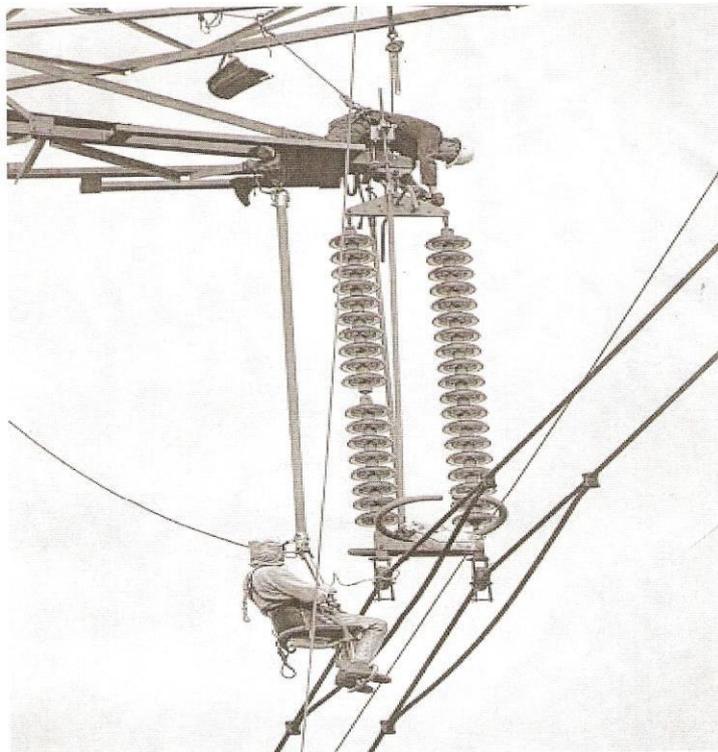


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Relizane
Institut de Sciences et Technologie
Département du Génie Electrique

COURS

La Sécurité Electrique



2ème année Licence (Génie électrique)

AVANT PROPOS

Ce travail a pour objectif d'informer le futur Master en Génie électrique sur le danger du courant électrique, la nature des accidents causées et leur ampleur tant dans le milieu professionnel que domestique, de l'éduquer à la sécurité électrique et de le former sur les procédures et les prescriptions de travail dans son domaine, dans le respect de la réglementation et des normes. Il y trouvera les connaissances suffisantes qui lui permettront de choisir et de dimensionner au mieux les dispositifs de protection du personnel intervenant dans l'industrie et dans d'autres domaines d'utilisation de ces équipements. Et pour compléter sa formation, les méthodes de secours des accidentés électriques y sont présentées, car le risque électrique en milieu de travail, s'il est mieux maîtrisé, reste toujours présent.

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre II : Règlementation Normes et Habilitation	9
II.1 Définitions et but de la sécurité électrique	9
II.2 Prévention et Education	10
II.2.1 Prévention des risques.....	10
II.2.2 Education à la sécurité	10
II.3 Règlementation – Textes officiels.....	11
II.4 Normalisation.....	11
II.5 Aspect juridique	13
II.6 Habilitation.....	13
II.6.1 Définition	13
II.6.2 Condition d'habilitation électrique.....	13
II.6.3 Est habilité	14
II.6.4 Révision de l'habilitation.....	14
II.6.5 Niveaux de l'habilitation	14
II.6.6 Titres de l'habilitation.....	14
II.6.7 Nature des opérations	15
II.6.8 Titre d'habilitation.....	15
Chapitre III : Danger du courant électrique	17
III.1 Pourquoi le courant électrique est dangereux ?.....	17
III.2 Seuils de danger du courant électrique.....	17
III.3 Effet de l'action du courant électrique sur l'homme.....	20
III.3.1 Effets immédiats.....	20
III.3.1.1 Effets excito-moteur.....	20
III.3.1.1.1 Secousse électrique	20
III.3.1.1.2 Contraction musculaire.....	20
III.3.1.1.3 Tétanisation des muscles respiratoire	21
III.3.1.1.4 Fibrillation ventriculaire	21
III.3.1.2 Inhibition des centres nerveux	22
III.3.1.3 Effets thermique.....	22
III.3.1.3.1 Brulures électrothermiques	22
III.3.1.3.2 Brulures par arc.....	22
III.3.2 Effets secondaires.....	22
III.3.2.1 Complications cardio-vasculaires	22
III.3.2.2 Complications neurologiques.....	23
III.3.2.3 Complications rénales.....	24
III.3.2.4 Séquelles sensorielles	24
III.3.2.5 Séquelles cutanées, Tendineuses et muqueuses	24
Chapitre IV : Facteurs influents sur les effets du courant électrique	25
IV.1 Facteurs influents sur les effets du courant électrique	25
IV.1.1 Intensité du courant.....	26
IV.1.2 Résistance du corps humain.....	29
IV.1.3 Tension du courant.....	30
IV.1.6 Trajet du courant dans l'organisme	31
IV.2 Domaines de tension	32
IV.2.1 Classement des installations en fonction de la tension.....	32
IV.2.2 Très Basse Tension (TBT).....	32
Chapitre V : Les contacts électriques et protections.....	34
V.1 Conducteurs en triphasé.....	34

V.2	Contacts électriques	34
V.2.1	Contact direct.....	34
V.2.2	Contact indirect	34
	34	
V.2.3	Electrisation sans contact.....	34
V.2.4	Protection contre le contact direct.....	35
V.2.5	Protection contre le contact indirect.....	35
V.3	Classes d'isolation des appareils électriques.....	36
V.3.1	Appareils de Classe 0	36
V.3.2	Appareils de Classe I.....	37
V.3.3	Appareils de Classe II.....	37
V.3.4	Appareils de Classe III	37
V.4	Indices de Protection.....	38
	Chapitre VI : Les procédures de travail électrique	41
VI.1	Introduction	41
VI.2	Organisation du travail	41
VI.3	Procédures de travail électrique	41
VI.3.1	Travaux hors tension.....	42
VI.3.2	Travaux sous tension	45
VI.3.2.1	Méthodes de travail	45
VI.3.2.1.a	Travail à distance	48
VI.3.2.1.b	Travail au contact.....	48
VI.3.2.1.c	Travail au potentiel.....	48
VI.3.2.1.d	Travaux au voisinage.....	49
	Chapitre VII : Le matériel de protection	51
VII.1	Equipements de Protection Individuelle(EPI).....	51
VII.1.1	Protection des mains	51
VII.1.2	Protection des yeux	52
VII.1.3	Protection de la tête	52
VII.1.4	Protection du tronc ou des membres.....	53
VII.1.5	Protection des pieds	53
VII.2	Equipements Individuels de Sécurité (EIS).....	54
VII.2.1	Emploi d'outils isolés ou isolants.....	54
VII.3	Protections collectives.....	55
VII.3.1	Equipements Collectifs de Sécurités (ECS).....	55
	Chapitre VIII : Distances de sécurité	61
VIII.1	Introduction.....	61
VIII.2	Locaux Réservés aux Electriciens (LRE).....	61
VIII.3	Zone d'environnement.....	61
VIII.4	Prescriptions générales	62
VIII.5	La Distance minimale d'approche (DMA)	62
VIII.6	Distances limites de voisinage.....	63
VIII.7	Zone de travail.....	63
VIII.8	Travaux près des lignes électriques.....	64
VIII.9	Distances à respecter autour d'une ligne de transport et de distribution.....	64
VIII.9.1	Distance minimale HORIZONTALE par rapport aux fils haute tension.....	65
VIII.9.2	Distance minimale HORIZONTALE par rapport aux fils moyenne tension	65
VIII.9.3	Distance minimale HORIZONTALE par rapport aux fils basse tension.....	67

Chapitre IX : Les effets indirects du courant électrique	70
IX.1 Effets du champ électromagnétique et ondes hertziennes.....	70
IX.1.1 Effet sur le matériel.....	70
IX.1.2 Effet sur les personnes.....	70
IX.1.3 protection et prévention contre le champ électromagnétique	72
IX.2 Effets des bruits et vibrations.....	73
IX.2.1 Effets du bruit.....	73
IX.2.1.1 Le niveau de bruit.....	73
IX.2.1.2 Mesures de prévention contre le bruit.....	74
IX.2.2 Effets des Vibrations sur le corps humain.....	76
IX.2.2.1 Risques liés au système mains-bras.....	77
IX.2.2.2 Risques liés à l'ensemble du corps.....	78
IX.2.2.3 Mesures de prévention contre les vibrations.....	79
IX.3 Effets des incendies et des explosions d'origines électriques.....	80
IX.3.1 Explosions	80
IX.3.1.1 Causes de l'explosion	
80 IX.3.1.2 Prévention contre les explosions	
.....80 IX.3.2 Incendies d'origine électrique	
.....81 IX.3.2.1 Principales causes d'incendies d'origine électrique	
.....82 IX.3.2.2 Prévention Usage des systèmes de sécurités	
.....82 IX.3.2.3 Agents de lutte contre le feu	
.....83	
IX.3.2.4 Conduite à tenir face à un incendie d'origine électrique.....	83
Chapitre X : Secourisme de base	84
X.1 Introduction	84
X.2 Quoi faire suite à une électrisation?.....	84
X.2.1 Protéger	
84	
X.2.2 Alerter.....	85
X.3 Secourir.....	85
X.3.1 Apprécier l'état de conscience	
86 X.3.2 Apprécier la fonction ventilatoire	
.....86 X.3.3 Apprécier la fonction circulatoire	
.....87	
X.3.4 Rechercher une éventuelle lésion.....	87
X.3.5 Que doit faire le secouriste après le bilan ?	87
X.4 Surveillance.....	89
X.6 Exemple d'intervention de secourisme de base face à un accident électrique domestique.....	
90	

Introduction

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

Certes, la découverte de l'énergie électrique a été parmi les principales causes de la révolution industrielle dans le monde, mais bien que bénéfique pour l'homme, qui a généralisé son emploi dans tous les domaines (depuis le foyer domestique jusqu'à la grande industrie, en passant par l'artisanat, de l'agriculture et le tertiaire) elle reste un risque potentiel d'accidents électriques qui se trouve alors partout présent.

Les dangers du courant électrique résident dans son caractère très particulier ; c'est un fluide invisible, incolore, inodore et insonore. Ses dangers sont dus à l'utilisation mal contrôlée et le non respect des prescriptions et textes réglementaires. Ils proviennent de situations dangereuses, telle une défaillance de l'équipement ou de mises en contact accidentelles de parties du corps avec des conducteurs sous tension. Ces contacts peuvent provoquer des commotions électriques qui peuvent être la cause de graves accidents pour les personnes engendrant des électrisations qui sont des réactions du corps dues à un contact accidentel avec l'électricité, des brûlures de contact et internes, des brûlures thermiques par arc électrique ou projection de métal en fusion, des électrocutions qui sont des électrisations qui débouchent sur une issue fatale, ou encore des explosions.

Présent et invisible, le courant a en revanche le mérite d'être bien connu, facile à maîtriser, ce qui, tout compte fait, le rend presque familier. La prévention n'en demeure pas moins indispensable, notamment dans certains secteurs d'activité, plus particulièrement exposés aux risques, tels le bâtiment les travaux publics, l'industrie, l'exploitation, les travaux sur réseau et installations électriques. Cette prévention commence par les améliorations techniques apportées au matériel et aux installations en vue d'élever le niveau de sécurité.

Dans ce cours, nous verrons dans la première partie, l'importance des normes, des textes, de la réglementation et des manuels du domaine électrique. Nous aborderons ensuite, les différentes facettes du danger électrique et les techniques de protection les plus courantes dans l'industrie, à commencer par définir les exigences de sécurité en matière d'électricité au travail, qui s'entend par un personnel habilité ayant des compétences et des connaissances adéquates dans ce domaine, une installation électrique saine conforme aux exigences de sécurité, l'établissement d'une aire de travail sécuritaire pour les travailleurs exposés à des risques, le respect des procédures de travail hors tension, sous tension et au voisinage, accompagné de matériel et d'équipement individuel et collectif appropriés.

Pour assurer une meilleure condition de sécurité, nous ferons, par la suite, le point sur le bon choix et le dimensionnement des protections électriques des personnes et des biens, complétés par la détermination des distances de sécurité.

Nous abordons également, les effets indirects du courant électrique, du point de vue, que se soit, création du champ électromagnétique, du bruit et des vibrations, ou provocation des incendies et des explosions.

Comme par ailleurs, le processus de l'accident électrique est bien connu et qu'il tient à très peu de chose qu'un accident bénin ne devienne mortel. La pratique de la réanimation fait partie de la prévention et complète les mesures techniques. L'entraînement du personnel à cette pratique est donc essentiel, ce que nous présentons en dernière partie de cet ouvrage.

Nous retiendrons, à la fin, que le danger est bien présent partout, et il faut faire attention dès que l'on côtoie le domaine du monde électrique

Chapitre II : Règlementation Normes et Habilitation

II.1 Définitions et but de la sécurité électrique

L'emploi général de l'énergie électrique dans tous les domaines, fait que le risque d'accidents électriques se trouve partout présent ; ceci implique évidemment des risques sérieux pour la vie des personnes et l'intégrité des biens en cas de défaillance du système.

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 :

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

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

c- 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.

- **L'action correctrice** se détermine suivant le taux de risque encouru, ou une fois l'accident survenu. Elle correspond à la mise en œuvre d'une procédure de réparation et de reprise affectant soit la structure, soit la commande du système.
- **L'action éliminatrice** se caractérise, quant à elle, par la suppression de l'élément dangereux, ce qui dans certains cas met un terme à la mission.
- **L'action compensatrice** doit être mise en œuvre afin de permettre la poursuite de la mission accompagnée d'un éventuel fonctionnement dégradé ; les techniques de compensation utilisées font généralement référence aux fautes.

Il convient de rappeler d'abord la terminologie propre aux accidents d'origine électrique et la chronologie des événements qui conduiraient à l'occurrence d'un accident.

➤ **Défaillance critique** : événement de type défaillance (panne ou erreur) se produisant au cours d'une situation à risques et constituant la condition sine qua non à l'occurrence de l'accident.

➤ **Danger** : c'est une situation caractéristique propre à certains éléments du système, qui menace ou compromet la sûreté. Le danger né à la suite de l'existence de la défaillance critique. Il est alors considéré comme la cause d'une atteinte possible à l'existence d'un bien ou d'une personne, vis-à-vis du système ; C'est un processus non désiré car il est défini comme un facteur potentiel d'accident, parfois mesurable (niveau de température, vitesse excessive, intensité de courant..).

➤ **Risque** : le risque se présente comme le fait de s'exposer au danger ; il peut émaner de l'utilisation d'un système. La situation à risque est parfois mesurée en temps d'exposition au danger encouru. Lorsque les critères d'acceptabilité des risques ne sont plus satisfaisants, des actions correctrices dites de sécurité sont nécessaires ; ces méthodes concourent à l'élimination ou à la maîtrise des risques identifiés.

Le risque s'évalue par la combinaison de la probabilité de l'occurrence d'une menace et du taux de gravité associé.

➤ **Accident** : événement imprévu, soudain et très souvent irréversible qui entraîne des dégâts corporels et matériels et qui résulte de l'occurrence d'une défaillance lors de situations à risques émanant de l'exploitation d'une source de danger. La majorité des causes de l'accident sont les erreurs humaines et les pannes du système.

➤ **Dégât** : dimension de base de la sécurité, qui peut être quantifiée par une amplitude mesurée en valeur monétaire et en vies humaines.

➤ **L'électrisation** : désigne tout accident électrique, mortel ou non. Elle peut se traduire par une simple commotion, qui peut ne pas avoir de suite, ou, à l'opposé, par un état de fibrillation ventriculaire, entraînant la mort.

➤ **L'électrocution** : est un accident mortel, dû à l'électricité.

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

II.2 Prévention et Education

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

II.2.1 La prévention des risques

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

- un personnel qualifié et habilité afin de répondre à un comportement conforme aux situations susceptibles de se produire,
- un équipement et matériel conformes
- une analyse préalable de tous les risques susceptibles de se produire menée, et accompagnée de mesures de prévention, assurant une protection rendant le risque impossible ou non dangereux.
- une organisation du travail qu'il convient de définir clairement, et de lui faire une étude précise (risque, matériel, environnement...),

II.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)

• Eduquer à la sécurité c'est :

- ✓ construire mentalement des représentations avant toute intervention sur un montage, afin d'en prévoir les conséquences. Ces représentations résultent de lois et de modèles physiques.
- ✓ entraîner à la vigilance ou lutter contre la "viscosité mentale".
- ✓ responsabiliser pour atteindre l'autonomie.
- ✓ critiquer un comportement ou une méthode afin de les améliorer au plan de la sécurité.

• Eduquer à la sécurité ce n'est pas :

- ✗ interdire sans expliquer.
- ✗ autoriser sans expliquer.

- ✗ surprotéger ou déresponsabiliser
- ✗ banaliser les gestes habituels.
- ✗ proposer "l'échec" comme moyen d'éducation car en matière de sécurité celui-ci n'est pas acceptable à priori.
- ✗ surprotéger et déresponsabiliser.

II.3 La 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.

Les textes réglementaires relatifs au domaine électrique sont publiés au journal officiel. Nous nous contenterons ici de commenter brièvement le décret 88 1056 du 14 Novembre 1988 extrait des textes de la réglementation française. C'est le décret qui traite de la protection des travailleurs dans les établissements assujettis au code du travail livre 2 titre 3 qui mettent en œuvre des courants électriques. Il s'applique également aux entreprises étrangères à l'établissement et auxquelles celui-ci confie soit des travaux sur ses propres installations électriques, soit des travaux de quelque nature que ce soit au voisinage d'installations électriques. Il est le plus détaillé en la matière puisqu'il comprend 62 articles répartis en 7 sections.

La section I contient des mesures générales et administratives.

La section II traite des obligations à suivre pour l'exécution, la surveillance, l'entretien et la vérification des installations électrique.

Les sections III, IV et V qui sont les parties maîtresse du décret traitent de la prévention des risques d'électrocution et des risques de brûlures, incendie et explosions d'origine électrique.

La section VI, comporte les obligations contribuant à éviter l'apparition du risque, en complément à la section II, et traite de l'utilisation, l'exécution, la surveillance, l'entretien et la vérification des installations.

Quant à la section VII, elle vient compléter la section I qui contient des mesures plus générales ou administratives.

II.4 La Normalisation

Il existe plusieurs niveaux de normalisation pour l'électricité (international, continental ou national) représentés par des organismes agréés qui élaborent divers types de documents, en particulier des *NORMES*. Les publications émises sont des recommandations ayant pour but une harmonisation internationale des normes en vigueur dans les différents pays concernés.

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 ...).

Aux côtés desquels on peut trouver :

- Le **CEF** qui est le Comité Electrotechnique Français.
- La **CEE** qui est la Commission internationale de réglementation en vu de l'approbation d'équipement électrique.
- Le **CECC** qui est le Comité spécialisé pour les composants électriques.

Les normes élaborées par ces organismes sont classées en quatre catégories :

- **La norme homologuée** : elle doit être appliquée aux marchés passés par l'état, les établissements et services publics. Elle fait l'objet d'un arrêté du ministre de l'industrie publié au journal officiel.
- **La norme enregistrée** : elle a une valeur technique établie mais non homologuée.
- **La norme expérimentale** : elle est mise à l'épreuve avant de la transformer en norme enregistrée ou homologuée.
- **Les Fascicules de documentation** : ils comprennent les guides pratiques et les prescriptions, et ne sont soumis à aucune procédure officielle.

Les **NORMES** de l'électricité qui entrent dans **la classe C**, sont des recueils de règles, de prescriptions et de méthodes destinées aux constructeurs de matériel électrique, aux professionnels électriciens, ou non-électriciens exposés aux risques électriques.

La norme française marquée « **NFC...** » ou « **Utec...** », se divise en deux grandes familles de normes 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 norme française maitresse de l'UTE est l'UTE C 15-100** qui englobe les normes de réalisation et de conception des installations électriques, et qui fait appel à d'autres normes, entre autres, les normes suivantes :

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

Les marque « **NFC...** », « **Utec...** », « **CEI...** », ou « **EN** » de conformité gravée sur les appareils, certifie que le matériel a fait l'objet d'essais dans un laboratoire agréé et est conforme aux normes de sécurité.

II.5 L'Aspect juridique

Dans le domaine professionnel ; industriel et tertiaire (en particulier de recherche et d'éducation), l'employeur, l'employé, l'équipe pédagogique et élève ont des obligations à respecter en vu d'assurer leur sécurité et celle des personnes qui sont sous leur responsabilité. Il est également nécessaire d'être bien assuré contre les risques professionnels.

En cas d'accident, une enquête policière est ouverte par le juge d'instruction, si la justice est saisie par la partie qui a subi le préjudice, et le ministère public essaiera d'établir les divers degrés de responsabilité de chaque partie.

L'action judiciaire présente deux aspects :

A - L'action PENALE : qui définit la punition consécutive à la faute commise, allant de l'amende, à une peine d'emprisonnement prévu par le Code Pénal.

La victime ou ses représentants (avocats) engage une action publique par le dépôt d'une plainte auprès du ministère public, représenté par le procureur de la république, qui œuvrera pour prouver l'existence d'une faute par la réunion des quatre éléments suivant.

- **l'élément légal** : les agissements incriminés sont prévus par le Code Pénal (Ex : homicide involontaire ; Art 221-6)

- **l'élément matériel** : Il s'agit de la nature des agissements incriminés (Ex : négligence, manquement à une obligation de sécurité imposée par les règlements tels que le non respects des Normes, IPS, ...)

- **l'élément intentionnel ou moral** : les agissements incriminés sont-ils imputables à la personne poursuivie ?

- **l'élément injuste** : les agissements incriminés ne se justifiaient pas dans le cadre normal de l'exercice de son activité.

B - L'action CIVILE : C'est l'évaluation du préjudice matériel consécutif à la faute, elle définit les dommages et intérêts que versera l'accusé à sa victime.

Il faudra pour cela prouver :

- qu'il y a eu faute
- qu'il y a eu préjudice
- qu'il existe une relation de cause à effet entre la faute et le préjudice

II.6 L'Habilitation

II.6.1 Définition : (UTE C18.510 Art.3.2.1)

C'est la reconnaissance par son employeur de la capacité d'une personne à effectuer en sécurité les tâches fixées pendant une durée définie et présentant des risques professionnels pour lui même et son environnement.

II.6.2 Condition d'habilitation électrique

Avoir :

- Une qualification technique et la connaissance des règles de l'art ;
- Une aptitude médicale ;
- Suivi une formation théorique et pratique relative à la sécurité électrique ;
- Une attestation de formation ;
- Eventuellement, suivi un stage complémentaire ;
- La délivrance du titre d'habilitation ;
- Un renouvellement de l'habilitation à chaque changement du champ d'application ou de modifications importantes des ouvrages électriques de l'entreprise.

L'habilitation est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par l'employeur et par l'habilité.

II.6.3 Est habilité

Toute personne qui accède sans surveillance à des locaux réservés aux électriciens pour :

- y faire des travaux non électriques.
- exécuter des travaux d'ordre électrique
- diriger des travaux d'ordre électrique
- procéder à des consignations
- effectuer des essais, des mesures de grandeurs électriques

II.6.4 La révision de l'habilitation

L'habilitation est révisable en cas de :

- mutation avec changement de dépendance hiérarchique
- changement de fonction
- restriction médicale
- constat de non respect des règles de sécurité
- évolution des ouvrages et techniques de travail

II.6.5 Les niveaux de l'habilitation

Pour tenir compte des divers paramètres entrant dans les critères d'habilitation, le titre d'habilitation est désigné par une succession de lettres et de numéro, relatifs au domaine de tension, au niveau des opérations, et à la nature des opérations tels que :

- **Le Domaine de tension** est désigné par une lettre :
B pour la basse tension (BT) et très basse tension (TBT) ;
H pour la haute tension (HT).
- **Le Niveau des opérations**, la première lettre (relative au domaine de tension) est généralement suivie d'un indice numérique qui précise le rôle des opérateurs tel que :
0 pour le non électricien ;
1 pour l'exécutant électricien ;
2 pour le chargé de travaux d'ordre électriques.
- **La Nature des opérations**, une lettre désigne la nature des opérations. Elle peut suivre directement la première lettre (relative au domaine de tension) ou, par abus, on peut la placer en troisième position derrière l'indice numérique (précisant le rôle des opérateurs), tel que :
C pour la consignation ;
T pour les travaux sous tension ;
N pour le nettoyage sous tension ;
R pour les interventions, dépannage ;
V pour le voisinage.

II.6.6 Les Titres de l'habilitation

Le titre d'habilitation est une combinaison du niveau de tension et du niveau des opérations. Soit, selon le domaine de tension BT ou HT:

Le non électricien est habilité **B 0** ou **H 0**

- Il peut accéder sans surveillance à un local réservé aux électriciens.
- Il effectue ou dirige des travaux non électriques dans l'environnement de pièces nues sous tensions.
- Il est responsable de sa propre sécurité ainsi que de celle de ceux qui travaillent sous sa responsabilité.

Ex : peinture, maçonnerie, relevés de plans ...

L'exécutant électricien est habilité **B 1** ou **H 1**

- Il exécute sur ordre des travaux d'ordre électrique.
- Il est responsable de sa propre sécurité.

Ex : mise en place de nouvelles armoires, câblage, réalisation de jeux de barres ...

Le chargé de travaux est habilité **B 2** ou **H 2**

- Il dirige les travaux.
- Il assure sa sécurité et celle du personnel placé sous ses ordres.
- Il surveille en permanence son personnel.
- Si nécessaire, il désigne un surveillant de sécurité

II.6.7 La Nature des opérations

Selon le domaine de tension BT ou HT, l'exécutant électricien, respectivement, le chargé des travaux d'ordre électrique peut être habilité :

Travaux sous tension T : est habilité **B1T** ou **H1T**, resp. **B2T** ou **H2T**

- Il exécute ou dirige des travaux sur des ouvrages électriques sous tension.
- Il a suivi une formation dans un centre agréé par le comité de travaux sous tension.
- Il a été jugé apte médicalement.
- Son habilitation est valable 1 an.

Nettoyage sous tension N : est habilité **B1N** ou **H1N**, resp. **B2N** ou **H2N**

- Il exécute ou dirige des travaux de nettoyage sur des ouvrages sous tension.
- Il a suivi une formation spécialisée.
- Il a satisfait à un examen médical.
- Son habilitation est valable 1 an.

Le Chargé d'intervention ou de dépannage R, en BTA seulement ! Il est habilité **BR**,

- Il réalise des interventions de dépannage type recherche de défaut, réparation, et essais.
- Il réalise des interventions de connexions avec présence de tension.

Le Chargé de consignation est habilité **B1C** ou **H1C**, resp. **B2C** ou **H2C**

- Il exécute ou dirige les manœuvres de consignation.
- Il est responsable de la séparation de l'ouvrage d'avec ses sources de liaison et de la condamnation des organes de séparation.
- Il établit l'attestation de consignation.

Travaux au voisinage V est habilité **B1V** ou **H1V**, resp. **B2V** ou **H2V**

- Il exécute ou dirige des travaux d'ordre non électrique (0) ou électrique (1 ou 2) au voisinage de pièces nues sous tension.
- Il doit respecter les distances limites de voisinage.
- En régime de basse tension (<1000V) la distance limite de voisinage (DLV) est de 30 cm.

II.6.8 Le Titre d'habilitation

C'est un document écrit qui atteste la délivrance de l'habilitation et qui doit comporter :

- les renseignements d'identité de l'employeur et sa **signature**,
- les renseignements d'identité du titulaire et sa **signature**,
- l'indication de la **date de délivrance** de l'habilitation,

- la **durée de validité** de l'habilitation,
- les symboles de l'habilitation (lettres et chiffres),
- des précisions sur le champ d'application réparti en domaines d'applications, ouvrages concernés et indications supplémentaires.

Nom : Kazri Prénom : Bahi Fonction : Chef d'équipe		Employeur : Entreprise Gaz et Electricité Affectation : Direction régionale de Béjaia		
Personnel	Symbole D'habilitation	Champ d'application		
		Domaine de tension	Ouvrage concerné	Indications supplémentaires
Non électricien habilité				
Exécutant				
Chargé de travaux ou d'interventions	B2 BR	BTA BTA	Toutes installations industrielles de la direction régionale du centre commercial de Béjaia	Sauf tableau général du centre commercial
Chargé de consignation	BC	BTA	Centre commercial de Béjaia Zone machines frigorifiques	
Habilités spéciaux				
Le titulaire Signature	Pour l'employeur Nom et Prénom : Oukal Sedik Fonction : Chef de division Signature		Date : 01 Janvier 2016 Validité : Fin Décembre 2016	

Figure II.1 : Exemple de titre d'habilitation

Chapitre III : Danger du courant électrique

III.1 Pourquoi le courant électrique est dangereux ?

