0,01A = 10mA$$

3.7.6 Emploi de matériel classe 2

On utilise du matériel dit double isolement dans lequel l'isolation du matériel électrique a été doublée. Aucune partie conductrice du matériel double isolation ne doit être raccordée à un conducteur de protection.

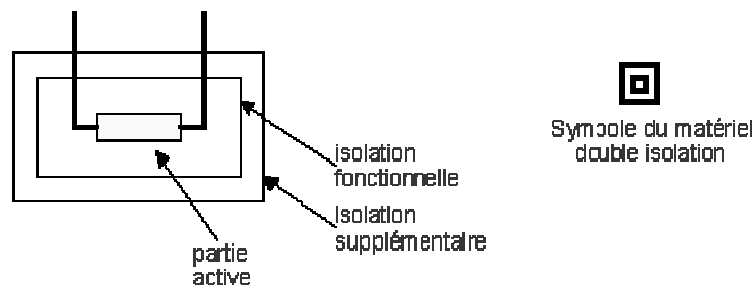
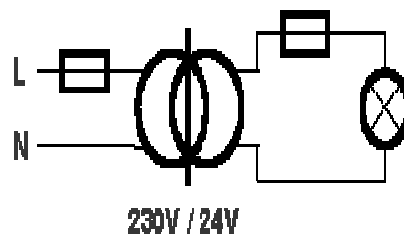


Figure 3.10 Symbole matériel classe 2

3.7.7 Utilisation de la très basse tension de sécurité (TBTS)



Alimentation en TBTS par transformateur de sécurité

Figure 3.11 Très basse tension de sécurité (TBTS)

3.7.8 Les différents schémas des liaisons à la terre

Pour protéger les personnels contre les contacts indirects trois schémas des liaisons à la terre ont été officialisés par la CEI .chaque schéma est caractérisé par deux lettres précisant :

- La situation du neutre du transformateur par rapport à la terre
- La situation des masses de l'installation.

La première définit la liaison à la terre du secondaire du transformateur (très généralement le point neutre).	La deuxième définit la liaison à la terre des masses.
Raccordé à la terre T	T raccordées à la terre
Isolé de la terre I	T raccordées à la terre
Raccordé à la terre T	N raccordées au neutre

Les schémas de liaison à la terre consistent à définir les principes distribution assurant une protection contre les contacts indirects par une coupure automatique de l'alimentation.

3.8 Les Régimes de neutre

Le régime de neutre désigne la manière dont est relié le conducteur de terre et les masses métalliques de l'appareillage électrique .Il est désigné par deux lettres, la première indique le type de liaison entre le neutre du poste de transformation et la terre, la seconde indique le type de liaison entre le conducteur des masses d'utilisation et la terre.

Ces trois régimes du neutre sont appelés également « schémas des liaisons à la terre SLT » .

Ils découlent de textes réglementaires et normatifs.

Ces trois schémas de liaisons à la terre présentent le même niveau de sécurité à condition que l'installation électrique soit non seulement réalisée conformément aux règles de l'art mais également bien entretenue.

3.8.1 Mise à la terre

La protection des personnes contre les risques de contact indirect dans les installations électriques alimentés par du courant alternatif peut être réalisée :

- soit par double isolation, isolation renforcée, impédance de protection ou séparation des circuits (cas particuliers).
- soit en associant la mise à la terre des masses à des dispositifs de coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut d'isolement dangereux (cas général).

La mise à la terre à des fins de sécurité électrique ne doit jamais être confondue avec une mise à la terre fonctionnelle c'est-à-dire dont la fonction est de mettre des matériels au potentiel de la terre pour assurer leur fonctionnement .

Une mise à la terre des masses comporte :

➤ *Une prise de terre* : cette dernière est réalisée le plus souvent selon une des trois techniques suivantes :

- ceinturage (ou boucle) à fond de fouille en cuivre nu de section d'au moins 25mm^2 ,
- plusieurs piquets (ou tubes) enfoncés verticalement à plus de 2m dans le sol et interconnectés,
- un ou plusieurs conducteurs enfuis à une profondeur d'au moins 1 m et à plus de 0,20m d'une canalisation d'eau, de gaz ou d'électricité.

L'utilisation de canalisation de distribution publique d'eau comme prise de terre n'est pas admise par les distributeurs d'eau.

3.8.2 Réalisation de la prise de terre

La résistance de mise à la terre doit être la plus faible possible.

La résistance de la prise de terre dépend :

- De sa forme
- De ses dimensions
- De la résistivité du terrain dans lequel elle est établie.

La résistivité du terrain varie d'un point à un autre, suivant :

- La profondeur.
- Le taux d'humidité
- La température.

Le gel, la sécheresse augmentent la résistivité des terrains et leur effet peut se faire sentir jusqu'à plus de 2m de profondeur .En conséquence on doit établir les prises de terre de préférence dans les fonds de fouilles des bâtiments ou dans les caves et de toute façon en des endroits abrités de la sécheresse et du gel.

Les prises de terre doivent être tenues à distance des dépôts ou infiltrations pouvant les corroder .Elles ne doivent jamais être constituées de pièces métalliques plongées dans l'eau ni établies dans des pièces ou des rivières (médiocre conductivité de l'eau, danger pour les personnes entrant en contact avec l'eau au moment d'un défaut).

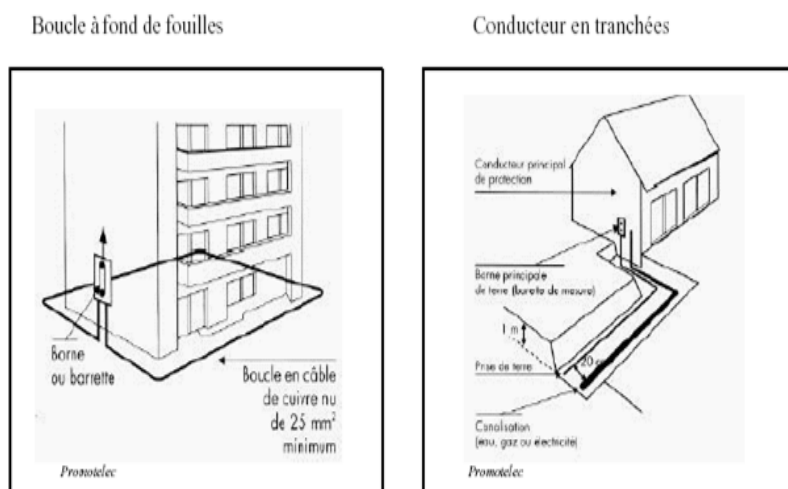


Figure 3.12 mise à la terrée

- Un conducteur de terre* (appelé également canalisation principale de terre) : selon la définition donnée , le conducteur de terre est un conducteur de protection reliant la borne principale de terre à la prise de terre .La connexion d'un conducteur de terre à une prise de terre doit toujours être soigneusement réalisée de façon à être électriquement satisfaisante .Cette liaison doit être accessible sauf si elle est faite dans des joints scellés ou dans une boîte remplie de matière de remplissage .Un dispositif (barrette de mesure ou de coupure) doit être inséré sur le conducteur de terre pour permettre d'interrompre momentanément sa continuité aux fins de vérification .Cette barrette doit assurer la continuité électrique , être mécaniquement sûre et démontable uniquement au moyen d'un outil .Cette barrette de mesure peut être combinée avec la borne principale de terre .

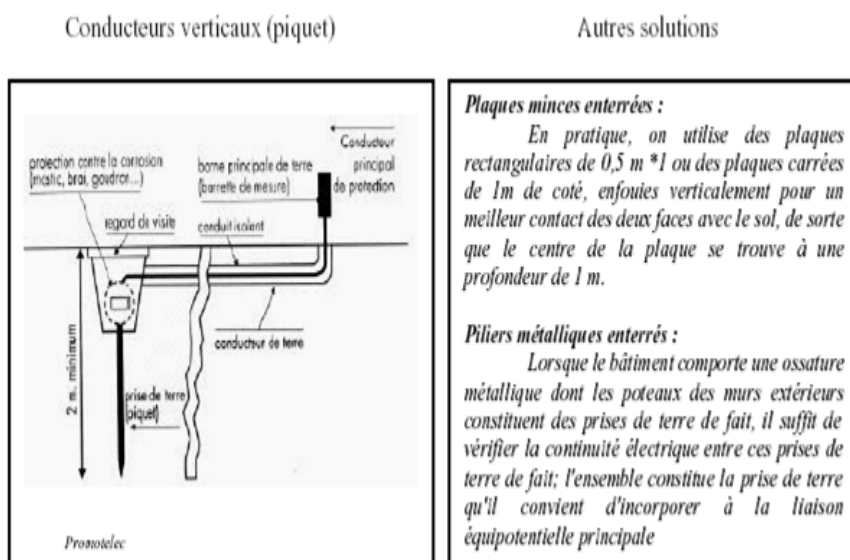


Figure 3.13 Pic de terrée

- *Une borne principale de terre* : toute installation doit posséder une borne principale de terre sur laquelle sont reliés les conducteurs de terre, de protection, de liaison équipotentielle principale et éventuellement les conducteurs de mise à la terre fonctionnelle.
- *Des conducteurs de protection* : ces conducteurs sont destinés à relier électriquement les masses et les éléments conducteurs au conducteur de terre. Ils peuvent être nus ou isolés. Dans ce dernier cas, ils doivent être repérés par la double coloration vert et jaune. Aucun appareillage électrique tel que fusible, interrupteur, disjoncteur ou dispositif de coupure ne doit être intercalé dans les conducteurs de protection. Les connexions de conducteur de protection sur le conducteur principal de protection doivent être réalisées individuellement (et non en montage série) de manière qu'en cas de rupture ou séparation volontaire (démontage d'un matériel) la liaison à la terre des autres masses ou éléments conducteurs ne soit interrompue.

La section des conducteurs de protection ne doit pas être inférieure à celle préconisées selon la norme NF C 15-100

Section des conducteurs de phase de l'installation S en mm ²	Section minimale des conducteurs de protection en mm ²
S < 16	S
16 < S < 35	16
S > 35	0,5 S (limitée à 25 mm ² en cuivre pour le schéma TT)

3.9 Les différents types de SLT

3.9.1 Schéma TT

C'est le régime de neutre le plus couramment utilisé, il est simple à installer et à étudier, présent surtout dans le domaine domestique.

- C'est le régime utilisé pour distribuer le courant basse tension aux particuliers.

La protection du réseau s'effectue par un disjoncteur différentiel communément appelé DDR. La coupure a lieu au premier défaut lorsque le courant de fuite est supérieur à la valeur du dispositif de protection.

- Actuellement ce courant de défaut est fixé à 30 milliampères (30mA), valeur nécessaire à la sécurité des personnes.
- Toutes les masses proches doivent obligatoirement être interconnectées (liaison équipotentielle).

