

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -

X•⊙V•EX •K||E C:K:|A :||K•X - X:⊙EO:t -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة أكلي محمد أولحاج

- البويرة -

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Polycopie de cours UED 2.2

(2ème Année Licence ELT-ELM)



Intitulé

Sécurité électrique

Dr. Amar MAAFA
Maître de Conférences classe B

AVANT PROPOS

Ce cours est destiné aux étudiants du socle commun : domaine Sciences et Technologies, Filières Électrotechnique et Électromécanique. Il répond aux besoins des lecteurs qui veulent acquérir une bonne compréhension des principes de la sécurité électrique. L'objectif est d'informer sur le danger du risque électrique, nature des accidents électriques et de 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. Afin d'enrichir leurs formations, des méthodes de secours des accidentés électriques sont présentées.

Table des matières

Table des matières	i
Liste des figures	iv
Liste des tableaux	v
1 Risques électriques	1
1.1 Introduction	1
1.2 But de la sécurité du travail	1
1.2.1 La prévention des risques	2
1.2.2 Education à la sécurité	2
1.3 Légende et historique du risque électrique	2
1.3.1 Généralité sur le risque électrique	2
1.3.2 Définition du risque électrique	3
1.3.3 Historique des accidents électriques	3
1.4 Organisme de normalisation	3
1.4.1 Réglementation – Textes officiels	3
1.4.2 La normalisation	4
1.5 Statistiques sur les accidents électriques	5
1.5.1 Evolution des accidents d’origine électrique	5
1.5.2 Répartition des causes d’accidents	6
1.5.3 Type de contact	6
1.5.4 Matériel en cause	6
2 Nature des accidents électriques et dangers du courant électrique	7
2.1 Introduction	7
2.2 Classement des contacts directs et indirects	7
2.2.1 Contacts directs	7
2.2.2 Contacts indirects	7
2.3 Impédance du corps humain	7
2.4 Effets pathophysiologiques du passage du courant électrique dans le corps humain	8
2.4.1 Effets immédiats	8
2.4.2 Effets secondaires	12
2.5 Electrocutation et électrisation	14
2.6 Les cinq façons de s’électriser	14
2.6.1 Contact bipolaire	14

2.6.2	Contact unipolaire	15
3	Mesures de protection	16
3.1	Introduction	16
3.2	Protection de personnes	16
3.2.1	Réglementation	16
3.2.2	Conception et réalisation des installations électriques	16
3.3	Mesures de sécurité	17
3.3.1	Travaux hors tension	17
3.3.2	Travaux sous tension	18
3.4	Protection contre les courants directs	19
3.5	Protection contre les courants indirects	20
3.5.1	Par coupure automatique de l'alimentation	20
3.5.2	Sans coupure automatique de l'alimentation	22
3.6	Effets du champ électrique et magnétique	23
3.6.1	Effet sur le matériel	23
3.6.2	Effet sur les personnes	24
3.6.3	protection et prévention contre le champ électromagnétique	24
4	Mesures de sécurité contre les effets indirects du courant électrique	26
4.1	Introduction	26
4.2	Les incendies	26
4.2.1	Le triangle du feu	26
4.2.2	Les principales causes d'incendies d'origine électrique	27
4.2.3	Les différents types de propagation	28
4.2.4	Les mesures techniques	28
4.2.5	En cas d'incendie	28
4.3	Prévention Usage des systèmes de sécurités	28
4.3.1	Les agents de lutte contre le feu	30
4.4	Les explosions	30
4.4.1	Les causes de l'explosion	30
4.4.2	La prévention contre les explosions	31
4.5	Le bruit et vibrations	31
4.5.1	Echelle des bruits en Decibels	32
4.5.2	Le bruit et ses effets sur la santé	32
4.5.3	Les effets des vibrations sur le corps humain	34
4.5.4	Les risques liés à l'ensemble du corps	35
5	Mesures de secours et soins	36
5.1	Introduction	36
5.2	Attitude à observer en cas d'accidents électriques	36
5.2.1	Protection	36
5.2.2	L'alarme	37
5.3	Premier soins	37
5.4	Massage cardiaque	38
5.5	Soins aux brûlés	38
5.5.1	Brûlure par un acide, une base ou un autre liquide corrosif	39

5.5.2	Brûlure simple	39
5.5.3	Brûlure grave	39
	Bibliographie	40

Table des figures

1.1	Organismes de normalisation sur le plan international, européen et particulièrement en Algérie	5
1.2	Nombre d'accidents d'origine électrique depuis 1975	6
2.1	Variations de la résistance du corps humain en fonction de la tension appliquée suivant l'état de la peau	8
2.2	Les effets de la contraction musculaire	9
2.3	Les effets de l'inhibition des centres nerveux	10
2.4	Les effets de la téτανisation des muscles respiratoires	10
2.5	Les effets de la fibrillation ventriculaire	11
2.6	Zones temps/courant des effets du courant alternatif (15 à 100 Hz)	12
2.7	Les complications cardio-vasculaires	12
2.8	Les complications neurologiques	13
2.9	Les séquelles sensorielles	13
2.10	Cas 1 : Accidents fréquents	14
2.11	Cas 2 : Accidents rares	14
2.12	Cas 3 : Accidents très rares	15
2.13	Cas 4 : Accidents très fréquents	15
2.14	Cas 5 : Accidents fréquents	15
3.1	En fonctionnement normal	20
3.2	En cas de défaut d'isolement	21
3.3	symbole :a-Interrupteur différentiel, b-Disjoncteur différentiel	21
3.4	schéma de principe d'un transformateur de séparation	22
3.5	Pancartes de signalisation du risque des ondes électromagnétiques	25
4.1	Le triangle du feu	26
4.2	L'extincteur	29
4.3	Echelle des bruits en Decibels	32
4.4	Niveau sonore : la durée maximale pendant laquelle l'oreille peut être exposée sans dommages	33
4.5	Protections auditives individuelles	34

Liste des tableaux

3.1	Tensions maximales à mettre en œuvre en TBTS	23
4.1	Les différents agents de lutte contre le feu	30
5.1	les premiers soins à prodiguer	37

Chapitre 1

Risques électriques

1.1 Introduction

La sécurité du travail est l'ensemble des méthodes ayant pour objet de supprimer, ou du moins minimiser, les conséquences des défaillances ou des incidents dans un dispositif ou une installation. Les conséquences de ces défaillances ont un effet destructif sur le personnel, le matériel ou l'environnement ou de l'un ou de l'autre.

L'employeur est la personne qui, directement ou indirectement par délégation, assume la responsabilité légale dans le cadre du Code du Travail d'un établissement ou entreprise.

1.2 But de la sécurité du travail

Dans chaque lieu de travail, les employeurs sont chargés, d'une manière générale, d'assurer la sécurité et la santé des travailleurs dans tous les aspects liés à leur travail. L'objectif d'une évaluation des risques est de rendre l'employeur en mesure de prendre les dispositions nécessaires pour assurer la protection des travailleurs.

La sécurité caractérise l'absence de circonstances susceptibles d'occasionner une blessure du personnel ou une dégradation des biens et des équipements. Le risque électrique est certes invisible mais heureusement bien connu, ce qui le rend maîtrisable. La maîtrise des risques comprend trois techniques selon l'intégrité attendue de la mission confiée :

La sécurité passive : qui consiste à interrompre le fonctionnement du système tant que l'action correctrice nécessaire n'a pas été exécutée.

La sécurité active : dans laquelle le système continue à fonctionner jusqu'à ce qu'une action mette fin à la mission en éliminant le danger.

La sélectivité opérationnelle : pour laquelle la mission du système est assurée sous défaillance par l'emploi d'action compensatrice, sans perte de fonctionnement principale, dans l'attente d'une action correctrice possible.

1.2.1 La prévention des risques

Les mesures de sécurité au travail se déclinent de la façon suivante :

1. éviter les risques ;
2. évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
3. combattre les risques à la source ;
4. adapter le travail à l'homme, pour la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
5. tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
6. remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
7. planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants ;
8. prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
9. donner les instructions appropriées aux travailleurs.

1.2.2 Education à la sécurité

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

Les schémas mentaux de prévention des risques sont les mêmes au domicile, dans la rue, à l'université, dans l'entreprise. L'éducation à la sécurité se base sur le principe des cinq points suivants :

- ▷ Identifier (le danger) ;
- ▷ Estimer (le risque) ;
- ▷ Décider (de la correction) ;
- ▷ Agir (appliquer, réaliser la correction) ;
- ▷ Observer (le résultat).

1.3 Légende et historique du risque électrique

1.3.1 Généralité sur le risque électrique

L'électricité, la plus répandue des sources d'énergie, est devenue familière par son utilisation en milieu domestique ou industriel. L'électricité est par contre pour beaucoup de personnes une notion abstraite ; on ne la voit pas et les risques liés à une mauvaise utilisation sont par conséquent mal perçus, ce qui se traduit malheureusement par de nombreux accidents plus ou moins graves chez les personnes averties ou non de ces dangers.

1.3.2 Définition du risque électrique

Le risque électrique peut conduire notamment à une électrisation, c'est-à-dire au passage d'un courant électrique dans le corps. Les accidents de ce type arrivent généralement du fait du mauvais état des isolants, ou de la modification ou de l'extension d'une installation par une personne non compétente en ce domaine. L'employeur est tenu à une obligation de prévention des risques d'origine électrique.

1.3.3 Historique des accidents électriques

Des accidents liés à l'électricité naturelle sont observés depuis l'Antiquité. La foudre en est la forme la plus connue et aussi la plus dangereuse. Le verset coranique qui date de 14^e siècle -Sourate AR-RAAD, verset 13- parle déjà de la foudre.

§Le tonnerre Le glorifie par Sa louange, et aussi les Anges, sous l'effet de Sa crainte. Et Il lance les foudres dont Il atteint qui Il veut. Or ils disputent au sujet d'Allah alors qu'Il est redoutable en Sa force. §

Certains animaux peuvent aussi produire de l'électricité : c'est le cas du gymnote, poisson osseux muni de deux appareils électriques, qui produit des décharges suffisantes pour paralyser les poissons dont il se nourrit. À partir de 1650, l'invention de différentes machines électrostatiques donna lieu aux premiers accidents liés à l'électricité produite par l'homme. En 1774, une décharge électrique appliquée sur un jeune homme en état de mort apparente a été suivie d'une reprise de la ventilation spontanée. Les découvertes se sont rapidement succédées au cours du 19^e siècle, posant les fondements des connaissances actuelles à propos de l'électricité. En 1879 survint le premier accident du travail mortel par électrisation avec un courant alternatif de 250 volts (V) chez un machiniste de théâtre à Lyon. En 1890 eut lieu la première exécution par chaise électrique. D'Arsonval, puis Prevost et Batelli ont étudié à la fin du 19^e siècle les effets physiologiques du courant électrique et la cause des décès par électrisation. Les accidents électriques se sont multipliés avec le développement de l'utilisation domestique et industrielle de l'électricité au 20^e siècle.

1.4 Organisme de normalisation

1.4.1 Réglementation – Textes officiels

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

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

1.4.2 La normalisation

Il existe en réalité des niveaux de normalisation (international, continental ou national) représentés par des organismes agréés. Les principaux organismes de normalisation sont :

- La **CEI** qui est la Commission Electrotechnique Internationale (normes CEI...).
- Le **CENELEC** qui est le Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (normes EN...).
- L'**AFNOR** qui est l'Association Française de Normalisation (normes NF...).
- L'**UTE** qui est l'Union Technique de l'Electricité, bureau associé à l'AFNOR (normes UTE...).

Ces organismes élaborent divers types de documents, en particulier des NORMES. Ces normes homologuées doivent être appliquées aux marchés passés par l'état, les établissements et services publics. Les normes sont classées en quatre catégories : les normes homologuées, les normes enregistrées, les normes expérimentales, les fascicules de documentation.

Norme homologuée

L'homologation entraîne une procédure administrative complexe. La norme homologuée fait l'objet d'un arrêté du ministre chargé de l'industrie, publié au journal officiel.

Norme enregistrée

Les normes enregistrées bénéficient d'une procédure administrative simplifiée. Elle a une valeur technique suffisamment établie, mais sa destination ne rend pas nécessaire son homologation.

Norme expérimentale

La norme expérimentale résulte de procédures administratives accélérées ou simplifiées. Une période de mise à l'épreuve est nécessaire avant de la transformer, après mise au point, en norme enregistrée ou homologuée.