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

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

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

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

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

III.2 Les seuils de danger du courant électrique

Le courant agit sur le corps de trois façons différentes :

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

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

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

~1 mA

- Excitation des terminaisons nerveuses sensibles
- Sensation de picotement ou de choc léger

>3 mA

- Sensation de douleur

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

- ~10 mA
 - Contraction des muscles traversés par le courant
 - Impossible de lâcher prise (fléchisseurs des avant-bras)
 - Projection (extenseurs)
- ~25 mA
 - Tétanisation des muscles respiratoires
 - Plus de 3 minutes = asphyxie ventilatoire
- **Le seuil de fibrillation ventriculaire** se produit à partir de 75 mA
 - ~75 mA
 - Fibrillation ventriculaire
 - Mène à l'électrocution à moins d'une défibrillation (et être maintenu en vie jusqu'à ce moment-là)
- **Le Seuil de brûlure** commence à 100 mA
 - ~100 mA (danger)
 - Effet Joule: $E_{\text{thermique}} = RI^2t$
 - Destruction de la peau
 - Destruction des tissus en profondeur: muscles, nerfs, vaisseaux sanguins et viscères
 - Amputation
 - Déchets de combustion peuvent entraîner une insuffisance rénale mortelle
- **Le seuil de l'arrêt cardiaque** se situe au alentour de 1 A.
 - ~1 A (danger)
 - Arrêt du cœur
- **Le seuil de l'inhibition des centres nerveux** se situe à 2 A.
 - ~2 A (danger)
 - Inhibition des centres nerveux

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

- des brûlures par projection de matière en fusion
- un rayonnement ultraviolet intense
- un dégagement de gaz toxique
- un incendie, une explosion

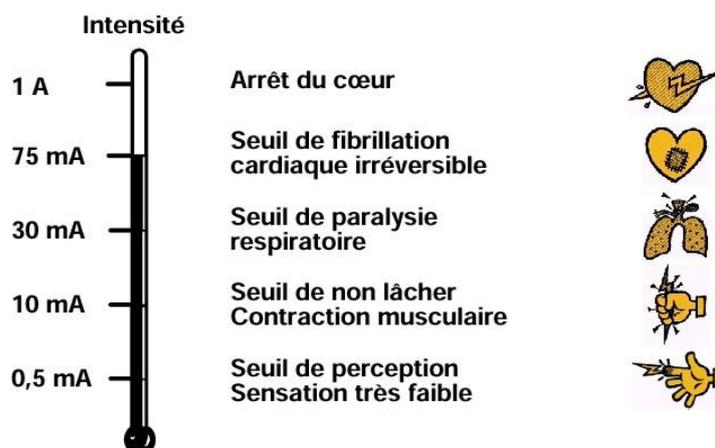


Figure III.1 : Seuils de danger du courant électrique alternatif

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

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

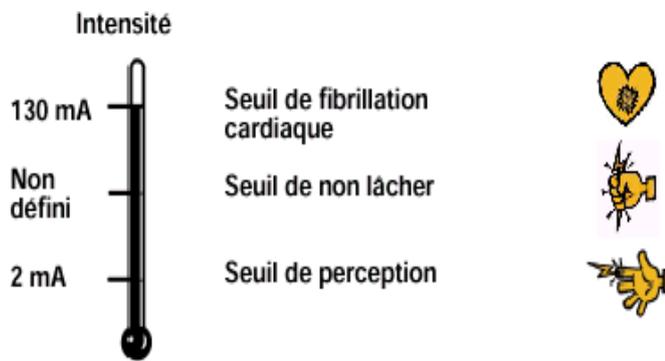


Figure III.2 : Seuils de danger du courant électrique continu

L'organigramme de la figure III.3 résume ces situations.

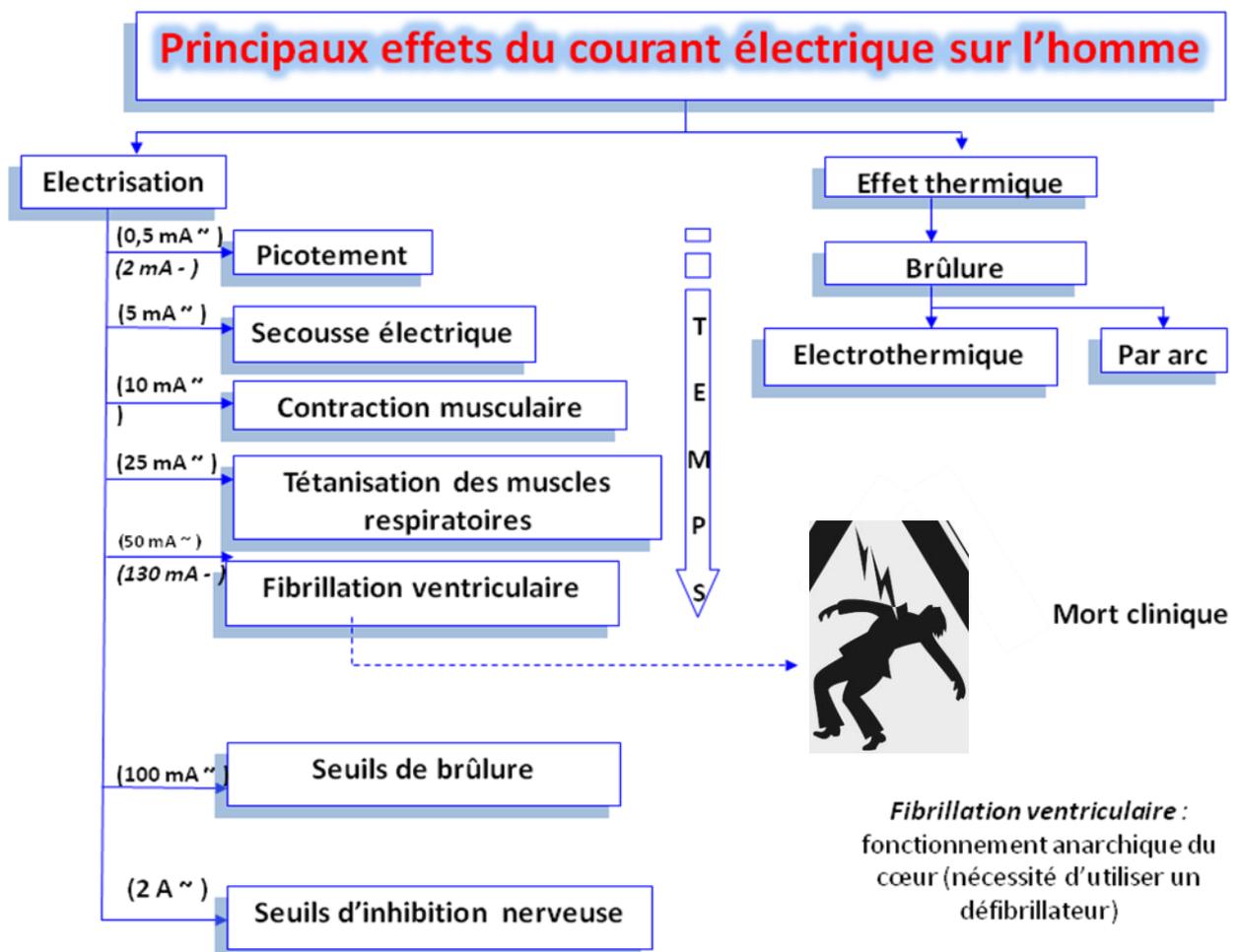


Figure III.3 : Principaux effets du courant électrique sur l'homme

III.3 Effet de l'action du courant électrique sur l'homme

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

III.3.1 Effets immédiats

III.3.1.1 Effets excito-moteur

Ils ne proviennent qu'à la faveur d'une variation de courant, provoquant l'excitation des muscles et des nerfs (figure III.3)

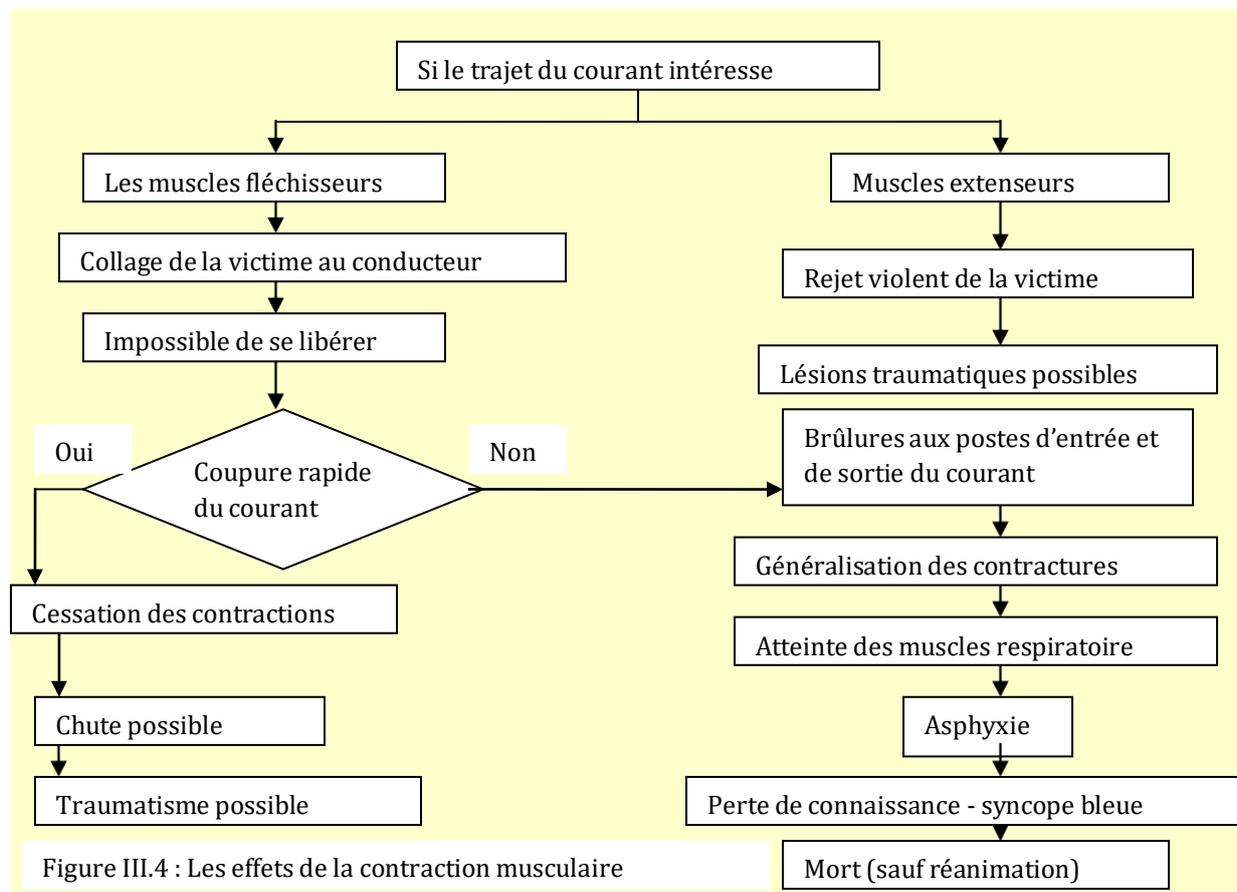
III.3.1.1.1 Secousse électrique : Résultat de la contraction du muscle provoquée par une excitation unique et brève, produite suite à l'application d'un courant (continu ou alternatif 50Hz) à un muscle. Ceci peut entraîner des dangers secondaires tels que le réflexe de lâcher un outil, de saisir une chose qui peut représenter un danger pour la victime.

III.3.1.1.2 Contraction musculaire : Si l'on interrompt rythmiquement le passage du courant continu dans un muscle, on observe une série de secousses successives qui se rapprochent quand la fréquence des interruptions s'élève.

Lorsque le muscle n'a plus le temps de se décontracter (par exemple avec du courant de 50 Hz), c'est le phénomène de contracture.

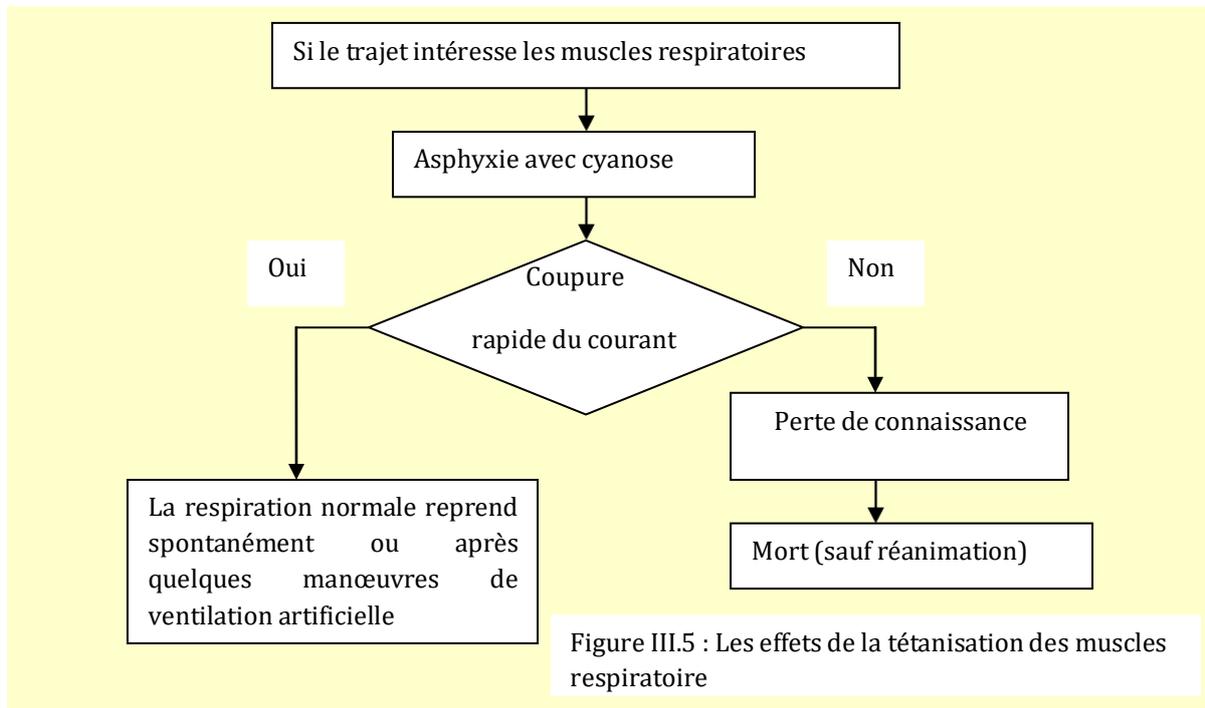
Selon que le trajet du courant intéresse les muscles Fléchisseurs (Avant- bras) ou extenseurs (Bras), nous aurons des conséquences différentes.

L'organigramme de la figure III.4 Schématise les effets de la contraction musculaire.



III.3.1.1.3 Tétanisation des muscles respiratoire : La tétanisation ne peut s'observer que lorsque le trajet du courant intéresse les muscles respiratoire (intercostaux, pectoraux et diaphragme).

L'organigramme de la figure III.5 schématise les effets de la tétanisation des muscles respiratoire.

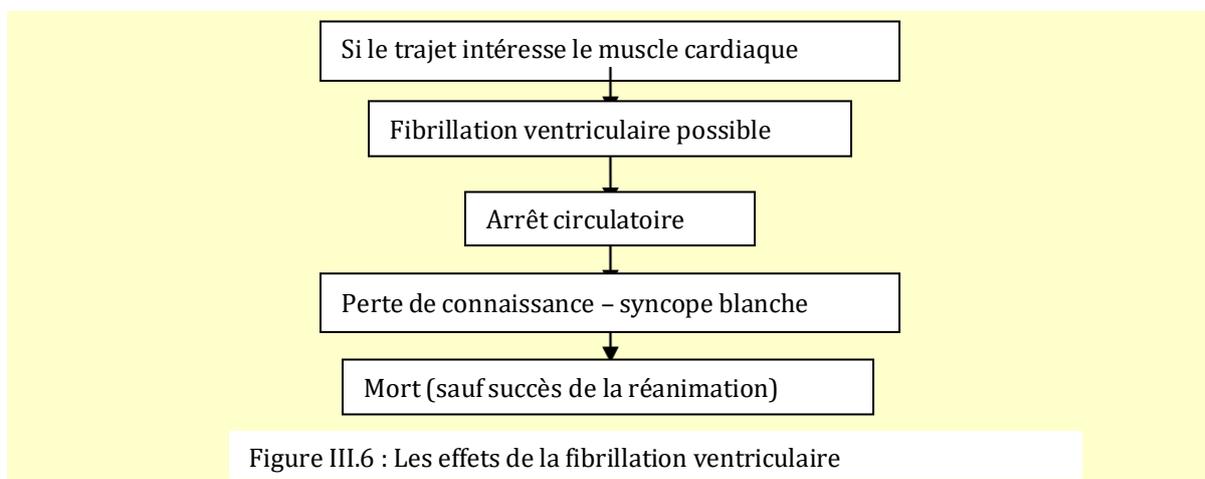


Cyanose : (coloration bleu de la peau due à une oxygénation insuffisante du sang (anoxémie)

III.3.1.1.4 Fibrillation ventriculaire : Peut s'observer lorsque le trajet du courant passe par le muscle cardiaque. C'est une désorganisation du parfait synchronise de contractions des fibres musculaires (myocarde) qui assure le fonctionnement du cœur.

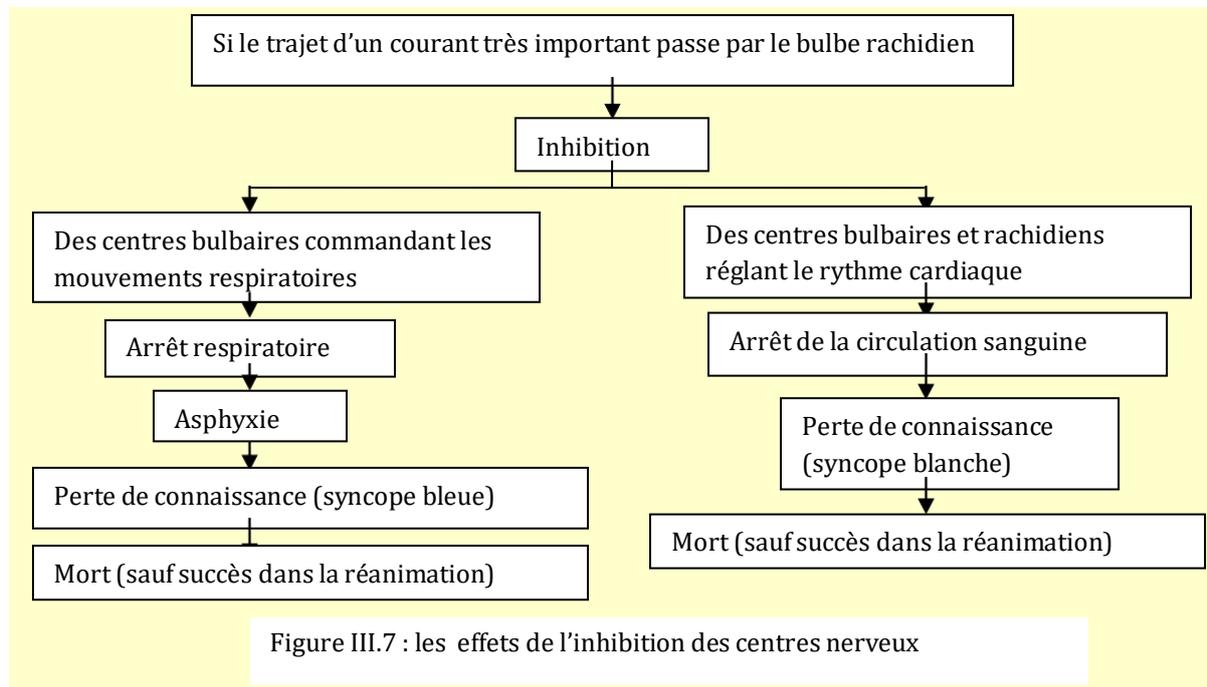
Dans la fibrillation ventriculaire, chaque fibre se contracte pour son propre compte, ce qui aboutit à une inefficacité totale, donc l'équivalent d'un arrêt circulatoire et à des lésions anoxiques en aval, plus particulièrement au niveau du cerveau (extrêmement sensible au manque d'oxygène). Des lésions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

L'organigramme de la figure III.6 schématise les effets de la fibrillation ventriculaire.



III.3.1.2 Inhibition des centres nerveux : Ne peut avoir lieu que si un courant très important passe par le bulbe rachidien, ce qui est très rare.

L'organigramme de la figure III.7 schématise les effets de l'inhibition des centres nerveux.



III.3.1.3 Effets thermique

III.3.1.3.1 Brûlures électrothermiques : Sont provoquées par l'énergie dissipée par effet joule tout le long du trajet du courant.

Ces brûlures aboutissent à des nécroses (mort d'une cellule ou mortification) internes situées plus particulièrement au niveau des muscles, il en résulte ainsi le blocage des reins qui n'arrivent pas à éliminer les grandes quantités de myoglobine et d'hémoglobine (pigment de globule rouge assurant le transfert de l'oxygène et du CO₂ entre l'appareil respiratoire et les cellules de l'organisme) qui les envahissent après avoir quitté les muscles atteints.

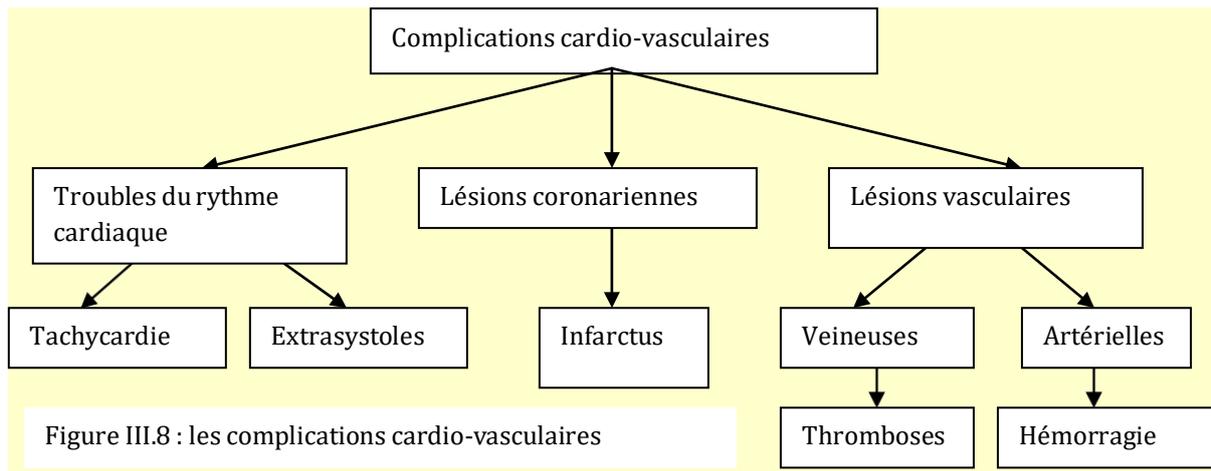
III.3.1.3.2 Brûlures par arc : Sont des brûlures thermiques dues à l'intense chaleur dégagée par effet joule, au cours de la production de l'arc électrique. Elles sont superficielles (cutanées) localisées aux parties découvertes (face, mains).

III.3.2 Effets secondaires

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

III.3.2.1 Complications cardio-vasculaires : Quand le trajet du courant intéresse le trajet cardiaque, on peut constater des troubles et lésions qui peuvent survenir dans les semaines qui suivent l'accident.

L'organigramme de la figure III.8 schématise les complications cardio-vasculaires.



Tachycardie: accélération du rythme cardiaque

Extrasystole: contraction prématurée du cœur.

Coronarienne: des artères coronaires naissant de l'aorte.

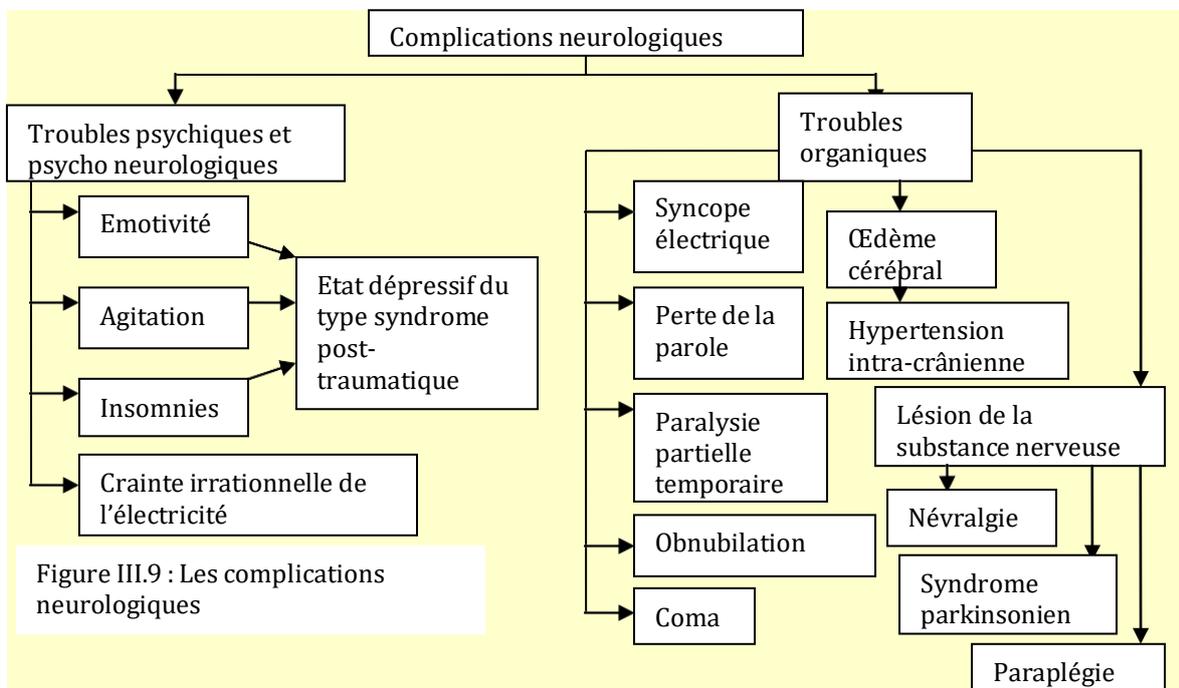
Infarctus: lésion nécrotique des tissus due à un trouble circulatoire et s'accompagnant le plus souvent d'une infiltration sanguine par oblitération d'un vaisseau ou par embolie.

Thrombose: formation de caillots dans un vaisseau sanguin.

III.3.2.2 Complications neurologiques :

- Troubles organiques
- Troubles psychiques et psychonévropathiques.

L'organigramme de la figure III.9 schématise les complications neurologiques.

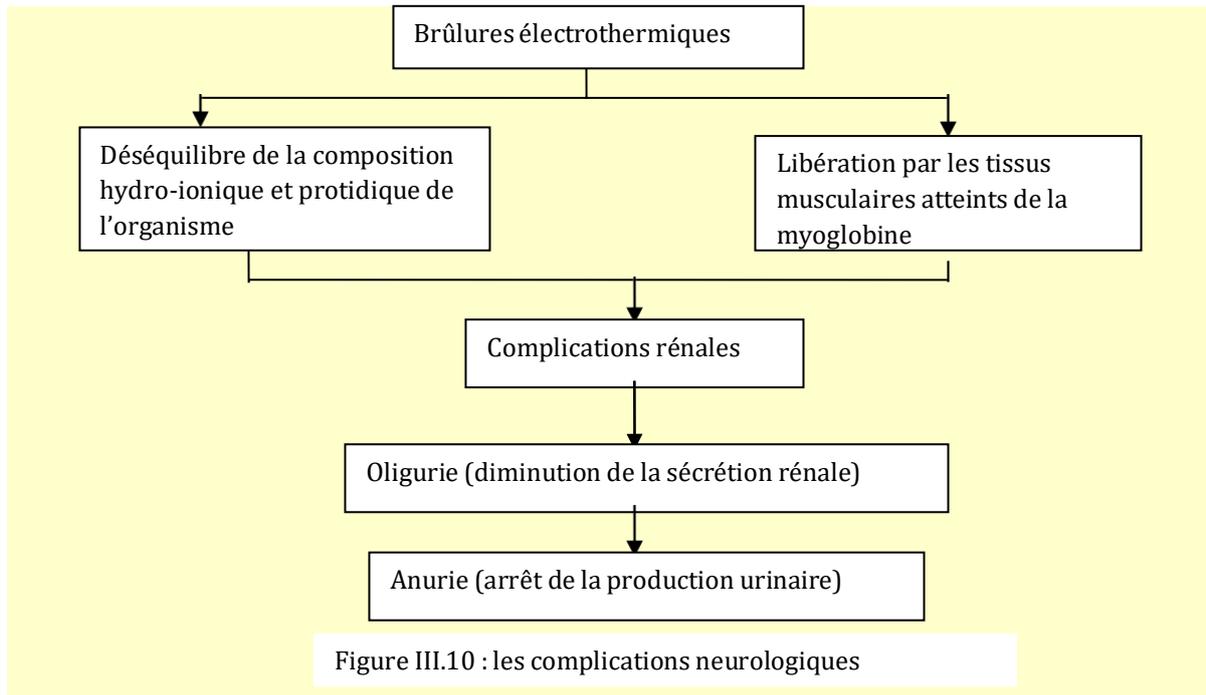


Névrose: affection caractérisée par des conflits qui inhibent les conduites sociales et qui s'accompagne d'une conscience pénible des troubles (l'hystérie, névrose obsessionnelle, la névrose phobique, la névrose angoisse)

Obnubilation: obscurcissement de la conscience, accompagné d'un ralentissement des processus intellectuels.