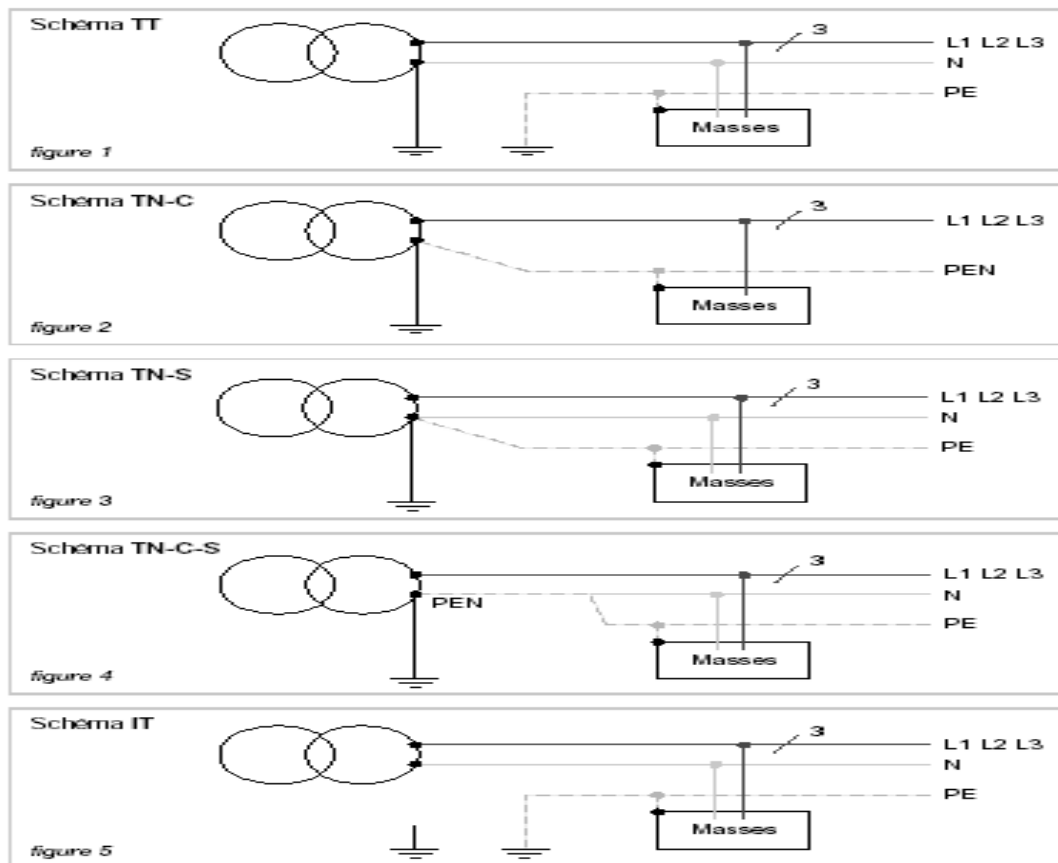


Figure 3.14 Différents types de SLT

3.9.2 Neutre à la terre

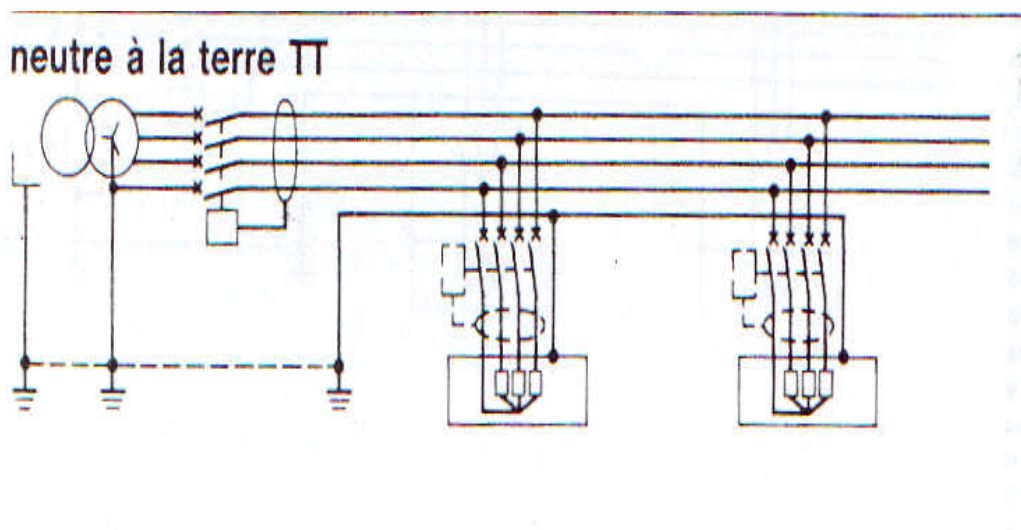


Figure 3.15 SLT avec Neutre à la terre

- Neutre relié directement à la terre
- Masses d'utilisation interconnectées et reliées en un point à la terre
- Déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement, éliminé par un dispositif différentiel à courant résiduel situé en tête de l'exploitation (et/ou éventuellement sur chaque départ pour améliorer la sélectivité.
- Solution la plus simple à l'étude et à l'installation
- ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation (seul un contrôle périodique des dispositifs différentiels résiduels peut parfois être nécessaire).

La protection contre les chocs indirects est assurée par coupure de l'alimentation lors de l'apparition du premier défaut d'isolement. Selon le principe développé ci-dessous :

Lors de l'apparition du défaut d'isolement, un courant s'écoule au travers du sol. Ce courant de fuite est détecté par le dispositif différentiel qui entraîne la coupure de l'alimentation.

Remarque :

Pour que ce dispositif soit efficace, il faut que deux conditions soient réunies :

- Liaison équipotentielle des masses à la terre.
- Utilisation d'un dispositif différentiel en amont de l'installation.

La réalisation de la prise de terre des masses doit conditionner la valeur limite de la résistance de prise de terre.

3.10 Dispositif différentiel :

a)- Calibre ou sensibilité :

- La norme CEI 60755 définit les appellations suivantes :
 Haute sensibilité : HS : 6,10, et 30mA.
 Moyenne sensibilité MS : 100, 300, 500mA.
 Basse sensibilité BS : 1, 3, 5, 10, 20A.

La sensibilité réelle des dispositifs DDR sera choisie pour qu'en aucun cas le potentiel des masses ne puisse être porté à un potentiel dangereux. Or, par application de la loi d'Ohm la sensibilité du dispositif utilisé est fonction de la valeur maximale de la prise de terre des masses (ou de l'ensemble de prises de terre interconnectées).

Nous avons donc : $U_L = R \cdot \Delta I$ où

U_L = tension limite conventionnelle en volts.

R = résistance maximale de la prise de terre en ohms.

ΔI = sensibilité réelle du dispositif différentiel résiduel.

La valeur maximum de la résistance prise de terre des masses $R_A < U_L / \Delta I_n$

La figure ci-dessous donne les variations de la résistance R en fonction de la sensibilité réelle du dispositif DDR pour les tensions $U_L = 25V$ (locaux ou emplacement mouillés) et $50V$ (autres locaux) .Par ailleurs, il convient de tenir compte du risque permanent d'incendie qui existe en cas de courant de fuite égal ou supérieur à $300mA$.

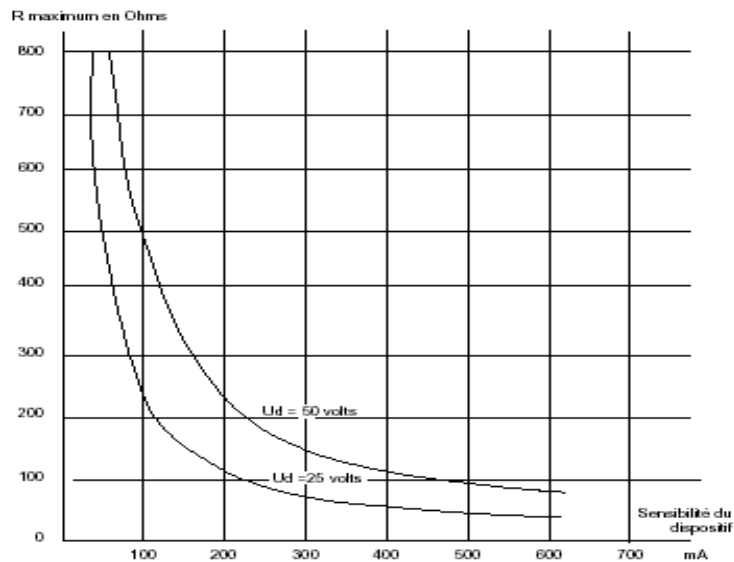


Figure 3.16 fonctionnement d'un dispositif DDR

Variation de la résistance maximale en fonction de la sensibilité Réelle du dispositif DDR

3.11 Schéma TN

La mise au point neutre (schéma TN) consiste à relier les masses au conducteur neutre dans des conditions telles qu'un défaut d'isolement devient un court-circuit entre phase –neutre , entraînant le fonctionnement du dispositif de protection placé immédiatement en amont du défaut . Pour cela, le point neutre de l'alimentation (exceptionnellement un autre point de l'alimentation) est relié directement à la terre et toutes les masses de l'installation BT sont reliées au point neutre par des conducteurs de protection.

Ce type de protection peut être réalisé de deux façons :

3.12 Conducteurs neutre et protection confondus :

C'est le schéma TN-C (figure ci-dessous) .Dans ce conducteur unique PEN, la fonction protection prime , c'est pourquoi, il ne doit comporter aucun dispositif de coupure ou de sectionnement et doit être réalisé de façon à éviter tout risque de rupture .

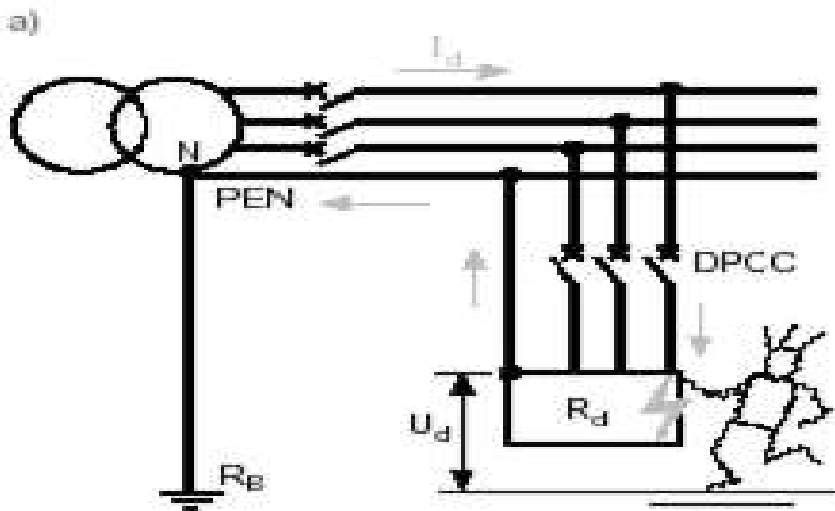


Figure 3.17 schéma TN-C

Dans le schéma TN-C, un courant circule en permanence, non seulement dans le conducteur de protection PEN mais également, en égard à l'équipotentialité exigée, dans l'ensemble des masses et éléments conducteurs des bâtiments. Des échauffements localisés peuvent se produire et engendrer des incendies. C'est pourquoi, le schéma TN-C est interdit dans les locaux classés à risque d'incendie ou d'explosion.

Dans le schéma TN-C, la coupure en cas de défaut d'isolement ne peut être assurée que par des dispositifs de protection contre les surintensités.

Nota :

- déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement, éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.
- le schéma TNC peut faire apparaître une économie à l'installation (suppression d'un pôle d'appareillage et d'un conducteur).
- nécessite un personnel d'entretien compétent.
- accentue les risques d'incendies du fait des forts courants de défaut.
- la vérification des déclenchements doit être effectuée si possible à l'étude par le calcul, et obligatoirement à la mise en service par des mesures. Cette vérification est la seule garantie de fonctionnement aussi bien au moment de la réception qu'en exploitation et après toute intervention (modification, extension) sur le réseau.

7-5-2- Conducteurs neutre et de protection distincts :

C'est le schéma TN-S (figure ci-dessous) .Dans ce schéma , la coupure doit intéresser tous les conducteurs actifs (neutre compris) et peut être réalisé soit par des dispositifs contre les surintensités ou des dispositifs de coupure à courant résiduel .

Pour des raisons de résistance mécanique , le schéma TNS s'impose dans les canalisations mobiles et les circuits dont les conducteurs ont une section inférieure à 10mm² en cuivre ou 16mm² en aluminium .

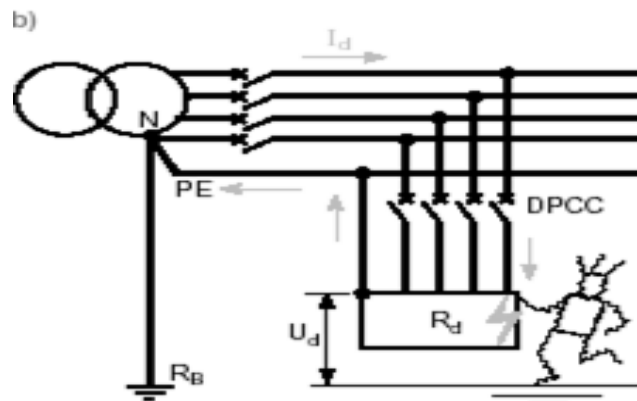


Figure 3.18 schéma TN-S

Dans les locaux classés à risque d'incendie ou explosion , le schéma TN-S n'est autorisé, en égard au défaut éventuel d'isolement impédant, que combiné avec l'installation d'un dispositif de protection à courant différentiel résiduel(DDR) ayant une sensibilité maximale de 300mA. Ces deux schémas peuvent d'ailleurs être utilisés dans une même installation mais le schéma TN-C ne doit en aucun cas être disposé en aval du schéma TN-S .Il s'agit alors du schéma TN-C-S.

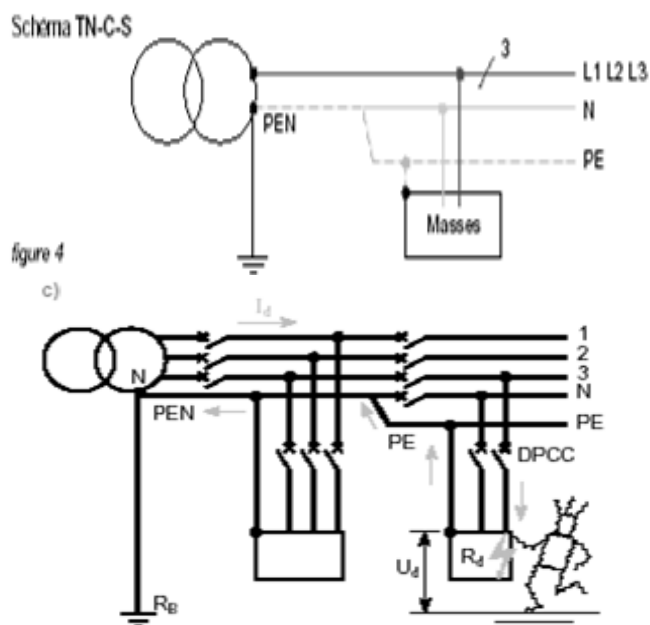


Figure 3.19 schéma TN-C

3.13 Schéma IT

Dans le schéma IT, le conducteur neutre est, soit non relié à la terre (cas du neutre isolé), soit relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance Z ou au mieux d'une bobine de compensation X_n (cas du neutre impédant).