Fascicules de documentation

Ces documents qui comprennent notamment les guides pratiques et les prescriptions ne sont soumis à aucune procédure officielle.

Un exemple de la norme française marquée \preceq NFC... \succeq ou \preceq UTEC... \succeq , qui se divise en deux grandes familles de normes et qui visent d'une part la construction du matériel électrique et d'autre part la réalisation des installations électriques, et dont les principales normes sont :

Les normes françaises NFC de réalisation :

- NF C 15 100 - installations électriques à basse tension.
- NFC 42020 (ou CEI 1010 ou EN61010) - appareils de mesure.
- NF C 13 100 - postes de livraison.

- NF C 14 100 - installations de branchement basse tension.

Les normes françaises NFC de conception :

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

La figure 1.1 montre l'ensemble des organismes de normalisation sur le plan international, européen et particulièrement en Algérie.

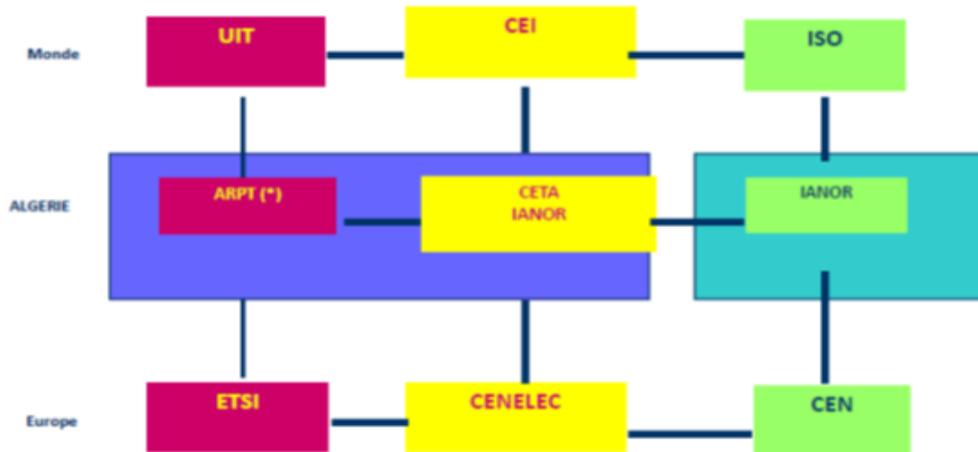


FIGURE 1.1 – Organismes de normalisation sur le plan international, européen et particulièrement en Algérie

Le comité d'électrotechnique et des télécommunications Algérien (CETA) est chargé d'élaborer les normes au niveau local, sa mission est :

✘ d'élaborer des normes sectorielles dans le domaine électrotechnique et des télécommunications ;

✘ de favoriser le développement de la norme algérienne, de la réglementation et de l'évaluation de la conformité dans son domaine en vue de promouvoir le libre-échange des marchandises, la sécurité des biens et des personnes, et la protection de l'environnement.

1.5 Statistiques sur les accidents électriques

1.5.1 Evolution des accidents d'origine électrique

Le nombre d'accidents du travail d'origine électrique est passé de 2793 en 1975 à 771 en 2008. Cette tendance traduit une plus large maîtrise du risque, mais les analyses de sévérité nous rappelle la particulière gravité : les accidents d'origine électrique sont 15 fois plus souvent mortels que les accidents ordinaires. La figure 1.2 donne le nombre d'accidents d'origine électrique depuis 1975.

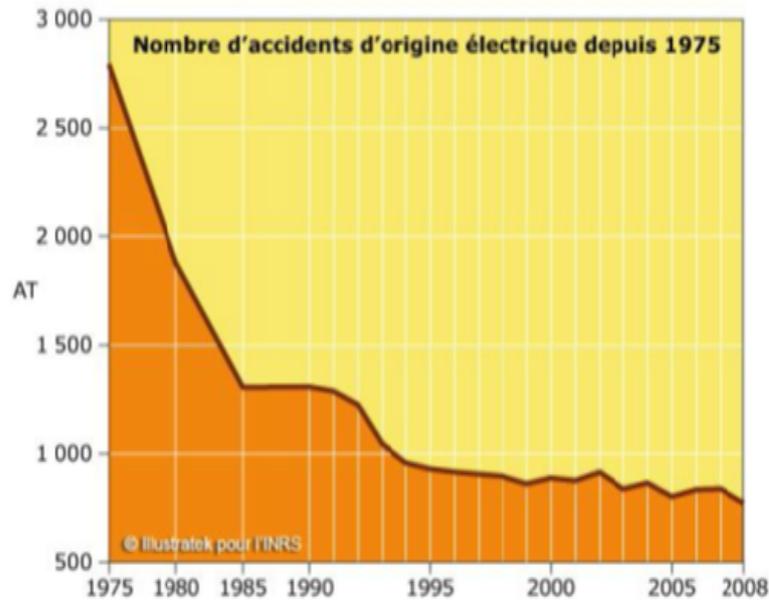


FIGURE 1.2 – Nombre d'accidents d'origine électrique depuis 1975

1.5.2 Répartition des causes d'accidents

Selon l'institut national de recherche et de sécurité (INRS), les principaux facteurs ayant entraînés l'accident sont :

- ✓ 31 % mode opératoire inapproprié ou dangereux ;
- ✓ 30 % ignorance des risques ;
- ✓ 15 % omission d'étapes ou procédure inexacte ;
- ✓ 14 % défaut de formation ;
- ✓ 10 % défaillance matérielle.

1.5.3 Type de contact

Les proportions des principaux facteurs déterminants les types de contacts sont :

- ✓ 75 % des accidents d'origine électrique sont dus à des contacts directs ;
- ✓ 20 % sont dus à des contacts indirects ;
- ✓ 5 % non précisés.

Les statistiques de plusieurs années montrent que les pourcentages sont relativement constants. On note que :

- plus du tiers des lésions sont de localisations multiples ;
- les yeux, les membres supérieurs, les mains sont les plus touchés ;
- 60 % des lésions sont des brûlures
- 6 % des lésions sont internes.

1.5.4 Matériel en cause

La majorité des accidents ayant eu lieu à cause du matériel sont dus :

- 10 % aux canalisations ; - 45 % aux machines ;
- 45 % aux armoires, coffrets, prises de courant.

Chapitre 2

Nature des accidents électriques et dangers du courant électrique

2.1 Introduction

L'électricité est une énergie dangereuse : invisible, inodore, inaudible et redoutable. Elle l'est d'autant plus lorsqu'elle est incontrôlée. Réaliser des travaux sur ou au voisinage d'ouvrages électriques entraîne, pour les opérateurs, des risques électriques spécifiques. Ces risques sont le plus souvent sous-estimés.

2.2 Classement des contacts directs et indirects

2.2.1 Contacts directs

Un contact direct est un contact d'une personne avec des conducteurs actifs ou avec des pièces conductrices habituellement sous tension.

2.2.2 Contacts indirects

Un contact indirect est un contact d'une personne avec des masses mise accidentellement sous tension, par suite :

- d'un défaut interne : défaillance de l'isolation ;
- d'un défaut externe : conducteur sous tension extérieur à l'appareil, en contact avec celui-ci.

2.3 Impédance du corps humain

Les tissus du corps humain peuvent être représentés par une succession de résistances R et de réactances (inductances et capacités) X , le tout constituant une impédance Z : $Z_2 = R_2 + X_2$.

- L'impédance du corps humain Z résulte de la somme géométrique des impédances de la peau ou muqueuse aux points de contacts Z_{p1} et Z_{p2} et de l'impédance interne des tissus Z_i .
- L'impédance interne (Z_i) est sensiblement toujours la même pour un même individu, sauf

si la surface de contact est très faible, auquel cas elle augmente.

- La résistance totale décroît rapidement lorsque l'intensité du courant augmente.
- L'impédance de la peau varie pour chaque individu en fonction, essentiellement, des paramètres suivants :
- La température de la peau ;
 - La surface et la pression de contact ;
 - La tension (force) 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 ;
 - La localisation sur le corps des points de contact. La figure 2.1) schématise les variations de la résistance du corps humain en fonction de la tension appliquée suivant l'état de la peau.

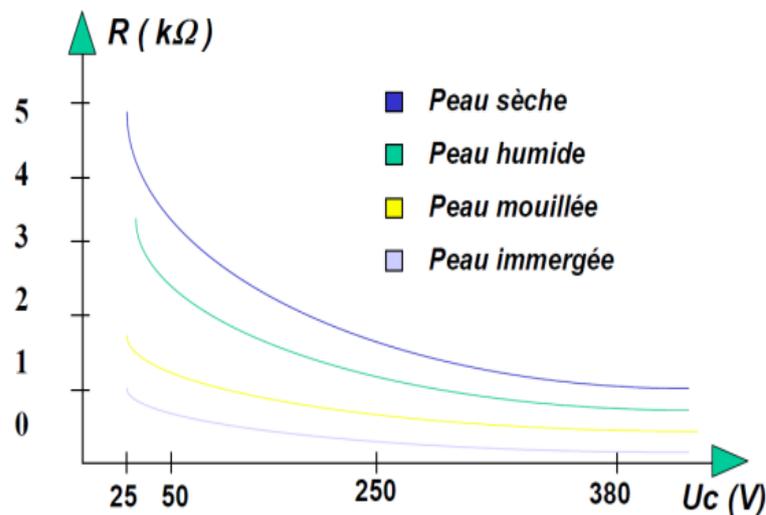


FIGURE 2.1 – Variations de la résistance du corps humain en fonction de la tension appliquée suivant l'état de la peau

2.4 Effets pathophysiologiques du passage du courant électrique dans le corps humain

2.4.1 Effets immédiats

A. Effets excitomoteurs

Ils sont dus à l'action directe du courant sur les muscles ou sur les nerfs lors du passage du courant (secousse électrique) : contraction musculaire ou projection, téτανisation des muscles respiratoires, fibrillation ventriculaire. A partir de 10 mA, la contraction musculaire involontaire peut avoir deux effets opposés :

-Soit projection loin du conducteur (muscles extenseurs) : le sujet déclare qu'il a pris une

châtaigne ;

-Soit tétanisation et impossibilité de lâcher le conducteur (muscles préhenseurs) : le sujet déclare qu'il a été collé.

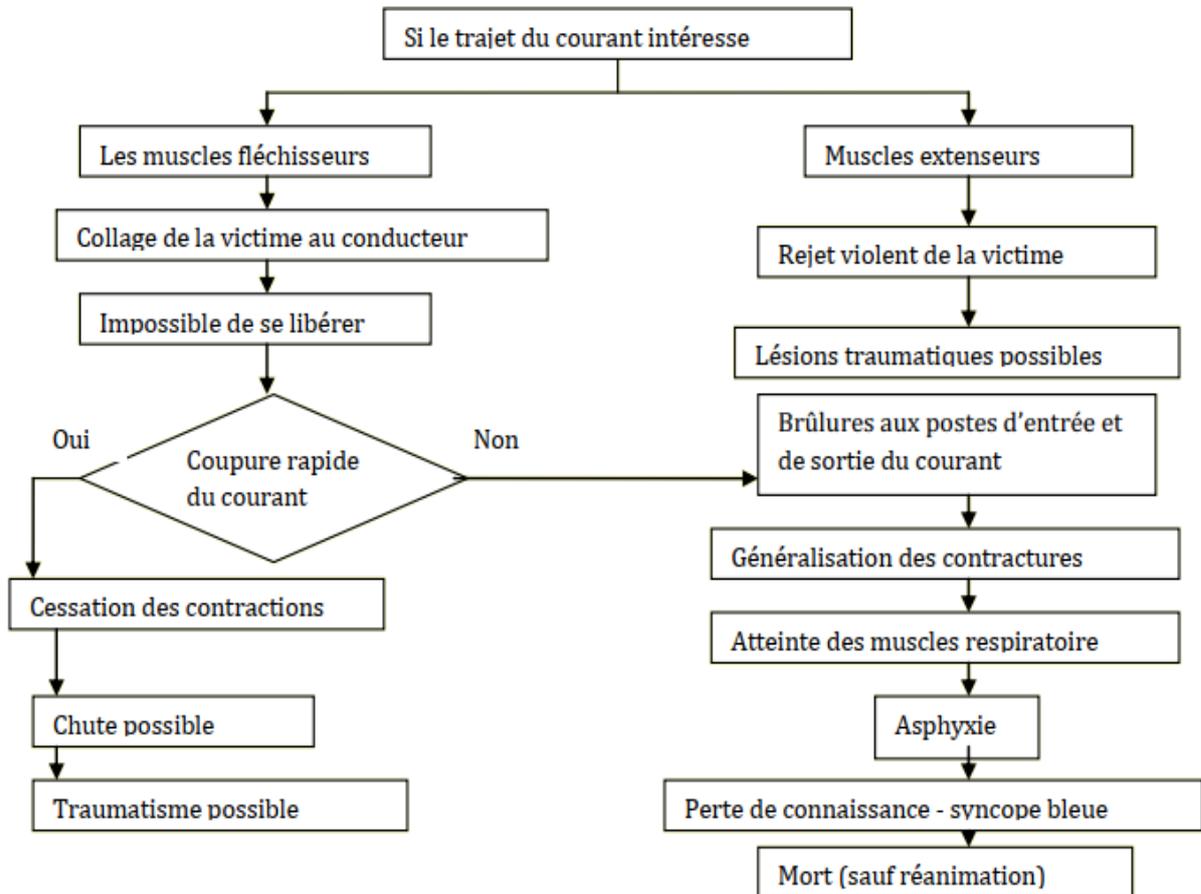


FIGURE 2.2 – Les effets de la contraction musculaire

B. Effets thermiques (Brûlures thermiques)

Elles sont dues à l'énergie dissipée lors du passage du courant dans l'organisme qui atteint particulièrement les muscles. Elles sont plutôt localisées aux mains pour les accidents en basse tension, multiples étendues pour les accidents en haute tension.