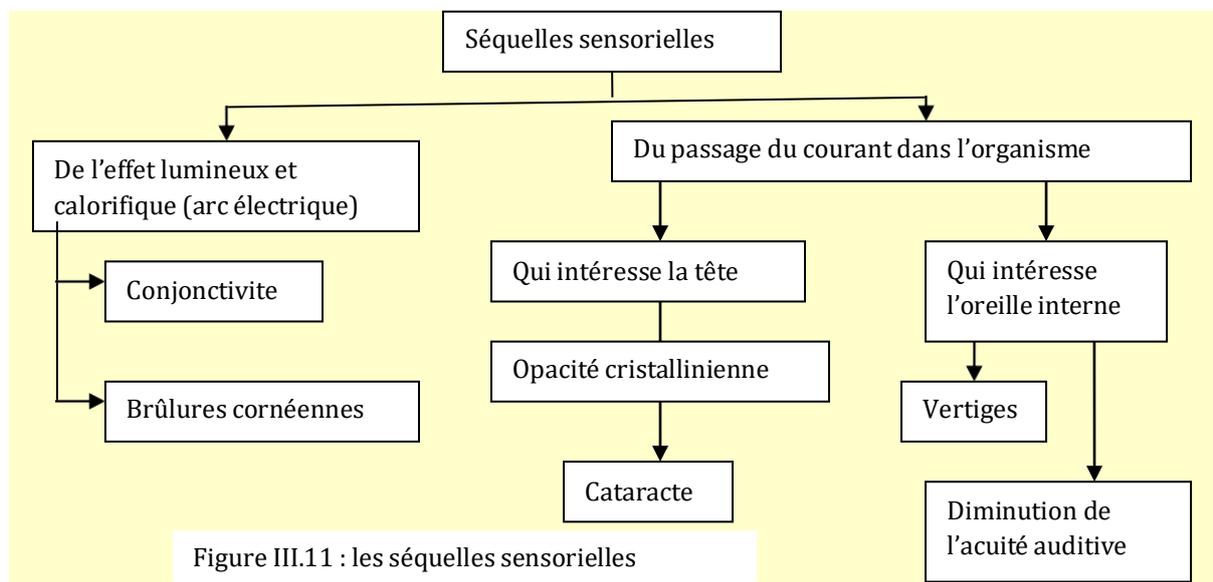
Névrалgie: douleur vive ressentie sur le trajet d'un nerf, les complications neurologiques.

III.3.2.3 Complications rénales : Sont toujours la conséquence des brûlures électrothermiques. L'organigramme de la figure III.10 schématise les complications rénales



III.3.2.4 Séquelles sensorielles : Sont essentiellement observées lorsque l'arc électrique ou le trajet du courant dans l'organisme intéresse la tête, il s'agit plus souvent de troubles oculaires, plus rarement de troubles auditifs.

L'organigramme de la figura III.11 schématise les séquelles sensorielle.



III.3.2.5 Séquelles cutanées, Tendineuses et muqueuses : Par suite de brûlures électriques, les lésions, situées le plus souvent au niveau des mains ou des bras, laissent persister :

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

Chapitre IV Facteurs influents sur les effets du courant électrique

IV .1 Facteurs influents sur les effets du courant électrique

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

- l'intensité du courant,
- l'impédance du corps humain,
- la tension du courant,
- la fréquence du courant,
- le temps de contact,
- le trajet du contact.

A cela s'ajoute :

- l'âge de la personne,
- son poids,
- son sexe,
- ses caractéristiques physiologiques personnelles.

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

Selon le Dr. FOLLIOT, la quantité d'énergie traversant le corps se traduit par l'équation (IV.1) du risque électrique :

$$W = U_c \cdot I_c \cdot t \dots\dots\dots (IV.1)$$

Où, W est la quantité d'énergie (joule)

U_c est la tension de contact (V)

I_c est le courant qui circule dans le corps humain (A)

t le temps de contact (s)

Or

$$U_c = R \cdot I_c \dots\dots\dots (IV.2)$$

$$\Rightarrow W = R \cdot I_c^2 \dots\dots\dots (IV.3)$$

Où R est la résistance du corps humain (Ω)

Quatre paramètres interdépendants influent directement sur le niveau des risques :

- U_c : tension appliquée au corps,
- I_c : courant qui circule dans le corps humain,
- R : résistance du corps,
- t : temps de passage du courant dans le corps.

La tension U_c appliquée au corps humain peut être due :

- A deux contacts avec des parties actives, parties normalement sous tension, portées à des potentiels différents,
- A un contact avec la terre et une partie active,
- A un contact avec la terre et une masse métallique mise accidentellement sous tension.

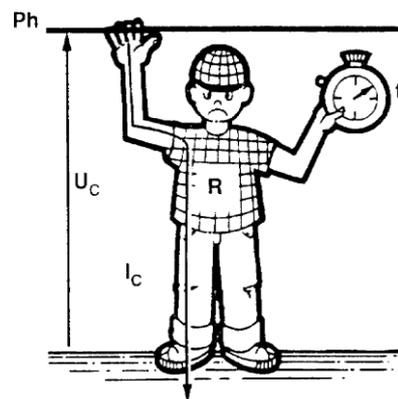


Figure IV.1 : Illustration des quatre paramètres influant directement sur le niveau des risques

IV.1.1 L'Intensité du courant

Le professeur C.F.DALZIEL a réussi à dresser les seuils de perception, de contraction musculaire, de téτανisation des muscles respiratoires, de fibrillation ventriculaire et d'inhibition des centres nerveux chez l'homme, grâce à l'extrapolation des résultats de ses expériences menées sur les animaux en fonction de l'intensité du courant de contact alternatif 50 Hz. Ses résultats sont résumés dans le tableau (IV.1).

Tableau IV.1 : Résultats expérimentaux de C.F.Dalziel précisant les effets physiopathologiques chez l'homme correspondant aux seuils de courant.

Intensité du courant	Effets sur le corps humain	Observations
1 mA	Perception cutanée	Exemples:- peau de la main tenant un fil de cuivre $I=1\text{mA}$ - tissu de l'œil : $i=0,02\text{mA}$ - tissu de la langue : $I=0,045\text{mA}$
5 mA	Secousse électrique	
10 mA	Contracture (incapacité de lâcher prise)	A 8,8mA 99,5% des sujets seraient capables de lâcher prise.
30 mA pendant 3 min	tétanisation des muscles	Disparition des contractions si le courant est rapidement
40 mA pendant 5 s ou 80 mA pendant 1 s	Fibrillation ventriculaire	(*)
2000 mA	Inhibition des centres nerveux	(*)

(*) Avec un courant de 80mA, de brève durée (inférieure au cycle cardiaque : 0,75s), il serait possible de déclencher une fibrillation ventriculaire à deux conditions :

- Le courant doit passer par la région cardiaque,
- Le choc électrique doit atteindre le cœur au cours de la phase post-systolique du cycle cardiaque, dite phase critique (figure IV.2). Cette phase dure environ 20% du cycle,
- Elle est donc voisine de 0,16s pour un cycle de 0,75 (matérialisé par la partie ascendante de t)

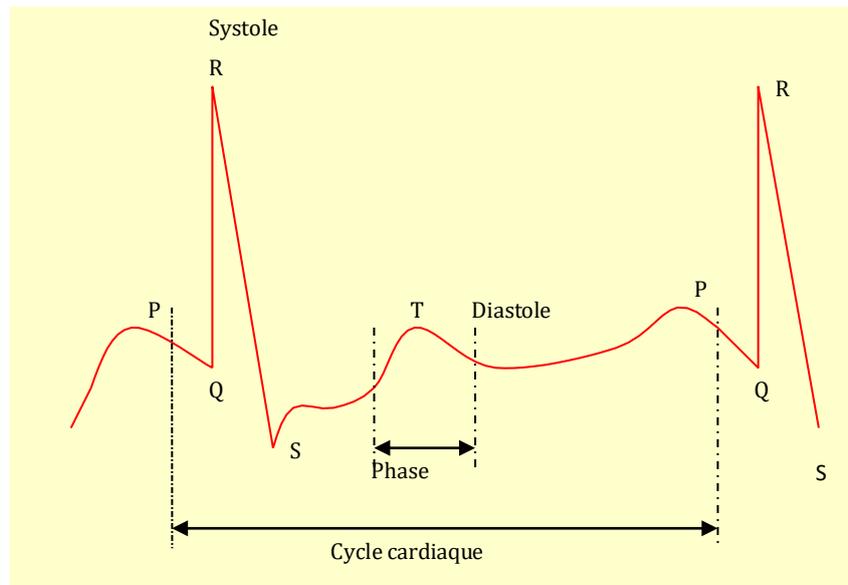
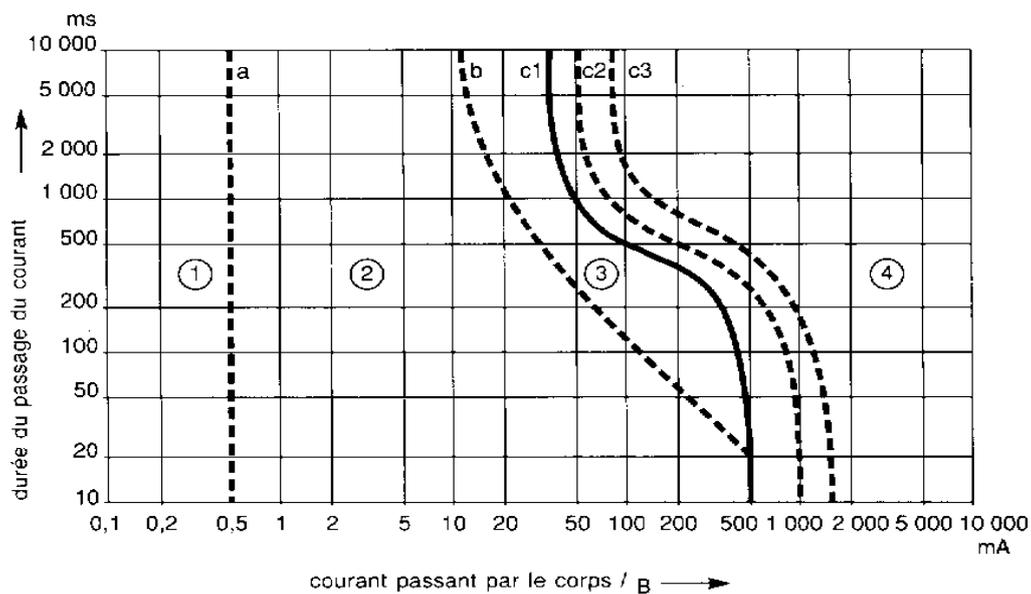


Figure IV.2 : Spectre du cycle cardiaque

Les résultats d'expérience de chercheurs à travers le monde 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 courant dangereux. Les courbes ci-dessous, issues de la norme CEI 479, illustrent la relation $t=f(I_c)$ et déterminent quatre zones.

Figure IV.3 : Courbes, issues de la norme CEI 479, illustrant la relation $t=f(I_c)$

Zone 1 : Le courant de choc est inférieur au seuil de perception ($I_c < 0,5$ mA). Il n'y a pas de perception du passage du courant dans le corps : aucun risque.

Zone 2 : Le courant est perçu sans réaction de la personne : habituellement, aucun effet physiologique dangereux.

Zone 3 : Le courant provoque une réaction : la personne ne peut plus lâcher l'appareil en défaut. Le courant doit être coupé par un tiers afin de mettre la personne hors de danger : habituellement sans dommage organique, mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires.

Zone 4 : En plus des effets de la zone 3, la fibrillation ventriculaire augmente de 5% des cas pour la courbe C_2 , 50 % des cas pour la courbe C_3 , et plus de 50% au-delà de cette dernière courbe, d'où des effets physiologiques importants tels qu'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves.

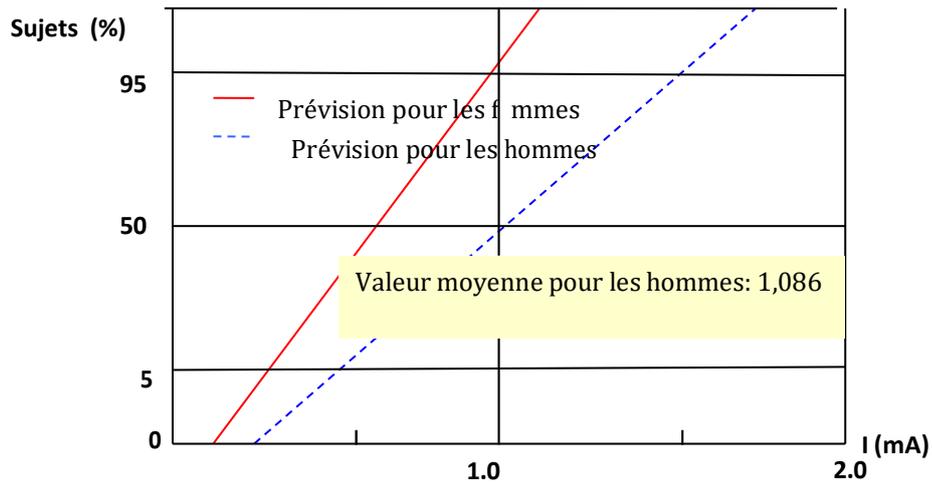
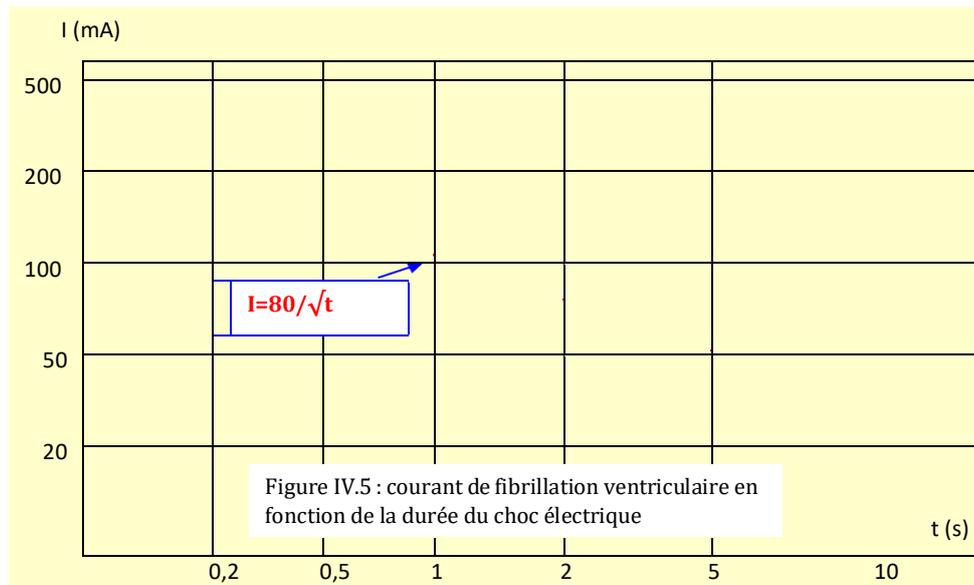


Figure IV.4: Pourcentage des sujets - Intensité de perception en mA

L'équation (IV) donne la relation de DALZIEL liant le courant de fibrillation ventriculaire à la durée du choc électrique.

$$I = 80 / \sqrt{t} \dots \dots \dots \text{(IV.1)}$$

La fibrillation ventriculaire est très importante ($\leq 0,5\%$) au dessous de cette relation (figure IV.5).



Les effets du passage du courant dépendent :

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

On définit un facteur de risque pour le cœur, dit « facteur de courant de cœur » par le rapport du courant I_{ref} (passant par le cœur pour un trajet de référence allant de la main gauche aux deux pieds) au courant I_n pour un trajet donné (tableau IV.2).

Main gauche au pied gauche, droit ou au deux	1
Deux mains aux deux pieds	1
Main gauche à la main droite	0,4
Main droite au pied gauche, droit ou aux deux	0,8
Dos à la main droite	0,3
Dos à la main gauche	0,7
Poitrine à la main gauche	1,5
Poitrine à la main droite	1,3
Siège à la main gauche, droite ou aux deux	0,7

IV.1.2 Résistance du corps humain

La résistance du corps n'est pas une constante ; elle varie, pour un même individu, en fonction de facteurs physiques et biophysiques, tout en distinguant entre la résistance du corps lui-même et la résistance cutanée. La figure (IV.6) est une modélisation de la résistance du corps humain.

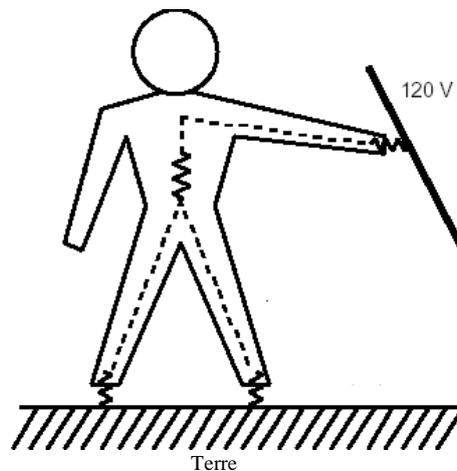


Figure IV.6 : Modélisation de la résistance du corps humain.

- **La résistance propre du corps** varie en fonction de la distance des deux points de contact. Elle est d'environ :
 - 750 Ω pour un contact main- pied,
 - 500 Ω pour un contact main - main.

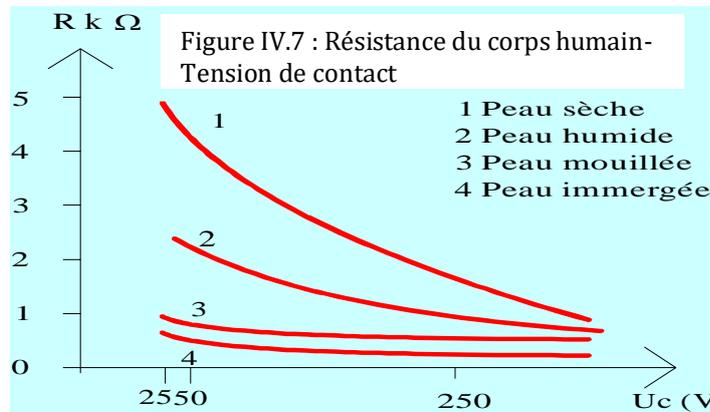
La résistance propre du corps diminue à mesure que les deux points de contact deviennent proches. Elle tend à devenir négligeable devant la résistance de la peau qui intervient alors seule lorsque les deux points sont très proches.

- **La résistance cutanée** (résistance de la peau) est fonction de plusieurs facteurs. Elle dépend de :
 - l'état de revêtement de la surface de contact,
 - la surface de contact,
 - la pression de contact,
 - l'état d'hydratation,
 - la durée de contact
 - la tension de contact du courant.

- ✚ La résistance cutanée augmente avec l'épaisseur de la couche cornée
- ✚ et diminue avec la surface de contact, la pression, l'hydratation, la durée et la tension.
- ✚ La résistance du corps humain varie suivant que la peau est sèche ou humide, mouillée ou immergée. La valeur minimale de la résistance du corps humain est 325 Ω lorsque le corps est immergé, par exemple dans des salles de bains ou des piscines.

La figure (IV.7) donne les courbes donnant la relation $R = f(U_c)$ entre la résistance du corps humain et la tension de contact.

Les règles de sécurité des personnes imposées par la norme NFC 15-100 sont établies à partir des trois relations $t = f(I_c)$, $t = f(U_c)$ et $R = f(U_c)$.

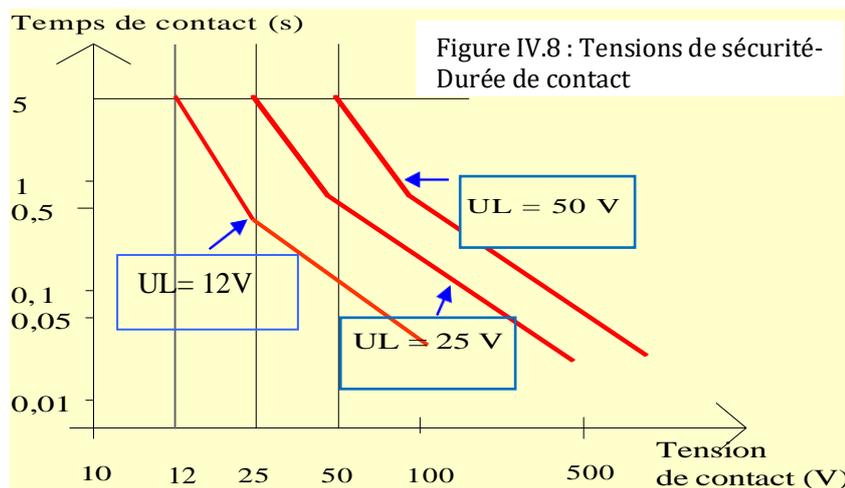


IV.1.3 La tension du courant

Lorsque la tension s'élève, le pouvoir protecteur de la peau diminue. La peau se comporte telle une enveloppe diélectrique à partir de 1500 V et la résistance de l'organisme se réduit à 500Ω. Ceci aggrave la genèse des brûlures électrothermiques en raison de l'augmentation de la quantité de chaleur dégagée avec l'élévation de la tension.

Pour des conditions d'environnement relatives à l'humidité et de la nature du courant, des tensions limites à ne pas dépasser à des temps maximum supportables par le corps humain, sont définis.

La figure (IV.8) résume les règles de sécurité qui sont prises en fonction de la tension alternative à supporter dans un cas donné ; les courbes de cette figure illustrent la relation $t = f(U_c)$.



Ces courbes permettent de définir, suivant la condition d'humidité, les tensions limites conventionnelles UL qui peuvent être maintenues sans danger sur les personnes, autrement dit, une tension de contact U_c inférieure à UL ne nécessite pas de coupure, mais par contre toute tension de contact supérieure à UL nécessite l'élimination du défaut dans un temps au plus égal à celui fixé par la courbe correspondante.

La Tension limite conventionnelle UL : est définie comme la tension de contact la plus élevée qui puisse être maintenue sans danger pour les personnes.

La norme NFC 15-100 définit trois tension limites de sécurité qui dépendent du milieu d'utilisation :

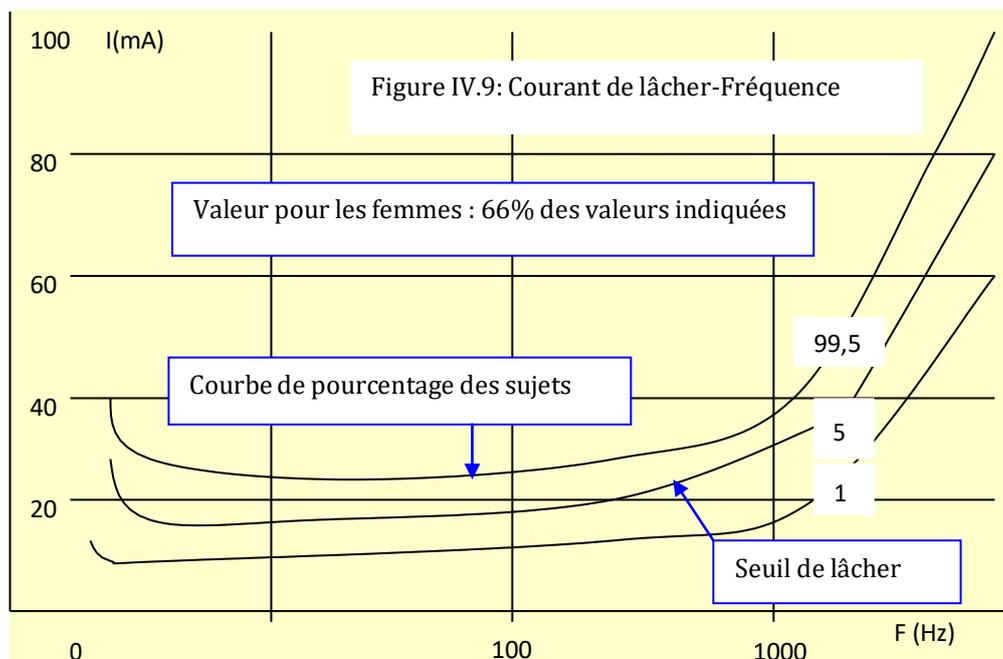
- U= 50 V pour les locaux d'habitation, locaux industriels ou commerciaux non mouillés (secs)
- U=25 V pour les locaux industriels ou commerciaux mouillés, enceintes conductrices non mouillées (locaux humides)
- U=12 V pour les locaux mouillés, volume de protection des salles d'eau ou des piscines (immergées)

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

IV.1.4 La fréquence du courant

Le courant continu peut être à l'origine des mêmes conséquences que le courant alternatif 50 Hz, mais les seuils précédemment donnés sont plus élevés d'un facteur de 4 environ.

A la fréquence 50 Hz du courant, les excitations neuro-musculaires sont parmi les plus violentes. Pour des fréquences supérieures à 50 Hz, les courants deviennent moins dangereux (voir figure IV.9). On échange le risque de fibrillation contre des brûlures profondes.



IV.1.5 Temps de contact

L'augmentation du temps de contact affaiblit la résistance du corps humain, ce qui, en conséquence, augmente progressivement l'intensité du courant, et par la même accroît les conséquences. La fibrillation ventriculaire varie en fonction de \sqrt{t} (d'après la relation de Dalziel), alors que la brûlure dépend de la quantité de chaleur dégagée dans l'organisme, qui est directement proportionnelle au temps de contact t .

IV.1.6 Trajet du courant dans l'organisme

Le trajet du courant dans le corps décide des conséquences de ce passage quant aux organes atteints. La fibrillation ventriculaire est déclenchée dès que les lignes de force du courant passent par le cœur. Les troubles sensoriels, essentiellement oculaires et auditifs, sont observés lorsque le trajet du courant dans l'organisme intéresse la tête. Il en est de même pour les phénomènes d'inhibition nerveuse qui ne se produisent que lorsque le trajet du courant intéresse les centres nerveux.

IV.2 Domaines de tension

IV.2.1 Classement des installations en fonction de la tension

Les ouvrages de distribution sont classés en trois catégories selon la valeur nominale de la tension (en valeur efficace pour le courant alternatif).

Tableau IV.3 : Catégories de tension en valeur efficace pour le courant alternatif

Nature du courant	1 ^{ère} catégorie	2 ^{ème} catégorie	3 ^{ème} catégorie
Alternatif	$U \leq 1000 \text{ V}$	$1000 \text{ V} < U < 50000 \text{ V}$	$U \geq 50000 \text{ V}$
Continu	$U \leq 1500 \text{ V}$	$1500 \text{ V} < U < 50000 \text{ V}$	$U \geq 50000 \text{ V}$

Les installations étaient réparties en quatre classes, en fonction de la plus grande des tensions nominales existant aussi bien entre deux quelconques de leurs conducteurs qu'entre l'un d'eux et la terre.

Tableau IV.4 : Classes de tension en valeur efficace pour le courant alternatif

Classe de tension (V)	TBT	BT	MT	HT
Alternatif	$\leq 50 \text{ V}$	$50 \text{ V} < U \leq 430 \text{ V}$	$430 \text{ V} < U \leq 1100 \text{ V}$	$> 1100 \text{ V}$
Continu	$\leq 50 \text{ V}$	$50 \text{ V} < U \leq 600 \text{ V}$	$600 \text{ V} < U \leq 1600 \text{ V}$	$> 1600 \text{ V}$

Actuellement, les installations selon leur tension sont réparties en cinq domaines :

Tableau IV.5 : Domaines de tension en valeur efficace pour le courant alternatif

Domaines de tension	Valeur de la tension U_n en volts		
	En courant alternatif	En courant continu	
Très basse tension TBT	$U_n \leq 50 \text{ V}$	$U_n \leq 120 \text{ V}$	
Basse tension	BTA	$50 \text{ V} < U_n \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U_n \leq 750 \text{ V}$
	BTB	$500 \text{ V} < U_n \leq 1000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U_n \leq 1500 \text{ V}$
Haute tension	HTA	$1000 \text{ V} < U_n \leq 50000 \text{ V}$	$1500 \text{ V} < U_n \leq 75000 \text{ V}$
	HTB	$U_n > 50000 \text{ V}$	$U_n > 75000 \text{ V}$

IV.2.2 La Très Basse Tension (TBT)

La **Très Basse Tension** se divise en 3 catégories:

- **La Très Basse Tension de Sécurité (TBTS)** : correspond à une isolation double avec parties actives isolées de la terre. Les circuits TBTS doivent emprunter des canalisations distinctes. L'emploi de la TBTS est **obligatoire dans une enceinte conductrice exigüe**.

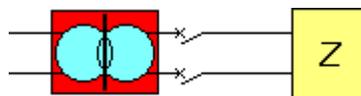


Figure IV.10 : Schématisation d'un circuit TBTS

Les tensions maximum à mettre en œuvre seront :

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

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

Les masses des matériels électriques devront :

- Ne pas être reliés à la terre, ni à un conducteur de protection.
- Être isolés de toutes les autres masses.

- **La Très Basse Tension de Protection (TBTP):** correspond à une **isolation renforcée** avec des parties actives reliées à la terre. L'isolation renforcée est une isolation unique assurant une protection contre les chocs électriques équivalente à celle procurée par une double isolation.

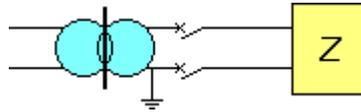


Figure IV.11 : Schématisation d'un circuit TBTP

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

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

- **La Très Basse Tension Fonctionnelle (TBTF) :** ne correspond à aucun des cas précédents.