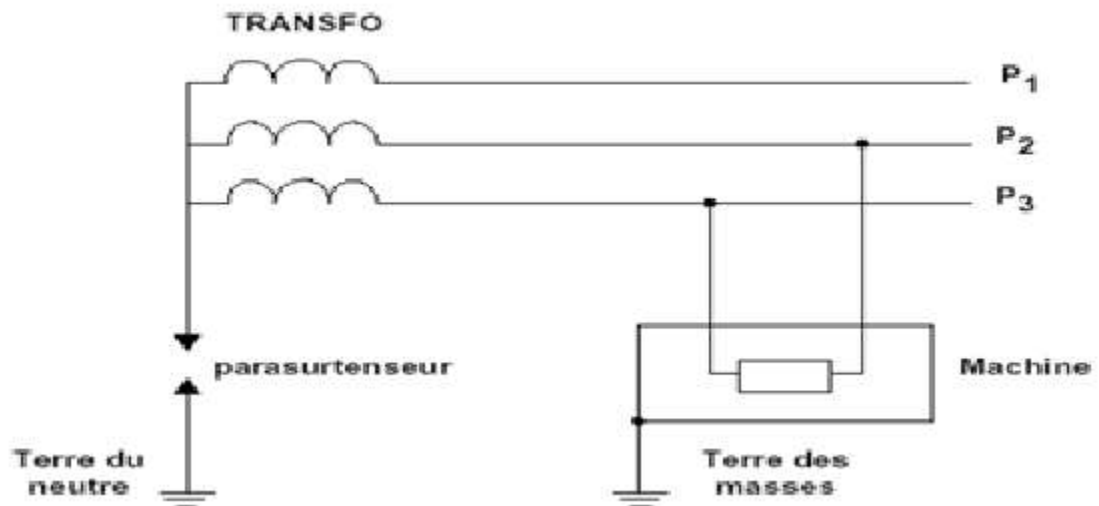


Figure 3.19 Schéma IT

Contrairement à ce que nous pourrions penser a priori, ces deux schémas (neutre isolé et neutre impédant) sont identiques car le neutre isolé n'est en fait jamais totalement isolé : nous avons toujours une impédance de fuite non négligeable.

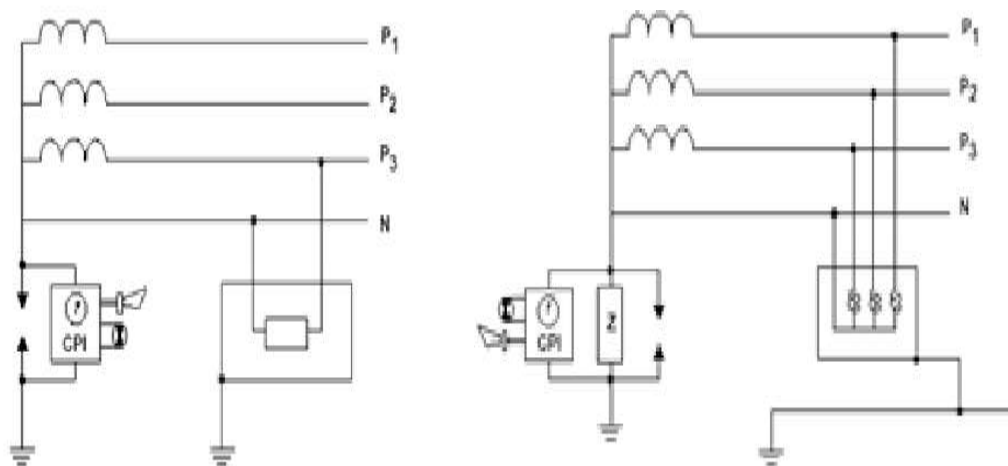


Figure 3.20 Schéma IT impédant

Selon le cas, le neutre est distribué ou non distribué. Afin d'éliminer le risque de défaut d'isolement HT/ BT, un limiteur de surtension doit être inséré entre le point neutre et la terre. Ce schéma permet la coupure en cas de premier défaut d'isolement et nécessite de ce fait une surveillance continue de l'isolement de l'installation par un contrôleur permanent d'isolement CPI. Ce contrôleur doit être installé sur le circuit secondaire du transformateur HT /BT en

amant du premier dispositif de coupure , de préférence entre le point neutre et la terre (fig 7 , fig 8) c'est-à-dire en parallèle sur le parasurtenseur (et l'impédance dans le cas du neutre impédant).Le rôle du contrôleur permanent d'isolement est d'une part de surveiller l'isolement par rapport à la terre de tous les conducteurs actifs , d'autre part de signaler toute baisse du niveau d'isolement en dessous d'un seuil préfixé .Ce seuil de détection est réglé à une valeur légèrement inférieure au niveau global d'isolement de l'installation BT de façon que l'apparition ultérieure d'un nouveau défaut ne puisse porter les masses à un potentiel supérieur à la tension limite conventionnelle de sécurité .

En cas de défaut d'isolement, un transfert d'alarme lumineux et / ou sonore doit être disposé de façon à être perçue par une ou plusieurs personnes averties de la signification de cette alarme .Cette surveillance permanente de l'isolement nécessite le recours à un service d'entretien permettant l'élimination rapide des défauts .

La coupure sélective au deuxième défaut susceptible de détériorer le matériel et de porter les masses à un potentiel dangereux sera respectivement assurée par les dispositifs de coupure (fusibles- disjoncteurs) et par l'interconnexion générale des masses et des éléments conducteurs.

3.14 Cas du départ éloigné

Dans le cas d'un départ éloigné (bâtiment séparé par exemple), la protection dans les schémas TT et IT sera assurée par une prise de terre particulière (ou ensemble de prises de terre interconnectées) sur laquelle sont raccordées les masses de ce départ éloigné associé à un dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR).

La figure ci-dessous montre le schéma d'un disjoncteur différentiel (DDR) bipolaire.

En fonctionnement normal, le courant qui traverse un bobinage, traverse en sens inverse le second bobinage du dispositif de protection et la résultante des flux engendrés est nulle .

En cas de défaut, le courant I_d engendre un déséquilibre dans la seconde bobine qui par effet de self , crée un courant dans le bobinage du déclencheur, ce qui actionne ce dernier (si l'intensité du courant de défaut atteint ou passe le seuil de réglage) .

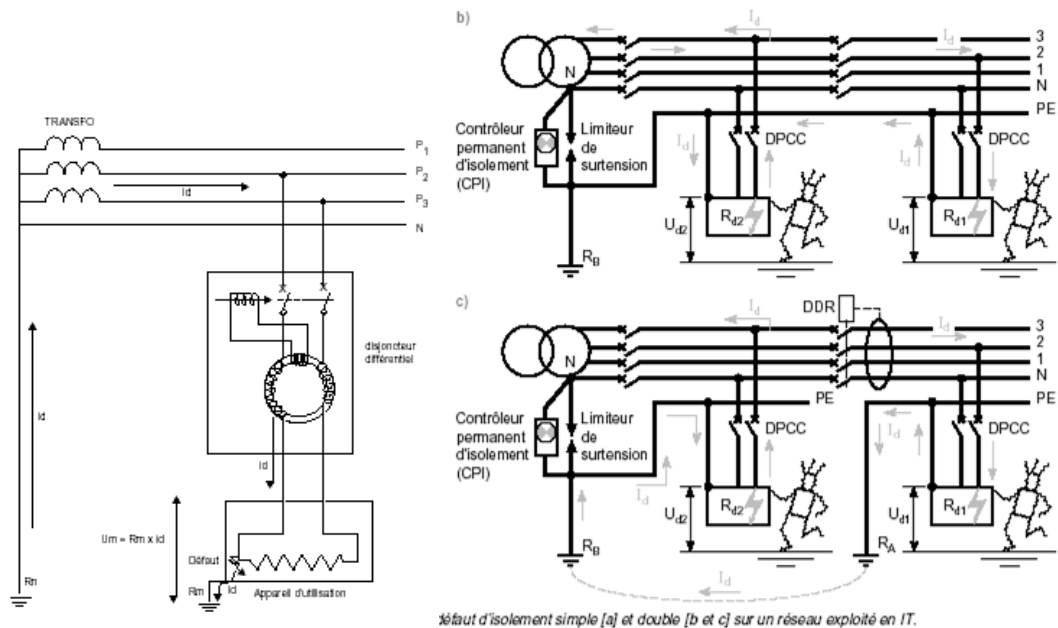


Figure 3.21 schémas TT et IT

3.15 Tensions dangereuses

Selon la réglementation en vigueur, **la tension limite conventionnelle de sécurité** est la valeur maximale de la tension de contact qu'il est admis de pouvoir maintenir indéfiniment sans risque dans les conditions spécifiées d'influences externes.

- *La tension de contact* est la tension apparaissant, lors d'un défaut franc, d'isolement entre des parties simultanément accessibles.
- *La tension de contact présumée* est la tension de contact la plus élevée susceptible d'apparaître en cas de défaut franc se produisant dans une installation électrique.

En courant alternatif, la tension limite conventionnelle de sécurité est de :

- 25V pour les masses situées dans les locaux ou sur les emplacements de travail mouillés ;
- 50V pour les autres locaux ou emplacement de travail.

Nota : Un local ou emplacement de travail mouillé est un local ou emplacement où l'eau ruisselle sur les murs ou sur le sol et où les matériels sont soumis à des projections d'eau .

Toute tension de contact égale ou supérieure à ces valeurs doit être coupée dans un temps au plus égal à celui défini par l'arrêté du 15 décembre 1988 figurant sur le tableau ci-dessous.

Tensions de contact (en volts)		Temps de coupure maximal (en secondes)
Masses situées dans des locaux ou sur des emplacements mouillés	Masses situées dans des locaux ou emplacements autres que mouillés	
< 25	< 50	non limité
25	50	5
40	75	1
50	90	0,5
65	110	0,2
96	150	0,1
145	220	0,05
195	280	0,03
250	350	0,02
370	500	0,01

En courant continu, les tensions limites conventionnelles sont respectivement de 60V et de 120V suivant qu'il s'agit de locaux ou emplacement de travail mouillés ou non.

Les valeurs des temps de coupure maximaux données dans la norme NF C 15.00 sont légèrement différentes : le tableau ci-dessous donne la durée maximale de maintien de la tension de contact présumée pour des conditions normales.

Temps de contact présumé (en volts)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (en secondes)	
	Courant alternatif	Courant continu
< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

Une harmonisation entre les textes réglementaire et normatif s'avère souhaitable, d'autant plus que l'arrêté du 15 décembre rend d'application obligatoire, entre autres les dispositions de la section, la norme NF C 15.00 d'où est tiré le tableau ci-dessus. Cependant, nous constatons qu'en pratique, la détermination de la tension de contact s'avère très aléatoire.

Par simplification, nous utilisons les valeurs du temps de coupure maximale fournies par la norme NF C 15.100 en fonction de la tension d'alimentation figurant sur les deux tableaux ci-dessous.

Tableau (a) : $U_L = 50V$

Schéma TN		Schéma IT		
Tension nominale U_0 (volts)	Temps de coupure (secondes)	Tension nominale U_0/U (volts)	Temps de coupure (secondes)	
			Neutre non distribué	Neutre distribué
120,127	0,8	120-240, 127/220	0,8	5
220, 230	0,4	220/380, 230/400	0,4	0,8
380, 400	0,2	400/690	0,2	0,4
> 400	0,1	580/1 000	0,1	0,2

U_0 : tension entre phase et neutre U : tension entre phases

Tableau (b) : $U_L = 25 \text{ V}$

Schéma TN		Schéma IT		
U_0 (volts)	t (s)	U_0/U (volts)	Neutre non distribué t (s)	Neutre distribué t (s)
127	0,35	127/220	0,4	1,0
230	0,2	230/400	0,2	0,5
400	0,05	400/690	0,06	0,2
580	0,02	580/1 000	0,02	0,08

U_0 : Tension entre phase et neutre U : Tension entre phases

3.16 Perturbations électromagnétiques

3.16.1 Effets de la foudre sur les installations électriques

Le courant de foudre est un phénomène électrique haute fréquence qui va provoquer en plus des effets d'induction et de surtension, les mêmes effets que tout autre courant basse fréquence.

a)- Effets thermiques

Les effets thermiques seront notamment :

- La fusion d'éléments aux points d'impact de la foudre.
- Le risque d'incendie dû à la circulation de courant important.

b)- Effets électrodynamiques

Lorsque les courants de foudre circulent dans des conducteurs parallèles, ils provoquent des forces d'attraction ou de répulsion pouvant entraîner des déformations mécaniques et des ruptures.

c)- *Effets de déflagration*

Le canal de foudre engendre une dilatation de l'air et une surpression. Cet effet de souffle peut briser des matériaux et projeter des personnes. Cette onde de choc se transforme simultanément en onde sonore.

d)- *Surtensions conduites*

Les surtensions conduites vont survenir lors d'un impact sur des lignes aériennes d'alimentation électrique ou téléphonique.

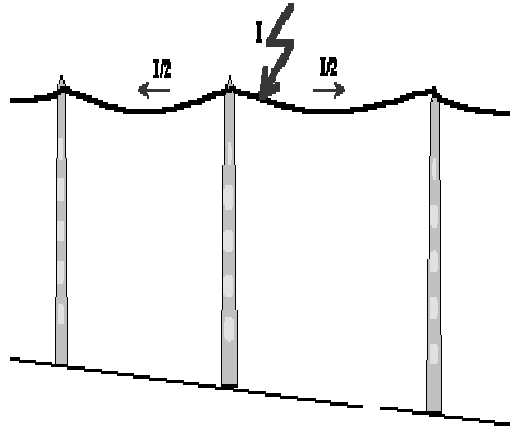


Figure 3.22 Surtensions conduites

Les impulsions de courant générées vont se propager sur les lignes. Elles seront amorties par la longueur des lignes et les transformateurs. Une observation statistique réalisée en France montre que 91% des surtensions chez un abonné BT ne dépassent pas 4 kV et 98% 6 kV.

e)- *Surtensions induites*

Un coup de foudre indirect qui tombe sur le sol est l'équivalent d'une antenne de grande longueur rayonnant un champ électromagnétique. Ce rayonnement est d'autant plus important que le front de montée est raide (20 à 100 kA/ μ s), ses effets se feront sentir à plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres.