-Brûlures indirectes par arc : Elles sont dues également à l'effet joule produit lorsqu'un arc s'est formé ; elles se localisent le plus souvent sur les mains et le visage.

-Brûlures par contact : Elles sont dues à l'échauffement d'un élément conducteur parcouru par un courant électrique.

C. Inhibition des centres nerveux

L'inhibition est due au passage d'un courant par le bulbe rachidien des centres nerveux. Elle ne peut avoir lieu que si un courant très important passe par la bulbe, ce qui est très rare.

L'organigramme de la figure 2.3 schématise les effets de l'inhibition des centres nerveux

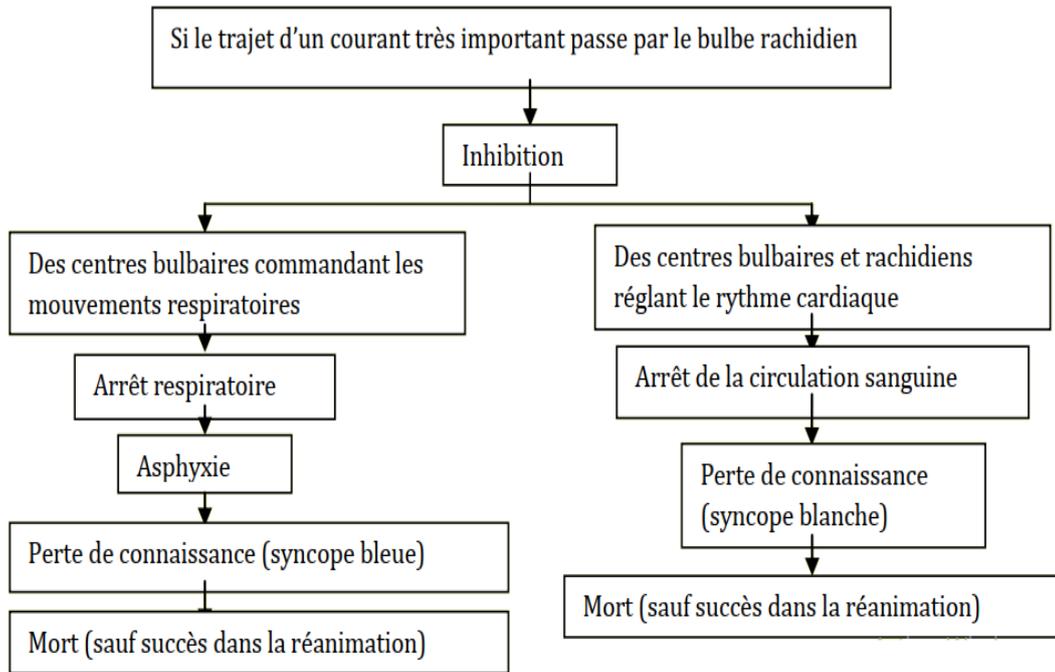


FIGURE 2.3 – Les effets de l’inhibition des centres nerveux

D. Tétanisation

Dans le cas d’un trajet mains-pieds, il s’agit souvent de tétanisation des muscles respiratoires (intercostaux, pectoraux, diaphragme). Cela provoque une asphyxie ventilatoire avec cyanose. Si l’on coupe rapidement le courant, la respiration normale reprend. L’organigramme de la figure 2.4 schématise les effets de la tétanisation des muscles respiratoires.

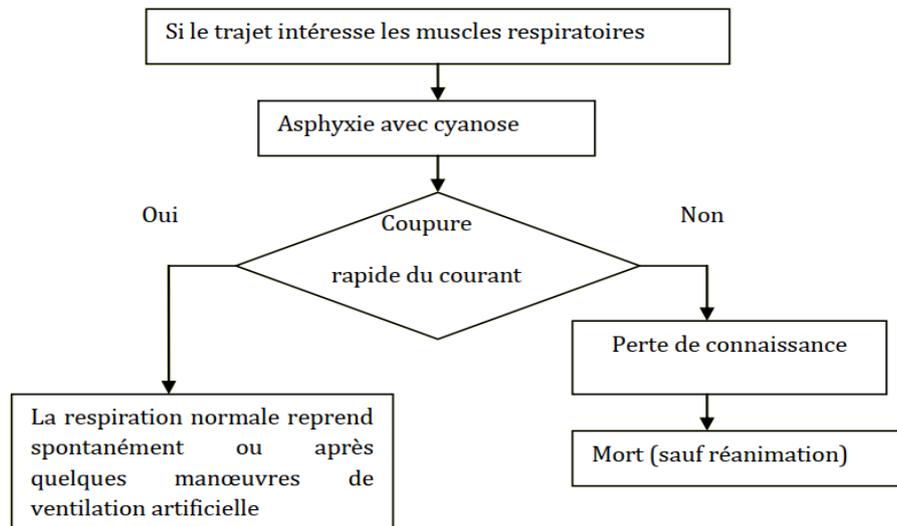


FIGURE 2.4 – Les effets de la tétanisation des muscles respiratoires

E. Fibrillation cardiaque

La fibrillation ventriculaire est définie par une désynchronisation complète des fibres ventriculaires. Le rythme des battements du cœur est contrôlé par des impulsions électriques : c'est ce qu'on voit sur un électrocardiogramme. Si le courant passe par le cœur, il peut déranger ce rythme. Cette irrégularité est une arythmie qui peut aller jusqu'à une désorganisation totale.

La fibrillation cardiaque requiert deux conditions pour se déclencher :

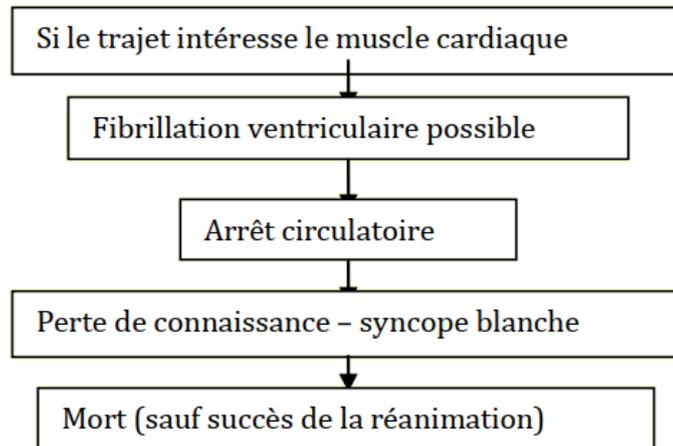


FIGURE 2.5 – Les effets de la fibrillation ventriculaire

★ Le courant doit passer par la région cardiaque ;

★ L'intensité et la durée de passage du courant doivent se situer dans la zone 4 sur la figure 2.6 (ex : 100 mA pendant 2 seconde).

Si le choc électrique atteint le cœur après que celui-ci ait envoyé le sang dans l'aorte (après la systole), au moment où le cœur se prépare à se remplir de sang (début de la diastole), la probabilité de fibrillation est multipliée par 3 ou 4. Cette phase couvre 20% du cycle cardiaque.

◇ Zone 1 : habituellement aucune réaction.

◇ Zone 2 : habituellement aucun effet physiologique dangereux.

◇ Zone 3 : habituellement aucun dommage organique. Probabilité de contractions musculaires et de difficulté de respiration, de perturbations réversibles dans la formation et la propagation des impulsions du cœur, y compris fibrillation auriculaire et arrêts temporaires du cœur sans fibrillation ventriculaire augmentant avec l'intensité du courant et le temps.

◇ Zone 4 : en plus des effets de la zone 3, probabilité de fibrillation ventriculaire augmentant jusqu'à environ 5 % (courbe C2), 50 % (courbe 3), et plus de 50 % (au delà courbe C3). Augmentant avec l'intensité et le temps, des effets pathophysiologiques tels que l'arrêt du cœur, l'arrêt de la respiration, des brûlures graves peuvent se produire. Le point 500 mA / 100 ms correspond à une probabilité de fibrillation de l'ordre de 0,14 %.

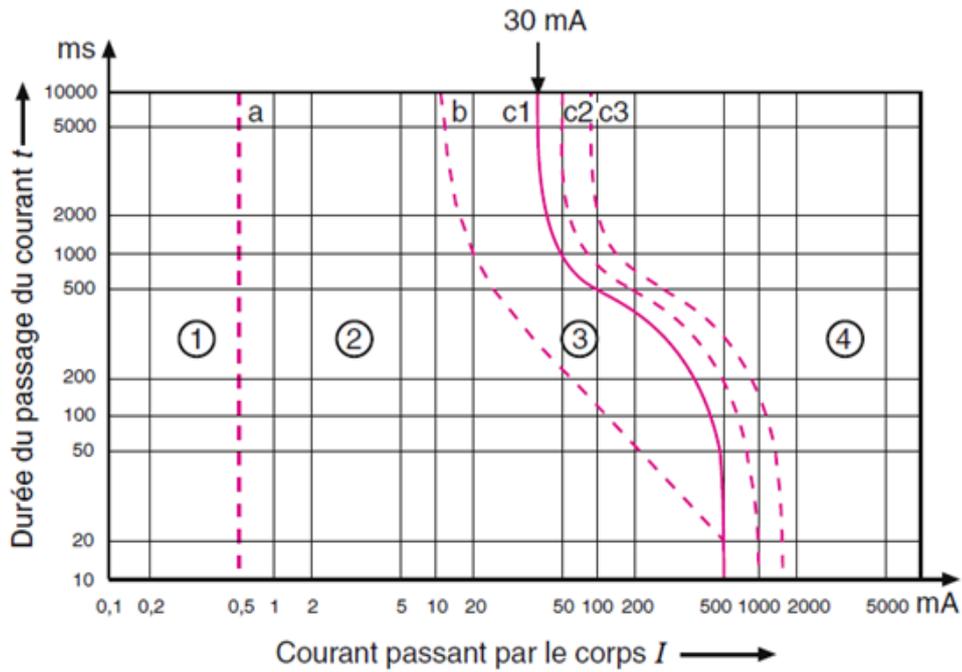


FIGURE 2.6 – Zones temps/courant des effets du courant alternatif (15 à 100 Hz)

2.4.2 Effets secondaires

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

✓ Complications cardio-vasculaires

Des troubles du rythme peuvent persister après l'accident voire apparaître plus tardivement. De rares cas d'infarctus du myocarde ont été décrits.