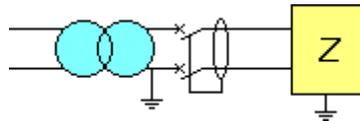


Figure IV.12 : Schématisation d'un circuit TBTF

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

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

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

Chapitre V Les contacts électriques et protections

V.1 Les conducteurs en triphasé

Cinq conducteurs constituent un câble de distribution triphasé du domaine de la basse tension ; soit, quatre conducteurs actifs dont trois de phase et un du neutre, le cinquième est utilisé comme conducteur de protection. Le conducteur de protection ne transporte pas normalement l'énergie électrique ; ce n'est pas un conducteur actif.

En BTA et pour un réseau normalement équilibré et sans défaut, la différence de potentiel entre 2 conducteurs est généralement dangereuse. Elle est de :

- $U = 400 \text{ V}$ entre phases ;
- $V = 230 \text{ V}$ entre une phase et le neutre ;
- $V = 230 \text{ V}$ entre une phase et le conducteur de protection ou la terre ;
- Elle n'est pas obligatoirement égale à zéro entre le neutre et la terre ; cette tension peut être dangereuse.

V.2 Les contacts électriques

Un risque d'électrisation, voir même d'électrocution, peut se présenter dès qu'une personne entre en contact avec une pièce sous tension ; étant soumise à une différence de potentielle, l'impédance du corps est traversée par un courant dangereux.

V.2.1 Le contact direct

C'est le contact physique d'une personne avec un (ou plusieurs) conducteur actif nu sous tension.

Le contact direct s'établit lorsque le corps est soumis à une différence de potentiel :

- Entre deux phases ;
- Entre une phase et la terre ou une masse métallique ;
- Entre le neutre et la terre ou une masse métallique.

Les parties les plus exposées sont les mains, la tête, les chevilles, ou les jambes ...

V.2.2 Le contact indirect

C'est le contact physique d'une personne avec une masse métallique portée accidentellement à un potentiel dangereux.

Le contact indirect est particulièrement sournois, car rien ne laisse prévoir la présence de tension sur une partie métallique normalement hors tension.

V.2.3 Electrification sans contact

Un arc électrique peut s'amorcer à l'approche d'un conducteur sous haute tension (ligne TH) et d'un élément conducteur mis à la terre (pied à la terre).

La figure (V.1) résume les cinq façons de s'électriser.

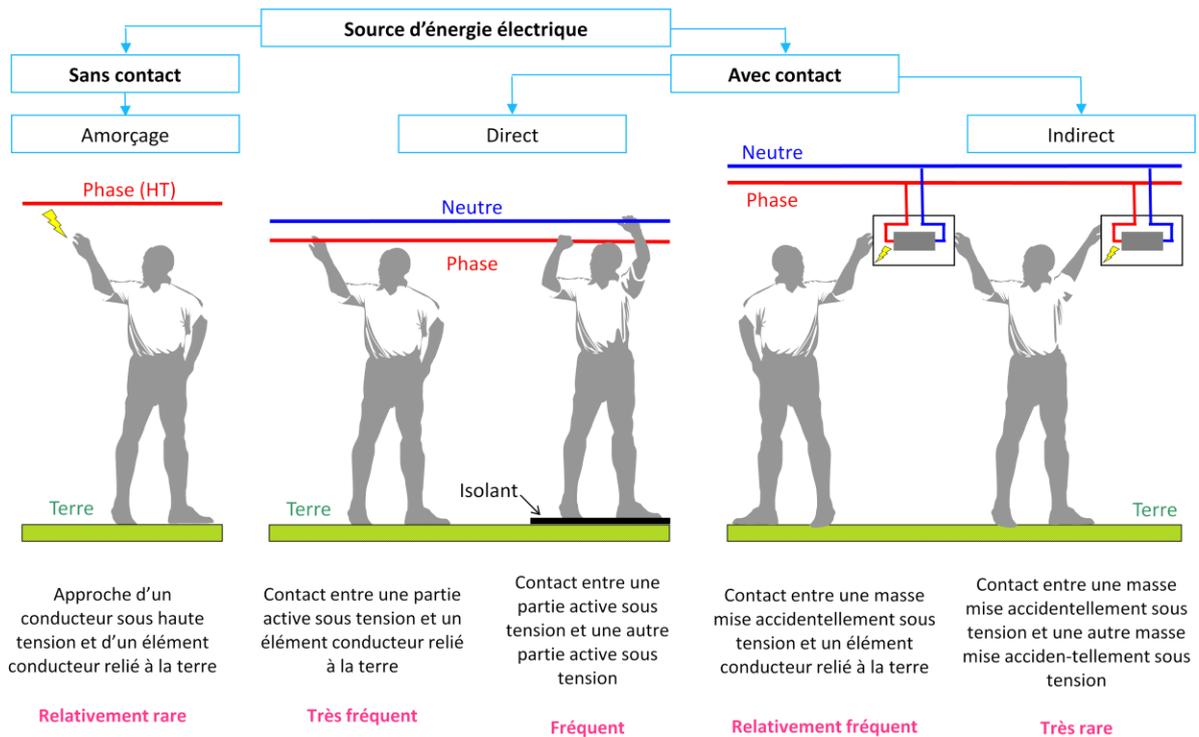


Figure V.1 : Les cinq façons de s'électriser

V.2.4 Protection contre le contact direct

La protection contre le contact direct est assurée par la mise hors de portée des parties conductrices sous tension :

- Eloignement des conducteurs nus (lignes aériennes) ;
- Isolation des conducteurs ;
- Utilisation de coffret, armoire et boîtier ;
- Mise en place d'obstacle (grillage, plaque isolante, nappe isolante...)
- Utilisation de la très basse tension ;
- Utiliser un dispositif à courant différentiel résiduel haute sensibilité DDR ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$)

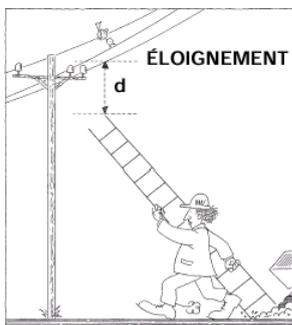


Figure V.2 : Eloignement des pièces nues sous tension (protection collective)

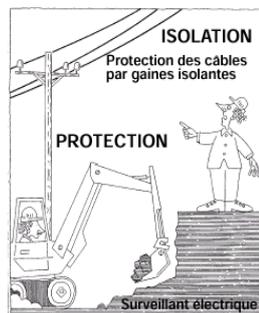


Figure V.3 : Isolation des conducteurs (protection intrinsèque)

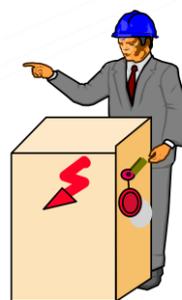


Figure V.4 : Utilisation de coffret (protection collective)



Figure V.5 : Utilisation d'obstacle : grillage (protection collective)

V.2.5 Protection contre le contact indirect

La protection contre le contact indirect est assurée par :

- **La coupure automatique** : ouverture automatique de l'appareil de protection placé en amont du défaut de masse. Cette ouverture automatique est assurée par le Dispositif Différentiel Résiduel (DDR) associé au disjoncteur. Cette protection nécessite un contrôle permanent des courants de fuites dans les masses métalliques et la mise à la terre des masses et dispositif de coupure automatique de l'alimentation (DDR). La mise à la terre des masses métalliques est assurée par une ou plusieurs prises de terre;
- **L'emploi de la double isolation** ou l'isolation renforcée (matériel de classe II) ;
- **L'emploi de la très basse tension** (TBTS, TBTP, TBTF)
- **La séparation des circuits** : transformateur de séparation n'alimentant qu'un seul appareil non relié à la terre ;
- **La liaison équipotentielle entre les masses métalliques**, assurée par le conducteur de protection (vert et jaune) ;
- **Par le choix du degré de protection** : On considère qu'une pièce sous tension devient directement accessible lorsque son indice de protection est inférieur à IP2x en BT et IP3x en HTA.

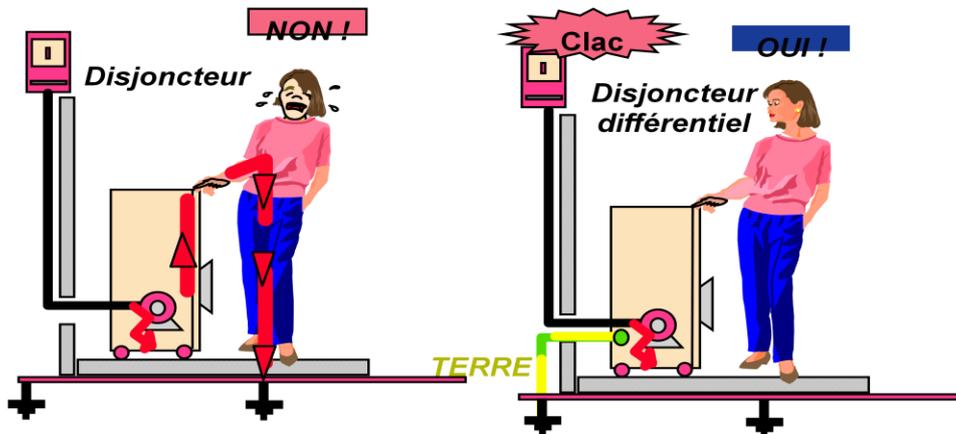


Figure V.6 : Protection contre les contacts indirects par coupure automatique

CLASSE	SYMBOLE	UTILISATION
0	Pas de symbole	Interdite dans l'industrie
I		Matériel devant être relié obligatoirement à la terre
II		Matériel à double isolation, jamais relié à la terre
III		Lampe baladeuse alimentée en TBTS, non reliée à la terre

Figure V.7 : Protection contre les contacts indirects par l'emploi de matériel de classe II

En BT Doigt d'épreuve articulé d= 12mm IP2x

En HT tourne vis d=2,5 mm IP3x

Figure V.8 : Protection contre les contacts indirects Par le choix du degré de protection

V.3 Les calsses d'isolation des appareils électriques

Les matériels à basse tension sont répertoriés, du point de vue de la protection contre les contacts indirects, en quatre classes, dont la numérotation n'implique aucune hiérarchie de valeur (tableau V.1). La sécurité est assurée par deux mesures complémentaires (tableau V.2).

V.3.1 Appareils de Classe 0

- Le matériel possède une isolation principale mais pas de borne de terre (1ere protection).
- La sécurité est assurée par le sol qui doit être impérativement isolant (2°protection).

Il n'existe pas de symbole pour cette classe qui tend à disparaître.

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

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

V.3.2 Appareils de Classe I

- Le matériel possède une borne de terre et une isolation principale (1ere protection).
- La borne de terre est reliée à un conducteur de protection (PE), la sécurité est assurée par un dispositif de coupure qui agira à l'apparition du premier défaut (2° protection).

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

Exemples : appareil électroménager domestique dont les parties métalliques accessibles sont reliées à un conducteur de protection vert-jaune.

V.3.3 Appareils de Classe II

- Le matériel est sans borne de terre avec une isolation principale (1ere protection).
- La sécurité est assurée par une deuxième isolation (2° protection)

Le symbole des appareils de classe II est un double carrés imbriqués.

Exemples : outillage portatif.

V.3.4 Appareils de Classe III

- La protection est assurée par l'alimentation en très basse tension (< 50 V)
- Le transformateur d'alimentation possède une isolation principale renforcée sans prise de terre.

Le symbole des appareils de classe III est un losange raillé.

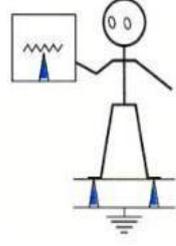
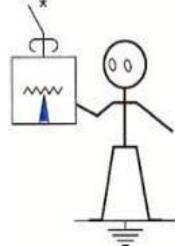
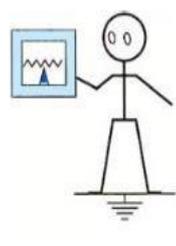
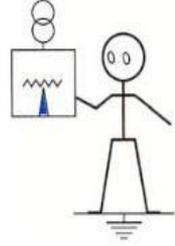
Exemples : train électrique.

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

Tableau V.1 : Classes du matériel basse tension

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

Tableau V.2 : Protection des personnes contre les chocs électriques

Stade de protection	Classe de matériel			
	0	I	II	III
premier	Isolation principale	Isolation principale	Isolation principale	Tension inférieure à 50 V
deuxième	Isolation par le sol (local sec et non conducteur)	Mise à la terre et dispositif de coupure associé	Isolation supplémentaire ou renforcée	Alimentation de sécurité
Symboles :  partie active  isolation fondamentale  isolation supplémentaire  Terre				

V.4 Les Indices de Protection

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

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

Il comporte les lettres IP suivies de deux chiffres indépendants (Tableau V.3):

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

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

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

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

Exemple : IP20 ; matériel protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5mm, pas de protection contre les liquides.

Le code **IK** codifie la protection contre les **impacts mécaniques**.

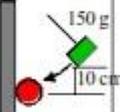
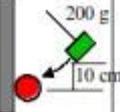
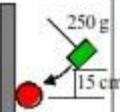
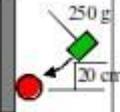
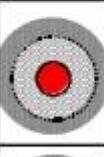
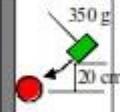
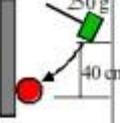
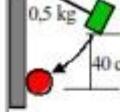
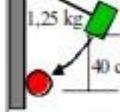
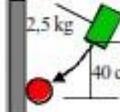
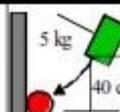
Tableau V.4 : Code **IK** codifiant la protection contre les **impacts mécaniques**

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

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

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

Tableau V.5 : Les indices de protection IP et IK

Protection contre les corps solides			Protection contre les liquides			Protection mécanique		
IP	test	définition	IP	test	définition	IK	test	définition
0		Pas de protection	0		Pas de protection	00		Pas de protection
1		Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm.	1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau	01		Energie de choc 0,15
2		Protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm.	2		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15 ° de la verticale.	02		Energie de choc 0,2 j
3		Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm.	3		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 60 ° de la verticale.	03		Energie de choc 0,35
4		Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm.	4		Protégé contre les projection d'eau de toutes les directions.	04		Energie de choc 0,5 j
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible).	5		Protégé contre les jets d'eau à la lance et de toutes les directions.	05		Energie de choc 0,7 j
6		Totalement protégé contre les poussières..	6		Protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer.	06		Energie de choc 1 j
			7		Protégé contre les effets de l'immersion entre 0,15 et 1m.	07		Energie de choc 2 j
			8		Protégé contre les effets prolongés de l'immersion sous pression.	08		Energie de choc 5 j
						09		Energie de choc 10 j
						10		Energie de choc 20 j

Lettre additionnelle;
Elle correspond à la protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses.

A	avec le dos de la main
B	avec le doigt
C	avec un outil de 2,5 mm
D	avec un fil de 1 mm

Chapitre VI Les procédures de travail électrique

VI.1 Introduction

Les comportements inadéquats des opérateurs et intervenants lors des opérations électriques sont, pour la plus part du temps, les causes des accidents d'origines électriques.

Pour assurer la sécurité du personnel, il convient d'adopter, lors des opérations électriques, un comportement conforme aux situations susceptibles de se produire, qui doit commencer par:

- l'information,
- la formation,
- l'habilitation,
- le respect de procédures adaptées aux cas à traiter,
- l'emploi d'outillage de protections, de matériels spécifiques normalisés et agréés par l'organisme désigné,
- une analyse préalablement menée, de tous les risques susceptibles de se produire accompagnée de mesures de prévention, assurant une protection rendant le risque impossible ou non dangereux.

VI.2 Organisation du travail

La publication UTE 18-510 fixe l'ensemble des réglementations nécessaires, voir même obligatoires, à respecter avant de commencer l'exécution d'un travail, afin d'éviter la survenance des conditions dangereuses :

- par oubli,
- par méconnaissance,
- par interversion d'opérations, etc.

Il convient de :

- Définir clairement le travail,
- Faire une étude précise,
- Faire une analyse de tous les risques possibles,
- Prendre connaissance du matériel,
- Prendre connaissance de l'environnement électrique sur lequel l'opération sera effectuée.

Procéder à la vérification:

- Des plans et schémas,
- De la conformité du matériel et de son bon état,
- De la présence des dispositifs de sécurité individuels et collectifs
- De l'aptitude de l'équipe de travail.

VI.3 Les procédures de travail électrique

L'exécution des tâches d'ordre électrique doit se faire sur application des règles des travaux :

- hors tension,
- sous tension
- ou au voisinage,
- les règles d'emploi des outils et matériel.

En règle générale, les interventions et travaux sur les installations et équipements électriques doivent être réalisés par un personnel habilité et seront exécutés hors tension.

Dans trois cas exceptionnels, ces interventions peuvent être exécutées sous tension :

- La mise hors tension pourrait mettre en danger la vie ou la santé des personnes.

Ex : mise hors tension de moteur de ventilateur assurant l'aération de locaux confinés dans lequel séjournent des personnes.

- Des nécessités impérieuses d'exploitation empêchant la mise hors tension de l'installation ou de l'équipement.

Ex : mise hors tension de la circulation de fluide assurant le refroidissement d'un four de traitement thermique (sauvegarde du matériel).

- La nature même des travaux ou des interventions exige la présence de la tension.

Ex : vérification de circuits, recherche et localisation défauts, mesures de grandeurs électriques.

VI.3.1 Travaux hors tension

La consignation électrique

Tous travaux ou interventions sur un ouvrage en exploitation effectués hors tension, doivent être réalisés sur la base d'une opération de **consignation** ; c'est à dire effectuer dans l'ordre les quatre opérations suivantes:

1- La séparation de l'ouvrage des sources de tension (ouverture d'un interrupteur, d'un disjoncteur, d'un sectionneur...). La séparation doit porter sur **tous les conducteurs actifs**.

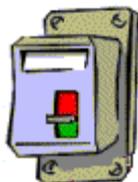


Figure VI.1 : Coupure par disjoncteur

2- La condamnation des organes de séparation en position d'ouverture (pancarte d'interdiction de manœuvre, cadenas...).



Figure VI.2 : Condamnation par cadenas ou par pancarte d'interdiction de manœuvre

La condamnation par **immobilisation** de l'organe de séparation est **obligatoire en BTB et HT**. Dans les autres cas, la condamnation peut être réalisée par une **signalisation** (pancarte).



Figure VI.3 : Condamnation par signalisation

La suppression d'une condamnation est faite par la personne qui a procédé à la condamnation ou par un remplaçant désigné.

On peut se dispenser de la condamnation de l'organe de séparation pour des interventions sur les équipements basse tension (travaux sur installation exclus) si les trois conditions suivantes sont simultanément réunies :

- Le dispositif de séparation de la source reste visible depuis la zone de travail,
- L'intervention est pratiquée par une seule personne,
- L'équipement est raccordé à une seule source d'énergie électrique.

3- L'identification de l'ouvrage mis hors tension. Cette opération a pour but d'être certain que la zone de travail est bien située sur l'ouvrage mis hors tension (étude des schémas, des plans...)

Elle doit être matérialisée, sur place, par marquage, banderoles, délimitant la zone consignée, ou par vision directe et sans ambiguïté des mises à la terre et en court-circuit éventuelles ;

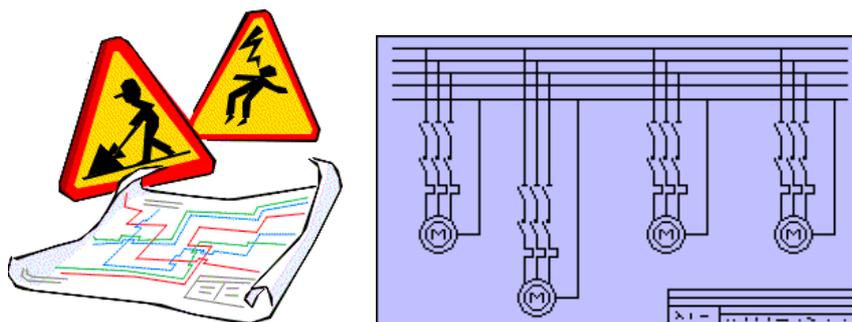


Figure VI.4 : Identification de l'ouvrage mis hors tension sur schéma et plan

4- La vérification de l'absence de tension (VAT) puis mise à la terre et en court-circuit (MALT-CCT).

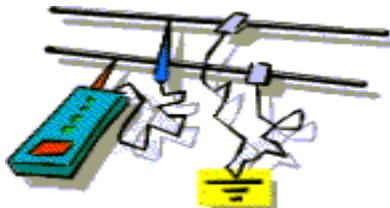


Figure VI.5 : VAT et MALT-CCT

Le bon fonctionnement d'un vérificateur d'absence de tension (VAT) doit être contrôlé **avant et après** son utilisation.

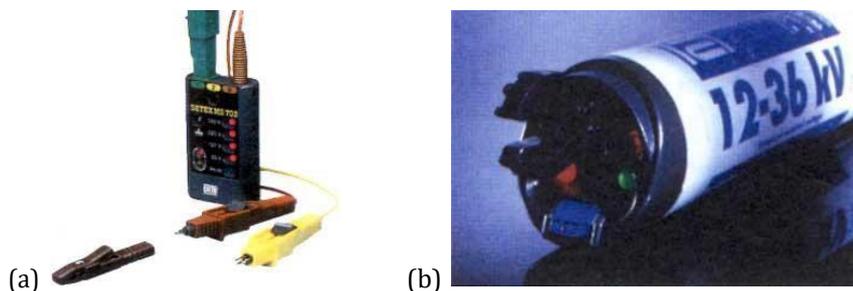


Figure VI.6 : Vérificateur d'absence de tension (a) en BT et (b) pour HT A

La vérification d'absence de tension sur tous les conducteurs actifs (neutre compris) est obligatoire avant toute opération sur une installation qui a été mise hors tension. En effet, un disjoncteur (ou un interrupteur) peut avoir été soumis à des arcs électriques importants lors d'ouvertures précédentes: les pôles peuvent restés soudés ou avoir une mauvaise résistance d'isolement à cause de la métallisation des chambres de coupure.

La mise à la terre (MALT) et en court-circuit (CCT) permet de se prémunir contre les risques dus aux tensions induites, aux condensateurs chargés, aux ré-alimentations éventuelles. Cette opération est facultative sur les installations en BTA. Elle est obligatoire sur un long câble BTA en BTB et en HT.

Le raccordement se fait aux points de séparation de l'ouvrage concerné et au plus près de la zone de travail. Le raccordement se fait d'abord sur le circuit de terre, puis sur tous les conducteurs actifs (neutre compris), au plus près de la zone de travail.

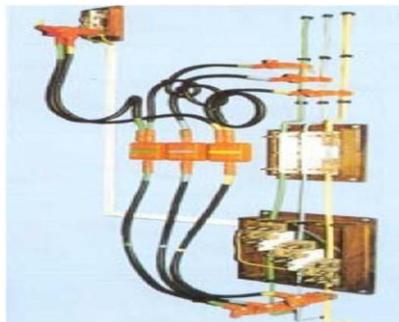


Figure VI.7 : Dispositifs de mise à la terre et en court circuit pour lignes aériennes

Il ya lieu de procéder à la protection éventuelle des pièces restant sous tension au voisinage par différents modèles de pancartes et de dispositifs de condamnation.

Les deux premières opérations (séparation, condamnation) sont toujours réalisées par le chargé de consignation **BC** ou **HC**.

Les deux opérations suivantes (identification, VAT+MALT+CCT) peuvent être réalisées par le chargé de travaux **B2** ou **H2** : c'est la consignation en deux étapes.

Le chargé de travaux doit lire attentivement l'attestation de consignation, la dater, la signer, la compléter et en remettre un double au chargé de consignation.

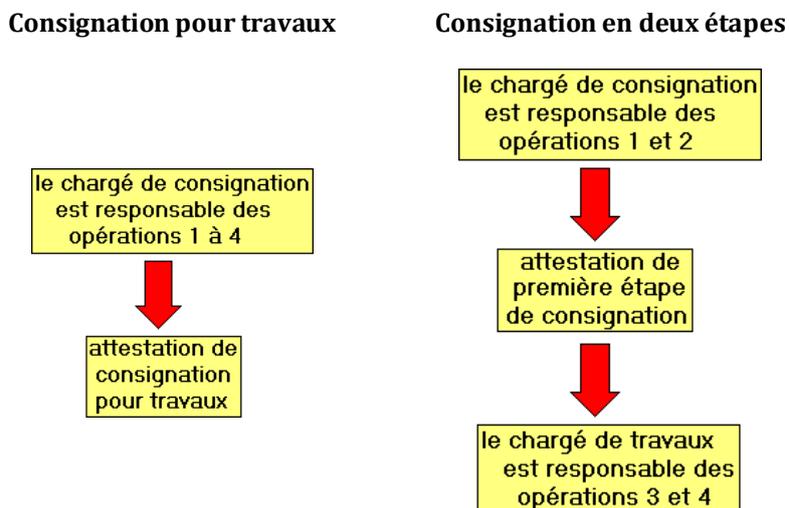


Figure VI.8 : Organisation de l'opération de consignation

La consignation donne lieu à un échange de document du type:

ATTESTATION DE CONSIGNATION POUR TRAVAUX	
Etablissement :	N° <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>
Exploitation :	
Le chargé de travaux, M. des Etablissements ou Service est chargé de l'exécution des travaux suivants:	
sur l'ouvrage ci-après:	
Le chargé de consignation, M. atteste qu'en vue de l'exécution de ces travaux, il a consigné:	
Tél:	
Le chargé de travaux doit considérer comme étant sous tension tout ouvrage électrique autre que ceux dont la consignation lui est certifiée par la présente attestation ou par d'autres attestations en sa possession.	
Dispositions particulières :	
L'avis de fin de travail devra être rendu au plus tard	
Le délai de restitution des installations en cas d'urgence est de	
à h min	h min
Attestation délivrée le	
à h min	au chargé de travaux qui s'engage à respecter les prescriptions de sécurité en vigueur.
Signatures	Le chargé de consignation
ou	Le chargé de travaux
numéro du message	

Figure VI.9 : Exemple d'attestation de consignation pour travaux

VI.3.2 Travaux sous tension

Les travaux sous tension sont autorisés :

- Sur les réseaux de distribution publique, ouvrages de production et leurs annexes ;
- Sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou d'utilisation ou si la nature même des opérations rend dangereuse ou impossible la mise hors tension.

Les travaux sous tension peuvent s'effectuer sous 3 conditions :

- Sur des pièces nues sous tension ;
- Au voisinage immédiat de pièces nues sous tensions accessibles ;
- Au voisinage de pièces nues sous tensions accessibles, pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu de tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension et de tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

L'employeur avant d'autoriser l'approche des ouvrages pour exécuter des travaux sous tension, doit prendre les dispositions nécessaires à la sécurité et les notifier aux intéressés.

Les règles à respecter (méthodes de travail, procédures opératoires, formation et habilitation, organisation de travail) sont précisées ci-après.

VI.3.2.1 Méthodes de travail

Avant d'entreprendre un travail d'ordre électrique sous tension, il ya lieu de l'organiser, pour éviter qu'un contact ou qu'un amorçage accidentel avec les pièces sous tension n'arrivent. Pour cela, et pour assurer sa pleine sécurité, l'exécutant doit respecter toutes les mesures de protection afin qu'aucune partie de son corps ne puisse entrer en contact avec :

- les conducteurs nus ou autres éléments non protégés sous tension,
- des masses conductrices en liaison avec la terre (bâti d'appareillage, conduite de fluide,...),
- le sol.

Pour ce faire, l'opérateur doit :

- S'isoler par l'utilisation des protections individuelles et collectives,
- Aménager l'emplacement de son travail,
- Choisir son matériel,
- Respecter quelques mesures particulières avant le démarrage de l'opération

❖ Les protections individuelles

Les équipements de protection individuelle sont obligatoires pour les travaux au voisinage et les travaux sous tension.

L'opérateur doit obligatoirement porter :

- Des gants isolants,
- Un casque isolant,



Figure VI.10 : Gants isolants
et Casque isolant



- Des lunettes ou masque de protection contre le rayonnement ultraviolet et infra rouge,



Figure VI.11 : Masque de protection contre le rayonnement ultraviolet et infra rouge

- Des vêtements secs non inflammables recouvrant totalement bras et jambes, ne comportant pas de parties conductrices (fermetures à glissières métalliques...).
- Des chaussures isolantes à semelles compensées.



Figure VI.12 : Combinaison et chaussures de l'électricien

L'opérateur doit obligatoirement éviter :

- Le port de bagues et bracelets métalliques qui augmentent considérablement les surfaces d'entrées du courant s'ils viennent en contact avec une pièce sous tension.



Figure VI.13 : La tenue réglementaire d'un opérateur électrique

❖ **Aménagement de l'emplacement de travail**

L'opérateur doit :

- Disposer d'un emplacement dégagé et d'un appui assurant une position stable,
- Lorsque les conditions le permettent, s'isoler au moyen d'isolant approprié (écran, tapis, échelle...).