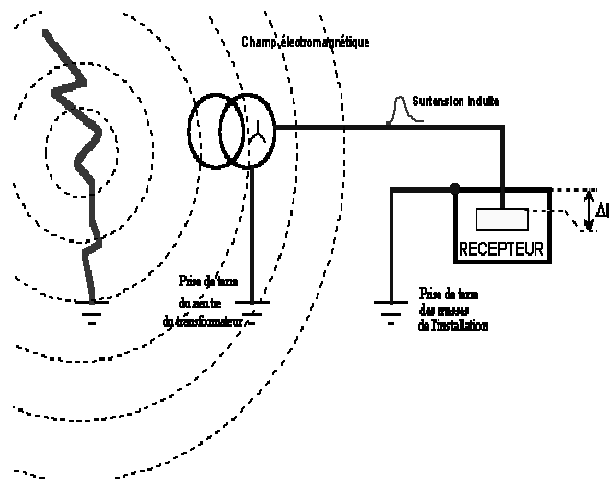


Figure 3.23 Surtensions induites

Effets	Manifestations	Types de protection
Directs	La foudre frappe directement la structure, causant des incendies, brûlures et destructions	Paratonnerres : installés sur ou autour des structures à protéger
Indirects	La foudre frappe ailleurs, sans toucher l'installation : les ondes de choc et surtensions arrivent à l'installation par conduction ou par rayonnement.	Parafoudres : installés sur les circuits électriques.

f)- Montée en potentiel de la prise de terre

Un coup de foudre frappant le sol engendre la circulation d'un courant se propageant dans le sol suivant une loi dépendant de la nature du sol et de la prise de terre. Une différence de tension apparaît entre deux points du sol (tension de pas) provoquant la montée en potentiel des équipements par les prises de terre.

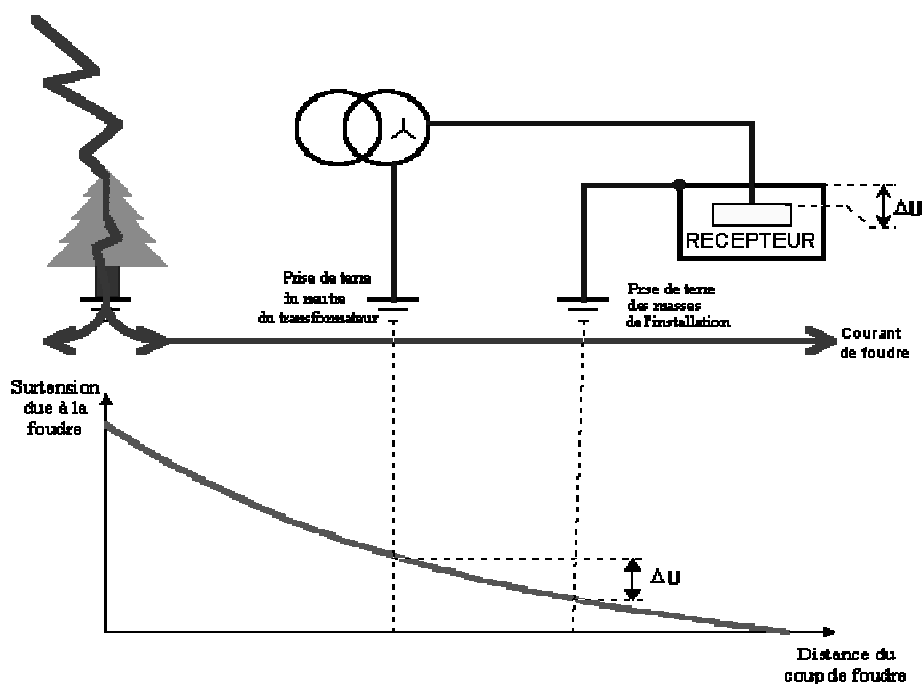


Figure 3.24 Montée en potentiel de la prise de terre

3.16.2 Modes de propagation des surtensions

Les surtensions peuvent se propager sur le réseau selon deux modes :

- Le mode commun
- Le mode différentiel

a)- *Mode commun*

La propagation s'effectue en mode commun lorsque la perturbation est transmise à l'ensemble des conducteurs actifs. La surtension apparaît entre chaque conducteur actif et la terre .Les surtensions en mode commun sont dangereuse en raison des risques de claquage diélectrique pour les équipements dont la masse est reliée à la terre.

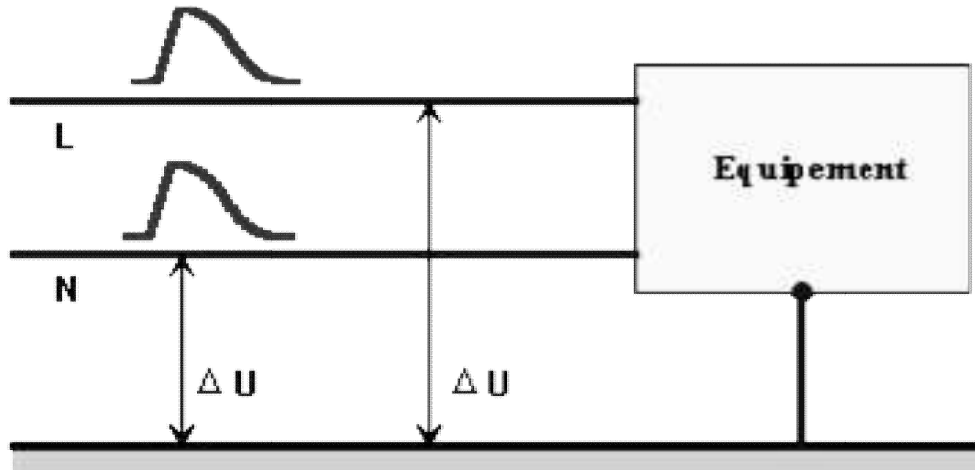


Figure 3.25 Mode commun

b)- **Mode différentiel**

La propagation s'effectue en mode différentiel lorsque la perturbation est transmise à un seul des conducteurs actifs. La surtension apparaît entre conducteurs actifs.

Ces surtensions sont particulièrement dangereuses pour les équipements électroniques.

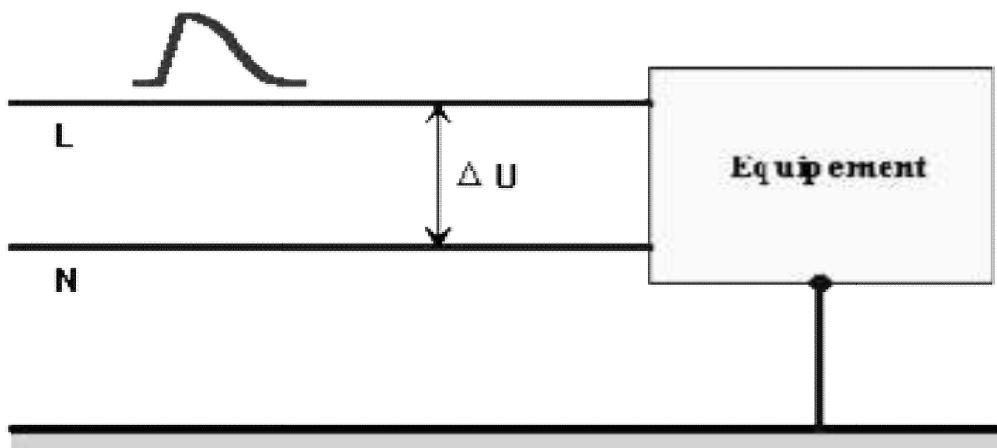


Figure 3.26 Mode différentiel

3.17 Protection contre les surtensions

En plus des mesures prises lors de la construction du matériel, caractérisées notamment par la tension de tenue aux chocs électriques, deux types de protection permettant de supprimer ou de limiter les surtensions.

- Les protections primaires, qui traitent les coups de foudre directs.
- Les protections secondaires qui complètent les précédents et permettent de traiter les coups de foudre indirects.

8-3-1- Protections primaires

Elles permettent de capter, de conduire et d'écouler le coup de foudre vers le sol. Il existe trois types de protections primaires :

- Le paratonnerre
- Les fils tendus
- La cage de Faraday.

a) Le paratonnerre

Il se compose d'une tige placée au dessus du bâtiment ou l'installation à protéger. Cette tige est reliée à la terre par un ou plusieurs feuilards de cuivre. La réalisation de la prise de terre en patte d'oie être particulièrement soignée.

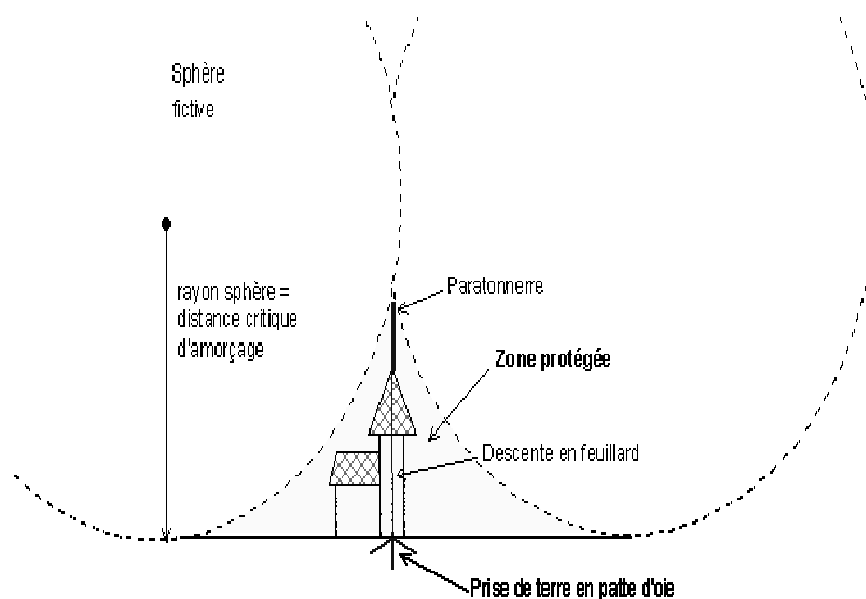


Figure 3.27 Paratonnerre

Le choix du paratonnerre sera déterminé à partir du courant de foudre maximal acceptable pour l'installation. La valeur crête du premier choc de ce courant permet de déterminer une distance d'amorçage critique qui sera utilisée comme rayon d'une sphère fictive, seule la zone située sous la sphère sera protégée.

b) Les fils tendus

Ce sont les câbles tendus au dessus des ouvrages à protéger, tels que les fils de garde sur les lignes aériennes HT.

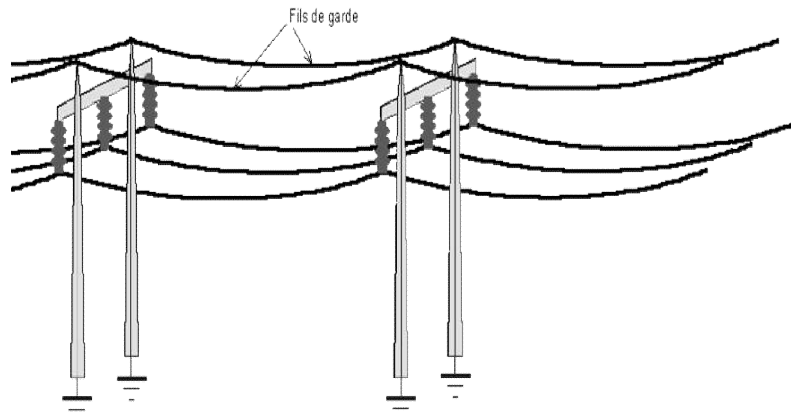


Figure 3.28 fils tendus

c)- La cage maillée ou cage de faraday

Ce système est utilisé pour des installations sensibles, il consiste à multiplier les feuillards à l'extérieur de l'installation de façon symétrique. L'effet résulte d'une meilleure équipotentialité tendant à obtenir un champ électromagnétique nul à l'intérieur de l'enceinte.

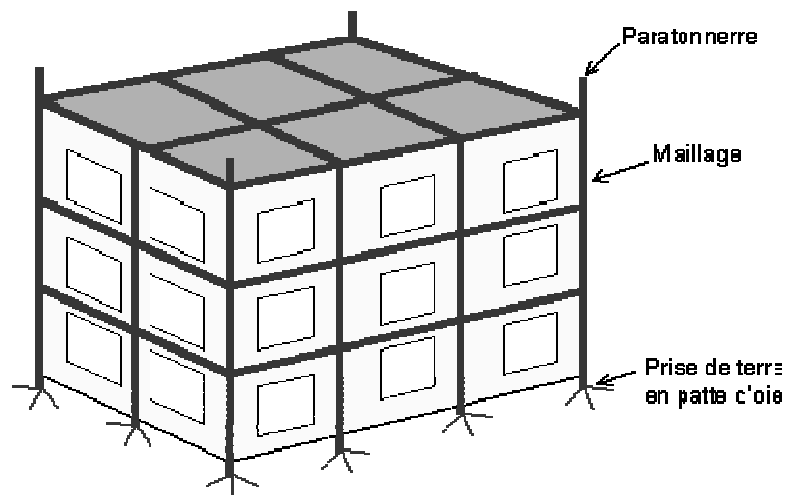


Figure 3.28 cage maillée

3.18 protection secondaire

Ce type de protection est installé en parallèle sur l'équipement à protéger, il peut s'adapter quelle que soit la puissance de cet équipement.