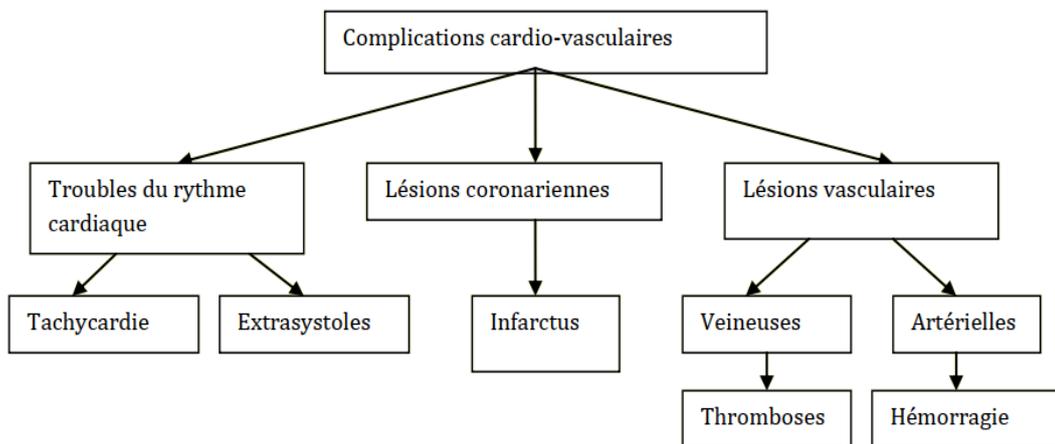


FIGURE 2.7 – Les complications cardio-vasculaires

✓ Complications neurologiques

Des déficits neurologiques comme la paralysie d'un côté du corps (hémiparésie), des syn-

dromes épileptiques, agitation, insomnies.

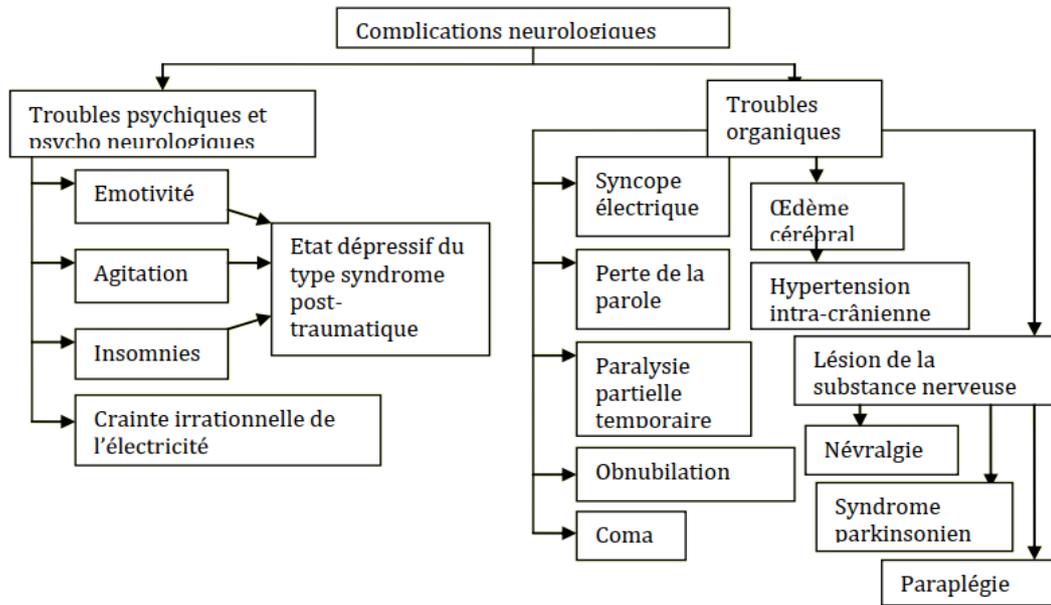


FIGURE 2.8 – Les complications neurologiques

✓ Séquelles sensorielles

Il s'agit le plus souvent de troubles oculaires sous l'effet lumineux et calorifique produit par un arc électrique, plus rarement de troubles auditifs.

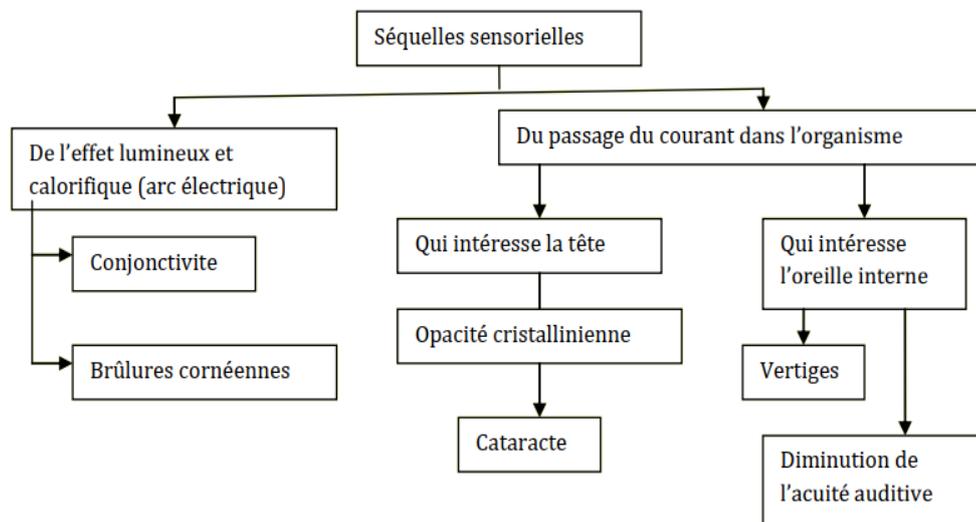


FIGURE 2.9 – Les séquelles sensorielles

✓ Séquelles cutanées, tendineuses et muqueuses

Les brûlures et les lésions associées peuvent laisser des séquelles fonctionnelles graves avec par exemple des complications de cicatrisation musculaire et tendineuse.

2.5 Electrocutation et électrisation

L'électrisation est le passage d'un courant électrique dans le corps, provoquant des blessures plus ou moins graves. Couramment employé à la place de ce terme, le mot "électrocution" n'a pourtant pas le même sens : il désigne exclusivement les cas d'électrisation entraînant un décès.

2.6 Les cinq façons de s'électriser

Il y a cinq façons de s'électriser que l'on peut diviser en deux groupes, selon que le contact est bipolaire ou unipolaire.

2.6.1 Contact bipolaire

Cas 1 :

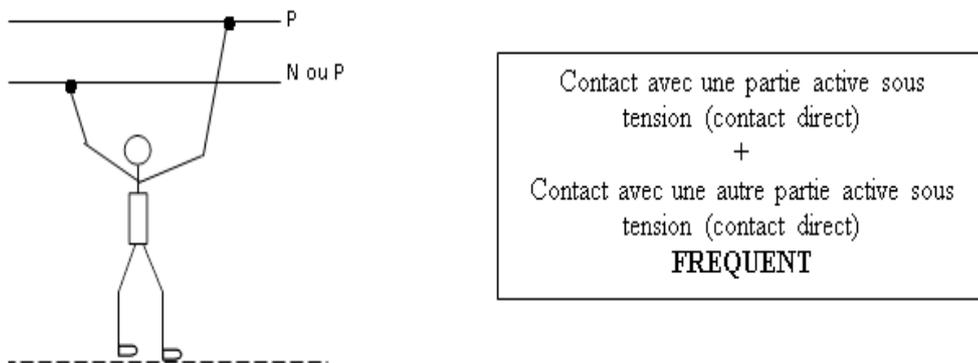


FIGURE 2.10 – Cas 1 : Accidents fréquents

Cas 2 :

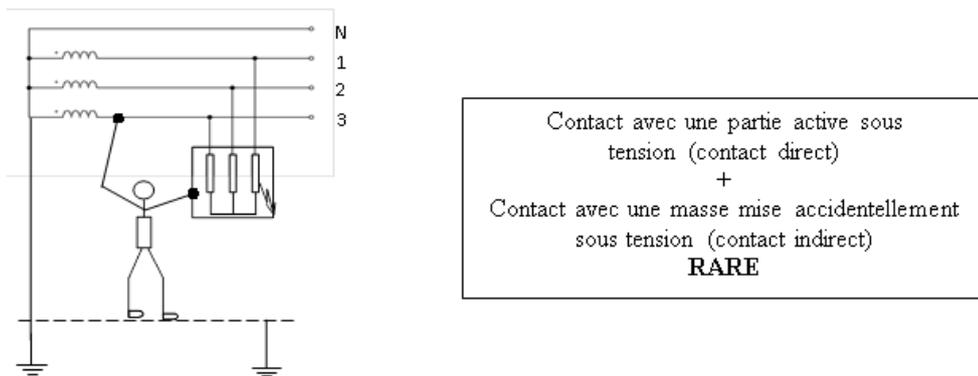


FIGURE 2.11 – Cas 2 : Accidents rares

Cas 3:

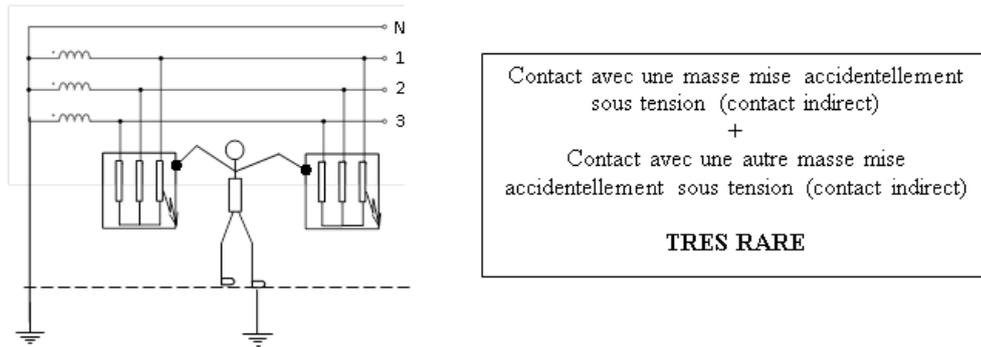


FIGURE 2.12 – Cas 3 : Accidents très rares

2.6.2 Contact unipolaire

Dans le cas, la terre sert de retour au courant, permettant la fermeture du circuit par le neutre du transformateur déjà mis à la terre. Cas 4: Cas 5:

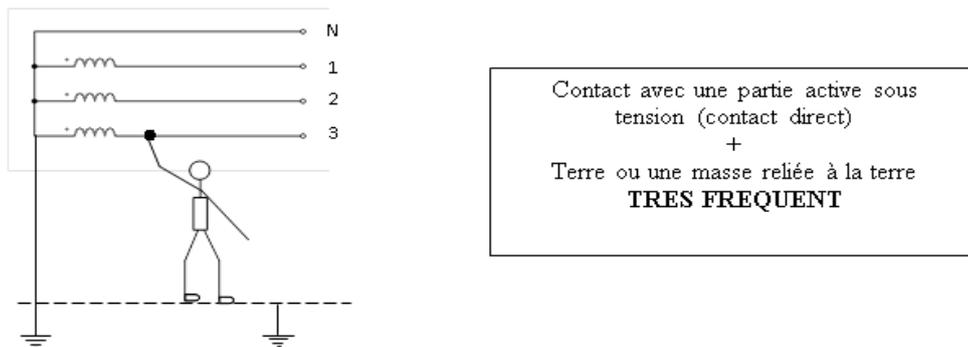


FIGURE 2.13 – Cas 4 : Accidents très fréquents

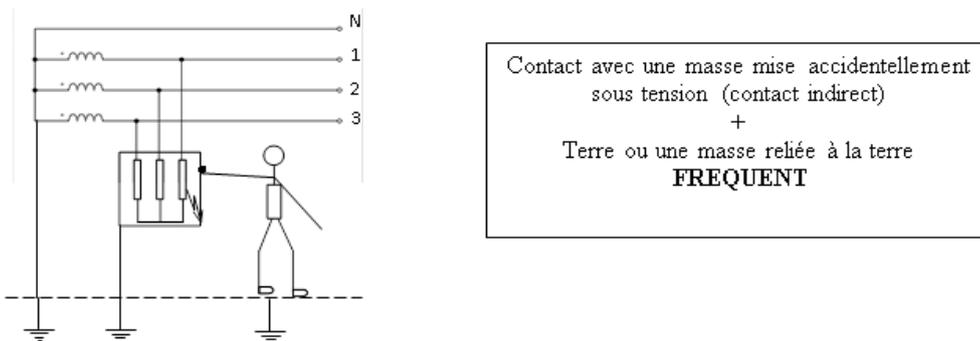


FIGURE 2.14 – Cas 5 : Accidents fréquents

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 de personnes

3.2.1 Réglementation

La réglementation en matière de prévention du risque électrique se décompose en 2 parties. L'une s'adresse aux maîtres d'ouvrage. Elle porte sur la conception et la réalisation des installations électriques pour la construction et l'aménagement de bâtiments. La seconde s'adresse aux employeurs qui utilisent des installations électriques, en assurent les vérifications et effectuent des opérations au voisinage des installations électriques.