❖ **Matériel**

L'opérateur doit :

- Utiliser des outils isolants ou isolés
- Utiliser des appareils de mesure ou de contrôle ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, de mauvais choix de gamme de mesure, ou de défaut d'isolement.
- Exclure l'emploi ou le port d'objets conducteurs dangereux (mètres ou règles métalliques)

❖ **Avant le démarrage de l'opération**

L'opérateur doit :

- Organiser le travail pour limiter les risques,
- Désigner clairement la zone dangereuse par des panneaux ou des bandes d'avertissement,
- Veiller à être constamment vu ou entendu par une autre personne connaissant les manœuvres à effectuer pour couper le courant et pratiquer la ventilation artificielle si nécessaire,
- Isoler les conducteurs nus ou autres éléments non protégés qui sont sous tension dans le voisinage immédiat au moyen de gaines, nappes, capuchons, profilés isolants, etc.

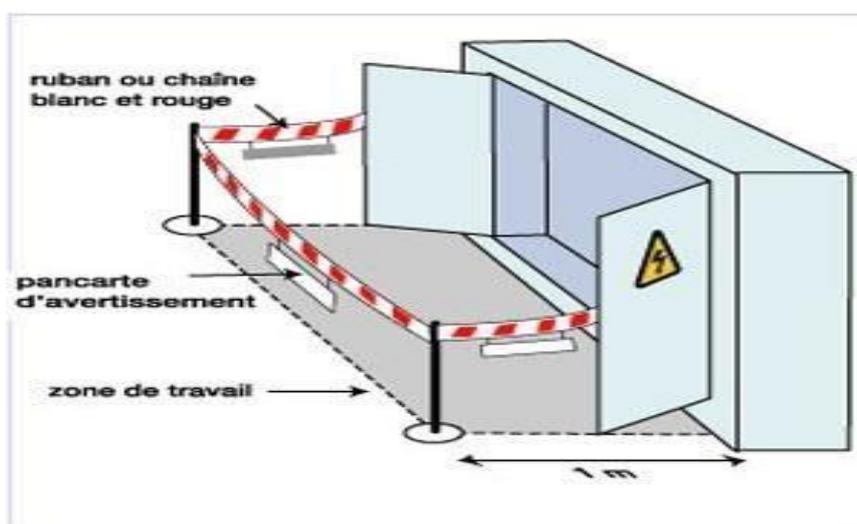


Figure VI.14 : Balisage autour d'une armoire électrique ouverte

VI.3.2.1.a Travail à distance

L'opérateur se tient en dehors de la zone définie par la distance minimale d'approche autour des pièces nues sous tension. Il exécute son travail à l'aide d'outils montés à l'extrémité de perches isolantes et dans certains cas de cordes isolantes, ces outils et cordes ayant un isolement approprié au niveau de tension des pièces sur ou au voisinage desquelles il travaille. Cette méthode est utilisée pour toutes les tensions.

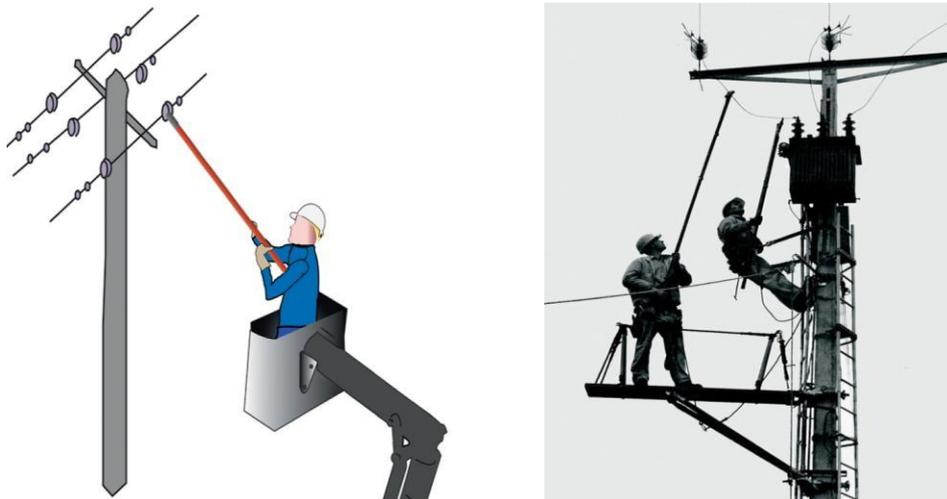


Figure VI.15 Travail à distance : exemple pour la haute tension B

VI.3.2.1.b Travail au contact

L'opérateur pénètre, avec les protections et les précautions prescrites dans la zone définie par la distance minimale d'approche autour des pièces nues sous tension. Les tâches sont effectuées à l'aide d'outils à main isolants ou isolés et l'opérateur est équipé de protections individuelles isolantes (gants, protège bras, etc.).

Cette méthode est utilisée pour des tensions jusqu'à 30 kV.

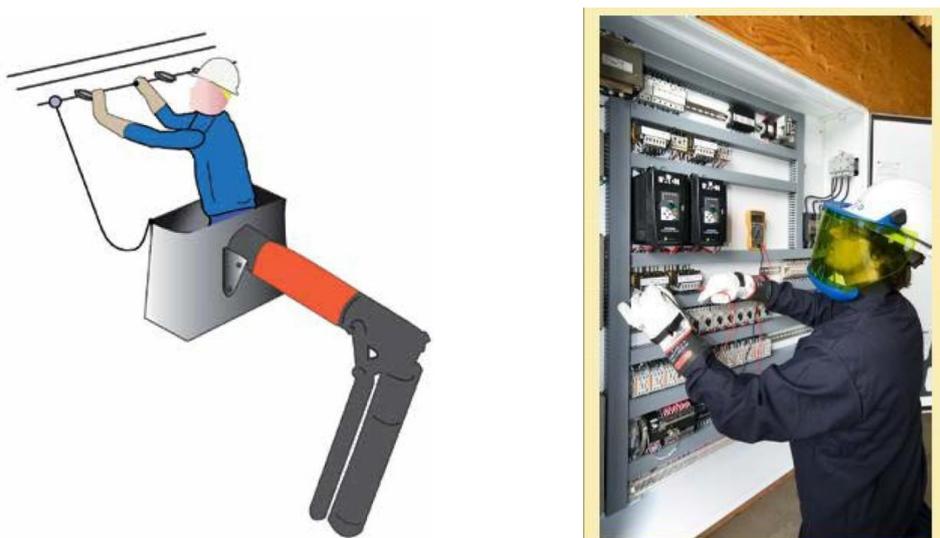


Figure VI.16 Travail au contact : exemple pour la basse tension et la haute tension A

VI.3.2.1.c Travail au potentiel

L'opérateur se met au potentiel de la pièce sur laquelle il travaille. Il crée ainsi autour de lui une nouvelle zone définie par la distance minimale d'approche dont il faut tenir éloigné les autres potentiels.

Les opérateurs portent un vêtement conducteur leur garantissant une équipotentialité parfaite une fois la connexion établie.

Pendant le transfert du potentiel de terre au potentiel du conducteur et vice versa, l'opérateur n'est relié à aucun potentiel fixe. On dit qu'il est à *potentiel flottant*. Cette méthode est particulièrement adaptée aux tensions du domaine HTB.

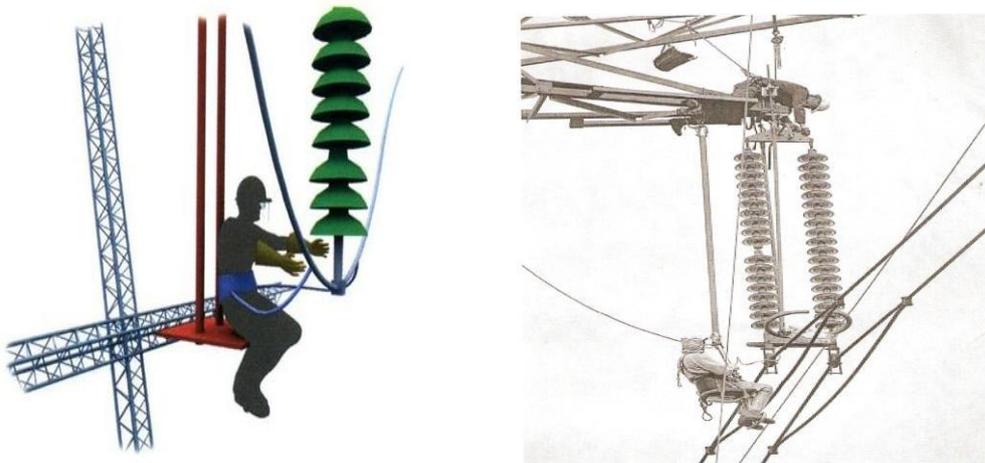


Figure VI.17 Travail au potentiel : exemple pour la haute tension B

Il convient d'observer que l'exécution des travaux sous tension exige que soient remplies certaines conditions préalables, telles que les conditions atmosphériques. Si ces conditions ne sont pas remplies, les procédures des travaux hors tension doivent être appliquées.

2.1. 3 Travaux au voisinage

Il s'agit de travaux ou opérations exécutées au voisinage de pièces nues sous tension.

Ces opérations peuvent être d'ordre électrique ou non. Il ya lieu de distinguer entre les deux opérations en considérant des zones de travaux différentes et en graduant les procédures, les moyens de protection à mettre en œuvre et la compétence à rechercher pour le personnel.

L'opérateur doit se tenir éloigné des pièces nues sous tension, à des distances définies, ou à utiliser des protections isolantes placées entre les personnes et ces pièces. Ces distances peuvent être matérialisées par des obstacles plus ou moins performants tels que barrières, écrans, banderoles, placés à des distances précises et définies dans les règles.



Figure VI.18 : Moyens de matérialisation des distances d'éloignement des pièces nues sous tension

Des protections isolantes recouvrant ou enveloppant les pièces nues sous tension sont utilisées dont le matériau doit résister aux surtensions qui apparaissent sur les installations en exploitation.

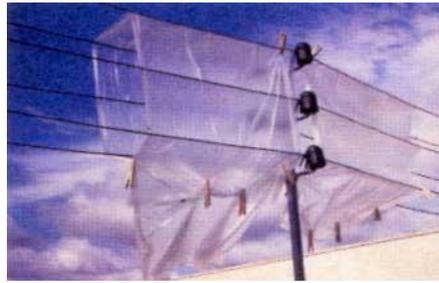


Figure VI.19 : Enveloppe de pièces nues sous tension avec nappes, capuchons et pinces

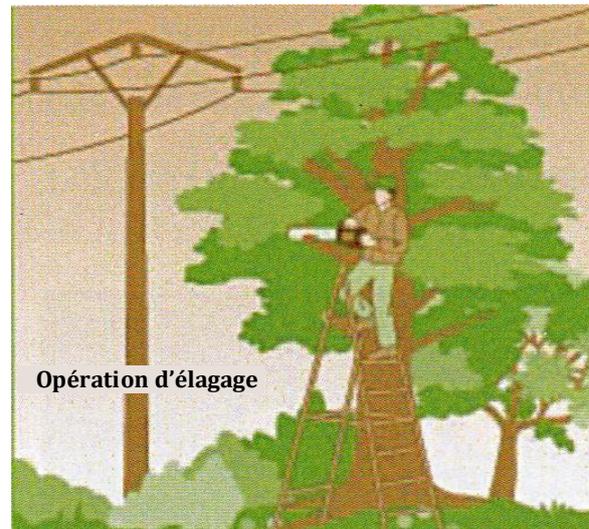
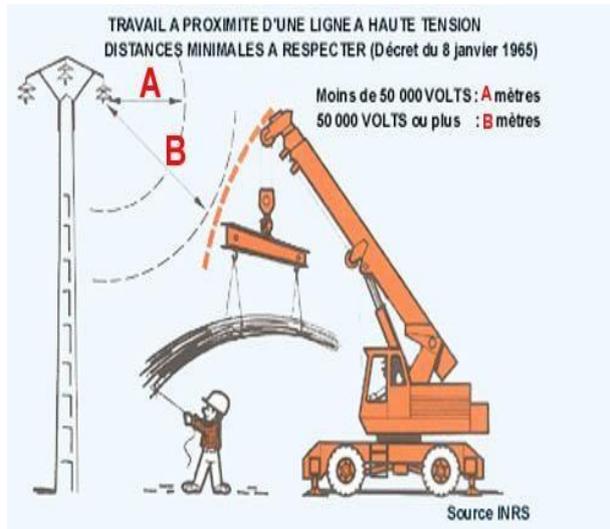


Figure VI.20 : Travaux d'ordre non électrique au voisinage de lignes électriques



Figure VI.21 : Outillage pour électricien

Chapitre VII Le matériel de protection

Des **Protections individuelles** et **Collectives** sont employées pour les interventions et travaux sur installations électriques.

VII.1 Les Equipements de Protection Individuelle(EPI)

Ils sont obligatoires pour les travaux au voisinage et les travaux sous tension.

- gants isolants,
- lunettes ou masque de protection contre le rayonnement ultraviolet et infra rouge,
- vêtements secs non inflammables recouvrant totalement bras et jambes, ne comportant pas de parties conductrices (fermetures à glissières métalliques...),
- chaussures isolantes à semelles compensées,

Eliminer les bagues et bracelets métalliques qui augmentent considérablement les surfaces d'entrées du courant s'ils viennent en contact avec une pièce sous tension.

Signaler un mauvais état éventuel des EPI au Chargé de Travaux.

VII.1.1 Protection des mains

Pour l'électricien, le gant constitue l'outil de protection individuel de première importance (NF C 18-415-EN60903). Ils sont réservés exclusivement à la manœuvre des appareils ; en aucun cas, ils ne peuvent servir à l'exécution d'un travail sur des parties sous tension.

Il existe six classes suivant leur tenue à des essais de rigidité diélectrique (tableau VII.1).

		Couleur de triangle double (1)
00	0,5	
0	1	
1	7,5	
2	17	
3	26,5	
4	36	

(1) l'usage de la couleur est une recommandation

Les gants pour électriciens sont classés en différentes catégories :

Catégorie A : résistant à l'acide

Catégorie H : résistant à l'huile

Catégorie Z : résistant à l'ozone

Catégorie M : résistant mécanique

Catégorie R : combinant A, H, Z et M

Catégorie C : résistant aux très basses températures.

Ils sont marqués d'un triangle double et existent en diverses mensurations.

Leur conservation, leur entretien et leur usage, font l'objet de prescriptions très strictes; notamment, avant chaque usage, un essai par tenue du gonflage, soit par enroulement de la manchette, soit au moyen d'un accessoire spécifique, permet de s'assurer qu'ils ne sont pas perforés (auquel cas, ils sont à mettre hors d'usage).

Les gants isolant doivent être vérifiés :

- visuellement pour déceler les traces de cassure,
- Sous pression d'air et immersion dans l'eau pour déceler les perforations (la plus petite piqûre suffit à rendre complètement inefficace la protection d'un gant.

Ce contrôle peut être effectué à l'aide d'un vérificateur pneumatique.

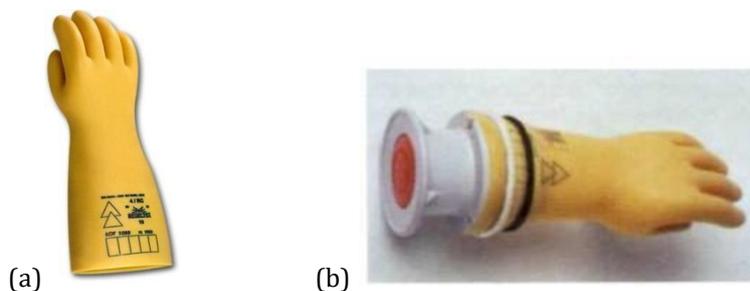


Figure VII.1 : gant isolant (a) et Vérificateur pneumatique pour gants (b)

VII.1.2 Protection des yeux

La protection des yeux à l'aide de **lunettes ou masque (écran facial)** est requise :

- Pour toute manœuvre d'appareils de sectionnement ou de coupure en haute et basse tensions ;
- Pour tous travaux sous tension, en particulier pour ceux concernant la filerie des relais, les comptages, etc. ;
 - lors des travaux ou interventions au voisinage
 - lors des étapes sous tension des interventions
 - lors des opérations de contrôle, essais, mesurages
 - lors de la mise en place des dispositifs de mise à la terre et en court-circuit.
- Chaque fois qu'il y a risque d'arc électrique (flash), de projection de vapeur ou de particules de matière.



Figure VII.2 : Lunettes et masque anti UV de protection des yeux

Les optiques de ces lunettes et écran facial doivent être en matériaux résistant aux chocs, aux rayons infrarouges et à l'arc, et traités pour filtrer les rayons ultraviolets dégagés par cet arc (NF S 77-100 et 101, EN 166 à 168). Réalisées en polycarbonates spéciaux, il existe 3 classes de lunette (1, 2 et 3), le niveau de protection maximal étant la classe 1 (filtrage UV à 92 %).

VII.1.3 Protection de la tête

La protection de la tête au moyen d'un **casque** conforme à la norme NF S 72-202 est nécessaire contre le risque :

- De chute d'objet ou de partie d'objet (isolateurs, pièces métalliques) lors de la manœuvre d'appareils de coupure ou de sectionnement, situés dans un plan au-dessus de l'opérateur ;
- de choc à la tête (obstacle à hauteur d'homme) ;
- de chute de hauteur (plus de 3 mètres) ;
- de contact électrique au niveau de la tête.

Pour certains travaux électriques, il est nécessaire que ce casque soit isolant (travaux sur les réseaux aériens sous tension, travaux dans les fileries d'appareils de mesure ou de contrôle, etc.).

Lors de travaux en hauteur, ce casque doit comporter une jugulaire correctement assujettie et reliée mécaniquement à la coiffe du casque par des rivets susceptibles de se rompre facilement pour éviter une éventuelle strangulation (rivet en caoutchouc ou matière plastique souple) (NF EN 397).



Figure VII.3 : Casques isolants pour électricien

VII.1.4 Protection du tronc ou des membres

Lors de travaux s'effectuant sous tension ou au voisinage, le tronc et les membres des exécutants doivent, au minimum, être entièrement recouverts par des vêtements secs, non souillés de graisse, d'huile ou de produits inflammables. Les manches de ces vêtements doivent recouvrir les avant-bras et être boutonnées ou serrées aux poignets. Le port de short est interdit pour ces travaux.

Les exigences générales font l'objet de la NF S 74-500 - EN 340.

Des protections individuelles peuvent venir compléter les vêtements : **protège-bras** isolants (NF C 18-404 - EN 60984) utilisés pour les travaux au contact en tension HTA.



Figure VII.4 : protège bras pour HTA (a) et Tenue réglementaire de l'électricien (b)

VII.1 5 Protection des pieds

Cette protection peut être assurée soit :

- par des **chaussures**, des **surchaussures** ou des **bottes** isolantes,
- soit par l'intermédiaire de **tabourets**
- ou de **tapis** isolants conforme à la norme NF C 18-420.

L'emploi de ces derniers est nécessaire pour effectuer les manœuvres des appareils de coupure ou de sectionnement, chaque fois que l'équipotentialité du sol environnant n'est pas réalisée.

L'opérateur doit se placer au centre et éviter tout contact avec la masse métallique.

On notera que les tabourets à plateau plein, offre l'avantage d'éliminer le risque d'un contact accidentel avec le sol, provoqué par la chute d'un objet conducteur.

Certaines chaussures de sécurité ont des embouts renforcés, protégeant les extrémités contre les chocs ou les écrasements (NF S 73-501 à 504, EN 344).



Figure VII.5 : Chaussure (a), tabouret (b) et tapis (c) pour électricien

VII.2 Les Equipements Individuels de Sécurité (EIS)

L'utilisation d'outillage isolés et d'accessoires de sécurité appropriés, sont nécessaires lors des interventions à proximité de pièces nues sous tension (BT), publication UTE C18- 515

VII.2.1 Emploi d'outils isolés ou isolants

Afin de protéger l'opérateur et éviter la survenance de courts-circuits, il est prescrit d'employer pour les travaux sous tension ou au voisinage en basse tension, des outils isolés ou isolants tels que :

- pinces universelles ou à poignée isolée,
- tournevis à manche isolant,
- clefs diverses revêtues de matériaux isolants,
- ... etc.

Du matériel à isolation renforcée est utilisé afin d'éviter la mise en contact accidentelle de pièces portées à des potentiels différents ; il est marqué de 2 triangles croisés. Ce matériel est adapté aux travaux ou interventions en zone de voisinage BT.



Figure VII.6 : Symbole outillage électrique
On utilise :

- Des **outils à main** pour travaux sous tension jusqu'à 1 kV (NF C 18-400 - EN 60900) ; au-dessus de 1 kV, ces outils doivent être d'un modèle agréé par le Comité des Travaux sous Tension ;



Figure VII.7 : Outils à main isolés

- Des **tubes isolants** remplis de mousse et tiges isolantes pleines pour travaux sous tension (NF C 18-401-HD 496 S1) ;
- Des **tubes isolants creux** (CEI 1235) ;
- Des **perches isolantes** et outils adaptables pour travaux sous tension (NF C 18-402-HD 542 S1).

Deux types de perches sont habituellement utilisées : la perche isolante de sauvetage, encore appelée perche à corps et la perche de manœuvre.



Figure VII.8 : Perches isolantes

- Des échelles isolantes (NF C 18-430),
- Des longes de sécurité (NF S 71-503 - EN 354),
- Des harnais (NF S 71-508 - EN 361)
- Des équipements élévateurs à bras isolants (NF C 18-450 - EN 61057).

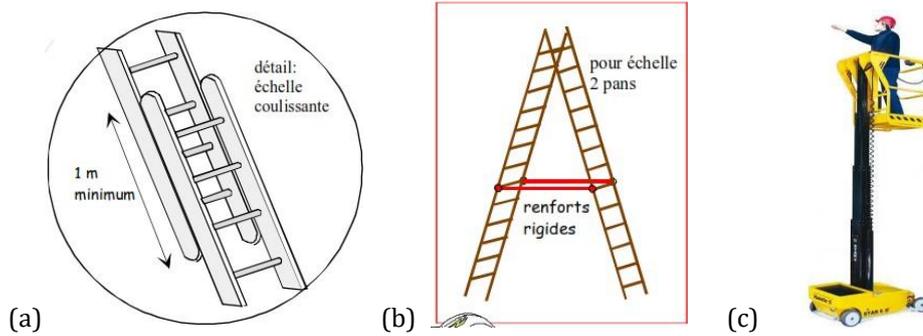


Figure VII.9 : Echelles isolantes (a) et (b) et nacelle isolante (c)



Figure VII.10 : Les harnais pour travaux en hauteur

VII.3 Protections collectives

VII.3.1 Les Equipements Collectifs de Sécurité (ECS)

a) Protections collectives à caractère permanent : sont incorporées dans les installations électriques en vu d'éviter les risques de contact direct avec les pièces nues sous tension (capots d'appareils de coupure, grillages et écrans de protection, enceintes équipotentielles, blindages, mises à la terre automatiques, etc.)



Figure VII.11 : Protections permanentes par Grillage (a) et porte (b) d'armoire électrique

b) Protections collectives à caractère temporaire, nécessaires seulement pendant le temps d'intervention sur les machines, les ouvrages et les installations.

- **Écrans, grillages de protection et protecteurs isolants**, destinés à isoler une zone de travail de tout contact fortuit avec des pièces ou des conducteurs sous tension. Ils peuvent être en matériaux isolants (bois bakélinisé, matières plastiques expansées, fibre de verre, etc.). Ils permettent de créer une enceinte isolée à l'intérieur de laquelle les travailleurs peuvent évoluer en sécurité ou, inversement, de limiter une zone dans laquelle tout déplacement, toute intervention sont interdits à quiconque.

- **Nappes** isolantes vinyliques (EN 61112) éventuellement maintenues par des **Pinces en bois**, utilisées pour isoler totalement ou partiellement les tableaux de distribution à basse tension, de contrôle ou de comptage, ainsi que pour les câbles souterrain, du reste de l'installation sur laquelle doit intervenir l'opérateur.
- **Tapis isolants** (NF C 18-420 – EN 61111), permet d'éviter le risque où l'équipotentialité du sol environnant n'est pas réalisée.
- **Profilés** isolants pour les conducteurs (NF C 18-425),
et **Capuchons** isolants pour les isolateurs des réseaux aériens, permettent de mettre le ou les opérateurs à l'abri des contacts électriques, sans préjudice des mesures de protection individuelles à prendre dans le cas de travaux sous tension.
- **Capuchons protecteurs isolants adaptés à la section du câble**, utilisés pour isoler les extrémités de conducteurs isolés ou protégés, en attente de mise en place sur les appareils de jonction, lors de raccordement sous tension.
- **Balisage** pour délimiter l'emplacement de travail.
- **Pancarte** d'avertissement de travaux (**responsabilité du BR ou du B2**).

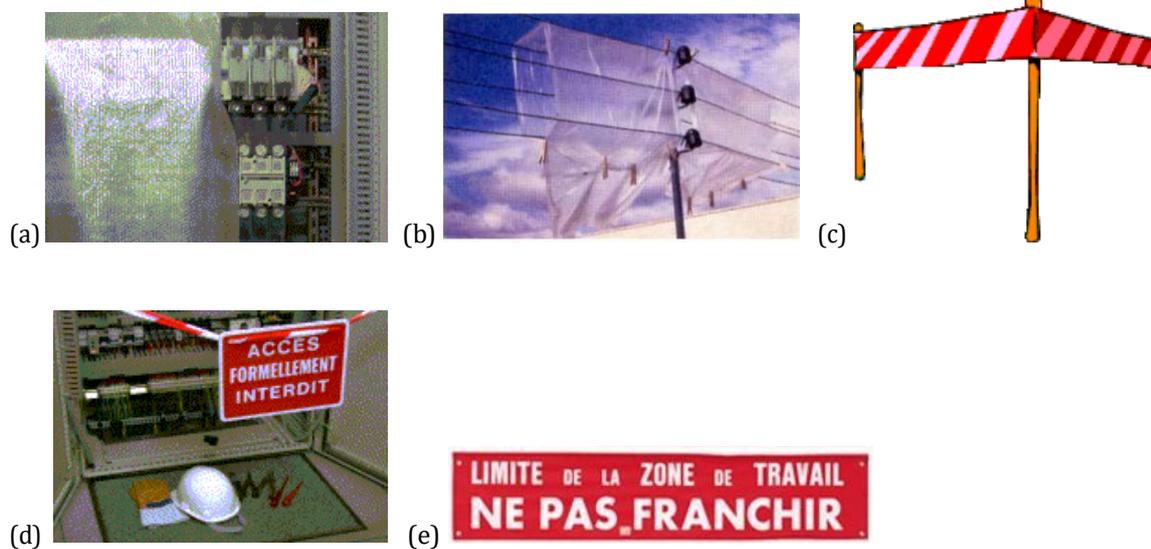


Figure VII.12 : protections temporaires par écran(a), nappes, capuchons et pinces (b), balisage (c), (d) et signalisation (d) et (e)

c) Matériel de condamnation des appareils

Lors d'une intervention sur une installation hors tension, l'appareille de coupure doit être condamné à la position ouverte par **verrou ou cadenas** personnel et appose une **pancarte** très lisible portant une inscription telle que « **Appareil condamné – Défense de manœuvrer** ».

Cette pancarte constitue la protection minimale dans le cas où il n'est pas possible d'immobiliser matériellement les appareils de coupure (cas des sectionneurs à commande par perche ou des interrupteurs dont la poignée n'est pas adaptée à cet effet).



Figure VII.13 : Condamnation par cadenas (a) et pancarte (b)

d) Appareils de vérification d'absence de tension

La vérification d'absence de tension, d'une mise à la terre et en court-circuit des conducteurs électriques alimentant l'équipement sur lequel on doit intervenir est obligatoire lors de tout travail hors tension sur une machine, un ouvrage, une installation électrique. Suivant la tension des ouvrages et leur conception (barres omnibus, lignes aériennes ou câbles souterrains), ces appareils de vérification de l'état de tension sont différents. Pour avoir la certitude du bon fonctionnement de l'appareil, il y a lieu de le vérifier avant et après usage.

- Pour la **basse tension**, le vérificateur d'absence de tension permet, pour certains modèles, de déterminer, lorsqu'elle est présente, son niveau (127, 220 ou 380 V) et le conducteur neutre.



Figure VII.14 : Vérificateur d'absence de tension en BT

- Pour la **haute tension A** (HTA), on utilise des perches à néon, ou des dispositifs électroniques sonores et lumineux montés sur des perches isolantes (détecteur généralement unipolaire lors de contact avec une partie conductrice présentant un potentiel alternatif par rapport à la terre, il provoque l'éclairement d'un tube luminescent ou le déclenchement d'un bruiteur)



Figure VII.15 : Vérificateur d'absence de tension pour HT A

- Pour les **lignes aériennes**, des fusils lance-câbles sont utilisés. Ils permettent de contrôler l'état de tension des ouvrages. Les mêmes précautions de vérification, avant et après usage sont requises pour ces dispositifs, à l'aide d'un vérificateur intégré ou par contact avec des installations sous tension.



Figure VII.16 : Fusil lance câble

- Pour la **haute tension B** (HTB), cette vérification d'absence de tension se réalise à l'aide de dispositifs électroniques similaires.

Les détecteurs de tension font l'objet de la norme NF C 18-310 pour la basse tension et pour la haute tension ($U > 1$ kV) de la norme C 18-311.

Des modèles plus évolués existent aussi en type capacitif (EN 61243-1) ($U > 1$ kV).



Figure VII.17 : Vérificateur et perche pour HTB

• Pour les **câbles souterrains**, cette vérification d'absence de tension *in situ* conduit obligatoirement à une destruction partielle du câble sur lequel on doit intervenir, avec utilisation d'une perche de piquage de câble.