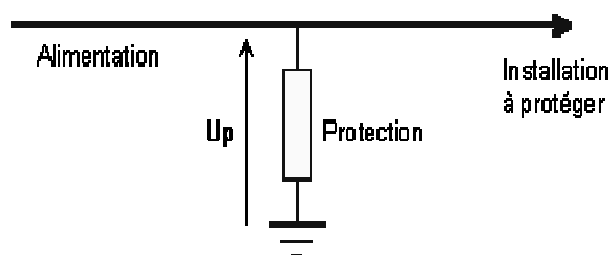


Figure 3.29 protection secondaire

3.18 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents schémas de liaison à la terre et les moyens de protection contre les contacts directs et indirects, les dispositifs de protection différentielle (DDR), ainsi que les moyens de protection contre les défauts de la foudre et les courts circuits dans les lignes aériennes.

CHAPITRE 4

MESURE DE SECURITE CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DU COURANT ELECTRIQUE

4.1 Mesure de sécurité pour le matériel électrique

4.1.1 Classe de matériel électrique

Les normes NF C 20-030 et NF C 75-100 définissent trois classes compte tenu des dispositions constructives prises pour assurer la protection des personnes contre le risque de chocs électriques dû à un défaut d'isolement.




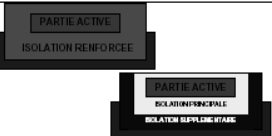


- *Classe 0* : La protection repose sur l'isolation principale.
- *Classe 1* : Appareil disposant d'une mesure de sécurité supplémentaire Mise à la terre.

Identification par symbole : mise à la terre.

- *Classe 2* : Appareil disposant d'une double isolation sécurité : double isolation ou isolation renforcée.

- *Classe 3* : Appareil disposant d'une alimentation de TBT avec transformateur.

Identification par plaque signalétique tension d'alimentation.

Type de classe	Symbole ou indication	Définition	Schéma ou autre indication
classe 0	pas de symbole	interdite dans l'industrie	
classe I		Matériel ayant au moins une isolation fonctionnelle en toutes ses parties et comportant l'ensemble des dispositions permettant de relier ses parties métalliques accessibles à un conducteur de protection (mise à la terre).	
classe II		Matériel dont les parties accessibles sont séparées des parties sous tension par une isolation ne comprenant que des éléments à double isolation ou à isolation renforcée, et ne comportant pas de dispositions permettant de relier les parties métalliques accessibles, s'il en existe, à un conducteur de protection.	
classe III		Matériel prévu pour être alimenté en très basse tension de sécurité et n'ayant aucun circuit ni interne ni externe fonctionnant sous une tension supérieure à ces limites	Alimentation par un transformateur de sécurité repéré par le symbole: 

4.1.2 Degrés de protection du matériel électrique

Les degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques de tension assignée inférieure ou égale à 72,5 kV sont définies par les normes NF EN60529 et NF EN 50102. Pour symboliser le degré de protection d'une enveloppe, il est fait usage des lettres IP (*international protection*) suivies de 2 chiffres et de une ou plusieurs lettres.

Plus un chiffre du code IP est grand, meilleure est la protection.

	1er chiffre	2ème chiffre	Lettre additionnelle	Lettre(s) supplémentaire(s)
IP	Compris entre 0 et 6	Compris entre 0 et 8	A, B, C ou D	H, M, S ou W
	Protection contre les corps solides	Protection contre l'eau	Accès aux parties dangereuses	Informations supplémentaires spécifiques

Exemple : IP 34 C

IP	3	4	C
Appareil protégé contre :	La pénétration de corps solides d'un diamètre supérieur à 2,5 mm	La pénétration des projections d'eau	Les contacts directs avec un outil d'un diamètre supérieur à 2,5 mm

4.1.3 Mesures de sécurités lors de l'utilisation du matériel électrique

Le matériel électrique doit toujours être utilisé avec soin, en veillant à ne pas le détériorer par des chocs, une immersion, un échauffement excessif...L'utilisateur de ce matériel est tenu d'en surveiller l'état apparent et de signaler toute détérioration à un électricien.



Figure 4.1 Mesures de sécurités

4.1.4 Précautions concernant les fils et les prises électriques

- Protéger les fils conducteurs du risque d'écrasement en ne les déroulant pas en travers du passage d'un véhicule,
- débrancher les appareils en tirant sur la fiche et non sur le fil,
- ne jamais bricoler une prise électrique endommagée,

- ne jamais laisser une rallonge branchée à une prise sans qu'elle soit reliée à un appareil électrique,
- ne jamais utiliser un fil pour tirer ou déplacer un appareil électrique,
- ne jamais toucher à un fil dénudé dont on ne perçoit qu'une extrémité,
- ne jamais toucher une prise avec les mains mouillées.

4.2 Mesures préventives

Vérifier l'état général du matériel avant l'utilisation :

- Fonctionnement du témoin de mise sous tension,
- Etat des conducteurs, des fiches, des connexions...
- Raccordement à la terre,
- Ne disposez pas de prise de courant au voisinage d'une arrivée d'eau,
- N'installer pas de câble conducteur en volant ou dans les circulations,
- Ne surchargez pas les prises de courant,
- Evitez tout contact entre substances inflammables et résistance électriques (calottes chauffantes, plaques chauffantes non protégées ...),
- Toute intervention sur le matériel en service et les installations (armoires électriques) est strictement réservée au personnel qualifié , agent de laboratoire ayant reçu une formation agréée par l'administration .

4.3 Equipement de protection individuelle

Lors d'interventions réalisées à proximités de lignes basse tension, l'utilisation de protections individuelles est obligatoire .Pour la haute tension, aucun équipement individuel n'est suffisant, c'est pourquoi les intervenants doivent obligatoirement se tenir éloignés des pièces sous tension. Les équipements de protections individuelles (EPI) sont personnels .Il ne peuvent être attribués à un nouveau titulaire qu'après avoir été nettoyés, désinfectés et vérifiés. Les équipements de protection individuelles (EPI) doivent être conformes aux exigences essentielles de sécurité et santé de la directive européenne 89/686/CEE dite directive EPI et faire l'objet du marquage de conformité CE.

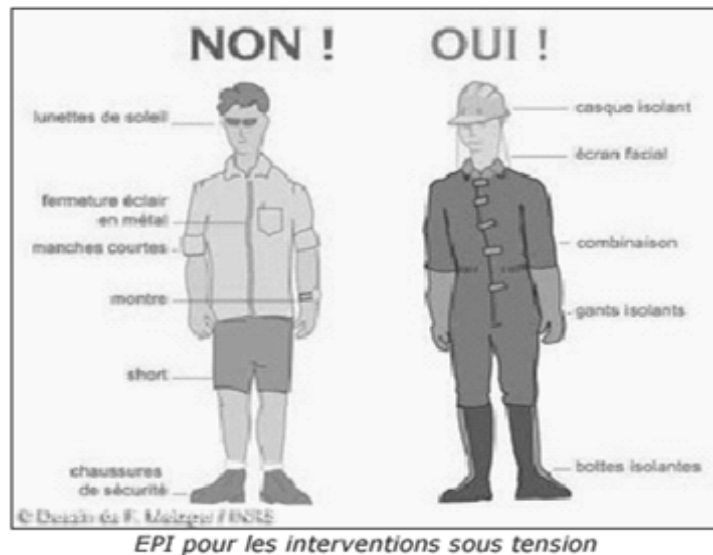


Figure 4.2 Equipement de protection individuelle

4.4 Principaux équipements de protection individuelle contre les risques électriques :

- Combinaison de travail en coton ignifugé,
- Chaussures ou bottes de sécurité conforme à la norme NF EN 345,
- Gants isolants conformes à la norme NF EN 60903 et marqués d'un triangle double,
- Casque isolant et antichoc conforme à la norme NF EN 397,
- Ecran facial anti-UV pour la protection contre les arcs électriques et les courts-circuits conforme à la norme NF EN 166,
- Protèges-bras isolants conformes à la norme NF EN 60984.

Le degré de protection d'un EPI et le domaine de tension pour lequel il est conçu est souvent signalé par une classe. Chaque type d'équipement de protection individuelle peut avoir des classes différentes : par exemple existe 6 classes de gants isolants.

Les outils aussi doivent être isolés et isolants. Les outils isolés à main en basse tension doivent être conformes à la norme NF EN 60900. Pour les travaux sous tension au-dessus de 1000V, ces outils doivent être d'un modèle agréé par le comité des travaux sous tension.

4.5 Prévention des accidents :

a)- Démarche générale :

Avant d'effectuer ou de faire une intervention sur des machines, appareils ou installations, il y a lieu de :

- S'assurer que les modes opératoires à mettre sont définis et que les risques sont analysés.

- Prendre les mesures appropriées pour éliminer ces risques ou, en cas d'impossibilité technique justifiée, en limiter les conséquences éventuelles.
Parmi ces mesures, la consignation d'un appareil, d'une machine, d'un équipement ou d'une installation.
- Ne confier l'intervention qu'à du personnel possédant les aptitudes requises, ayant reçu une formation pratique et informée des mesures de sécurité spécifiques à cette intervention.
- Mettre à la disposition du personnel les moyens nécessaires au bon accomplissement de l'intervention et veiller à ce que ces moyens soient correctement utilisés.

Les moyens de prévention peuvent être inventoriés en fonction des principales causes.

Causes	Remèdes
<i>Installation défectueuse.</i>	Amélioration du niveau de qualification des intervenants par formation professionnelle (stages, cours, ect)
<i>Matériel défectueux.</i>	Retour aux constructeurs des informations sur les anomalies rencontrées sur le matériel .Optimisation des normes .Marque de qualité obligatoire.
<i>Matériel inadapté.</i>	Retour aux constructeurs des informations sur les anomalies rencontrées sur le matériel .Formation des intervenants pour utilisation de matériel bien adapté.
<i>Non qualification de l'opérateur</i>	Information des personnes : ne pas intervenir sur des installations électrique si l'on n'est pas compétent ou si l'on n'est pas certain d'avoir le niveau de compétence nécessaire au type d'intervention,
<i>Mauvaise organisation du travail (due la plupart du temps à la rapidité d'exécution exigée)</i>	Amélioration du niveau de formation des intervenants et respect des procédures réglementaires. Mesures diverses : - utilisation de gants isolants suffisamment fins pour ne pas gêner les mouvements, - amélioration des systèmes de verrouillage, - mise hors tension automatique du matériel lorsqu'une personne s'approche trop près d'une pièce nue sous tension.

<i>Ignorance du risque</i>	Formation générale lors de l'embauche ou, pour les non électriciens (mieux à l'école).
<i>Fausse manœuvre (due souvent à la connaissance insuffisante des installations et à l'inattention)</i>	Respect des procédures de travail et des vérifications finales.

b)- Les interventions

Une intervention est une opération d'ordre électrique de courte durée réalisée sur une installation, un équipement ou une machine. La notion d'intervention est limitée à la basse tension, c'est-à-dire jusqu'à une tension de 1000V. La publication UTE C18-510 qui précise les normes et la réglementation dans ce domaine définit 3 types d'intervention en présence de tension :

- Les interventions de dépannage,
- Les interventions de connexions ou de déconnexions,
- Les interventions de remplacement de fusibles, lampes...
- Une intervention ne peut être effectuée que par un électricien habilité.

Avant toute intervention, l'électricien doit se procurer les documents relatifs à l'ouvrage concerné. Selon la norme NF EN 60204-1, un dossier en français doit accompagner chaque machine.

c)- Signaler un local ou une intervention

Les locaux dont l'accès est réservé aux électriciens doivent comporter un triangle d'avertissement du danger électrique conforme à la norme NF X 08-003.



Figure 4.3 Avertissement du danger électrique

Lors de l'ouverture d'une armoire électrique présentant des pièces actives nues sous tension accessible, il faut installer un balisage de sécurité à ou moins un mètre de l'ouverture.

Ce balisage ne doit pas être franchi par inadvertance .Les seules commandes autorisées pour le personnel de production non habilité sont celles qui sont prévues à l'extérieur des tableaux et armoires électriques.

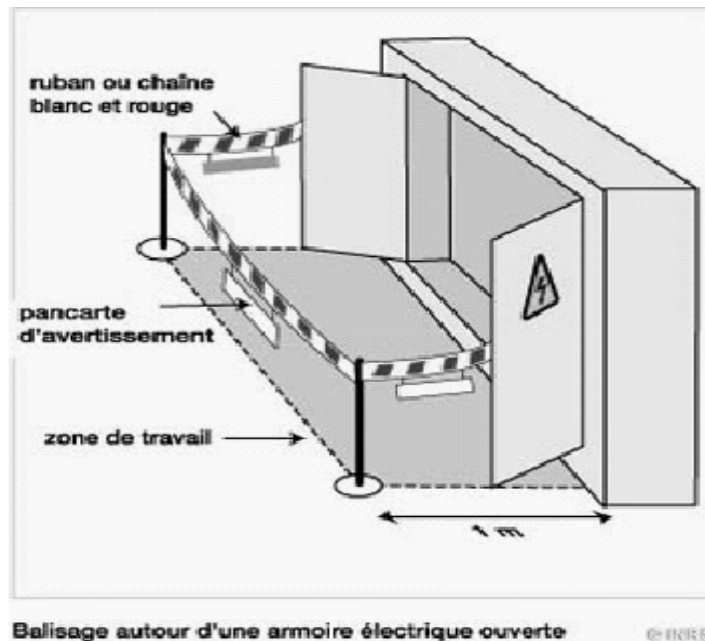


Figure 4.5 balisage de sécurité

4.6 Consignation et déconsignation

4.6.1 Procédure de consignation des risques électriques

Définition : C'est l'ensemble des dispositions permettant de mettre et de maintenir en sécurité(si possible par un moyen physique) une machine , un appareil ou une installation de façon qu'un changement d'état (remise en état de marche d'une machine, fermeture d'un circuit électrique, ouverture d'une vanne ...) soit impossible sans l'action volontaire de tous les intervenants .