3.2.2 Conception et réalisation des installations électriques

Le maître d'ouvrage conçoit et réalise les installations électriques des lieux de travail conformément au code du travail. Ces dispositions s'appliquent aussi aux travailleurs indépendants et aux employeurs qui exercent directement une activité sur un chantier. L'employeur réalisant de nouvelles installations électriques, des adjonctions ou des modifications d'installations, respecte certaines de ces obligations. Ces prescriptions visent à protéger la santé et la sécurité des travailleurs contre les risques de :

- choc électrique par contact direct ou indirect ;
- brûlure ;
- incendie ;
- explosion d'origine électrique.

3.3 Mesures de sécurité

3.3.1 Travaux hors tension

Pour effectuer des travaux ou des interventions hors tension sur une installation électrique, il faut avoir réalisé ou préalable une consignation de la partie de l'installation sur laquelle on va intervenir.

A. Procédure de consignation

La consignation électrique d'une installation ou d'un équipement est destinée à assurer la protection des personnes contre tout maintien accidentel ou retour de la tension pendant le travail sur l'installation. Pour réaliser une consignation, il faut effectuer les opérations suivantes :

✘ Séparation

Il faut séparer la partie d'installation de la source de tension, ce qui s'effectue en général par la manœuvre d'un organe de séparation tel que, sectionneur, prise de courant, retrait de fusible, appareils débranchable, appareil de commande (de protection ou de coupure d'urgence).

✘ Condamnation

L'organe de séparation ne doit pas pouvoir être refermé, il est condamné en position d'ouverture à l'aide d'un cadenas ou d'une serrure.

✘ Identification

Sur le lieu de travail, on identifie la partie de l'installation où les travaux seront bien effectués hors tension. Connaissance de la situation géographique, consultation des schémas, lecture des pancartes et des étiquettes, identification visuelle.

✘ Vérification

On vérifie l'absence de tension entre phases et entre phase et neutre à l'aide d'un appareil VAT (Vérification d'Absence de Tension). Cette vérification est immédiatement suivie de la mise à la terre et en court-circuit. Cette dernière opération s'effectue de préférence sur le lieu du travail et constitue une confirmation de la consignation.

✘ Balisage

Le balisage est effectué à l'aide de banderole, filets, barrières, etc. . . . Il est réalisé dans tous les plans de façon visible.

B. Fin de travail (Déconsignation)

Après réception du ou des avis de fin de travail, le chargé de consignation doit :

- ouvrir les sectionneurs ou interrupteurs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait fermé et déposé ou faire déposer les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait éventuellement posés ;
- retirer les écrans, protecteurs, et matériels de balisage posé à son initiative ;

- permettre à nouveau la manœuvre des organes de séparation en supprimant les condamnations.

Il peut effectuer ces opérations lui-même ou les faire effectuer sous sa responsabilité, dans les mêmes conditions que celles prévues pour l'attestation de consignation pour travaux ou pour l'attestation de première étape de consignation. Il restitue l'ouvrage au chargé d'exploitation qui peut procéder alors à tous les essais mesurages, vérifications qui s'imposent, puis à la remise en service de l'ouvrage.

3.3.2 Travaux sous tension

On peut classer les interventions sous tension en trois sortes :

- interventions de maintenance corrective (dépannage) ;
- interventions de connexion avec présence de tension ;
- interventions particulières de remplacement.

A. Interventions de maintenance corrective (dépannage)

Dans une activité de dépannage, on distingue trois étapes qui nécessitent ou non la présence de tension :

Etape 1 : Recherche et localisation des défauts

- La mesure des grandeurs électriques au moyen d'appareils de mesure ne nécessitant pas l'ouverture de circuits est autorisée.
- Le débranchement et le rebranchement sous tension ou hors tension de conducteurs ne sont autorisés qu'en BTA et en TBT ; et pour des sections au plus égales à 6 mm². Chaque conducteur débranché doit être isolé à son extrémité.

Etape 2 : Élimination des défauts

L'élimination des défauts, la réparation ou le remplacement des éléments défectueux ne sont entrepris qu'après consignation de l'installation ou de l'équipement. Dès que la réparation est effectuée, on pourra procéder à la déconsignation et passer à l'étape suivante.

Etape 3 : Réglages et vérifications de l'installation

Cette étape nécessite en général la mise sous tension. L'intervention est considérée comme terminée si l'installation fonctionne normalement. En fin d'intervention, il faut remettre en place les capots et verrouillages des portes. Enfin, il faut prévenir l'utilisateur de l'installation de la remise en état provisoire (dépannage) ou définitive de l'installation.

B. Intervention de connexion avec présence de tension

Une intervention de connexion sur un ouvrage a pour but :

- Soit de mettre en service un nouvel équipement ;
- Soit de modifier une connexion de conducteur sans perturber le fonctionnement de l'ouvrage.

C. Interventions de remplacement

Remplacement des fusibles :

- Avant de remplacer un fusible, il faut rechercher la cause qui a entraîné sa fusion et l'éliminer ;
- En BTA ou BTB, le remplacement du fusible doit s'effectuer hors tension avec un élément de même calibre et de mêmes dimensions ;
- Le remplacement d'un fusible sous tension et en charge n'est autorisé qu'avec des fusibles conçus à cet effet.

Remplacement des lampes d'éclairage :

- Le remplacement des lampes et des accessoires débranchables peut s'effectuer en présence de tension lorsque le matériel présente une protection contre les contacts directs, en particulier lampe enlevée.
- En cas de risque de contact direct ou d'explosion de la lampe (lampes à vapeur de sodium), il faut assurer la protection de la personne avec des moyens appropriés (travail hors tension, gants, masque par exemple).

3.4 Protection contre les courants directs

Lorsqu'il n'est pas possible de réaliser la consignation ou la mise hors de tension, la mise hors de portée des pièces nues sous tension accessibles aux travailleurs doit être assurée par :

- éloignement ;
- obstacles ;
- isolation.

✘L'éloignement

L'éloignement consiste à prévoir une distance entre les parties actives et les personnes de telle sorte qu'un contact imprévu soit impossible directement ou indirectement par l'intermédiaire d'un objet conducteur (perches, tubes métalliques, etc...).

✘L'interposition d'obstacles

L'interposition d'obstacles consiste à disposer des obstacles entre les personnes et les parties sous tension. L'obstacle est utilisé lorsque l'éloignement ne peut être assuré. L'interposition d'obstacle consiste également en l'utilisation d'enveloppes (boîtiers, coffrets, armoires, etc...) permettant de protéger les personnes contre les contacts directs.

✘L'isolation

L'isolation consiste à recouvrir les parties actives par une isolation appropriée. L'isolation intervient lorsque l'éloignement et les obstacles ne peuvent être utilisés.

3.5 Protection contre les courants indirects

3.5.1 Par coupure automatique de l'alimentation

Le principe repose sur l'association de la mise à la terre des masses et d'un dispositif différentiel. Ce dernier coupe automatiquement l'alimentation lorsqu'une masse métallique est mise accidentellement sous tension.

A. Définitions des dispositifs différentiels résiduels

Les Dispositifs différentiels résiduels (DDR) sont des appareils destinés à assurer automatiquement la protection des personnes en cas de défaut d'isolement.

Schéma simplifié en fonctionnement normal

Sur le réseau de distribution électrique, le neutre est relié à la terre au niveau du transformateur haute tension, basse tension. Chez nous, chaque appareil est relié à la phase, au neutre et à la terre. En fonctionnement normal, nous avons le schéma simplifié suivant : En fonctionnement normal, le courant qui rentre dans le récepteur par la phase est égal au courant qui en sort par le neutre. Le courant vers la terre est nul. $I_{ph} = I_n$, $I_t = 0$.

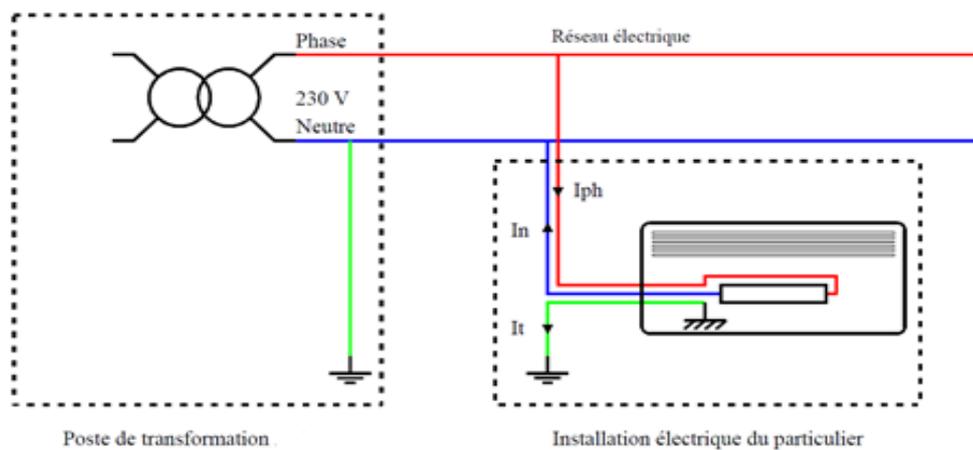


FIGURE 3.1 – En fonctionnement normal

Schéma simplifié en cas de défaut d'isolement

En cas de défaut d'isolement, un courant passe par la masse métallique de l'appareil et va rejoindre la terre qui est reliée au neutre au niveau du transformateur. Le courant dans la phase n'est plus égal à celui qui circule dans le neutre. $I_{ph} = I_n + I_t$. Le défaut d'isolement représente un danger mortel pour l'utilisateur. Il faut donc couper le courant dès qu'une phase vient en contact avec une masse métallique. C'est le rôle des Dispositifs Différentiels Résiduels.

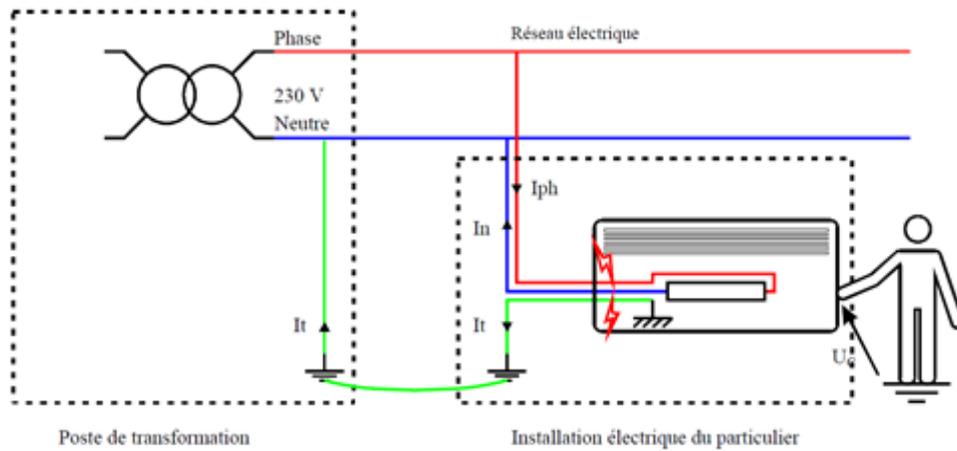


FIGURE 3.2 – En cas de défaut d’isolement

B. Les dispositifs différentiels résiduels

Le rôle du DDR est de vérifier que le courant qui entre dans le récepteur par la phase est égal au courant qui en sort par le neutre. Si ces deux courants sont différents (cas du défaut d’isolement) il doit couper le courant très rapidement afin qu’il n’y ait pas de danger pour l’utilisateur de l’appareil en défaut. $I_{\Delta n} = I_{ph} - I_n$

Interrupteur différentiel

L’interrupteur différentiel remplit la fonction de coupure automatique en cas de défaut d’isolement et c’est sa seule fonction.

Disjoncteur différentiel

Le disjoncteur différentiel remplit les fonctions de coupure en cas de surcharge ou court circuit et coupure automatique en cas de défaut d’isolement.

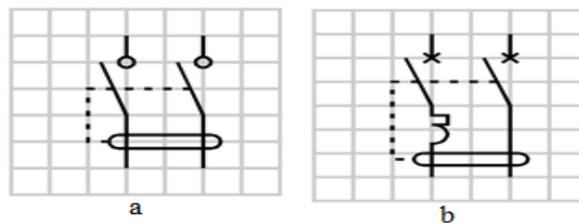


FIGURE 3.3 – symbole :a-Interrupteur différentiel, b-Disjoncteur différentiel

C. Choix d’un DDR

La norme NF C 15-100 impose un disjoncteur différentiel en tête de l’installation (disjoncteur de branchement). On distingue sur celui ci deux courants différents :

- Le premier est le courant du disjoncteur. En cas de dépassement de ce courant sans qu’il n’y ait de défaut d’isolement (exemple court circuit ou surcharge).
- Le second est le courant du Dispositif Différentiel Résiduel noté $I_{\Delta n}$ (prononcer I delta n). La valeur de ce courant est calculée en fonction de la résistance de terre.