Figure VII.18 : Perche de piquage pour câble souterrain

e) Dispositifs de mise à la terre et en court-circuit

Le dispositif de mise à la terre et en court-circuit se compose d'un ensemble de liaisons en conducteurs isolés extra-souples, centré sur un raccord de trifurcation auquel aboutissent trois tresses de court circuit du côté des conducteurs actifs et un câble de mise à la terre de l'autre (modèle pour une installation triphasée de caractéristique courantes).

La mise en place de ces dispositifs se fait obligatoirement en utilisant des gants isolants et une perche isolante. On opère dans l'ordre suivant :

- Vérification du bon état de l'équipement ;
- Raccordement du conducteur de terre à l'aide d'un étau de terre adopté à l'installation ;
- Fixation des pinces sur chacun des conducteurs en utilisant une perche isolante adaptée.

Ces dispositifs existent sous différents types, adaptés aux courants de court-circuit, ainsi qu'aux diverses formes, diamètres ou sections des conducteurs qui peuvent être des barres méplates, rondes, tubulaires, câbles, fils, etc.). Les modèles normalisés sont:

- Les appareils de mise à la terre ou de mise à la terre et en court circuit au moyen de cannes (NF C 18-445 - EN 61219), pour utilisation sur les matériels du type «*protégé*», en installation fixe ;
- Les dispositifs portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit (EN 61230).

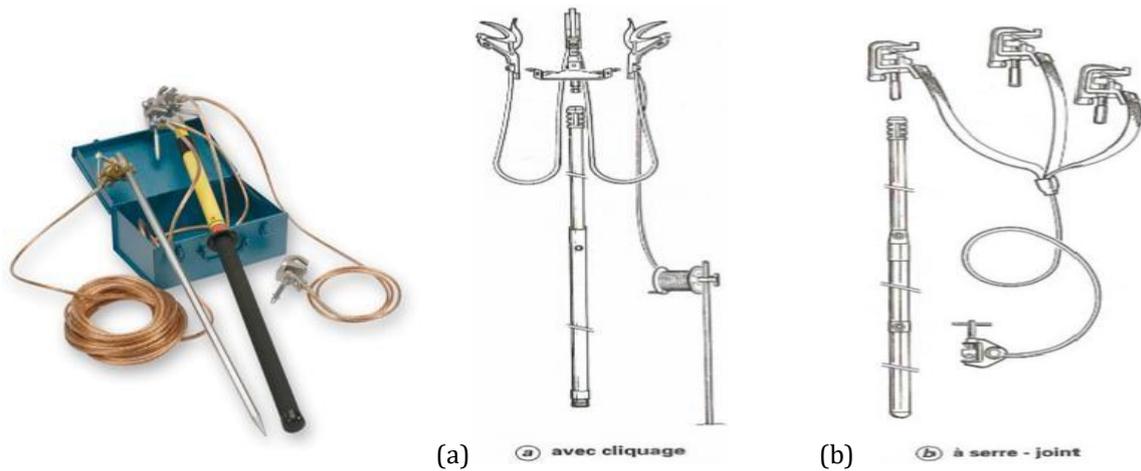


Figure VII.19 : Dispositifs de mise à la terre pour lignes aériennes, (a) avec cliquage et (b) à serre-joint

En HTA, un **pavé de terre** dont le courant de court-circuit admissible peut aller jusqu'à 10 kA pendant 1 s entre phase et terre permet la mise automatique en court-circuit et à la terre.



Figure VII.20 : Pavé de terre

f) Création d'une zone protégée et d'une zone de travail

La zone de travail est délimitée au moyen d'éléments de la construction, écrans, grillages, panneaux. Le balisage de cette zone est matérialisé avec des fanions ou des pancartes de couleur verte portant éventuellement la mention zone de travail.



Figure VII.21 : Délimitation de la zone de travail

g) Signaux et pancartes

Les informations, avertissements et interdictions nécessaires à la sécurité du travail sont signalés par signaux et pancartes qui ont fait l'objet de l'arrêté du 4 novembre 1993. Il existe trois types de signalisation:

- les disques d'interdiction, à couleur de fond blanc avec symbole noir et cercle et barre transversale rouges;



Figure VII.22 : Panneaux d'interdiction

- les triangles d'avertissement ayant une couleur de base jaune et une couleur complémentaire noire signalant la présence d'un danger éventuel.



Figure VII.23 : Panneaux d'avertissement

- Les pancartes complémentaires rectangulaires peuvent apporter des précisions aux signaux précédents.



Figure VII.24 : Panneaux de signalisation

Chapitre VIII Distances de sécurité

VIII.1 Introduction

Dans le cadre de la publication UTE C185-15, on distingue les travaux et interventions :

- sous tension,
- au voisinage immédiat de pièces nues sous tension,
- au voisinage de pièces nues sous tension,
- sans prescription,

Des travaux pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu :

- de tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension,
- de tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

VIII.2 Les Locaux Réservés aux Electriciens (LRE)

Ceux sont des enceintes normalement maintenues fermées dont l'accès n'est possible qu'aux personnes habilitées et désignées ou autorisées et surveillées. Ils contiennent les Ouvrages Electriques (installations et équipements) permettant l'accès éventuel à des pièces nues sous tension dans les domaines de la basse tension ou de la haute tension.

On considère qu'une pièce sous tension devient directement accessible lorsque son indice de protection est inférieur à IP2x en BT et IP3x en HTA.

La réglementation n'exige pas la fermeture à clef des locaux BT.

L'intérieur du LRE est découpé en zones d'environnement et de voisinage. Les degrés d'habilitation requis pour l'accès aux LRE varient selon le domaine de tension et la distance maintenue entre la personne et les pièces nues sous tension. Une **Instruction Permanente de Sécurité (IPS)** notifie les consignes à respecter à l'intérieur du LRE.

En zone de voisinage la personne doit porter un **Equipement de Protection Individuelle (EPI)**.

VIII.3 : Zone d'environnement

Par zones d'environnement, on entend celles relatives aux personnes, par rapport aux ouvrages électriques. On distingue quatre zones.

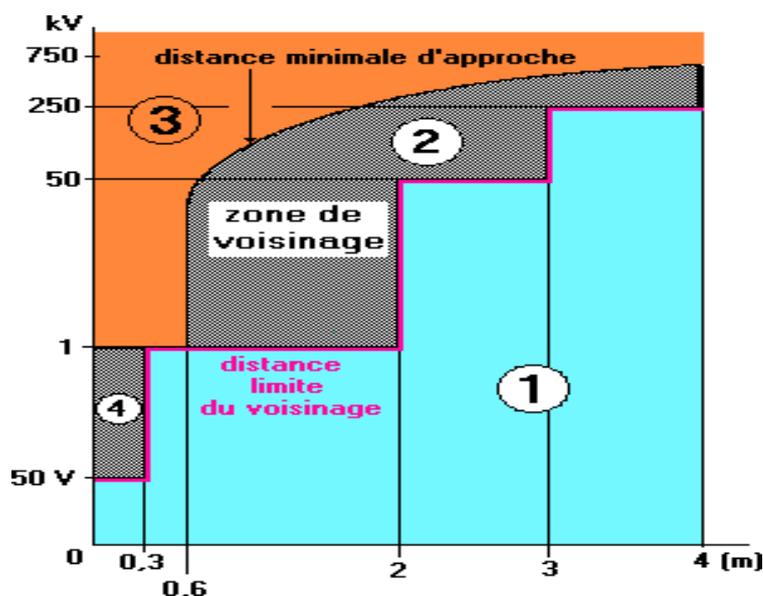


Figure VIII.1 : Zones d'environnement

- zone 1: c'est la zone qui s'étend au delà de la limite de voisinage
- zone 2: c'est la **zone de voisinage** du domaine **HT**
- zone 3: c'est la zone comprise entre les pièces nues sous tension et la distance minimale d'approche (DMA) du domaine **HT**. La DMA est la distance à partir de laquelle il y a risque d'amorçage.
- zone 4: c'est la **zone de voisinage** ou de travail sous tension du domaine **BT** (distance inférieure à **30 cm** à partir de pièces nues sous tension). Tout matériel correspondant au degré de protection IP2X ne doit pas être considéré comme pièce nue sous tension.

VIII.2 : Prescriptions générales

Tableau VIII.1 : Prescriptions générales

ZONE	TITRE	LIEU - DOMAINE	EPI
ZONE 1 – BT	B0, B1, B2	Intérieur du local à plus de 30 cm des pièces nues sous tension (BT)	Casque (voir IPS)
ZONE 1 – TBT	Si TBTS ou TBTP < 25V	des pièces nues sous tension	
ZONE 4	B0V, B1V, B2V B1T, B1N, B2T	ZONE DE VOISINAGE DE LA BT A moins de 30 cm des pièces nues sous tension	Casque Gants isolants Lunettes anti-UV
ZONE 1 – HT	H0, H1, H2	Intérieur du local en delà des zones de voisinage de HT	Casque (voir IPS)
ZONE 2	H0V, H1V, H2V	ZONE DE VOISINAGE DE LA HT	Casque Gants isolants HT Lunettes anti-UV
ZONE 3	H1T, H1N, H2T	Entre la DMA et les pièces nues sous tension (HT)	Equipements spéciaux HT

VIII.5 : La Distance minimale d'approche (DMA)

La DMA est la distance à partir de laquelle il y a risque d'amorçage. C'est la somme de la distance de tension et de la distance de garde.

- La **distance de tension** t (exprimée en mètres) est donnée, en l'absence de dispositifs de protection appropriés ou de mise hors de portée, par $t = 0,005 U_n$, avec U_n (en kV) valeur nominale de la tension.

Nota : t est arrondi par excès au décimètre le plus proche, sans pouvoir être inférieure à 0,10 m en HT.

Dans certaines conditions (opérateur à un potentiel différent de celui de la terre, prise en compte de surtensions possibles), cette distance peut être modifiée (généralement augmentée).

- La **distance de garde** g a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent de respect de la distance de tension.

Nota : g est égal à :

- 0,30 m en BT
- et 0,50 m en HT.

La DMA (distance minimale d'approche) peut être déterminée en HTB par la relation suivante:

$$DMA(m) = 0,005 U \text{ (kV)} + 0,5$$

Par exemple, pour 150 kV, on obtient :

$0,005 \times 150 = 0,75$ m, ce qui donne, arrondi au dm le plus proche 0,8 m, auquel on rajoute 0,5 m, d'où DMA = 1,3 m.

Pour des lignes aériennes en **conducteurs nus**, les distances de voisinage sont :

- de **3 m** en dessous de 50 kV
- et **5 m** au dessus de 50 kV.

Pour les lignes aériennes **isolées**, la distance de voisinage est :

- de **30 cm** si les travaux sont exécutés avec **moyens mécaniques**.

Pour les **canalisations enterrées**, la distance de voisinage est :

- de **1,5 m**.

Une canalisation électrique souterraine se reconnaît par le **grillage rouge** placé au dessus d'elle (au minimum à 10 cm) et aux indications données par l'exploitant.

VIII.6 : Distances limites de voisinage

Elles permettent de définir des zones de travaux et d'interventions dits *au voisinage* et concernent les travaux exécutés par des personnes habilitées ou par des personnes non habilitées surveillées par des personnes habilitées.

Les distances limites (supérieure) de voisinage des pièces conductrices nues sous tension sont :

- 0,30 m en BT
- 2 m en HT pour $1\text{kV} < U_n < 50\text{kV}$
- 3 m en HT pour $50\text{kV} < U_n < 250\text{kV}$
- 4 m en HT pour $U_n > 250\text{kV}$

VIII.7 : Zone de travail

C'est celle dans laquelle l'opérateur est amené à évoluer avec ses outils ou les matériels qu'il manipule. À l'intérieur de cette zone, qui doit être balisée, ne doivent pénétrer que les personnes autorisées ou désignées pour le travail à y effectuer.

Cette notion de **zone de travail** est à prendre en considération quelle que soit l'opération à effectuer, qu'elle soit hors tension, sous tension, au voisinage, ou qu'il s'agisse d'une intervention.

A titre d'exemple, les tableaux (VIII.2) et (VIII.3) ci dessous, donnent les distances D limites de la zone de travail en fonction de la tension de la pièce nue.

Tableau VIII.2 : limites inférieures de la zone de travail par rapport à la pièce nue sous tension en fonction de la classe de tension

Zone \ classe de tension	BT	MT	HT 5,5kV	HT 15kV	HT 20kV
Sans prescription de sécurité	3m*	3m	3m	3m	3m
Au voisinage de pièces nues sous tension	0,30m	0,30m	0,65m	0,70m	0,80m
Au voisinage immédiat de pièces nues sous tension	Très près mais sans contact	0,10m	0,45m	0,55m	0,60m
Sur pièces nues sous tension	Contact	contact	contact	contact	Contact
*A l'intérieur des bâtiments cette distance est ramenée à 1m.					

Tableau VIII.3 : limites de la zone de travail par rapport à une pièce nue sous tension en fonction du niveau de tension

Zone de travail et d'intervention	220 ou 380 V (Valable de 50 à 430 V)	20 kV
Sans prescription	D > 1m**	D > 3m
Voisinage	0,30 < D < 1m*	0,80 < D < 3m
Voisinage immédiat	D ≤ 0,30 m	0,60 < D < 0,80m
Sous tension	Au contact	
*A l'extérieur 0,3 < D < 3m		**A l'extérieur D > 3m

VIII.8 : Travaux près des lignes électriques

La notion de LRE s'applique également aux lignes aériennes. Les travailleurs doivent observer une distance de sécurité par rapport aux fils électriques. L'équipement et les machines doivent également être maintenus à une distance de sécurité. Cette distance varie selon la tension du courant.

Lorsque les travaux sont effectués près d'une ligne électrique, toute personne, pièce, équipement ou élément de machinerie doit se trouver :

- à plus de 3 m des lignes électriques de moins de 125 kV;
- à plus de 5 m des lignes électriques de 125 à 250 kV;
- à plus de 8 m des lignes électriques de 250 à 550 kV;
- à plus de 12 m des lignes électriques de plus de 550 kV.

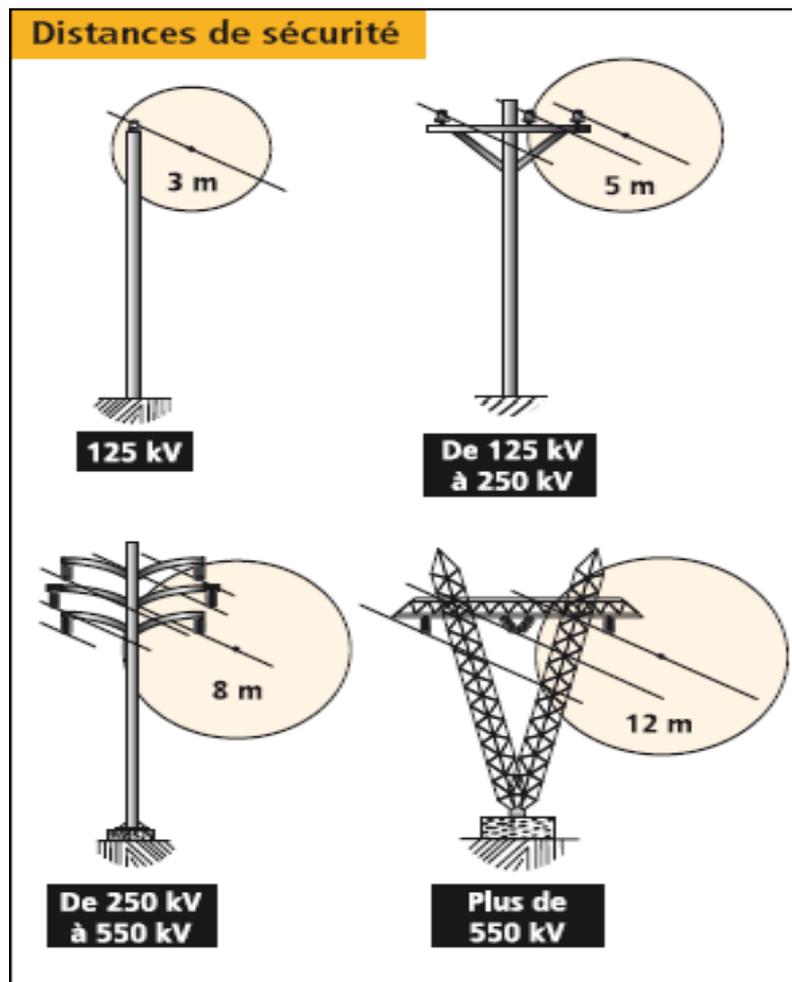


Figure VIII.2 : distance de sécurité par rapport aux lignes aériennes HT

VIII.9 Distances à respecter autour d'une ligne de transport et de distribution

Une distance minimale entre tout bâtiment (ou structure) et les éléments du réseau électrique doit être respectée pour des raisons évidentes de sécurité et d'entretien du réseau électrique.

VIII.9.1 Distance minimale HORIZONTALE par rapport aux fils haute tension

La distance minimale d_b entre le conducteur de la phase la plus extérieure et les bâtiments voisins doit être de 5 m (distance majorée d'une valeur égale à la différence des hauteurs si les bâtiments sont plus hauts que la ligne).

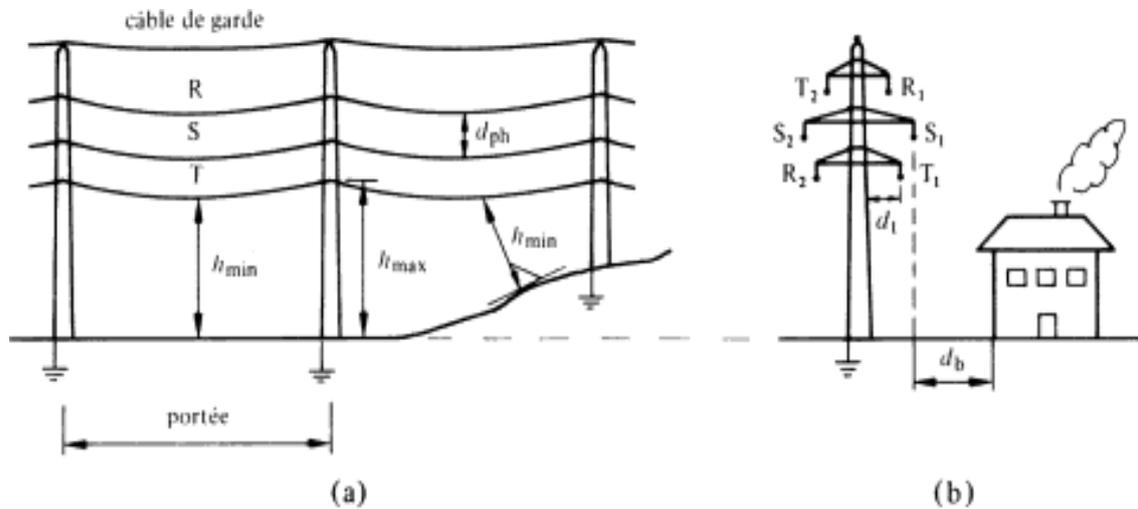


Figure VIII.3 : Ligne aérienne HT - (a) profil en long ; (b) profil en travers

La distance minimale des conducteurs par rapport au sol est donnée par le tableau (VIII.4).

Tableau VIII.4 : Distance minimale des conducteurs par rapport au sol

Lieu	Distance mesurée verticalement (sol plat)		Distance mesurée dans la direction du plus petit intervalle (sol incliné)	
	Haute tension h_{min} (m)	Basse tension h_{min} (m)	Haute tension h_{min} (m)	Basse tension h_{min} (m)
Régions non carrossables et peu fréquentées par les piétons (alpages, pâturages, montagnes, cours d'eau non navigables)	6.0	5.0		
Régions carrossables, prairies, champs et chemins vicinaux	6.5	5.5	5.0	4.0
Localités, routes, rues et places publiques	7.0	6.0		

Pour les lignes dont la tension excède 70 kV, ces chiffres doivent être majorés de 1 cm pour chaque kV en plus.

VIII.9.2 Distance minimale HORIZONTALE par rapport aux fils moyenne tension

Ces distances minimales varient selon le type de fil. Celles précisées ici s'appliquent si la distance entre les poteaux électriques est de 60 mètres ou moins, ce qui est le cas le plus fréquent. Il doit y avoir une distance HORIZONTALE minimale de 3 mètres entre le fil moyenne tension le plus proche et toute partie d'un bâtiment.

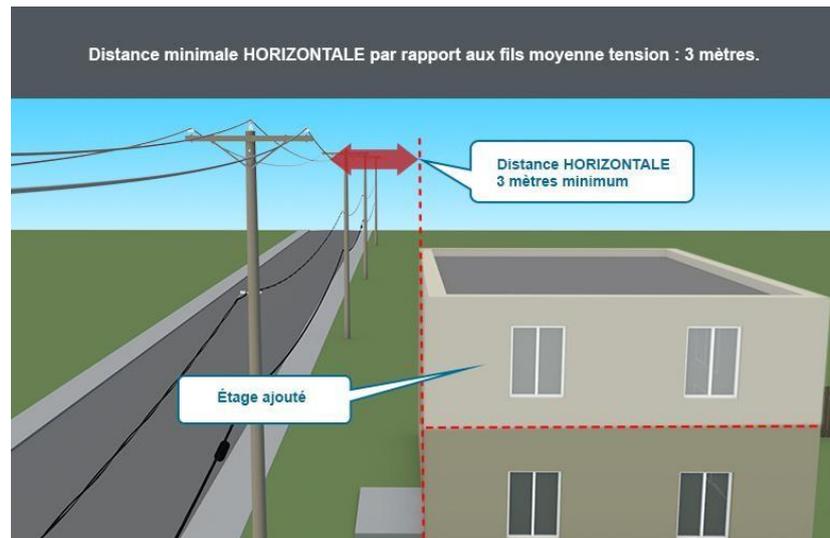


Figure VIII.4 : Exemple illustré - Ajout d'un étage à un bâtiment à proximité d'une ligne de distribution

N.B. : La distance HORIZONTALE peut être de **moins de 3 mètres** si les conditions ci-dessous sont respectées :

1. La distance VERTICALE entre la partie la plus haute du bâtiment et le fil moyenne tension le plus près est de 4 mètres ou plus ;
2. Aucune partie du fil moyenne tension ne passe au-dessus du bâtiment

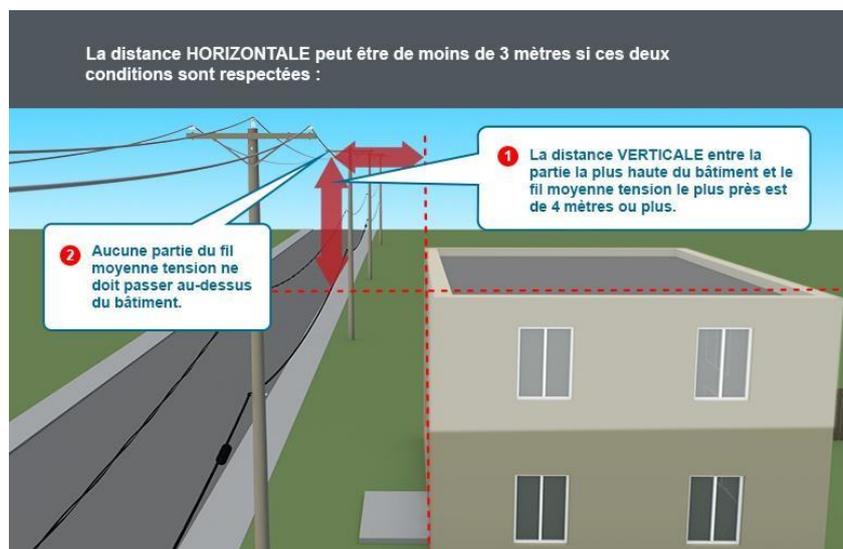


Figure VIII.5 : Exemple illustré - Ajout d'un étage à un bâtiment à moins de 3 mètres d'une ligne de distribution

La distance HORIZONTALE peut être de **moins de 3 mètres** dans le cas d'ajout d'un garage si les conditions ci-dessous sont respectées :

1. Les fils moyenne tension ne passent pas au-dessus du garage.
2. La distance VERTICALE est d'au moins 4 mètres.

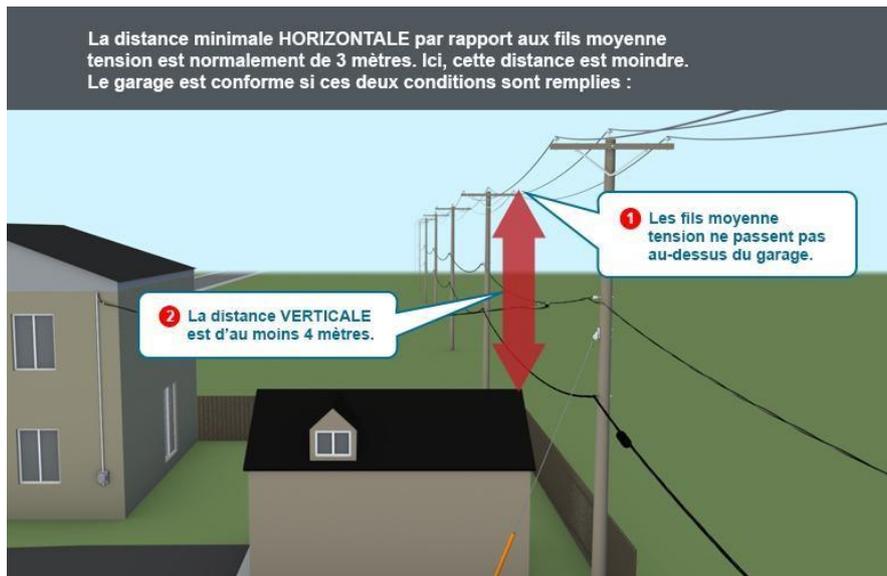


Figure VIII.6 : Exemple illustré - Ajout d'un garage à moins de 3 mètres d'une ligne de distribution

VIII.9.3 Distance minimale HORIZONTALE par rapport aux fils basse tension

Il doit y avoir une distance HORIZONTALE minimale de **1,6 mètre** entre le fil basse tension le plus proche et toute partie d'un bâtiment. Cette distance minimale vaut pour toutes les configurations de fils basse tension.

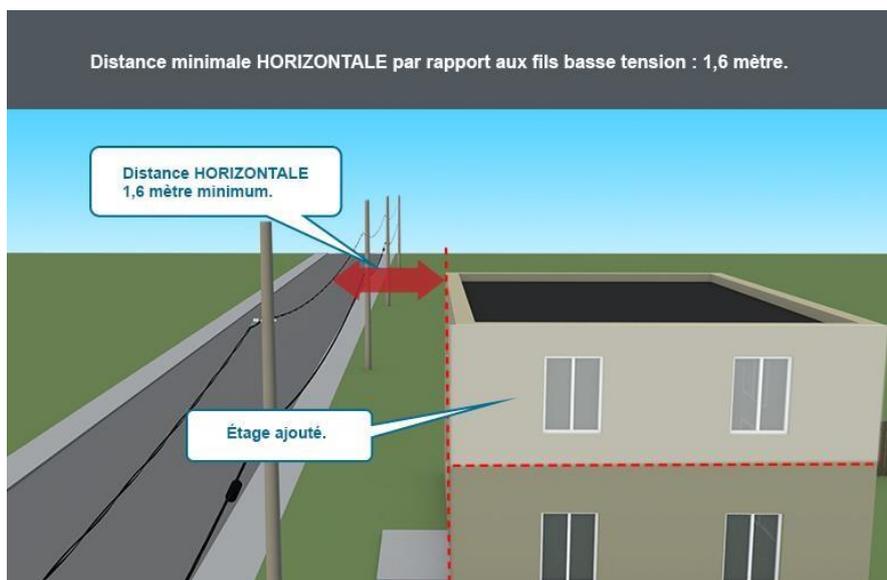


Figure VIII.7 : Exemple illustré - Ajout d'un étage à un bâtiment à proximité d'une ligne de distribution BT

N.B. : La distance HORIZONTALE entre le bâtiment et le fil basse tension **peut être inférieure à 1,6 mètre** si certaines conditions sont remplies.

Situation A : La distance HORIZONTALE entre le bâtiment et les fils basse tension peut être inférieure à 1,6 mètre si les deux conditions suivantes sont remplies :

1. les fils basse tension ne passent pas au-dessus du bâtiment.
2. il y a une distance verticale d'au moins 3 mètres entre la partie la plus haute du bâtiment et les fils basse tension.