4.6.2 Procédure de déconsignation des risques électriques

a)-Définition : C'est l'ensemble des dispositions permettant de remettre en état de fonctionnement une machine, un appareil ou une installation préalablement consigné, en assurant la sécurité des intervenants et des exploitants.

4.6.3 Consignation d'une installation électrique

Les travaux effectués hors tension sont les seuls présentant une sécurité totale vis-à-vis du risque électrique, à condition que l'on soit sûr que toute tension est effectivement supprimée et qu'elle le reste .Pour cela, il faut appliquer la procédure de consignation.

Consigner une installation électrique c'est :

- Séparer cette installation de toute source de tension,

- Interdire toute remise sous tension en condamnant les appareils de séparations en position ouverte,
- Identifier,
- Vérifier,
- Effectuer,
- Toute consignation doit être signalée par une pancarte bien visible.

4.6.4 Travaux au voisinage de pièces nues sous tension

Lorsque la distance de travail avec des pièces nues sous tension est inférieure à 30cm, les travaux sont dits au voisinage .Dans ce cas, des mesures de protection particulières doivent être prises pour éviter les conséquences d'un contact accidentel avec une pièce sous tension .Plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre :

- Interposer des obstacles efficaces entre l'opérateur et les pièces nues sous tension,
- Isoler les pièces nues sous tension,
- Considérer ces travaux comme sous tension et en respecter la procédure,
- Confier les travaux à un personnel habilité disposant de l'outillage et de l'équipement de protection individuelle nécessaires.

4.6.5 Vérification des installations

La vérification des installations est opération destinée à contrôler la conformité d'un ouvrage électrique aux dispositions 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.

La tenue d'un registre de vérification des installations électriques permet de contrôler si toutes les vérifications prévues ont été effectuées et par qui.

4.7 Mesure de grandeurs électriques

Le personnel devant mesurer une ou grandeurs électriques doit :

- Utiliser les équipements de protection individuelle adaptés,
- Ne pas porter d'objets métalliques,
- Utiliser des appareils de mesure adaptés aux tensions qui peuvent être rencontrées,
- Choisir l'échelle de mesure la plus grande (sauf si la valeur approximative est connue) .

4.8 Habilitation des intervenants

Pour intervenir sur quelle installation électrique que ce soit, il est nécessaire de posséder une habilitation délivrée par le chef d'établissement. Cette habilitation est la reconnaissance d'une qualification. Elle légitime la capacité d'une personne à effectuer des opérations en toute sécurité à connaître la conduite à tenir en cas d'accident. Il existe plusieurs niveaux d'habilitation en fonction de :

- La nature des interventions (dépannage, raccordement, essais, vérifications, consignations, travaux sous tension, nettoyages sous tension, travail au voisinage),
- La nature des travaux (d'ordre non électrique, d'ordre électrique),
- La tension des installations (basse tension, haute tension).

La nature d'une habilitation est symbolisée par lettre et un indice numérique :

1ère lettre : domaine de tension	Indice : personnel	2ème lettre : nature des opérations
B : basse tension H : haute tension	0 : non électricien 1 : électricien 2 : chargé de travaux	Néant : travaux hors tension T : travaux sous tension V : travaux au voisinage C : consignation R : intervention N : nettoyage sous tension

Remarque

La formation à opérer en sécurité sur un ouvrage électrique vise uniquement à apprendre et à faire comprendre aux salariés concernés les risques encourus ainsi que les méthodes à acquérir pour les prévenir. Elle n'a pas pour but d'enseigner l'électricité.

Pour les opérations hors tension ou à proximité de pièce nues sous tension, un contenu type de formation est proposé par l'institut national de recherche pour le personnel. Les formations théoriques doivent être suivies par des stages pratiques puis par une évaluation. Le personnel devant exécuter des travaux sous tension doit suivre, au préalable, une formation spécifique dans l'un des centres agréés par le comité des travaux sous tension.

OBLIGATIONS GÉNÉRALES

LES OPÉRATIONS D'ORDRE ÉLECTRIQUE EFFECTUÉES SUR OU AU VOISINAGE DES OUVRAGES ÉLECTRIQUES DOIVENT ÊTRE CONFIEES À DES PERSONNES QUALIFIÉES DANS LE DOMAINE ÉLECTRIQUE.

LES OPÉRATIONS D'ORDRE NON ÉLECTRIQUE EFFECTUÉES SUR OU AU VOISINAGE DES OUVRAGES ÉLECTRIQUES PEUVENT ÊTRE CONFIEES À DES PERSONNES NON QUALIFIÉES DANS LE DOMAINE ÉLECTRIQUE.

LES INTERVENANTS DOIVENT AVOIR REÇU UNE FORMATION RELATIVE À LA PRÉVENTION DES RISQUES ÉLECTRIQUES ET ÊTRE HABILITÉS PAR L'EMPLOYEUR À CET EFFET.

4.9 Prévention et éducation

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.

Eduquer à la sécurité ce n'est pas :

- Interdire sans expliquer
- Autoriser sans expliquer
- Banaliser les gestes habituels
- Surprotéger et déresponsabiliser.

4.10 Les risques électriques

4.10.1 Les différents accidents

a)- *L'électrisation* (c'est l'effet excito-moteur, c'est-à-dire l'action de stimulation du courant sur les muscles ou les nerfs) ; selon l'intensité du courant on distingue :

- La secousse électrique ($I > 0,5 \text{ mA}$)
- Les contractions musculaires ($I > 10 \text{ mA}$)
- La téτανisation des muscles respiratoires ($I > 30 \text{ mA}$)
- La fibrillation ventriculaire ($I > 100 \text{ mA}$)
- L'arrêt du cœur ($I > 1 \text{ A}$)

Effets physiologiques immédiats en fonction de l'intensité du courant traversant l'organisme :

INTENSITE DU COURANT	EFFETS SUR LE CORPS HUMAIN
1 mA	Perception cutanée
5 mA	Secousse électrique
10 mA	Contracture entraînant une incapacité de lâcher prise
25 mA pendant 3 min	Tétanisation des muscles
40 mA pendant 5 s ou 80 mA pendant 1 s	Fibrillation ventriculaire
2000 mA	Inhibition des centres nerveux

(mA : milliampère, s : seconde, min : minute)

b)-Les brûlures

- Par arc ou par projection
- Electrothermiques : elles sont provoquées par l'énergie dissipée par effet joule dans le corps ($W = U.I.t$)

c) Les effets secondaires

- Complications cardio-vasculaires
- Complications rénales
- Troubles psychiques ou organiques.

4.11 Risques d'électricité statique

- Dans le but de combattre la formation, l'accumulation puis la décharge de l'électricité statique , les installations et équipements sont généralement raccordées à une terre de haute efficacité permettant de dissiper cette charge avant qu'elle n'atteigne un niveau dangereux .

- Cependant, ceci ne résout pas complètement le problème en ce sens qu'il est essentiel que les utilisateurs soient conscients qu'une des clés de ce problème est l'obtention d'un contact correct entre l'équipement et la terre.

- Il ne se passe pas une journée sans qu'un, un incident ou un accident dû à l'électricité statique ne se produise .Ceci peut aller de la destruction jusqu'à une explosion dans une installation mettant en œuvre des matières inflammables.

- Indépendamment des conséquences sur le matériel, la production et l'environnement, ces incidents peuvent conduire à des blessures sérieuses sur les personnes.

- Afin de pallier ces problèmes, on offre une gamme d'équipements d'élimination de l'électricité statique permettant d'y trouver une solution.

4.12 Pour une sécurité maximum dans la zone considérée :

- S'assurer que les opérateurs et les responsables soient avisés et entraînés pour travailler en présence de produits inflammables.
- S'assurer qu'ils ont bien assimilé les caractéristiques et les dangers des produits inflammables et le principe du contrôle de l'électricité statique.
- S'assurer que les opérateurs sont bien équipés de chaussures antistatiques capables d'éliminer l'électricité statique ainsi que les vêtements en fibres naturelles.
- S'assurer que la surface utilisée pour la manipulation des produits convient pour toute opérations de transfert, décantation ou mélange de produits inflammables.
- S'assurer que les planchers sont convenablement conducteurs.
- S'assurer que tous les équipements électriques sont conçus et certifiés pour une utilisation dans une atmosphère déflagrante.
- S'assurer que les chariots élévateurs et autres véhicules utilisés dans les voies de communication sont protégés selon les normes en vigueur.
- S'assurer que les panneaux " défense de fumer " ainsi ceux mentionnant les dangers sont bien en place.

4.13 Pour diminuer les possibilités de charges électrostatiques :

- Partout où cela est possible, transférer les liquides inflammables par des tuyauteries reliant directement le stockage au point d'utilisation.
- S'assurer que tous les conteneurs, récipients, tuyauteries, équipements d'atelier, ect...sont conducteurs, reliés entre eux et à la terre.
- Eviter le plus possible les déversements à l'air libre.
- Partout où cela est possible, maintenir des vitesses de pompage lentes.

4.14 Pour maintenir de bonnes manières de travailler :

- S'assurer que tous les nouveaux personnels d'atelier ou de maintenance soient mis au courant des dangers du travail dans ces zones.
- Mettre à la disposition du personnel un manuel du " travail en sécurité".
- S'assurer que les chaussures anti-statiques sont efficaces en vérifiant la conductibilité au moyen d'un appareil de contrôle avant de pénétrer dans la zone dangereuse.

- S'assurer que les planchers conducteurs ne sont pas recouverts d'une couche isolante parasite.
- S'assurer que l'ensemble des systèmes et accessoires (pince, câbles, ect..) sont maintenus en bon état de fonctionnement.
- S'assurer que les vêtements contaminés sont changés rapidement.
- S'assurer que les intervenants extérieurs sont munis d'un " permis de travail " ou d'un " permis de feu " pour la zone considérée.

4.15 La prévention des risques

La participation de chacun est nécessaire pour promouvoir la sécurité du travail et réduire au minimum les risques ainsi que les conséquences possibles des accidents .Il est également important pour la sécurité qu'il existe une communication et une coopération satisfaisantes entre concepteurs, exécutants et utilisateurs.

4.15.1 Les principaux facteurs de risques

Un accident dû à une seule cause est exceptionnel .Le plus souvent, plusieurs facteurs de risques interviennent avant que l'accident ne se produise .Selon les statistiques d'organismes de sécurité nationaux, les principaux facteurs de risques dans un environnement de travail sont les suivants :

a)- Elément : L'individu.

Facteur de risques

- Etat physique (stress, maladie, ect...)
- Imprudence, inconscience
- Inexpérience ou manque de formation
- Manque d'information
- Psychologie (réactions émotionnelles, problèmes extraprofessionnels, ect...).

b)- La tâche

- Travail mal préparé
- Mauvaise coordination
- Attitude non professionnelle

c)- Le matériel

- Absence de prise en compte de la sécurité au stade de la conception

- Dégradation, utilisation non adéquate

d)-Le milieu

- Ambiances physiques (bruit, mauvais éclairage, chaleur, ect...)
- Ambiances sociales (relation avec les collègues, relations avec la hiérarchie, ect...)

Le facteur *humain* doit toujours être pris en considération pour deux raisons :

- l'homme est la *principale cause de risque*,
- et il est aussi en définitive *la principale victime*.

CHAPITRE 5

MESURES DE SECOURS ET SOINS

5.1 Introduction

L'employeur, responsable de la santé et la sécurité des travailleurs, doit évaluer l'ensemble des risques qu'ils encourent, et mettre en œuvre les moyens de protection adaptés. Afin d'évaluer le risque lié aux bruits et aux vibrations, il faut pouvoir déterminer les niveaux d'exposition, notamment par la mise en place de points de contrôle des niveaux sonores et des vibrations. Ces contrôles permettront de déterminer les postes de travail où le bruit et les vibrations sont excessives, qui sont les employés exposés et quelles autres mesures de bruit et de vibrations doivent être entreprises [29].

5.2 Bruits et vibrations

On parle de bruit lorsqu'un ensemble de sons est perçu comme gênant. Il s'agit donc d'une notion subjective ; le même son peut en effet être jugé utile, agréable ou gênant selon la personne qui l'entend, et le moment où elle l'entend. Toutefois lorsque le niveau sonore est très élevé, tous les sons sont perçus comme gênants, voire peuvent être dangereux. Les vibrations, quant à elles, sont des phénomènes dynamiques, c'est-à-dire en mouvement. L'étude des mouvements périodiques et, plus particulièrement, du mouvement oscillatoire, permet de distinguer deux modes d'exposition aux vibrations :

- les vibrations transmises au système main-bras par des machines portatives, rotatives ou percutantes (meuleuses, tronçonneuses, marteaux-piqueurs, etc.), guidées à la main (plaques vibrantes, etc.) ou par des pièces travaillées tenues à la main ;
- les vibrations transmises à l'ensemble du corps par les machines mobiles (chariots de manutention, engins de chantier, matériels agricoles, etc.) et certaines machines industrielles fixes (tables vibrantes, etc.) ; cette exposition peut être associée à d'autres contraintes au cours de l'activité de travail, telles que des efforts musculaires, des postures contraignantes et organisationnelles inadaptées.

Bruits

Le bruit se définit comme un ensemble de sons provoquant une gêne et ne peut se mesurer que sur des critères perceptifs et biologiques. Lorsque le niveau sonore est trop élevé, le bruit perçu devient gênant mais aussi dangereux. Il constitue une nuisance majeure dans le milieu professionnel. Il peut provoquer des surdités mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé du salarié et la qualité de son travail.