La norme NF C 15-100 impose aussi la mise en place de dispositifs différentiels résiduels haute sensibilité (30 mA) pour chaque départ de l'installation.

D. Déclenchement des DDR

Un dispositif différentiel résiduel doit couper le circuit en défaut pour une valeur de courant de défaut comprise dans la plage suivante :

$$\frac{I_{\Delta n}}{2} \leq I_{\text{déclanchement}} \leq I_{\Delta n}$$

$I_{\Delta n}$ est la valeur du courant différentiel notée sur le DDR.

3.5.2 Sans coupure automatique de l'alimentation

Ce type d'alimentation est utilisé localement au niveau de certains récepteurs ou de certaines parties limitées de l'installation. On emploie :

- le matériel de classe II ;
- la séparation des circuits ;
- la très basse tension.

A. Protection par matériel de classe II

Les matériels de classe II (appelés aussi matériels double isolation) possèdent :

- Une isolation principale des parties actives ;
- Une isolation supplémentaire de protection totalement indépendante et destinée à assurer la protection des personnes.

B. Protection par séparation des circuits

Les transformateurs de séparation sont utilisés pour des raisons de sécurité pour créer localement une nouvelle installation du domaine BT, de faible étendue, entièrement isolée de la terre et des masses ainsi que la source d'énergie primaire du domaine BT.

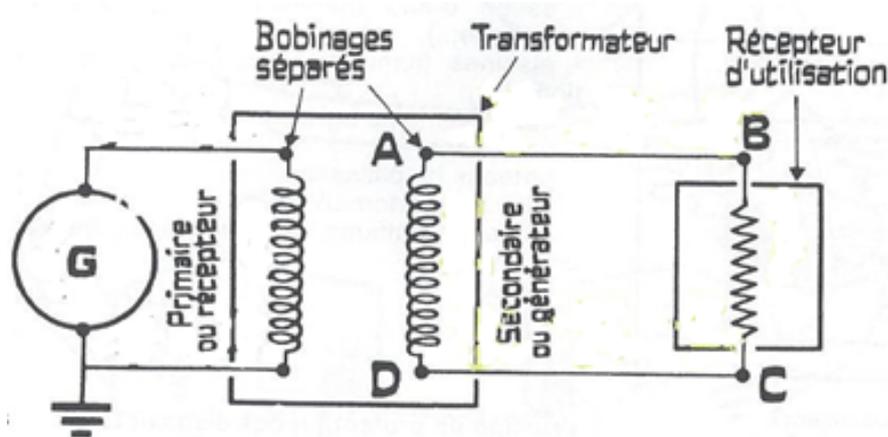


FIGURE 3.4 – schéma de principe d'un transformateur de séparation

Le transformateur de séparation interrompt la liaison entre le conducteur neutre et la terre. Suite à cette séparation, le conducteur de phase et le conducteur neutre ne présentent plus de différence de potentiel par rapport à la terre; aucun courant ne circule si l'on entre en contact avec un conducteur (les charges portées par A ne peuvent rejoindre celles portées par D que par le conducteur CD).

C. Protection par l'utilisation de la très basse tension (TBT)

La très basse tension (TBT) est la classe des tensions électriques qui ne peuvent produire dans le corps humain des courants électriques dangereux pour l'homme.

La réglementation prévoit trois catégories de très basse tension (suivant l'usage qui en est fait, le type de matériel utilisé et le mode de liaison à la terre des circuits actifs) :

- la TBTS : très basse tension de sécurité;
- la TBTP : très basse tension de protection
- la TBTF : très basse tension fonctionnelle.

Tensions maximales à mettre en œuvre en TBTS :

TABLE 3.1 – Tensions maximales à mettre en œuvre en TBTS

Locaux ou emplacement	Tension(Courant alternatif)	Tension(Courant continu)
Secs	$U \leq 50V$	$U \leq 120V$
Mouillées	$U \leq 25V$	$U \leq 60V$
Immergés	$U \leq 12V$	$U \leq 25V$

L'alimentation des installations en TBT est obligatoire :

► dans les locaux et sur les emplacements de travail où la poussière, l'humidité, l'imprégnation par des liquides conducteurs, les contraintes mécaniques, le dégagement de vapeurs corrosives, etc. . . ; exercent habituellement leurs effets, chaque fois qu'il n'est pas possible de maintenir ces installations à un bon niveau d'isolement.

► Pour les travaux effectués à l'aide d'appareil portatifs à mains à l'intérieur d'enceintes conductrices exigües où la résistance de contact entre utilisateur et parois est très faible (cuves, réservoirs, les véhicules en cours de réparation, silos, . . .).

3.6 Effets du champ électrique et magnétique

3.6.1 Effet sur le matériel

Dans l'environnement électromagnétique d'un équipement, nous pouvons distinguer les sources de perturbations d'origine naturelle et les sources de perturbations qui tiennent à l'activité humaine dont nous pouvons citer :

✕ sources de perturbation d'origine naturelle :

- La foudre (décharge électrostatique entre nuages ou entre nuage et sol);
- Les rayonnements cosmiques et en particulier solaires.

✘ sources de perturbation qui découlent de l'activité humaine :

- Les sources de rayonnement électromagnétique volontairement créées par l'homme (émetteurs radio, télévision, radar, téléphones portables, etc...);
- Les sources de perturbation involontaires qui proviennent de l'utilisation de l'électricité (lignes de transport de l'énergie, éclairage fluorescent, moteurs électriques, alimentations des systèmes électroniques, etc.).

Le fonctionnement de certains systèmes électrique ou électronique peut être perturbé par l'environnement électromagnétique dans lequel il opère. Nous citons à titre d'exemple quelque effet important :

- Panne d'allumage moteur ;
- Perturbation voir explosion d'équipements électriques ou électroniques ;
- Fausse détection radar ;
- Boussole affolée ;
- Perturbation des fréquences radio et TV (parasites).

3.6.2 Effet sur les personnes

Dans le domaine de fréquences allant jusqu'à 100 kHz environ, l'écoulement du courant électrique (de contact ou d'arc) d'un objet placé dans le champ électrique vers le corps d'une personne peut entraîner une stimulation des muscles ou des nerfs périphériques. Le niveau liminaire de champ signalé comme provoquant une gêne dans ces conditions d'exposition est de l'ordre de 2,0 - 3,5 $kV.m^{-1}$.

Le déplacement dans le champ magnétique statique (déplacement d'une personne ou un mouvement interne de l'organisme comme la circulation sanguine ou les battements du cœur) est susceptible de provoquer des effets aigus dans l'organisme humain. Une personne qui se déplace dans un champ magnétique statique B peut présenter :

B supérieur à 2 T

- des sensations de vertiges ;
- des nausées, avec parfois un goût métallique dans la bouche ;
- et des éclairs devant les yeux.

B supérieur à 8 T

- des modifications mineures des battements du cœur ;
- une augmentation du risque d'arythmie cardiaque ;
- la fibrillation ventriculaire.

3.6.3 protection et prévention contre le champ électromagnétique

Pour la protection des travailleurs lorsque l'exposition sur le lieu de travail a pour effet un dépassement des restrictions de base :

- Prendre des mesures de prévention technique, afin de réduire à des niveaux acceptables les champs émis par les équipements ;
- L'utilisation de dispositifs d'inter verrouillage ou de mécanismes similaires destinés à la protection de la santé.



*1 mT à 2.5 m de l'appareil
0.1 T à 0.5 m de l'appareil*



Hanche artificielle



Stimulateurs

FIGURE 3.5 – Pancartes de signalisation du risque des ondes électromagnétiques

Pour les mesures de sécurité concernant la téléphonie mobile, les mesures préventives à apprendre en considération sont :

- L'exposition de l'utilisateur d'un combiné téléphonique situé à des dizaines de centimètres de la tête (recours à un système mains libres) est beaucoup plus basse que pour quelqu'un qui place le combiné près de sa tête ;
- Eloigner les antennes des lieux sensibles comme par exemple les habitations, les écoles ;
- diminuer les seuils d'exposition ;
- Focaliser le débat public sur les antennes (sensibilisées la population).

Chapitre 4

Mesures de sécurité contre les effets indirects du courant électrique

4.1 Introduction

L'utilisation mal contrôlée de l'énergie électrique entraîne des accidents graves pour les personnes (électrisations ou électrocutions, bruit) et les installations (incendies, explosion). Lorsqu'ils sont alimentés par un courant électrique, les équipements, machines et engins électriques sont des facteurs potentiels d'accidents de type incendie et explosion. Bien que, dans ces cas, l'action du courant soit indirecte, les phénomènes engendrés ont des effets néfastes sur la santé de l'homme et son environnement.

4.2 Les incendies

La combustion est un processus d'oxydation qui se produit par réaction chimique entre deux corps : un combustible et un comburant.

4.2.1 Le triangle du feu

Le triangle du feu symbolise la combustion. L'éclosion du feu se produit lorsque sont réunies les 3 composantes du triangle. En supprimer une supprime le feu.

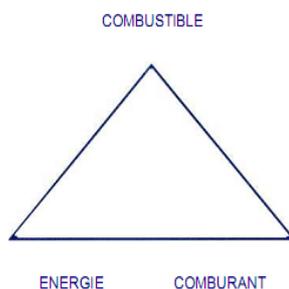


FIGURE 4.1 – Le triangle du feu

Le combustible

Il s'agit d'un corps qui a la particularité de brûler. Les combustibles sont généralement des composés du carbone et de l'hydrogène. Ils peuvent être classés selon leur état (à la température et à la pression ordinaire). On parle alors de combustibles solides, liquides ou gazeux. Ils peuvent également être différenciés selon la quantité de chaleur qu'ils dégagent, par unité de poids ou de volume (pouvoir calorifique).

Le comburant

Il s'agit d'un corps simple qui, mis en présence d'un combustible, permet puis entretient la combustion. Le comburant le plus répandu est l'oxygène (21% en volume dans l'air). Le chlore, l'acide nitrique..., peuvent dans certains cas être des comburants.

L'énergie

Il s'agit de la quantité de chaleur nécessaire pour démarrer la combustion. L'élévation de la température accélère la réaction de combustion. Les sources d'énergie peuvent être d'origine chimique, mécanique, électrique, solaire ou rayonnante.

4.2.2 Les principales causes d'incendies d'origine électrique

Les causes les plus fréquentes des incendies électriques peuvent être facilement évitées. Voici les principales sources de risque qu'il est possible de vérifier afin de se sentir en sécurité.

A. Défauts d'isollements

- ✓ Un câblage trop ancien ou endommagé ;
- ✓ Mauvais raccordement des masses métalliques ;
- ✓ Mauvaise équipotentialité des masses métalliques.

B Les surintensités

- a. Surcharge :
 - ✓ Section inadaptée des câbles (échauffement, perte en isolement) ;
 - ✓ Mauvais serrage des bornes, existence d'un jeu ;
 - ✓ Mauvais sertissage des cosses ou un mauvais fixage ;
 - ✓ Fusibles inadaptés (réponse de coupure) ;
 - ✓ Prises multiples surchargées.
- b. courts-circuits :
 - ✓ Sectionnement des câbles (Arc électrique) ;
 - ✓ Contact avec des pièces nues sous tension.

C. Surtensions

On trouve fréquemment les effets directs et indirects des foudres :
Zone environnante : décharge électrostatique :

L'électricité statique est une cause indirecte d'incendies. En effet, elle peut provoquer des étincelles qui interviennent comme énergie d'activation.

4.2.3 Les différents types de propagation

La propagation se fait par :

- ▷ conduction (contact) ;
- ▷ convection (déplacement des masses d'air, gaz chauds allant vers le haut) ;
- ▷ rayonnement, transport de matières enflammées.