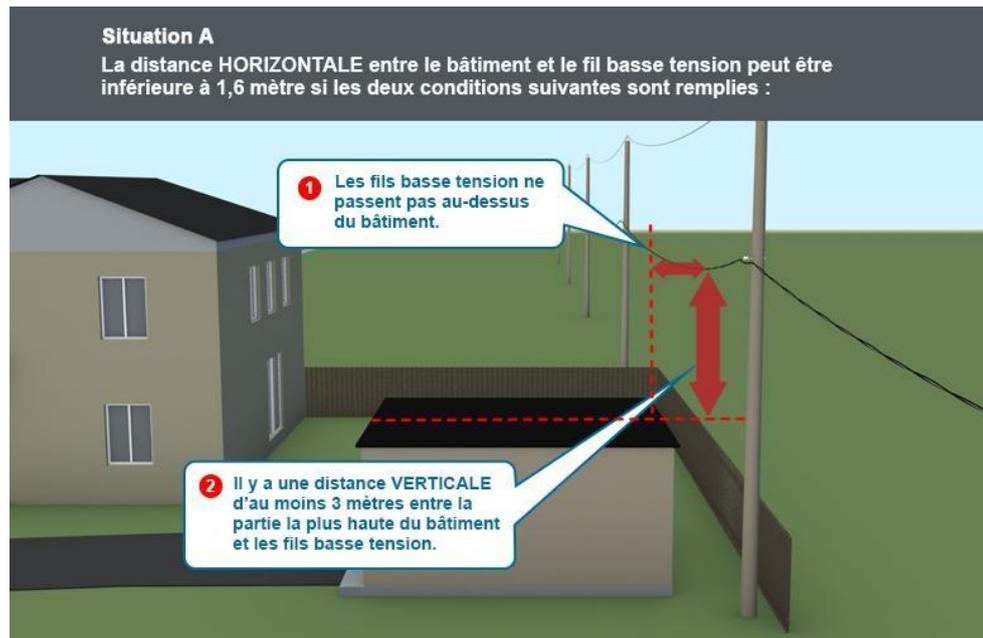


Figure VIII.8 : Exemple illustré- Ajout d'un garage à proximité de fils basse tension torsadés.

Situation B : La distance HORIZONTALE entre le bâtiment et les fils basse tension peut être inférieure à 1,6 mètre si les quatre conditions suivantes sont TOUTES remplies :

1. Les fils basse tension sont torsadés ;
2. Les fils ne passent pas au-dessus du bâtiment ;
3. La partie du bâtiment qui est proche des fils n'est pas facilement accessible (il s'agit par exemple d'un toit en pente auquel on ne peut accéder qu'avec une échelle) ;
4. Il y a une distance VERTICALE d'au moins 1,5 mètre entre la partie la plus haute du bâtiment et les fils basse tension torsadés.

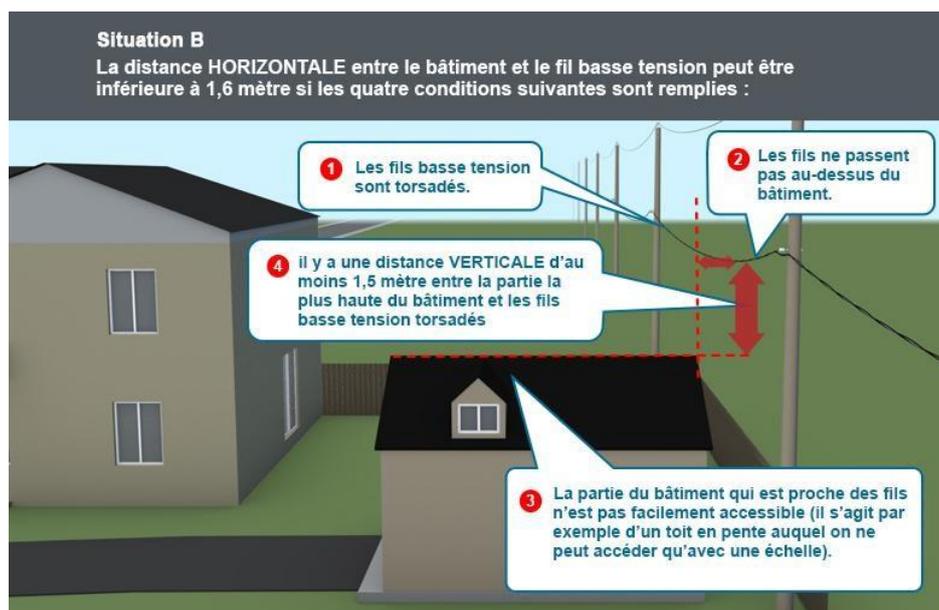


Figure VIII.9 : Exemple - Ajout d'un garage dont le toit n'est pas facilement accessible à proximité de fils basse tension torsadés

VIII.9.4 Le branchement électrique au bâtiment

Le branchement, c'est l'ensemble des fils qui relient la ligne de distribution au compteur d'un bâtiment. Un branchement aérien peut aller directement sur un mur du bâtiment alimenté ou encore sur un poteau.

Les distances minimales de dégagement pour les branchements sont les mêmes que pour les fils basse tension de la ligne. Cependant les fils du branchement peuvent passer au-dessus du bâtiment seulement s'ils alimentent directement ce bâtiment en électricité.

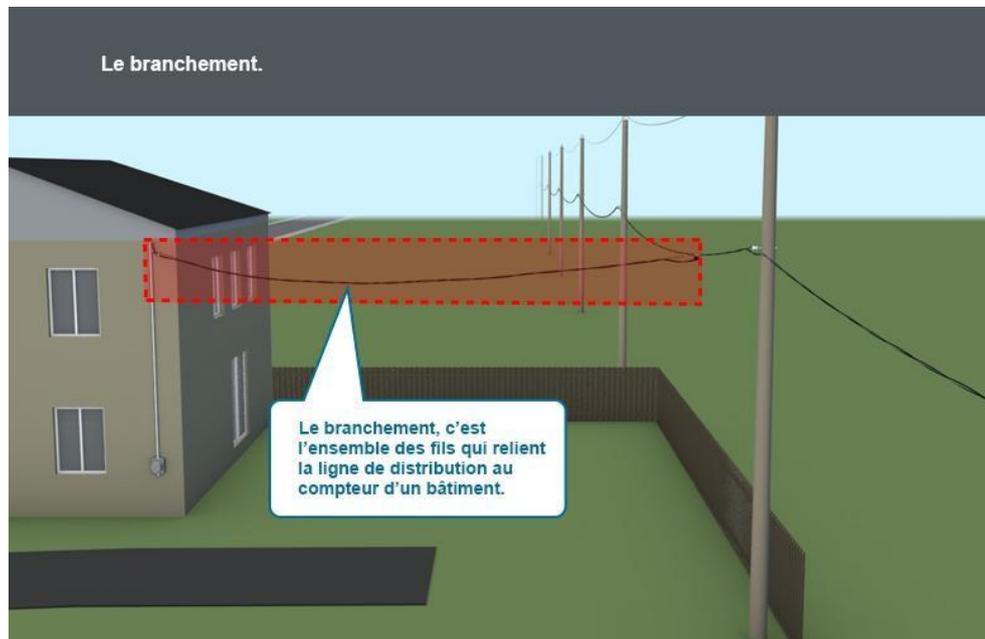


Figure VIII.10 : Branchement électrique au bâtiment

Chapitre IX Les effets indirects du courant électrique

Lorsqu'ils sont alimentés par un courant électrique, les équipements, machines et engins électriques rayonnent des champs électromagnétiques, émettent des bruits et génèrent des vibrations. De plus, en cas de défaillances, ils sont des facteurs potentiels d'accidents 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.

IX.1 Effets du champ électromagnétique et ondes hertziennes

IX.1.1 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).

IX.1.2 Effet sur les personnes

Comme présenté dans les parties ci-dessus (§III.3.1 et III.3.2), 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.

Bien qu'elles soient des radiations non ionisantes, **les ondes électromagnétiques RF** (Radio fréquence) ont des effets directs sur l'organisme (exemple des téléphones mobiles actuels fonctionnent à des fréquences comprises entre 900 et 1 800 MHz). Elles peuvent provoquer des effets thermiques dépendant de la quantité de rayonnement absorbée par le corps humain, définie par le DAS (**Débit d'Absorption Spécifique**) :

- une augmentation de température localisée ou non sur une partie du corps, qui peut s'avérer dangereuse si elle n'est pas stoppée ; L'échauffement induit dans les tissus de l'organisme peut provoquer des réactions physiologiques et thermorégulatrices temporaires, notamment une réduction des capacités physiques ou mentales au fur et à mesure que la température du corps augmente.

Le Débit d'Absorption Spécifique DAS (ou en anglais "Specific Absorption Rate SAR") est utilisé pour quantifier l'absorption de l'énergie dans les tissus, et exprimé en watt par unité de masse de tissu [Wkg^{-1}].

Par exemple si une personne de 80 kg est soumise sous une puissance de 8 W, le DAS est de $8 / 80 = 0.1 \text{Wkg}^{-1}$.

Il existe une relation qui lie le DAS et l'augmentation de la température dans le corps, elle est donnée par :

$$t = J / (c \times 4180) \dots\dots\dots (\text{IX.I})$$

Où t : augmentation de température en $^{\circ}\text{C}$.

$J = \text{SAR} \times \text{temps d'exposition [s]}$, J : énergie spécifique d'absorption en [Jkg^{-1}]

c : capacité de chaleur relative = 0.85.

Cas du téléphone portable

- Puissance transférée à la tête $\approx 100 \text{ mW}$. En négligeant la circulation du sang, l'augmentation de température cérébrale serait de 1 K en 33 minutes d'utilisation.
- Stimulateurs cardiaques
- En plus du danger réel lors d'une conduite automobile !

Les nombreux effets **BIOLOGIQUES** qui peuvent apparaître sont fonction de l'intensité du champ électromagnétique et du temps d'exposition.

Recommandation européenne 12-7-99

- seuils d'observation d'effets sur la santé $> 100 \text{ mA.m}^{-2}$

Marges de sécurité

- 100 (effet) $\rightarrow 10$ (professionnel) $\rightarrow 2$ (public) mA.m^{-2}
- $2 \text{ mA.m}^{-2} \rightarrow 320 \mu\text{T}$ (NRPB, CENELEC)
- $2 \text{ mA.m}^{-2} \rightarrow 100 \mu\text{T}$ (CCE)

Effets

- $\text{mA/m}^2 < 10$: rien ou mineurs
- $10 - 100$: magnéto phosphènes (sensation de lumière dans les yeux)
- $100 - 1000$: stimulation cardiaque)
- > 1000 : FV (fibrillation ventriculaire)
- Altération ADN \rightarrow ARNm (acide ribonucléique: synthèse des protéines), selon certains : $0,5$ à $3,5 \mu\text{T}$
- Modification du passage transmembranaire de Ca^{++} avec « effet fenêtre »
- Diminution de production de mélatonine (hormone apophysaire peut-être oncostatique)
- Cancer ?
- Leucémie chez l'enfant !

Les limites de sécurité fixées sont Résumées dans le tableau (IX.1) suivant:

Tableau IX.1 : Limites de sécurité du champ électromagnétique

Fréquence	Fréquence du courant européen		Fréquence des bases de téléphones portables		Fréquence des fours à micro-ondes
	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1.8 GHz	2.45 GHz
	Champ électrique (V/m)	Champ magnétique (μ T)	Densité du courant (W/m^2)	Densité du courant (W/m^2)	Densité du courant (W/m^2)
Limites d'exposition du public	5 000	100	4.5	9	10
Limites d'exposition professionnelle	10 000	500	22.5	45	

IX.1.3 protection et prévention contre le champ électromagnétique

La puissance du champ RF (et donc l'exposition d'un utilisateur) diminue rapidement avec la distance.

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 IX.1 : Pancartes de signalisation du risque des ondes électromagnétiques

- Il conviendrait d'installer des grillages ou des barrières, voire d'autres mesures de protection, autour de certaines stations de base (essentiellement celles situées sur les toits des immeubles) pour interdire l'accès ;
- respecter les limites imposées par l'organisation mondiale de la santé.

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 ;
- éloigner 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).

IX.2 Les effets des bruits et vibrations

Certains engins, machines et outils électriques génèrent beaucoup de bruit et/ou émettent des vibrations. Compte tenu de leur intensité et du nombre d'heures d'exposition, le bruit et les vibrations sont néfastes pour la santé et sont reconnus comme source de maladies professionnelles qui se manifestent avec une certaine latence. La période entre le début de l'exposition aux facteurs de risques et la maladie déclarée peut varier entre quelques mois et plusieurs années.

IX.2.1 Les effets du bruit

Le bruit peut provoquer des troubles de la santé, des maladies, dont l'hypercousie ou la surdité, mais aussi d'autres pathologies (stress, fatigue...), ainsi que des accidents du travail est. Il est reconnu comme source de maladie professionnelle.

IX.2.1.1 Le niveau de bruit

50 dB(A) = niveau habituel de conversation, **85 dB(A) = seuil de nocivité (pour une exposition de 8h/j)**, 120 dB(A) = bruit provoquant une sensation douloureuse, Un bruit de 150 dB entraîne la rupture du tympan.

L'échelle de décibels représentée dans le tableau (IX.2) suivant donne un aperçu des différents niveaux sonores rencontrés dans la vie de tous les jours et sur chantier.

Tableau IX.2 : Niveaux sonores rencontrés dans la vie de tous les jours et sur chantier

Vie de tous les jours	Niveau	Vie sur chantier
	150 dB (A)	Dynamite
Perte d'équilibre	140 dB (A)	Perte d'équilibre
Tonnerre	130 dB (A)	Pistolet de scellement
Seuil de douleur	120 dB (A)	Seuil de douleur
Réacteur d'avion	110 dB (A)	Marteau piqueur
	100 dB (A)	Pistolet de peinture
Train sur un pont	90 dB (A)	Banc de scie
Carrefour urbain	80 dB (A)	Foreuse
Usage difficile du téléphone	70 dB (A)	
Voiture	60 dB (A)	
Conversation	50 dB (A)	
Musique douce	40 dB (A)	
Murmure	20 dB (A)	
Bruissement d'une feuille	10 dB (A)	
Seuil d'audibilité	0 dB (A)	

Les bruits intenses peuvent être la cause de :

- gêne pour le travail (mauvaise communication, ordres mal compris, signaux de danger non perçus) ;
- accidents (le bruit exerce un effet de masque sur les signaux d'alerte, perturbe la communication verbale, détourne l'attention) ;
- troubles physiologiques tels que :
 - l'accélération du rythme cardiaque,
 - une augmentation de la tension, du rythme respiratoire,
 - la dilatation des pupilles,
 - des vertiges,
 - une certaine fatigue,
 - des maux de tête,
 - de l'agressivité, l'insatisfaction, l'irritabilité, l'anxiété ;

- des troubles du sommeil,
- etc.
- fatigue auditive
- surdité permanente causée par des lésions de l'oreille interne (destruction des cellules ciliées) en cas d'exposition prolongée à un bruit intense. Cette perte auditive est irréversible.

La fréquence, le type et la durée du bruit affectent le degré et l'étendue de la perte auditive:

- Les bruits aigus sont plus dangereux que les bruits graves étant donné la position des cellules ciliées réceptrices des hautes fréquences (nuisances au niveau de l'oreille interne) ;
- Un bruit continu (bruit qui se prolonge dans le temps à une fréquence supérieure à une par seconde) est mieux supporté qu'un bruit discontinu tel que le bruit d'impact (tout bruit formé par des chocs mécaniques de corps solides ou par des impulsions répétées ou non à une fréquence inférieure ou égale à une par seconde);
- les bruits d'une intensité donnée deviennent nocifs si la durée d'exposition dépasse un certain nombre d'heures par journée.

Le tableau (IX.3) ci-contre donne les durées d'exposition par rapport à la valeur d'action inférieure de 80 dB (A) stipulée dans la directive européenne 2003/10/CE.

Tableau IX.3 : Durées d'exposition par rapport à la valeur d'action inférieure de 80 dB (A) stipulée dans la directive européenne 2003/10/CE

Heures d'exposition par jour	dB (A)
8h	80
4h	83
2h	86
1h	89
0 h 30	92
0 h 15	95
0 h 08	98
0 h 04	100

Pour une journée de travail (8 heures), on considère que **l'oreille est en danger à partir de 85dB(A)**. Si le niveau de bruit est supérieur, l'exposition doit être de plus courte durée. Si le niveau est extrêmement élevé (supérieur à 130 dB(A)), toute exposition, même de très courte durée, est dangereuse.

IX.2.1.2 Mesures de prévention contre le bruit

- **Éviter le risque** en utilisant des méthodes de travail dont l'exposition au bruit ne dépasse pas 80 dB (A).
- **Évaluer le risque** par une estimation du niveau sonore.
 - S'il faut élever la voix pour communiquer c'est qu'il est élevé : à 2 mètres de distance, s'il faut crier, c'est qu'il est d'au moins 85 dB(A).
 - Il faut procéder au mesurage.
- **Combattre le risque** ; remplacer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins
 - choix d'équipements de travail émettant le moins de bruit possible ;
 - entretien des équipements, remplacement des pièces usées ;
 - localiser les bruits dans un espace déterminé isolé du reste ;
 - éviter la propagation du bruit par des montages antivibratiles.
- **Prévoir des équipements de protection collective**
 - Capotage d'une source de bruit (enveloppe complète ou partielle d'une source de bruit destinée à réduire la propagation du bruit)

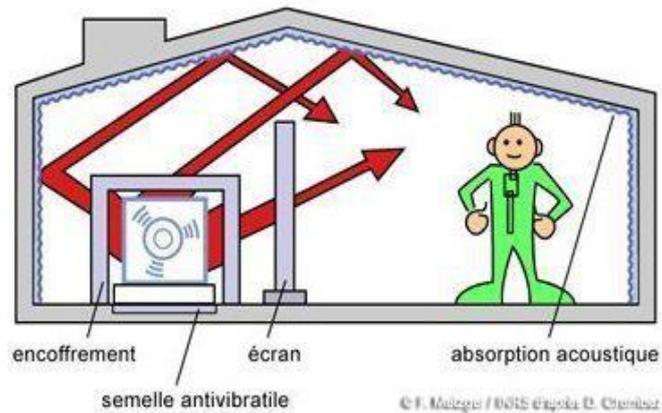


Figure IX.2 : Capotage d'une source de bruit

- **Prévoir des équipements de protection individuelle**
 - Utiliser des protecteurs auditifs individuels, appropriés et correctement adaptés (norme NBN-EN 458 Protecteurs contre le bruit) tels que les bouchons d'oreilles (NBN-EN 352-2), qu'ils soient jetables, réutilisables, prémodelés ou réalisés sur mesure.
 - Utiliser des coquilles sur serre-tête ou casque (NBN-EN 352-1 et 3). . Il existe certains modèles qui laissent passer la voix grâce à une membrane dite vocale.



Figure IX.3 : Protections auditives individuelles

- **Adapter le travail à l'homme ; limiter le risque ; planifier la prévention**
 - éloigner un maximum de personnes de la source de bruit ;
 - rassembler les équipements bruyants dans un endroit tout en étant attentif au voisinage urbain ;
 - limiter le temps d'exposition au bruit en répartissant le travail entre plusieurs travailleurs et prévoir des temps de repos ;
 - si on se trouve dans un local, réduire la propagation du bruit en y installant des parois absorbantes. Éviter les phénomènes de réverbération (mesure plus facilement applicable en atelier).
- **Former et informer le travailleur**

L'employeur veille à ce que les travailleurs qui sont exposés sur leur lieu de travail à un niveau sonore égal ou supérieur aux valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action (80 dB (A) et Pcrête 112 Pa) reçoivent des informations et une formation en rapport avec les risques découlant de l'exposition au bruit, notamment en ce qui concerne :

- la nature de ce type de risque ;
 - les mesures prises en vue de supprimer ou de réduire au minimum les risques résultant du bruit;
 - les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant l'action ;
 - les évaluations et les mesurages du bruit;
 - l'utilisation correcte de protecteurs auditifs ;
 - etc.
- Les zones de bruit excessif doivent être signalées à l'aide de panneaux normalisés



IX.2.2 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 ;
 - suivant 3 axes par rapport au corps : l'axe vertical, l'axe horizontal ou l'axe gauche-droite par rapport au corps ;
 - suivant 3 axes par rapport aux mains : axe poignet-doigts, axe horizontal et axe vertical de la main à plat (voir figure IX.4) ;

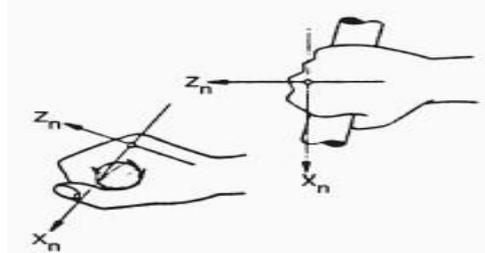


Figure IX.4 : Les axes par rapport aux mains

- leurs sortes : harmonique ou sinusoïdale, périodique, stochastique (qui apparaît de manière arbitraire et imprévisible), de courte durée ou sous forme de chocs.

La fréquence de résonance est la fréquence à laquelle le système vibratoire est très sensible.

L'effet néfaste des vibrations sur le corps humain est fonction de la fréquence, de l'amplitude des vibrations et de la durée d'exposition. Le corps humain peut être considéré comme un système mécanique déformable constitué de différentes entités reliées entre elles par des ressorts et des amortisseurs que sont les ligaments, les muscles, les disques intervertébraux (voir figure IX.5).

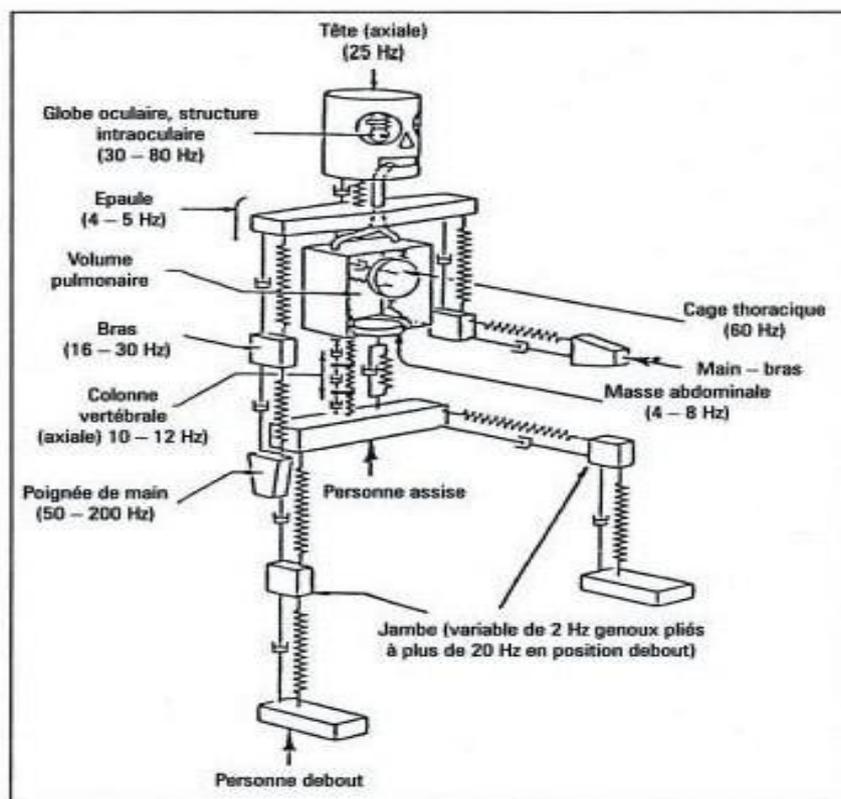


Figure IX.5 : Les fréquences de résonance

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 (voir figure IX.6).

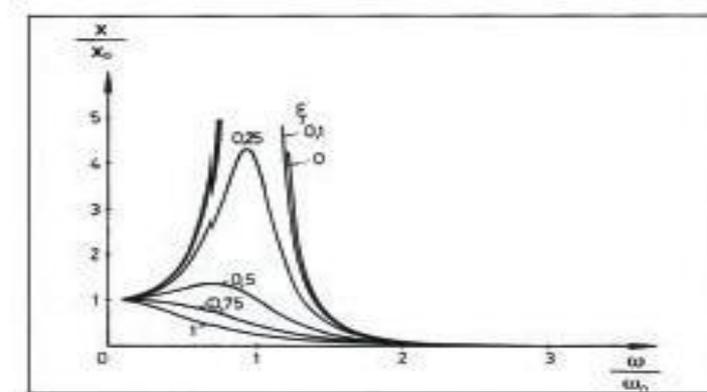


Figure IX.6 : Augmentation de l'amplitude-points de résonance

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.

IX.2.2.1 Les Risques liés au système mains-bras (liées à l'utilisation d'outillage à main de 5 Hz à 1 500 Hz) sont de trois types : les troubles vasculaires, les lésions ostéo-articulaires ou les troubles neurologiques ou musculaires.

- **Les troubles vasculaires du membre supérieur se manifestent par :**
 - **Le syndrome de Raynaud ou le syndrome du doigt mort** (la contraction des vaisseaux sanguins entraînant un ralentissement de la circulation sanguine qui se traduit par des épisodes de décoloration des doigts, accompagnés de sensations de doigt mort).
- **Les affections ostéo-articulaires du membre supérieur**
 - **L'arthrose du coude** (limitation des mouvements du coude, parfois accompagnée de douleurs, son évolution est lente et très progressive).
 - **L'ostéonécrose du semi-lunaire** qui est un des os de la première rangée du carpe constituant le poignet (voir figure IX.7). Le manque de vascularisation provoque une nécrose de l'os. Cette maladie se manifeste par des douleurs d'apparition parfois brutale, mais plus souvent progressive avec limitation des mouvements de flexion-extension du poignet. Une diminution de la force de préhension est parfois observée.

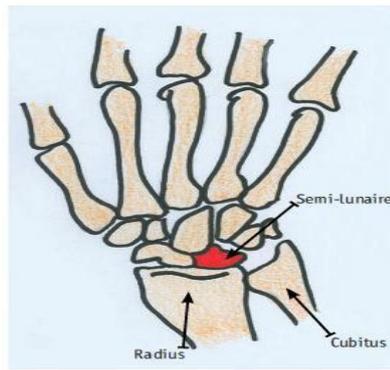


Figure IX.7 : Les os du poignet

- **Les troubles neuromusculaires du membre supérieur**
 - **Le syndrome du canal carpien** (atteinte neurologique du poignet) ; il est dû à la compression du nerf médian (nerf qui parcourt le bras et qui innerve les muscles qui fléchissent le bras). Ce syndrome est caractérisé par des paresthésies (fourmillements qui apparaissent au premier stade de la maladie durant la nuit et qui, par la suite, peuvent devenir constants), un engourdissement, une diminution de la sensibilité du pouce, de l'index et du majeur, une atrophie de l'éminence thénar (ensemble musculaire à la base du pouce) avec gêne aux mouvements du pouce.

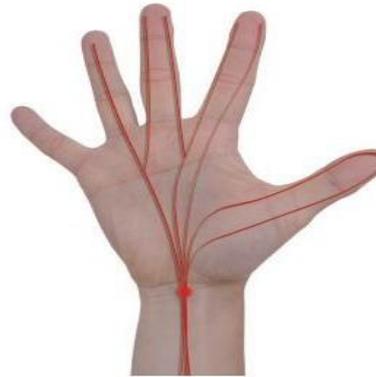


Figure IX.8 : Le canal carpien

IX.2.2.2 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.

Les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant l'action journalières normalisées à une période de référence de 8 heures sont données par le tableau (IX.4) suivant :

Tableau IX.4 : Valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant l'action journalières

	Valeurs déclenchant l'action	Valeurs limites d'exposition
Vibrations mains-bras	2,5 m/s ²	5 m/s ²
Vibrations ensemble du corps	0,5 m/s ²	1,15 m/s ²

IX.2.2.3 Mesures de prévention contre les vibrations

- **Mesures de prévention concernant le système main-bras**, les solutions suivantes sont à adopter :
 - **Isolation contre les vibrations** ; cela consiste à placer en dessous de la machine à isoler des amortisseurs sur un point d'appui fixe sur le bâtiment ;
 - **Réduction active à la source** qui vise une réduction de la charge occasionnée par les vibrations à l'apport d'énergie. La source ajoutée doit pour cela être en contre-phase avec la source d'origine ;
 - **L'utilisation d'équipements de protection individuelle** : Poignées et gants anti-vibrations ;
 - **Mesures organisationnelles** : consiste à réduire le temps d'exposition.

De manière générale, on peut dire que pour les vibrations main-bras, le niveau de vibrations autorisé (la valeur limite) peut être calculé comme suit pour une exposition pendant une période T, différente de 8 heures :

$$T(a_w)^2 = 8(5)^2 \quad T = 200 / (a_w)^2 \dots\dots\dots (IX.2)$$

Où a_w est la valeur limite pour l'accélération pendant une durée d'exposition journalière d'un nombre d'heures (T).

- **Mesures de prévention concernant l'ensemble du corps**
 - **Sièges réglables** : diminution des vibrations grâce à l'utilisation de sièges à suspension, voire d'une cabine de commande à suspension.



Figure IX.9 : Réduction des vibrations par réglage du siège

Engins téléguidés : la charge due aux vibrations peut être réduite en utilisant un robot ou un outil téléguidé.



Figure IX.10 : Réduction des vibrations par utilisation d'engins téléguidés

IX.3 Les effets des incendies et des explosions d'origines électriques

Un défaut électrique peut entraîner la production d'étincelles et l'échauffement anormal d'un système électrique parcouru alors par un courant incompatible avec ses caractéristiques. Ces effets peuvent conduire à un incendie généralisé ou à une explosion, si des matières inflammables se trouvent à proximité.

Les incendies et explosion sur le lieu de travail sont souvent spectaculaires et parfois mortels. Leur prévention fait l'objet d'une réglementation spécifique.

IX.3.1 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 ».

IX.3.1.1 Les causes de l'explosion

Il ne peut y avoir explosion que sous certaines conditions, après formation d'une atmosphère explosible, résultant d'un mélange avec l'air de substances inflammables dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise son 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.