✚ Les sons

Les sons sont des vibrations de l'air qui se propagent sous la forme d'ondes acoustiques. L'acousticien s'intéresse à leur amplitude mesurée en décibel et à leur fréquence, exprimée en Hertz (Hz).

- ✓ *Vibrations rapides = fréquence élevée = son aigu*
- ✓ *Vibrations lentes = fréquence faible = son grave*

✚ Le niveau de bruit

On mesure physiquement le niveau du bruit en décibels. Pour prendre en compte le niveau réellement perçu par l'oreille, on utilise le décibel pondéré A, dont l'abréviation est dB(A).

- 0 dB(A) = bruit le plus faible qu'une oreille (humaine) peut percevoir
- 50 dB(A) = niveau habituel de conversation
- 80 dB(A) = seuil de nocivité (pour une exposition de 8h/j)
- 120 dB(A) = bruit provoquant une sensation douloureuse

Dans les niveaux très élevés, l'oreille humaine ne ressent pas les bruits de la même manière.

On prend en compte cet effet en utilisant comme unité le décibel pondéré C, noté dB(C).

Le sonomètre est l'instrument de mesure basique du bruit.



Figure 5.1 Mesure de niveau sonore à l'aide d'un sonomètre

5.3 Statistique bruit au travail

Selon un sondage réalisé pour l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail. 67 % des actifs français se disent dérangés par le bruit sur leur lieu de travail. Selon l'étude Sumer 2010, en France, les expositions de longue durée (plus de 20 heures par semaine) à des niveaux élevés (plus de 85 dB/(A)) concernent 4,8 % des salariés. Les secteurs les plus

concernés sont l'industrie (le chiffre passe à 16,8 %) et la construction (10,5 %). Un certain nombre de ces salariés seront atteints de surdité irréversible.

Émission de bruit

Une émission se caractérise par :

- Le niveau de puissance (somme de "tout le bruit" produit) ;
- le niveau de pression au poste de travail ;

La réglementation prend en compte ces deux paramètres.

Conséquences pour la santé

Le bruit peut causer de la gêne, une diminution temporaire ou permanente de l'ouïe et une diminution de la compréhension de la parole. Une longue exposition (par ex. machines) ou une exposition aiguë (par ex. explosions) à un trop haut niveau de bruit peut mener à la surdité. La frontière au dessus de laquelle le bruit est considéré comme nuisible se trouve à environ 80 décibels (durant une journée de travail complète). Une exposition de longue durée à ce niveau ou une exposition de courte durée à un plus haut niveau peut endommager l'ouïe. Une exposition continue à ce niveau peut aussi avoir certains effets sur le corps, comme une augmentation de la pression sanguine, une perturbation du métabolisme, des troubles de la concentration, de la mauvaise humeur, du stress ... Un dommage à l'ouïe est irréversible et peut mener à la surdité. En cas de surdité, un appareil auditif peut même ne plus aider. Un dommage à l'ouïe est toutefois un danger insidieux. On ne remarque pas toujours directement qu'il se passe quelque chose. Comme signe d'une perte permanente de l'ouïe, on peut avoir:

- ✓ Une difficulté pour entendre les sons élevés ou un bruit léger ;
- ✓ Une difficulté au téléphone ;
- ✓ Une difficulté pour pouvoir suivre une conversation dans un environnement bruyant.

La gravité du dommage de l'ouïe

Celle-ci dépend de différents facteurs:

- ✓ La durée totale d'exposition;
- ✓ l'intensité du bruit (niveau de bruit mesuré en dB(A));
- ✓ les sons aigus semblent plus nuisibles que les sons graves.
- ✓ la continuité: son continu ou entrecoupé de pauses;
- ✓ la durée du repos entre deux expositions: au plus la surcharge est élevée au moins l'ouïe a la chance de pouvoir à nouveau 'se réparer'

Niveau sonore en dB(A)	Durée d'exposition
80	8 h
83	4 h
86	2 h
89	1 h
92	30 min
95	15 min
98	7,5 min

Tableau 5.1 Exemple de durées d'exposition quotidiennes équivalentes

Réglementation

Les règles de prévention des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs exposés au bruit sont déterminées d'une part par les articles R. 4213-5 à R. 4213-6 et d'autre part par les articles R. 4431-1 à R. 4437-4 du Code du travail. Ces derniers articles sont issus du décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006 qui a transposé la directive européenne 2003/10/CE.

Décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux bruits et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'État.

Norme de Mesurage de référence

La réglementation spécifique (par arrêté du 19 juillet 2006) que les mesurages d'exposition doivent être effectués selon les prescriptions de la norme NFS31-084. Méthode de mesurage des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail.

5.4 Vibration

L'INRS évalue à 1,5 millions le nombre de travailleurs exposés régulièrement aux vibrations dans leurs activités. On dit qu'un objet vibre quand il y a déformation et oscillation de celui-ci autour d'une position de référence : sa position d'équilibre (exemple : diapason). Il y a une relation entre déplacement, vitesse de déplacement et accélération.

Caractéristique des vibrations

- ✓ Leur fréquence (exprimée en Hertz),
- ✓ Leur amplitude, caractérisée soit : par l'amplitude du déplacement, (en mètres), par l'amplitude de la vitesse à laquelle s'effectue le mouvement (m/s) qui est proportionnelle au déplacement et à la fréquence, ou par l'amplitude de l'accélération, proportionnelle au

déplacement et au carré de la fréquence (m/s^2 ou en g. $1g = 9,81 m/s^2$ – valeur de l'accélération de la pesanteur terrestre).



Figure 5.2 Mesure des vibrations produites par un transpalette avec un vibromètres

✚ Prévenir les risques

Les principes de base pour établir un programme de protection contre les vibrations sont les suivants :

- ✓ Réduire les vibrations à la source ;
- ✓ Diminuer la transmission des vibrations ;
- ✓ Réduire l'effet de transmission des vibrations en optimisant la posture des conducteurs ou des opérateurs ;
- ✓ Réduire la durée de l'exposition.
- ✓ Ces mesures de prévention doivent être complétées par la formation des opérateurs.

✚ Principaux textes

Décret n° 2005 -746 du 4 juillet 2005 (articles R. 4441-1 0 R. 4447-1 du code du travail) relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques et modifiant le code du travail.

(Transposition de la directive de 2002) Arrêtés d'application :

- Arrêté du 6 juillet 2005 – paramètres physiques d'exposition aux vibrations.
- Arrêté du 4 mai 2005 (régime général).
- Arrêté du 3 juillet 2005 (régime agricole).

- Directive 2002/44/CE du 25 juin 2002 (date limite de transposition : 6 juillet 2005) concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations).
- Directive « machines » 2006/42/CE, qui impose aux constructeurs la déclaration du niveau de vibration émis par les machines mobiles. Quelques documents de normalisation:
- NF EN 28662-1, avril 1993 : Machines à moteur portatives – Mesurage des vibrations au niveau des poignées – Partie 1 : généralités
- FD CR 1030-1, décembre 1995 : Vibrations main-bras : guide pour la réduction des risques de vibrations : Partie 1 : Mesures techniques lors de la conception des machines.
- FD CR 1030-2, décembre 1995 : Vibrations main-bras : guide pour la réduction des risques de vibrations : Partie 2 : Mesures de prévention sur le lieu de travail.
- NF EN ISO 5349-1, 2001 : Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main. Partie 1 : Exigences générales
- NF EN ISO 5349-2, décembre 2001 : Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main. Partie 2 : Guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail

5.5 Secours de la personne

Les premiers [12] [30] secours représentent l'ensemble des techniques d'aide apportée aux personnes victimes d'un accident, d'une catastrophe, d'un problème de santé ou d'un problème social compromettant à court terme leur état de santé. Ces techniques permettent d'apporter des réponses efficaces devant un danger vital et ont comme objectif d'en minimiser les conséquences tout en assurant la survie des personnes en leur prodiguant des premiers soins d'urgence.

5.6 Comportement général

Pour porter efficacement secours à une personne, il convient avant tout de respecter quelques principes élémentaires. La règle est généralement la suivante :

- *Rester calme ;*
- *Observer ;*
- *Réfléchir ;*
- *Alarmer ;*
- *Agir.*

5.7 Attitude à observer en cas d'accidents électriques

L'arrêté du 14 février 1992 fixe les consignes relatives aux premiers soins à donner aux victimes d'accidents d'origine électrique. Les premiers secours qui se résument à trois actions (protéger, secourir, alerter), Fig5.1.chacune d'elles appelant quatre interrogations (qui ?, quand ?, comment ?, pourquoi ?).Tableau (5.3), (5.4) et (5.5).

En cas d'accident électrique il faut :

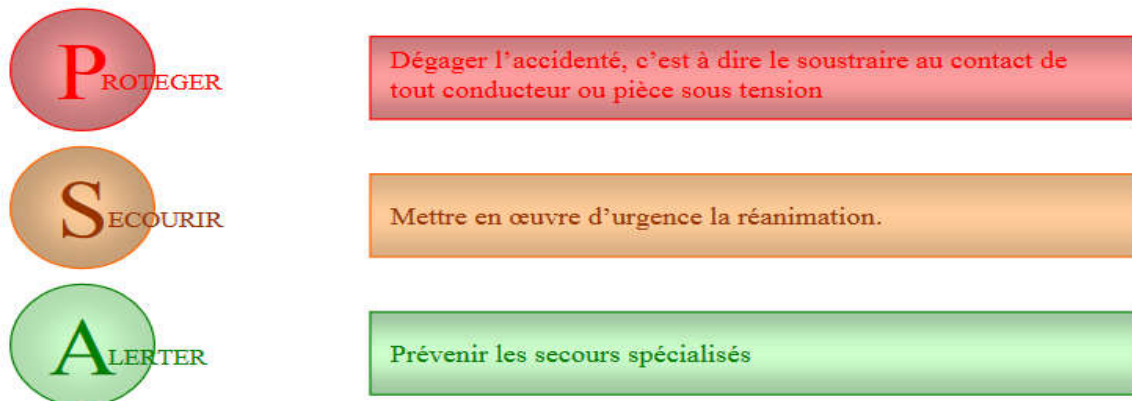


Figure 5.3 les premiers secours

Tableau.5.1 Protéger

Protéger	
Qui ?	la victime, mais aussi son entourage et les intervenants.
Quand ?	chaque fois que l'origine électrique de l'accident peut être soupçonnée.
Comment ?	<ul style="list-style-type: none"> • en supprimant la cause : <ul style="list-style-type: none"> ➤ mettre la victime hors tension, en coupant le courant ➤ 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.

Tableau5.2 Alerter

Alerter	
Qui ?	les secours médicalisés spécialisés d'urgence (SAMU, pompiers, médecins, ambulances).
Quand ?	en basse tension, si la victime a perdu connaissance, si des brûlures profondes ou étendues sont visibles et, en haute tension, dans tous les cas.
Comment ?	Nombre de blessés ou malades, genre de blessure. Lieu précis de l'accident (Institution, bâtiment, étage, local) Heure de l'accident. Etat apparent. Danger de mort ? - Conscient/inconscient - Difficulté à respirer/en arrêt respiratoire.
Pourquoi	pour permettre aux secours médicalisés de prévoir le matériel.

Tableau5.2 Alerter

Secourir	
Qui ?	toute personne présente et, par priorité, qualifiée (médecin, infirmier, secouriste, bénévole de sang-froid).
Quand ?	<ul style="list-style-type: none"> • 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). <p>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.</p>
Comment ?	<ul style="list-style-type: none"> • 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 : <ul style="list-style-type: none"> ○ quand existe un arrêt ventilatoire (présence du pouls carotidien), procéder à une ventilation artificielle par le bouche à bouche ; ○ quand il existe un arrêt cardio-ventilatoire (absence du pouls carotidien), associer le massage cardiaque externe à la ventilation artificielle. <p>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.</p>
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.

5.8 Premiers soins

- 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 a perdu conscience mais respire, placez la en position latérale de sécurité et surveillez son état. C'est une position dans laquelle la victime est placée sur le côté, tête en arrière, bouche ouverte et dirigée vers le sol. Ainsi sa langue ne peut plus tomber dans sa gorge et ses vomissements s'écoulent librement sur le sol. Mettre une victime inconsciente et qui respire en position latérale de sécurité est donc essentiel pour maintenir ses voies respiratoire ouvertes
- 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 le 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.

5.9 La réanimation cardiopulmonaire

Une fois la victime mise en position latérale de sécurité vous devez vérifier que sa position est stable, que sa poitrine n'est pas comprimée, puis contrôler ou faire contrôler sa respiration toutes les minutes. Si la respiration s'arrête vous devez retourner la victime sur le dos et commencer la réanimation cardio-respiratoire

La réanimation cardiopulmonaire se déroule en 3 phases :

- ✓ *la libération des voies aériennes supérieures ;*
- ✓ *la ventilation artificielle ;*
- ✓ *le massage cardiaque.*

La libération des voies aériennes supérieures

La première phase consiste à libérer les voies aériennes de la victime. Il faut tout d'abord ôter tout ce qui pourrait gêner la respiration : dégrafer un col de chemise trop serré, enlever une cravate, enlever une veste trop près du corps.

Il faut ensuite vérifier que rien ne gêne la respiration au niveau de la bouche (dentiers, corps étrangers...). Pour faciliter le passage de l'air, il faut ensuite « ouvrir » les voies aériennes supérieures en basculant la tête de la victime en arrière :

Pour cela, une main du secouriste est placée sur le front de la victime alors que l'index et le majeur de l'autre main sont placés au niveau de la pointe du menton.

La main qui est sur le front appuie et pousse doucement la tête en arrière, les doigts sous le menton tirent la tête vers le haut. Cette manœuvre permet de libérer les voies aériennes et de laisser passer l'air.