4.2.4 Les mesures techniques

- Les matériaux employés pour la construction et l'aménagement des locaux doivent présenter une réaction au feu adaptée ;
- Les produits inflammables utilisés dans le travail doivent être stockés dans des locaux prévus à cet effet ;
- Les installations électriques doivent être réalisées, entretenues et vérifiées conformément à la réglementation ;
- Les bâtiments doivent être conçus de manière à réduire les risques de propagation d'un feu : recoupements coupe-feu verticaux (trémies d'escaliers, gaines techniques,...), horizontaux (cloisons, portes,...) ;
- Eloignement des bâtiments (un éloignement de huit mètres correspond à un coupe-feu de degré 2 heures), évacuation des gaz chauds (exutoires de fumées) ;
- Les locaux doivent permettre une évacuation rapide des occupants : alarmes, issues et dégagements convenablement dimensionnés et en nombre suffisant, éclairage de sécurité, dispositifs d'alerte des secours extérieurs ;

4.2.5 En cas d'incendie

- Agir vite mais tout en gardant son calme ;
- Donner l'alerte et appeler ou faire appeler les sapeurs-pompiers ;
- Utiliser les moyens de secours appropriés dont dispose l'établissement ;
- Attaquer le feu à la base des flammes mais en restant dans le sens du courant d'air ;
- Couper l'électricité et le gaz et fermer portes et fenêtres ;
- Arrêter les ventilations, sauf interdiction expresse ;
- Evacuer, si possible, les bouteilles de gaz sous pression et autres produits inflammables ;
- Assurer l'évacuation dans le calme et en utilisant les itinéraires prévus et utilisables ;
- En cas d'impossibilité d'évacuer, se mettre près des fenêtres et manifester sa présence ;
- En cas de fumée et de chaleur importante, se baisser car l'air est plus frais près du sol ;
- Accueillir et guider les pompiers à leur arrivée.

4.3 Prévention Usage des systèmes de sécurités

Afin de prévenir les incendies, on utilise généralement un système de contrôle Thermo-graphique Infrarouge et un Système de sécurité incendie.

✓ **Contrôle Thermographique Infrarouge** : C'est un moyen d'identification des composants électriques et mécaniques qui sont plus chauds qu'ils ne devraient l'être. Un excellent outil pour la maintenance industrielle, il permet de réduire les arrêts de production dus aux pannes.

✓ **Un Système de sécurité incendie (SSI)** : Se prévoit dès la conception d'un local ou d'un bâtiment. Il se compose d'un système de détection incendie (SDI) et d'un système de mise en sécurité incendie (SMSI).

Système de détection incendie (SDI) :

Il faut choisir judicieusement les types de détecteurs (certifiés NF ou agréés APSAD, ...) adaptés au local, aux personnes et aux biens à protéger et les implanter en quantité suffisante.

Système de mise en sécurité incendie (SMSI) :

Ce système regroupe un organe de signalisation et de commande, ainsi que les dispositifs actionnés de sécurité (portes coupe feu, systèmes de désenfumage mécanique).

Implantation des matériels d'extinction :

Ces moyens à mettre en place ne s'improvisent pas ; les matériels de première et deuxième intervention ainsi que les installations fixes d'extinction doivent être choisis judicieusement pour qu'ils soient adaptés et suffisants. Ils doivent être contrôlés régulièrement.

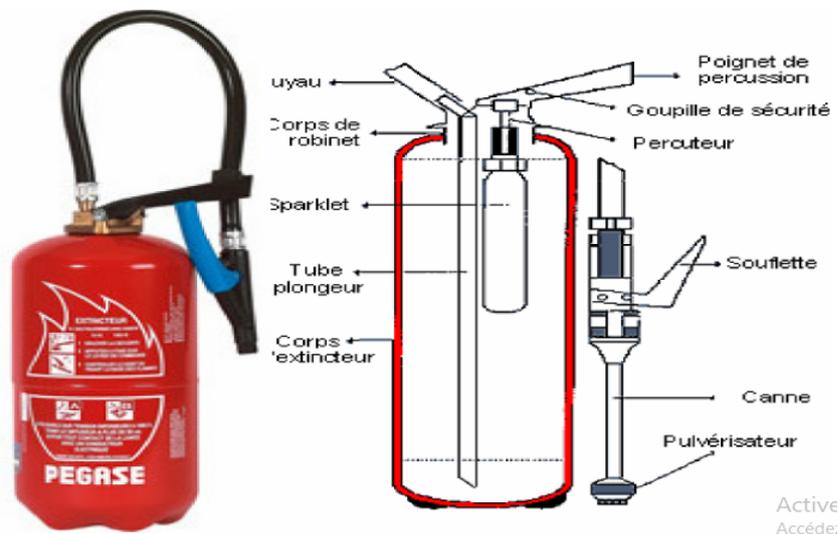


FIGURE 4.2 – L'extincteur

4.3.1 Les agents de lutte contre le feu

La lutte contre l'incendie est une des missions des sapeurs-pompiers. Elle consiste à priver le feu d'un des trois éléments essentiels à son maintien et faisant partie du triangle du feu ; Selon l'origine du feu, on peut distinguer plusieurs agents de lutte contre le feu.

TABLE 4.1 – Les différents agents de lutte contre le feu

Agent extincteur	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	Feu d'origine électrique	Portée en mètres
Eau pulvérisée	<i>Très efficace</i>	Inefficace	Inefficace	DANGER	2 à 3 m
Eau pulvérisée + additif	<i>Très efficace</i>	Peu efficace	Inefficace	DANGER	2 à 3 m
Poudre BC	Inefficace	<i>Très efficace</i>	<i>Très efficace</i>	DÉGÂTS	3 à 4 m
Poudre polyvalente ABC	Peu efficace	<i>Très efficace</i>	<i>Très efficace</i>	DÉGÂTS	3 à 4 m
CO ₂	Inefficace	Efficace	Efficace	<i>Très efficace</i>	Environ 0.5 m
Halons	Inefficace	Efficace	Inefficace	<i>Très efficace</i>	Environ 0.5 m

4.4 Les explosions

La principale manifestation d'une explosion est l'augmentation brutale de pression qui provoque un effet de souffle et une onde de pression, accompagnée de flammes et de chaleur. De plus, les effets d'une explosion se combinent toujours avec un dégagement de chaleur important, et une zone de flammes peut envahir un volume dix fois supérieur à celui de l'espace d'atmosphère explosible initiale.

4.4.1 Les causes de l'explosion

Six conditions à réunir simultanément pour qu'une explosion ait lieu :

- ▷ Présence d'un comburant (en général l'oxygène de l'air) ;
- ▷ Présence d'un combustible ;
- ▷ Présence d'une source d'inflammation ;
- ▷ Etat particulier du combustible, qui doit être sous forme gazeuse, d'aérosol ou de poussières en suspension ;
- ▷ Obtention d'un domaine d'explosivité (domaine de concentration du combustible dans l'air à l'intérieur duquel les explosions sont possibles) ; Confinement suffisant.

La source d'inflammation dans le cas des explosions d'origine électrique se limite à l'étincelle et l'arc électrique.

4.4.2 La prévention contre les explosions

▷ Eviter la formation d'atmosphères explosives :

- Tests préliminaires pour déterminer les caractéristiques d'explosivité du combustible, et tout particulièrement pour les poussières ;
- Diminution de la teneur en oxygène (comburant) de l'air, au moyen de gaz inerte (azote par exemple) ;
- Refroidissement ;
- Contrôle des températures et des pressions ;

Identifier les sources d'inflammation ;

- Instauration de la procédure du permis de feu pour les travaux par points chauds ; (interdiction des flammes et feux nus, limitation de la température des surfaces chaudes) ;
- Interdiction de fumer dans les zones à risque ;
- Contrôle et/ou suppression des sources d'étincelles d'origines mécanique, électrique, et électrostatique.

▷ Limiter les effets des explosions :

- Éloignement ou séparation des installations ;
- Construction résistant à l'explosion ;
- Décharge de la pression d'explosion (mise en place d'évents) ;
- Dispositifs permettant d'arrêter le développement d'une explosion dans une enceinte (arrêt de l'explosion) ou une canalisation (découplage technique comme les arrêtes flammes, les vannes à fermeture rapide, les extincteurs déclenchés...) avant que la surpression ait atteint une valeur dangereuse pour l'installation.

▷ Adopter des mesures organisationnelles :

- Formation et sensibilisation de l'ensemble du personnel au risque \approx explosion \approx ;
- Établissement de procédures d'intervention ;
- Information des entreprises extérieures ;
- Nettoyage ;
- Balisage.

4.5 Le bruit et vibrations

Un bruit est composé d'un mélange complexe de sons aléatoires. Il peut être agréable ou désagréable. Le bruit ne se propage que dans un milieu solide, liquide ou gazeux. La vitesse de propagation dépend du milieu dans lequel il se propage. Dans l'air, elle est de 340 mètres par seconde.

4.5.1 Echelle des bruits en Decibels

Le bruit peut provoquer des troubles de la santé, des maladies, dont l'hypoacousie ou la surdité, mais aussi d'autres pathologies (stress, fatigue,...), ainsi que des accidents du travail. Il est reconnu comme source de maladie professionnelle. L'échelle de décibels représentée dans la figure 4.3 suivant donne un aperçu des différents niveaux sonores rencontrés dans la vie de tous les jours et sur chantier.

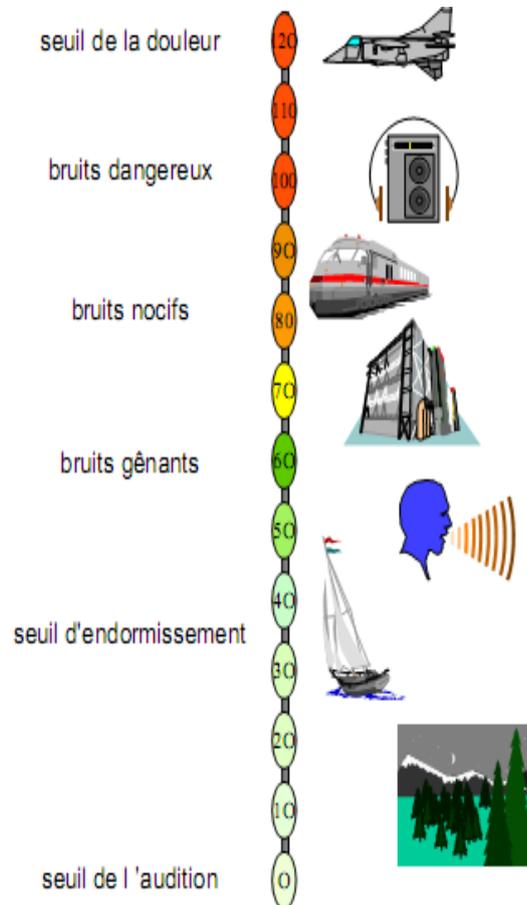


FIGURE 4.3 – Echelle des bruits en Decibels

4.5.2 Le bruit et ses effets sur la santé

A. Les effets directs du bruit sur l'audition

L'oreille ne peut pas supporter une exposition prolongée aux bruits intenses sans risquer des lésions irréversibles. Cette échelle montre, sur la figure 4.4, en fonction du niveau sonore la durée maximale pendant laquelle l'oreille peut être exposée sans dommages. Une exposition prolongée au bruit entraîne une fatigue auditive dans un premier temps, provoquant des bourdonnements ou des sifflements d'oreille, puis une détérioration, voire un arrachement des cellules ciliées. C'est le début de la surdité.

B. Les effets indirects du bruit sur l'audition

Même si le bruit n'est pas excessif, il peut néanmoins provoquer à long terme des troubles importants chez les individus :

- L'attention est réduite ;
- La vision est altérée ;
- Le cœur réagit aux bruits excessifs ;
- Les voies digestives sont perturbées ;
- Des troubles du sommeil apparaissent entraînant irritation et stress.

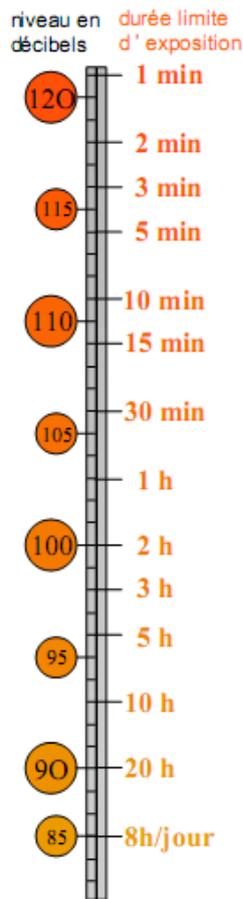


FIGURE 4.4 – Niveau sonore : la durée maximale pendant laquelle l'oreille peut être exposée sans dommages

Comment lutter contre le bruit ?

- Choisir des procédés et appareils peu ou moins bruyants par construction ;
- Bien fixer les appareils vibrants (resserrer vis, boulons, écrous et contrôler le bon état des amortisseurs) ;
- Utiliser des capots, écrans, caissons, cabines,... pour obtenir le niveau sonore le plus bas possible ;
- Utiliser, pour éviter la réverbération des bruits, des matériaux absorbants pour les sols,

murs et plafonds ;

○ Limiter le temps d'exposition ;

○ La protection individuelle : Un équipement de protection individuelle (casque antibruit ou bouchons d'oreilles) contre le bruit doit maintenir l'amplitude sonore en dessous des valeurs réglementaires. Certains permettent un affaiblissement global de 20 dB(A).

La figure 4.5 illustre certains modèles qui laissent passer la voix grâce à une membrane dite vocale.



FIGURE 4.5 – Protections auditives individuelles

4.5.3 Les effets des vibrations sur le corps humain

Une vibration est le mouvement périodique d'une masse autour de son point d'équilibre. Les vibrations sont caractérisées par :

- leurs fréquences mesurées en Hertz (Hz) : nombre de vibrations par seconde ;
- leurs amplitudes mesurées en m/s^2 , c'est-à-dire l'accélération ;
- leurs directions ;
- leurs sortes : harmonique ou sinusoïdale, périodique, stochastique (qui apparaît de manière arbitraire et imprévisible), de courte durée ou sous forme de chocs.

Les organes du corps humain ne réagissent pas de la même manière lors de l'exposition à des vibrations. Chaque partie du corps possède une fréquence de résonance propre. Lorsque la fréquence de la vibration transmise au corps est voisine de la fréquence de résonance de la partie du corps touchée, l'augmentation de l'amplitude peut être grande et nuire à la santé.

Voici les fréquences de résonance de quelques organes du corps humain :

- La tête (axiale) 25 Hz ;
- Globe oculaire - structure intraoculaire (30-80 Hz) ;
- L'épaule (4 – 5 Hz) ;
- Le bras (16 – 30 Hz) ;
- La cage thoracique (60 Hz) ;
- Le poignet de la main (50 - 200 Hz) ;
- la colonne vertébrale (10 - 12 Hz) ;
- La masse abdominale (4 – 8 Hz) ;
- La jambe (2 – 20 Hz).

En fonction de la fréquence, on peut enregistrer les effets suivants :

- ◇ Très basses fréquences (0 – 2 Hz) : effets psycho-physiologiques comme le mal de mer ;

- ◇ Basses fréquences (2 – 20 Hz) : effets néfastes pour la colonne vertébrale ;
- ◇ 20-40 Hz : affections ostéo-articulaires ;
- ◇ 40-300 Hz : troubles au niveau de la circulation sanguine ;
- ◇ Au-dessus de 300 Hz : troubles de la circulation dans les mains et les doigts.

4.5.4 Les risques liés à l'ensemble du corps

(liées à l'utilisation d'engins mobiles de 0,7 Hz à 100 Hz). Les vibrations de basses fréquences émises par ces engins sont à l'origine de compressions et d'étirements des disques intervertébraux et provoquent des traumatismes auxquels il faut ajouter les chocs successifs dus aux surfaces de sols inégales et autres contraintes posturales. On peut souffrir de :

- ▷ Douleurs lombaires et/ou de sciatiques ;
- ▷ Lésions au niveau des vertèbres cervicales et des épaules ;
- ▷ Désordres digestifs ;
- ▷ Fatigue ;
- ▷ Insomnies ;
- ▷ Augmentation de la fréquence cardiaque.

Chapitre 5

Mesures de secours et soins

5.1 Introduction

En présence d'un accident de personne, le témoin ou la première personne arrivant sur les lieux est le premier maillon de la chaîne des secours et des soins d'urgence. Le sauveteur doit se protéger, protéger la victime et les témoins. Il doit ensuite chercher à connaître l'état et le nombre de victimes et alerter les secours.

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.

5.2 Attitude à observer en cas d'accidents électriques

5.2.1 Protection

La protection du lieu de l'accident doit être la première action du sauveteur afin d'éviter un suraccident pour lui-même, la victime ou les témoins.

Avant de porter secours, se poser les questions suivantes :

Persiste-t-il un danger ? Peut-on le supprimer ? :

Si oui : réaliser la protection soi-même, la victime ou les témoins (exemple : couper ou faire couper le courant électrique) ;

Si non : ne pas s'approcher, empêcher les témoins d'accéder à la zone dangereuse (exemple : fuite de gaz...) ;

Alarmez les secours spécialisés et annoncer le danger.

Règle générale : ne jamais déplacer un blessé.

Exception : lorsque le danger ne peut-être supprimé.

5.2.2 L'alarme

C'est un témoin qui transmet généralement le message d'alarme aux secours appropriés, le sauveteur reste auprès de la victime.

Au retour du témoin, le sauveteur s'assure que le message a été bien transmis.

5.3 Premier soins

Une fois la situation analysée, on peut commencer à prodiguer les premiers soins.

TABLE 5.1 – les premiers soins à prodiguer

LES GESTES	ESSENTIELS DU SAUVEUR
Hémorragie	Compresser
Inconscience	Mettre sur le côté
Arret respiratoire	Souffler
Arret circulatoire	Masser et souffler
Malaise	Mettre au repos, surveiller et demander conseil
Brûlures	Arroser et refroidir
Plaies	Allonger, Protéger et désinfecter
Fracture	Immobiliser

1 - Saigne-t-elle ?

Constater l'absence ou la présence de saignements. Une perte de sang importante conduit à une détresse circulatoire et peut entraîner la mort.

- Arrêter le saignement ;
- Poursuivre l'examen.

2 - Parle-t-elle ?

- * Poser des questions simples :
 - que s'est-il passé ?
 - où avez-vous mal ?
- * Donner des ordres simples :
 - serrez-moi la main.
 - ouvrez les yeux.

3 - Basculer la tête.

- Desserrer le col, la cravate, la ceinture ;
- Basculer prudemment la tête en arrière une main sur le front, l'index et le majeur de l'autre main sous le menton en le tirant vers le haut. Cette libération des voies aériennes facilite le passage de l'air.

4 - Respire-t-elle ?

- Approcher la joue de la bouche et du nez de la victime, la tête tournée vers le ventre :
 - Percevoir l'air expiré ;
 - Écouter les bruits anormaux (ronflements, gargouillements...);

- Observer le soulèvement du ventre et de la poitrine.

5 - A-t-elle un pouls ?

- D'une main, maintenir le menton de la victime vers le haut ;
- De l'autre main, poser le bout des doigts sur la pomme d'Adam ;
- Ramener les doigts vers soi tout en restant au contact de la peau.

6 - Surveiller

Une fois constatée l'absence de signes de détresse vitale :

- Parler à la victime ;
- Compter les mouvements respiratoires (normalité chez l'adulte : 12 à 20 par minute) ;
- Compter le pouls carotidien (normalité chez l'adulte 50 à 80 battements par minute) ;
- Rechercher plaies, brûlures ou déformations.

5.4 Massage cardiaque

- ✓ Allonger la victime sur une surface dure ;
- ✓ Se mettre à genoux contre la victime, sur le côté ;
- ✓ Positionner les mains l'une sur l'autre, au milieu du thorax, entre les deux seins, les bras bien tendus ;
- ✓ Appuyer de tout son poids, bien au-dessus : ce ne sont pas les bras ni les mains qui appuient mais tout le corps ;
- ✓ Ce sont des pressions fortes : enfoncez vos mains de 3 à 4 cm dans la poitrine, et remontez bien les mains entre chaque pression pour faire circuler le sang ;
- ✓ Effectuer les pressions sur un rythme régulier, en comptant jusqu'à 30 ;
- ✓ En alternance, on peut effectuer deux insufflations, ou bouche-à-bouche, toutes les 30 pressions ;
- ✓ Reprendre ensuite le massage cardiaque : série de 30 pressions.

5.5 Soins aux brûlés

Si les vêtements prennent feu, les éteindre :

- à l'aide des douches de sécurité (laisser le blessé sous la douche jusqu'à son transport à l'hôpital) ;
- à l'aide d'une bêche d'extinction (boîte rouge à chaque étage), ou avec des linges.

Refroidir immédiatement les parties du corps qui ont été brûlées, avec de l'eau froide durant 15 à 20 minutes (ou avec des linges trempés dans de l'eau froide). Ensuite procéder de la manière suivante :

- La peau est seulement rouge : aucune mesure particulière n'est à prendre si ce n'est de replonger les parties atteintes dans de l'eau froide pour apaiser les douleurs ;
- Formation d'ampoules : ne pas utiliser de pommade. Laisser la peau à l'air libre. Ne pas percer les cloques. Consulter un médecin.

5.5.1 Brûlure par un acide, une base ou un autre liquide corrosif

- Enlever immédiatement les vêtements souillés par des substances corrosives en se protégeant ;
- Rincer abondamment les parties brûlées durant 10 minutes (strict minimum) sous la douche ;
- Si nécessaire, consulter un médecin sans délai ;
- Si nécessaire, dévêtir le blessé et le doucher durant 30 minutes ;
- L'utilisation des solutions de neutralisation préconisées par les anciennes listes de premiers secours est à proscrire.

5.5.2 Brûlure simple

Il s'agit d'une brûlure d'une étendue inférieure à la moitié de la paume de la main de la victime.

- Refroidir immédiatement la brûlure en l'arrosant à l'eau froide, durant au moins 10 minutes ;
- Protéger éventuellement par un pansement ;
- Surveiller en procédant comme pour une plaie simple.

5.5.3 Brûlure grave

Il s'agit d'une brûlure d'une étendue supérieure à la moitié de la paume de la main de la victime.

- Refroidir immédiatement la brûlure en arrosant à l'eau froide, pendant au moins 10 minutes ;
- Retirer les vêtements pendant l'arrosage à l'exception de ceux qui adhèrent à la peau ;
- Faire alarmer les secours ;
- Allonger la victime sur la région non brûlée, en position demi-assise si elle présente des difficultés respiratoires ;
- Surveiller la victime jusqu'à l'arrivée des secours.

Bibliographie

- [1] R. Choquet, "La sécurité électrique, technique de prévention " , Edition Dunod, ISBN 2-04-015636-4, 1984.
- [2] D. Longrois, O Reinbold, "La fibrillation ventriculaire, nouveaux défibrillateurs", Le Congrès Infirmiers. Infirmier(e)s anesthésistes diplômé(e)s d'état © 2013 Sfar
- [3] A. CHRISTIAN, S. DOMINIQUE."Prévention des accidents électriques - Présentation générale", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique. Référence D5101. 2012.
- [4] P. Gueugniaud, G. Vaudelin, M. Bertin-Maghit, P. Petit, "Accidents d'électrification", Conférences d'actualisation SFAR 1997.
- [5] R. AUBER et C. RÉMOND, "Installations électriques à basse tension. Protections", Technique de l'ingénieur, Traité Génie électrique, D 5 032 – D 5 033, 1993
- [6] D. Longrois, O Reinbold, "La fibrillation ventriculaire, nouveaux défibrillateurs", Le Congrès Infirmiers. Infirmier(e)s anesthésistes diplômé(e)s d'état © 2013 Sfar
- [7] R. CHOQUET, J. C. GILET, "Vade-mecum de la sécurité électrique. Techniques de prévention", Éditions RGS, Société alpine de publications, 354 p, 1991
- [8] P. Weyn, V. Tirmarche, "Le Risque Electrique", <https://www.cdg62.fr>.
- [9] M. AISSAOUI, "Comite électrotechnique et des télécommunications Algerien CETA, Expérience et Perspectives", Ministère de l'Industrie de la Petite et Moyenne Entreprise et de la Promotion de l'Investissement. Institut Algerien de Normalisation, 2011.
- [10] Commission universitaire pour la santé et la sécurité au travail romande (La CUSSTR), "Premiers soins", Version 1, 2005.
- [11] Document de l'institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents de travail et des maladies professionnelles, "Accidents d'origine électrique", édition INRS ED 325. Internet : www.inrs.fr.
- [12] N. ROUHA, "Polycopie de cours : La Sécurité Electrique", département de génie électrique, université de Béjaia.

- [13] A. Michel,W. Fabrice, "Prévention des risques professionnels", manuel pour les personnels des établissements d'enseignement supérieur,1998.
- [14] F. ELIE, "Sécurité électrique et réglementat", xpair.com,2004.
- [15] P. Vega, "Prévention des risques électriques", Association sectorielle – Fabrication d'équipement de transport et de machines,2014.
- [16] H. Aurengo, L. Bargues,D. Folliot, "Accidents d'électrisation : Conditions du traumatisme et physiopathologie des dommages",2014.