Figure 5.4 libération des voies aériennes

5.10 Ventilation artificielle

Faire un bouche-à-bouche (ou ventilation artificielle) permet de faire « respirer » une victime inconsciente et qui ne respire plus, dans le but principal de maintenir l'oxygénation du cerveau. En effet, les cellules du cerveau meurent très rapidement lorsqu'elles ne sont pas oxygénées et elles ne se régénèrent pas, ce qui peut entraîner de graves lésions au cerveau.

La technique du bouche-à-bouche est souvent à pratiquer en alternance avec un massage cardiaque : 30 compressions, 2 insufflations. C'est-à-dire qu'après avoir pratiqué 2 insufflations (soit par bouche à bouche soit par bouche à nez), il faut tout de suite attaquer le massage cardiaque et réaliser 30 compressions puis de nouveau recommencer les insufflations... jusqu'à l'arrivée des secours.

Entre le massage cardiaque et la ventilation artificielle, il faut vérifier si le cœur de la victime est reparti en cherchant son pouls :

Pour cela, le secouriste place son majeur et son index au niveau du poignet de la victime, dans le prolongement du pouce au niveau de l'artère radiale (la paume de la main de la victime est tournée vers le haut) ;

En absence de pouls, il faut continuer la réanimation cardiopulmonaire.



Figure 5.5 Ventilation artificielle

✚ Méthode de respiration artificielle Sylvester

La méthode de respiration artificielle Sylvester était utilisée lorsque des blessures au visage empêchaient la pratique du bouche-à-bouche. Si le patient a également besoin d'une compression cardiaque externe (massage cardiaque), les premiers secours seront beaucoup plus efficaces s'ils sont effectués par deux personnes. Pendant qu'une personne effectue la méthode Sylvester, l'autre fera un massage cardiaque.



Figure 5.6 La méthode de respiration artificielle Sylvester

La méthode Sylvester se faisait en deux temps, la victime étant sur le dos :

- *tirer les bras au-dessus de la tête de la victime pour faire gonfler sa cage thoracique ;*
- *ramener les avant-bras de la victime sur sa poitrine et appuyer pour la comprime.*

Le massage cardiaque

Avant de commencer le massage cardiaque, vérifiez l'état de la victime. Si elle respire, il n'est pas nécessaire de faire un massage cardiaque : ce serait plus douloureux qu'utile. Placez la plutôt en position latérale de sécurité.

Si la personne ne respire pas : Mettez vos mains l'une sur l'autre. Positionnez-les entre ses 2 seins, bien au milieu de sa poitrine, vos épaules à la verticale de vos mains. Poussez vos mains rapidement vers le bas, les bras bien tendus, les coudes bloqués. Vos mains doivent descendre de 4 centimètres, puis laissez-les remonter et recommencez ainsi 30 fois de suite rapidement.

Pour pratiquer le massage cardiaque

1. Allongez la victime sur une surface dure, en général par terre. Le massage cardiaque ne doit pas être effectué dans un lit ;
2. Dénudez la poitrine de la victime ;
3. Agenouillez-vous auprès d'elle.
4. Pour trouver l'endroit où appuyer :
5. Placez l'un de vos majeurs dans le creux à la base du cou ;
6. Placez le majeur de votre deuxième main dans le creux de l'estomac, là où les côtes se rejoignent ;
7. Rapprochez vos deux pouces. La zone d'appui se trouve à mi-chemin entre vos deux majeurs.
8. Placez le talon de votre main (la partie la plus proche du poignet) sur la zone d'appui, bien au milieu de la poitrine, jamais sur les côtes.
9. Mettez votre deuxième main sur la première, en entrecroisant les doigts.
10. Placez-vous bien à la verticale de vos bras, et verrouillez vos coudes.
11. Poussez vos mains rapidement vers le bas, afin de les enfoncer de 4 à 5 cm dans la poitrine de la victime.



Figure 5.7 massage cardiaque

5.11 Brûlures électriques

Les brûlures [31] [32]] constituent très certainement la plus habituelle des conséquences des accidents électriques. Il est difficile de connaître leur fréquence pour l'ensemble des accidents électriques, cependant on estime que les brûlures sont observées dans plus de 80% des électrisations. Le passage du courant électrique dans le corps ou sur la peau peut provoquer des brûlures ; on voit fréquemment deux brûlures, une au point d'entrée du courant, l'autre au point de sortie. Dans ce cas-là, le plus inquiétant n'est pas la brûlure en elle-même, mais les risques de l'électrisation : le passage du courant a pu perturber le fonctionnement du système nerveux, du cœur (fibrillation), et a pu détruire des cellules à l'intérieur du corps (rhabdomyolyse). On peut donc avoir une rapide dégradation de l'état de la victime pouvant aller jusqu'au décès, alors même qu'extérieurement elle semble peu touchée.

✚ Brûlure électrique

La brûlure électrique est la conséquence du dégagement de chaleur tout au long du trajet du courant et son importance est due à l'échauffement diélectrique ou effet joule.

$$Q = R \cdot I^2 \cdot T = V \cdot I \cdot T$$

Q : est la quantité d'énergie dégagée,

I : étant l'intensité du courant en Ampère,

R : est la somme des résistances en Ohms,

V : le voltage en volts,

T : étant le temps de contact en secondes.

Ces facteurs vont influencer directement sur les lésions.

✚ L'intensité (I)

C'est le paramètre responsable de la contraction musculaire qui prédomine sur les extenseurs Pour les faible intensiter engendrant un phénomène de projection du sujet au loin. Pour des intensités plus fortes, les contractions prédominent au niveau des muscles fléchisseurs entraînant une réaction d'agrippement à la source qui ne cédera qu'à l'interruption de celle-ci. Une tétanisation, une atteinte cardiaque et du névraxe peuvent être à l'origine de mort subite. " C'est l'intensité qui tue".

Tension du courant (V)

Elle détermine la quantité de chaleur libérée; les basses tensions donnent peu de brûlures, mais sont à l'origine d'accidents cardiaques immédiats. Les hautes tensions supérieures à 1000V sont responsables de brûlures tissulaires profondes. "Ce sont les volts qui brûlent". Le dégagement de chaleur par effet joule se produit en profondeur au niveau des masses musculaires et des axes vasculonerveux. La résistance électrique de ces tissus est faible, et l'intensité délivrée localement est importante. Ce sont des brûlures profondes, le plus souvent indolores car les terminaisons sensibles sont détruites.

les différents types de brulures

On distingue en général trois types de brûlures électriques:

1. les brûlures par flash électrique: elles sont dues à la flamme engendrée par un arc électrique; elles ont la même sémiologie et relèvent du même traitement que les brûlures thermiques
2. les brûlures mixtes: associant les lésions dues au passage du courant dans le corps et les brûlures engendrées par la flamme de l'arc électrique, elles sont gravissimesles
3. brûlures électriques vraies. Les accidents électriques par haute tension (AEHT) provoquent des brûlures profondes par effet Joule le long des axes vasculo-nerveux entre les points d'entrée et de sortie, qui sont le siège de lésions délabrantes.

Premiers soins brûlure [33]

Devant une brûlure électrique, il faut donc :

- protéger (éteindre et débrancher l'appareil défectueux, voire couper le courant) ;
- allonger la victime, la mettre au repos ;
- prévenir les secours ;
- surveiller la victime en attendant les secours (la protéger des
- intempéries, la couvrir s'il fait froid, lui parler, etc ;

Si la victime, consciente, présente des brûlures graves, 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 aluminisée 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.

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.

CONCLUSION GENERALE

La mise en œuvre de matériel destiné à la protection des personnes contre les contacts directs ou indirects sur des réseaux comportant des circuits cc s'avère effectivement plus délicate qu'il n'y apparaît au premier bord.

Il convient donc d'être très attentif aux différentes configurations pouvant être installées ou pouvant apparaître en cours d'exploitation, par exemple lors d'un défaut.

C'est pourquoi l'emploi de matériel accompagné d'une documentation sérieuse et l'aide de spécialistes ou d'installateurs professionnels apportent souvent une réponse complète et sûre pour un besoin défini dans une configuration donnée.

Le meilleur choix, avec un seul SLT est rare, il convient donc, dans beaucoup de cas de mettre en œuvre plusieurs SLT dans une même installation .Le but des schémas SLT est l'optimisation de la sûreté des installations électriques exposés à certaines perturbations .

REFERENCES

- [1] R . CALVAS, Les dispositifs différentiels résiduels,
- [2] B . LACROX R .CALVAS, Les schémas de liaisons à la terre en BT (régime du neutre)
- [3] F . JULLIEN, I. HERITIER, Le schéma IT (neutre isolé) des liaisons à la terre en BT
- [4] B .DE METZ NOBLAT, La foudre et les installations électriques HT,
- [5] J . N . FIORINA, Protection des personnes et alimentations statiques,
- [6] D . FULCHIRON , Surtension et coordination de l'isolement en HT,
- [7] Programme Pédagogique Socle commun 4 eme semestre Filière Electrotechnique. Minstere de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.
- [8] Institut Schneider formation Algerie AS. «Habilitation électriques B0-B0V, B1-B1V, B2-B2V, BR, BC".Support de cours
- [9] A. Christian E T S. Dominique." Prevention des accidents électriques – Presentation general" Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique. Reference D5101. Date de publication: 10 Nov. 2012.
- [10] Habilitation électriques. Textes et normes réglementaires. 101. ED 1522 – 1995. Textes ... livre II - titre III. Mise en œuvre des installations électriques.... 15-100: Basse Tension. 13-100: Haute Tension (Non traitée dans Ce chasseur)...
- [11] F. Fauchie, G.poutou ETG.ragel ."Guide de la Sécurité pour les metiers de l'électricité". Livre de l'élève Paru en juillet 2003 - Scolaire / Universitaire (broché)
- [12] ww2.ac-poitiers.fr/.../IMG/pdf/prevention_des_risques_electriques.pdf
- [13] eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol...fr.../1879-1-pre-statistiques.pptx
- [14] R CHOQUET ET J.-C GILET. Vade-mecum de la sécurité électrique. Techniques de prevention, Editions RGS, Société alpine de publications, 1991, 354 p
- [15] BUCHIN T. "La nouvelle philosophie des chocs électriques", Journal de l'équipement électrique et électronique (J3E), n°701, mars 2001, pp. 18
- [16] A. Chaibdraa ., M.S Medjellekh ET M.C .Bentakouk " Electrisation "Centre de Reanimation et de Treatment des Brulures, Centre Hospitalier Universitaire d'Annaba, Algérie Annals of Burns and Fire Disasters - vol. XXII - n. 1 - March 2009.
- [17] http://www.slidefinder.net/c/chapitre1_habilitation/32655898
- [18] R. AUBER ET C. ATLANI «Prevention des accidents électriques". Les Techniques de

- [19] l'ingénieur, Génie électrique. D 5100 et D 5101, 1996, 39 p
- [20] "Effets du courant passant par le corps humain", Rapport de la Commission électrotechnique internationale, 2e édition, Publication CEI 479-1, 1984
- [21] "Effets du courant passant par le corps humain", Rapport de la Commission électrotechnique internationale, 2e édition, Publication CEI 479-2, 1987
- [22] S. Mme.Sensou. "Electrisation et lésions neurologique A propos de 03 cas". These de doctorat En medicine présente et soutenue publiquement le 11/02/2011
- [23] Classeur INRS Habilitation : sensibilité aux risques électrique
- [24] R. AUBER, ET C.RÉMOND" installation électrique Caractéristiques générales des installations". Reference D5030 | Date de publication: 01 mars 1993
- [25] S. Dominique." Installations électriques BT - Protection contre les contacts directs", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique, Reference D5043 | Date de publication: 10 août 2006
- [26] S. Dominique." Installations électriques BT - Protection contre les contacts indirects", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique, Reference D5044 | Date de publication: 10 novembre 2006.
- [27] www.inrs.fr/risques/electriques.html
- [28] ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/.../lessltdocumentprofesseur.doc
- [29] www.fichier-pdf.fr/2015/01/25/regime-du-neutre/
- [30] C. ATLANI ET S.Dominique "Prevention des accidents électriques Exploitation". Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique D 5103, Date de publication: 12/09/2014
- [31] D. HILAIRE ET J.POYARD."Sécurité électrique Protection des personnes".Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique SL6181, Date de publication: 10/06/2009, 17p
- [32] www.inrs.fr/risques/champs-electromagnetiques.html
- [33] C.ATLANI ET S.Dominique." Prevention des accidents électriques – Mesure de protection" .Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique. Reference D5102. Date de publication: 10 nov. 2
- [34] www.inrs.fr/risques/incendie-lieu-travail.html
- [35] S. Zelmat Sécurité électrique en milieu medical centre universities ain temouchent2013/2014
- [36] www.inrs.fr/risques/vibration-corps-entier.html
- [37] www.exchem.fr/Premiers%20soins.htm

- [38] S.Jowdar, H.Kismoune. F.Boudjemia ET, D. Bacha. "Les brulures électriques-etude retrospective et analytique a propos de 588 cas sur une decennie ".1984-1993.service de Chirurgie Plastique et des Brûlés, Hôpital Universitaire Douera, Douera, Algérie
Annals of Burns and Fire Disasters - vol. X - n. 1 – March 1997
- [39] www.srlf.org/.../20111209-M_Bertin-Maghit-ElectrificationFoudre.pdf
- [40] K. Ben Mahmoud Baccar These pour obtenir le grade de docteur en medicine Price en charge des brulures graves dans le service de reanimations polyvalente du Churigie de Dekar. Etude retrospective à propos de 43 cas Anne 2001