En milieu de travail, des atmosphères explosibles peuvent se former à la présence de :

- **Gaz et vapeurs** : combustibles pour les installations de chauffage, de séchage, etc., gaz combustibles stockés, vapeurs de solvants inflammables stockés ou manipulés.
- **poussières combustibles** : susceptibles de constituer avec l'air des nuages explosifs lors d'opérations courantes, telles que la farine, le sucre, le lait, le charbon, le soufre, l'amidon, les céréales, le bois, les matières plastiques, les métaux...).

IX.3.1.2 La prévention contre les explosions

- **Eviter la formation d'atmosphères explosives**
 - **Mesures relatives aux produits**
 - 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)
 - **Mesures relatives aux procédés**
 - 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 « explosion »
 - Établissement de procédures d'intervention
 - Information des entreprises extérieures
 - Nettoyage
 - Balisage

IX.3.2 Les incendies d'origine électrique

Pour que survienne un incendie d'origine électrique, il faut qu'il y ait simultanément :

- une source de chaleur ou une étincelle (énergie d'activation nécessaire au démarrage de la combustion) ;
- un comburant (l'oxygène de l'air qui entretient la combustion).
- un combustible (corps qui brûle composés du carbone et de l'hydrogène).



Figure IX.11 : Triangle du feu

- **Les dangers des incendies résident dans :**
 - la fumée (toxicité, opacité, Température élevée),
 - Le Gaz de combustion (toxicité)
 - Les flammes (Brûlure)

- Les Classes de feux sont données par le tableau (IX.5) suivant:

Tableau IX.5 : Les classes de feux

Classes de feu	Exemples	Extincteurs utilisables
A feux secs (matériaux solides)	bois, carton, tissus, paille, etc.	- eau - eau pulvérisée avec additif - poudre polyvalente - mousses
B feux gras (liquides et solides liquéfiables)	essence, alcools, fioul, goudron, graisse, etc.	- eau pulvérisée avec additif - poudre polyvalente - CO ₂ (dioxyde de carbone) - mousses
C feux de gaz	méthane, butane, propane, etc.	- poudre polyvalente, CO ₂
D feux de métaux	sodium, aluminium, magnésium, etc.	- extincteurs spéciaux

IX.3.2.1 Les principales causes d'incendies d'origine électrique

1- Les surintensités

1-1-Surcharge :

- Section inadaptée des câbles (échauffement, perte en isolement).
- Mauvais serrage des bornes, existence d'un jeu.
- Mauvais sertissage des cosses ou un mauvais fixation.
- Fusibles inadaptés (réponse de coupure).
- Prises multiples surchargées

1-2- courts-circuits :

- Sectionnement des câbles (Arc électrique).
- Contact avec des pièces nues sous tension.

1-3- défauts d'isollements :

- Mauvais raccordement des masses métalliques.
- Mauvaise équipotentialité des masses métalliques.
- Usures ou détériorations des isolants.

2- Surtensions

On trouve fréquemment les effets directs et indirects des foudres.

3- 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.

IX.3.2.2 Prévention Usage des systèmes de sécurités

- **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).

1- 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.

2- 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).

3- 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.

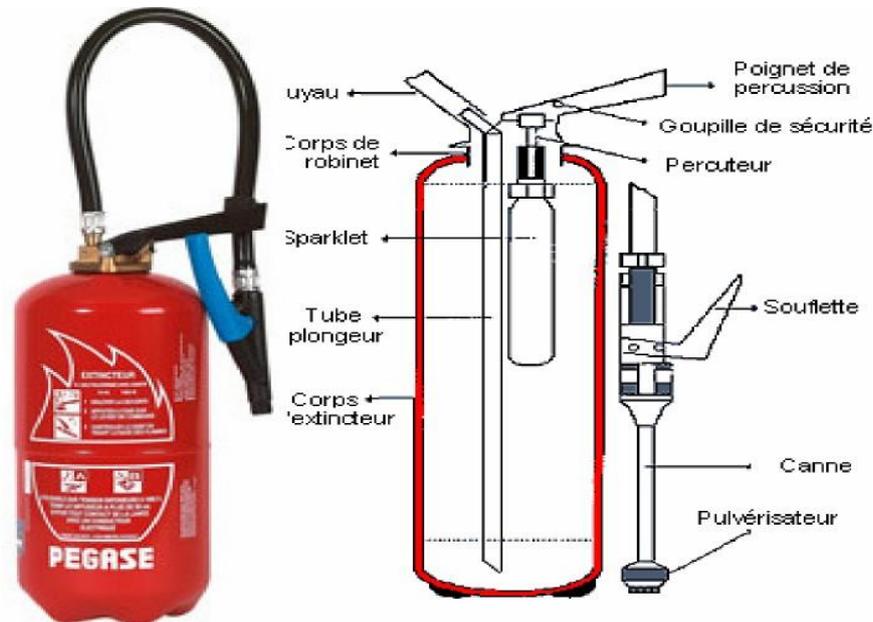


Figure IX.12 : L'extincteur

IX.3.2.3 Les agents de lutte contre le feu

Tableau IX.6 : Agents de lutte contre le feu

Age n t extincteur	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	Feu d'origine électrique	Portée en mètres
Eau pulvérisée	Très efficace	Inefficace	Inefficace	DANGER !	2 à 3 m
Eau pulvérisée +additif	Très efficace	Peu efficace	Inefficace	DANGER !	2 à 3 m
Poudre BC	Inefficace	Très efficace	Très efficace	DEGATS	3 à 4 m
Poudre polyvalente ABC	Peu efficace	Très efficace	Très efficace	DEGATS	3 à 4 m
CO2	Inefficace	Efficace	Efficace	Très efficace	Environ 0.5m m
Halons	Inefficace	Efficace	Inefficace	Très efficace	Environ 0.5m

IX.3.2.4 Conduite à tenir face à un incendie d'origine électrique

- Donner l'alerte.
- Mettre hors tension l'installation, et éventuellement les installations voisines (couper l'arrivée de gaz s'il ya lieu).
- Fermer les portes et les fenêtres.
- Attaquer le feu à la base à l'aide d'un extincteur adapté (dioxyde de carbone, eau en jet pulvérisé, poudre).
- Après l'extinction de l'incendie, évacuer les gaz toxiques en aérant.

Chapitre X Secourisme de base

X.1 Introduction

Souvent, il suffit de gestes simples mais bien accordés pour sauver une vie humaine. A vrai dire, la sauvegarde de cette vie dépend d'une simple action sous tendue par deux tâches : Protéger-Alerter.

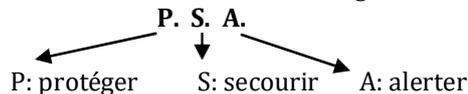
Mais surtout faire en sorte que cette impulsion de dévouement, d'altruisme, de courage n'entraîne pas des blessures graves ou la mort de sauveteurs. Pour des raisons bien évidentes de sécurité, il faut s'abstenir d'entreprendre quelques actions spontanées dangereuses dans l'intention de sauver une vie, comme par exemples :

- se jeter à l'eau
- traverser l'autoroute
- descendre dans une fosse
- se précipiter sur une personne victime d'un accident électrique.

L'alerte, quant elle s'impose, permet la prise en charge rapide de la victime par les services de secours spécialisés qui prennent le relais.

X.2 Quoi faire suite à une électrisation?

La conduite à tenir en cas d'accident d'origine électrique se base sur la règle générale de secourisme qui est :



X.2.1 Protéger

C'est assurer sa protection, celle de la victime, de ses biens, ainsi que celle des témoins.

Dans le cas d'un **accident électrique**, Le but est de soustraire les personnes présentes et l'accidenté de tous conducteurs ou pièces sous tension.

Si la victime est en contact avec la source électrique, toute intervention imprudente risque d'accidenter le sauveteur. Pour soustraire la victime aux effets du courant, il faut réaliser une mise hors tension et le sauveteur doit s'isoler, pour cela il faut procéder et dans l'ordre à :

- **Couper** ou faire couper l'alimentation en énergie électrique
 - par la manœuvre d'un arrêt d'urgence,
 - ou l'action sur le disjoncteur d'alimentation,
 - coupure du compteur,
 - ou en débrochant une prise,
 - écarter le fil avec un objet isolant (perche isolante, morceau de bois sec) ou à l'aide de gants isolants,
 - etc...
- S'assurer que la remise sous tension ne pourra être effectuée,
- **dégager la victime** en cas de nécessité.

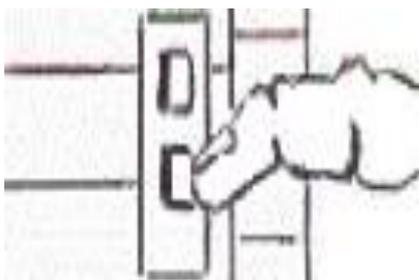


Figure X.1 : Protéger c'est s'isoler, couper et dégager

Le dégagement d'urgence consiste à sortir la victime du lieu de l'accident le plus rapidement et de la mettre en sécurité, si elle est exposée à un risque de sur accident ou à un danger vital, sans aggraver son état.

En règle générale,

On ne déplace pas
On ne remue pas
On ne touche pas

inutilement un accidenté

}

Le dégagement d'urgence ne peut se pratiquer que sur :

- Une victime inconsciente soumise à un danger,
- Une victime incapable de se soustraire d'elle-même.

X.2.2 Alerter

C'est prévenir ou faire prévenir les secours spécialisé en formulant un message clair, précis et concis. La conduite à tenir est :

- Appeler ou faire appeler les secours spécialisés,
 - Protection civile : 14
 - Samu (Service d'Aide Médicale Urgente): 6 chiffres ou 115
 - Police : 17
 - Gendarmerie : 6 chiffres ou 1055
 - Un médecin
- Formuler le message d'alerte qui doit préciser :
 - Numéro de téléphone
 - Lieu de l'accident
 - Nombre de victimes
 - Etat des victimes
 - Gestes effectués
- Ne jamais couper la communication le premier, attendre l'ordre du correspondant ;
- Rester auprès de la victime jusqu'à l'arrivée des secours.

X.3 Secourir

C'est assister la victime dans l'attente de l'arrivée des secours.

Dés que l'accidenté a été soustrait au contact et les secours ont été alertés, le secouriste doit procéder au bilan et surveillance qui consiste d'abord à recueillir de l'information :

- Que s'est-il passé?
- Tension, points et temps de contact?
- La victime est-elle restée coincée à la source?
- La victime a-t-elle été projetée après son contact avec la source de courant?
- La victime a-t-elle senti passer le courant à travers son corps?
- Y a-t-il des marques de brûlure aux points de contact sur la peau?
- Est-ce que la tension de contact était supérieure à 1 kV?
- La victime est-elle une femme enceinte?

Après quoi il faut :

- Apprécier les trois fonctions vitales, c. à. d. : vérifier :
 - l'état de conscience
 - la ventilation
 - la circulation
- Rechercher une éventuelle lésion :
 - Hémorragie
 - Plaie
 - Brulure

- Fracture
- ...
- Surveiller les fonctions vitales

X.3.1 Apprécier l'état de conscience

Le secouriste doit :

- Poser des questions simples : votre nom ? ça va ?... (Figure X.2)
- Donner des ordres simples : ouvrez les yeux, serrez- moi la main...
- Pincer légèrement la victime (sourd muet)

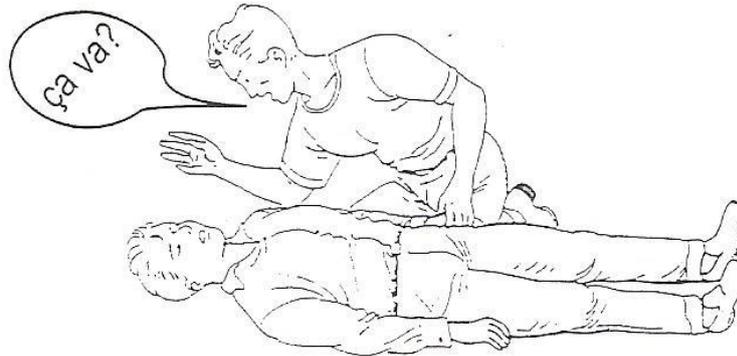


Figure X.2 : Appréciation de l'état de conscience

X.3.2 Apprécier la fonction ventilatoire

Le secouriste doit :

- Assurer la libération des voies aériennes (L.V.A),
- Desserrer tout ce qui est serré (cravate, col, ceinture...),
- Ouvrir la bouche de la victime, la nettoyer (enlever bridge, bonbons) et essuyer les mucosités à l'aide d'un linge propre,
- Placer les quatre doigts d'une main sur le front de la victime,
- Placer deux doigts de l'autre main sous la pointe du menton en prenant appui sur l'os et non dans la partie molle du menton,
- Basculer prudemment la tête en arrière (Figure X.3.a),
- Pencher son oreille et sa joue au dessus de la bouche et du nez de la victime pour sentir le flux d'air expiré (figure X.3.c),
- Observer le soulèvement de la poitrine et du ventre (figure X.3.d).

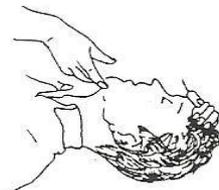


Fig.X.3.a : Bascule prudente de la tête de la victime en arrière

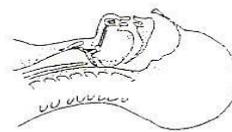


Fig.X.3.b : Libération immédiate des voies aériennes

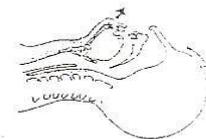


Fig.X.3.c : Recherche avec la joue d'un flux d'air expiré



Fig.X.3.d : Observation du soulèvement de la poitrine et du ventre

Figure X.3 : Appréciation de la fonction respiratoire

X.3.3 Apprécier la fonction circulatoire

Le secouriste doit :

- ❖ Mettre les trois doigts (index, majeur, annulaire) qui étaient sur le front au milieu du cou, ramener cette main vers lui en palpant la face latérale du cou de la victime en gardant l'autre main sous le menton (figure X.4)

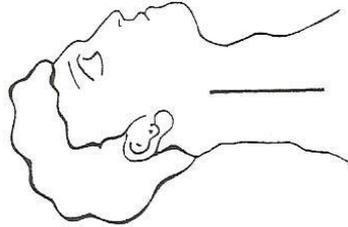


Figure X.4 : Localisation du pouls carotidien

- ❖ cas particulier de l'enfant de moins d'un an

Le secouriste doit :

- Placer les trois doigts sur la face interne du bras (pouls huméral) (figure X.5)

FigureX.5 : Recherche du pouls au niveau du bras, chez l'enfant de moins de un an



X.3.4 Rechercher une éventuelle lésion

- saignement,
- coupure de la peau
- brûlure,
- cassures d'un os,
- etc... .

X.3.5 Que doit faire le secouriste après le bilan ?

- **Si la victime est inconsciente et respire**, la mettre en Position Latérale de Sécurité (PLS), voir la figure (X.6).

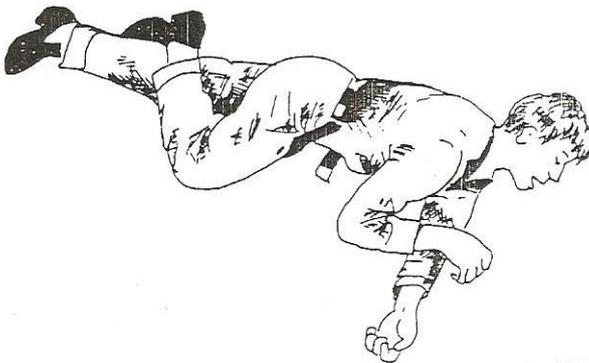


Figure X.6 : Position latérale de sécurité

- **Si la victime est inconsciente et ne respire pas,**
 - Commencer la réanimation par deux insufflations bouche à bouche ou bouche à nez (chez l'adulte) ou bouche à bouche et nez (chez le nourrisson).
 - Après la deuxième insufflation, contrôler le pouls carotidien
 - Poursuivre la manœuvre jusqu'à la reprise de la ventilation ou l'arrivée des secours spécialisés
 - Contrôler le pouls carotidien toutes les deux minutes

Fréquence de l'insufflation :

- ✓ Adulte : 12-20 insufflations/mn
- ✓ Enfant : 20-25 insufflation /mn
- ✓ Nourrisson 25 -30 insufflation/mn (Volume d'air : contenu des joues)

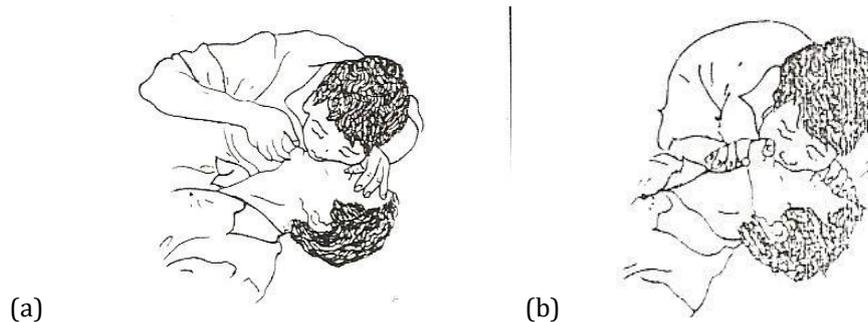


Figure X.7 : insufflation progressive du secouriste (a) Bouche à bouche, (b) Bouche à nez

- **Si la victime n'a pas le pouls**

Après avoir vérifié l'absence de la ventilation, pratiqué deux O2 insufflations et vérifié l'absence du pouls carotidien, le secouriste doit procéder au massage cardiaque externe (MCE) associé à la respiration artificielle.

Cette méthode de réanimation, indispensable si le cœur est en fibrillation, devra être pratiquée si le sauveteur est formé et entraîné.

Le secouriste doit :

- Avec le talon d'une main (l'autre main est placée sur la première) effectuer une poussée verticale de 3 à 5 centimètres sur la partie basse du sternum, en relevant les doigts des deux mains (Figure X.8), les bras tendus, puis relâcher sans décoller les mains.
- Réaliser successivement 30 compressions thoraciques pour 2 insufflations en comptant à haute voix (et 1, 2, 3...et 30) à raison de 80 compressions par minutes chez l'adultes (Figure X.9)
- Contrôler le pouls carotidien tous les 5 cycles

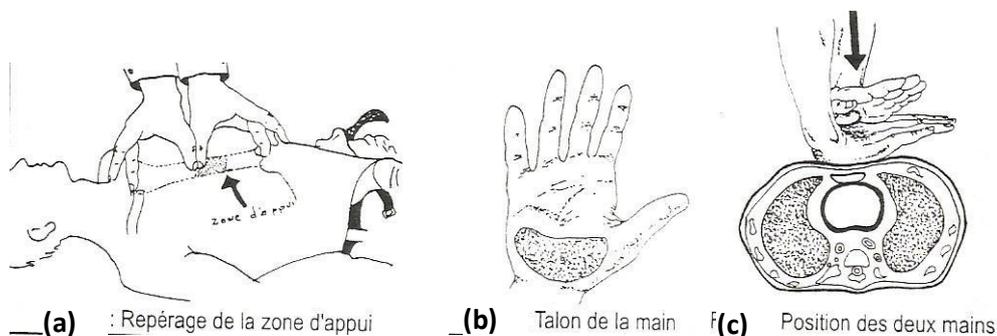


Figure X.8 : Préparation de la manœuvre du MCE (a) Repérage de la zone d'appui, (b) talon de la main et (c) position des deux mains

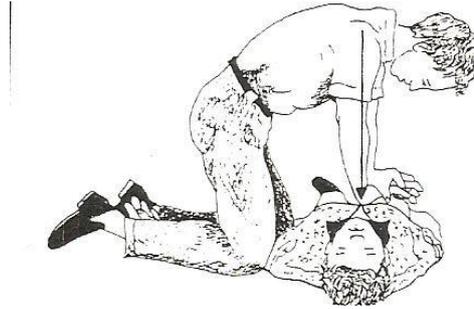


Figure X9 : Massage cardiaque externe à un accidenté

Chez l'enfant :

- Le secouriste doit utiliser le talon d'une seule main pour effectuer des compressions de 2 à 3 centimètres.
- Respecter une fréquence de 100 compressions par minute.
- Pour des cycles de 30 compressions pour 02 insufflations.
- Contrôler le pouls tous les 10 cycles.

Chez le nourrisson (moins d'un an) :

Après avoir vérifié le pouls huméral à la face interne du bras et réalisé 2 insufflations par bouche à bouche et nez, le secouriste doit :

- Réaliser des compressions de 1à2 centimètres à l'aide de 03 doigts au milieu du sternum à une fréquence de 120 compressions par minute avec des cycles de 30 compressions pour 02 insufflations (Figure X.10) :
- Contrôler le pouls tous les 10 cycles

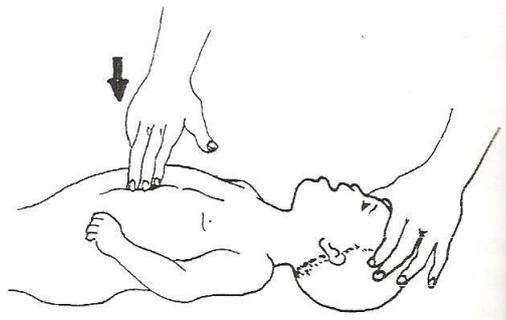


Figure X.10 : Massage cardiaque externe sur un nourrisson de moins d'un an

- Cette réanimation devra être poursuivie jusqu'à l'arrivée des secours spécialisés.

X.5 Surveillance

Le secouriste doit jusqu'à l'arrivée des secours spécialisés :

- continuer à parler à la victime (état de conscience)
- contrôler régulièrement la fonction ventilatoire
- contrôler régulièrement la fonction circulatoire

Le secours à un électrisé ne tolère aucun retard :

- La probabilité de sauver une personne est 95% si l'intervention a lieu dans la première minute,
- elle n'est que de 1% au bout de 6 minutes.

- ❖ Devenez Sauveteur Secouriste du Travail ou suivez une Formation aux Premiers Secours.

X.6 Exemple d'intervention de secourisme de base face à un accident électrique domestique

Un enfant de cinq ans s'électrise en touchant avec son doigt un fil électrique dénudé sous tension, il tombe à terre inconscient. Que doit faire un secouriste isolé (personne présente pendant la production de l'accident) devant cette victime?

Le secouriste doit :

- Se protéger et protéger la victime en coupant la source de tension (par disjoncteur, prise de courant, ...) ou en isolant à distance la victime de la source de courant au moyen d'un objet isolant (manche en bois, ...),
- Assurer la libération des voies aérienne de la victime (L.V.A),
- Après vérification des fonctions vitales :
 - absence de l'état de conscience,
 - respiration normale,
 - présence du pouls),
- Mettre la victime inconsciente qui respire et qui a le pouls en position latérale de sécurité,
- Alerter les secours,
- Surveiller la victime jusqu'à l'arrivée des secours.

Lors de la surveillance, le secouriste revérifie les fonctions vitales et constate l'absence de respiration et du pouls de l'enfant.

Comment le sauveteur doit réaliser la technique du massage cardiaque externe (MCE) chez cet enfant de 5 ans?

Le secouriste doit (après libération des voies aérienne (L.V.A) et Vérification de l'absence de la ventilation) :

- Pratiquer deux O2 insufflations,
 - Vérifier l'absence du pouls carotidien,
 - Pratiquer le massage cardiaque externe associé à la ventilation artificielle
- Soit :
- Allonger la victime à plat dos sur un plan dur,
 - Ecarter à angle droit un bras de la victime, se placer à genou, à cheval sur ce bras, un genou au contact de l'aisselle,
 - Repérer à l'aide d'un majeur le creux situé en haut du sternum, et de l'autre majeur le creux situé à la base du sternum, déterminer à l'aide des pouces le milieu du sternum et placer le talon de la main sur la moitié inférieur du sternum,
 - Utiliser le talon d'une seule main pour la compression,
 - Effectuer des compressions de 2 à 3 centimètres (bras tendu),
 - Respecter une fréquence de 100 compressions par minute,
 - Pour des cycles de 30 compressions (en comptant à haute voix 1, 2, 3, ...), pour O2 insufflations,
 - Contrôler le pouls tous les 10 cycles
 - Continuer la manœuvre du MCE jusqu'à reprise du pouls ou bien l'arrivée des secours spécialisés qui vont prendre la relève.

Conclusion

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

Pour assurer une sécurité maximale, que ce soit du personnel au sein du domaine de travail ou dans le domestique, et avant même d'intégrer les mesures de protection dans les processus opératoires, il faut construire une base de sécurité fondée sur des conditions préalables rigoureuses, en particulier l'information et la formation du personnel, la qualification professionnelle c.à.d. avoir des compétences et des connaissances adéquates dans le domaine électriques. Cette aptitude professionnelle doit être contrôlée, révisée et validé par la délivrance d'une habilitation par le chef d'entreprise.

La sécurité impose d'être exigeant au niveau de la conception des équipements électriques afin de garantir que l'utilisation du produit ne présente aucun danger pour l'utilisateur et d'assurer son entretien électrique à temps réguliers, de respecter les distances d'isolement afin d'éviter tout contact avec les tensions dangereuses, de réaliser la liaison à la terre des parties conductrices accessibles pour que ces parties ne deviennent pas dangereuses suite à un défaut, de mettre en fonctionnement un disjoncteur différentiel pour protéger les personnes, de toujours travailler hors tension, sauf cas exceptionnels, ... etc. Ceci doit être complété par une organisation du travail qui exige une préparation minutieuse et l'élaboration de techniques opérationnelles précises.

Cette conception moderne de la sécurité du travail, par une intégration des prescriptions de sécurité dans le processus technologique, rentre dans le cadre de l'application de la conception ergonomique du travail.

Nombreuses sont les règles d'or de la sécurité pour les interventions et travaux hors tension, sous tension et au voisinage, dont nous rappelons, ici, quelques prescriptions qu'il faut absolument respecter :

- Ne jamais travailler sous tension, à moins que ce ne soit absolument nécessaire ;
- Il est permis de travailler sous tension uniquement si :
 - La tension contre terre ne dépasse pas 300 V,
 - La place sur laquelle on travail est un emplacement isolé,
 - Les outils sont isolés ou si l'on utilise des gants isolants.
- D'autre part, il est absolument défendu de travailler sous tension si on se trouve :
 - Dans un local mouillé,
 - Dans un local avec danger de corrosion,
 - Dans un local avec danger d'explosion.
- Selon les prescriptions (PIE), une tension supérieure à 50 V doit être considérée comme dangereuse ;
- Pendant les travaux, il faut prendre toutes les mesures de sécurité indispensables pour éviter des accidents ou des dégâts ;
- Le conducteur de protection doit toujours être coupé après les conducteurs polaires et relié le premier ;
- Le contrôle des mises à la terre doit être effectué périodiquement ;
- Le contrôle des compteurs doit être fait par les distributeurs d'énergie, au minimum tous les 14 ans ;
- Si travail en laboratoire :
 - Ne jamais travailler seul;
 - Toujours porter les protections personnelles (souliers, lunettes de protection);
 - Ne pas porter de bijoux métalliques;
 - Environnement de travail dégagé et bien éclairé;
 - Ne pas travailler dans l'humidité, sur un sol humide ou mouillé, les pieds nus;

- Planifier l'expérience: prévoir des calibres adéquats, pas de connexion hasardeuse ou douteuse, appareils de mesure adéquats utilisés correctement;
 - Travailler hors tension dès que possible (témoins lumineux) pour votre protection et celle des appareils;
 - Câblage du montage;
 - Installation des appareils de mesure.
- **Si travail hors tension :**
 - Toujours
 - Séparer l'installation ou l'équipement de toute source possible de tension ;
 - condamner le ou les appareils de séparation en position d'ouverture ;
 - Contrôler l'absence de tension ;
 - Eventuellement
 - Mettre à la terre et en court circuit tous les conducteurs ;
 - isoler les parties avoisinantes sous tension ou placer des écrans de protection.
- **Si travail sous tension**
 - Manipulations avec UNE main seulement;
 - Ne pas modifier les connexions;
 - Utiliser les dispositifs de sécurité (disjoncteur, panneau de mesure, etc.).
- **Si accident d'origine électrique**
 - Commencer par couper le courant ;
 - Puis secourir la victime ;
 - Et alerter les secours (SAMU n°115, pompiers n°14).

Il faut toujours respecter les règles de sécurité et surtout rester particulièrement vigilant !

Bibliographie

- 1) J. C. BASTIDE et J. C. GILET, "Les Infos chiffres sur... le risque électrique", Travail et sécurité, n° 606, 2001. Documentation INRS
- 2) "Accidents d'origine électrique", ED 325, 1993, 40 p. Documentation INRS
- 4) "L'habilitation en électricité. Démarche en vue de l'habilitation du personnel", ED 1456, 1995, 12 p., Documentation INRS,
- 5) "Habilitation électrique. Enseigner la prévention des risques professionnels", ED 1522, 1995, Documentation INRS
- 6) A. CHRISTIAN et S. DOMINIQUE." Prévention des accidents électriques - Présentation générale", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique. Référence D5101. 2012.
- 7) "L'électricité, comment s'en protéger", ED 548, 1994, 56 p. Documentation INRS
- 8) C. ATLANI et S. DOMINIQUEe, "Prévention des accidents électriques Exploitation", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique D 5103, 2014
- 9) D. HILAIRE et J. POYARD, "Sécurité électrique Protection des personnes", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique SL6181, 17p, 2009,
- 10) D. FOLLIOU, "Les accidents dus à l'électricité ", Encyclopédie médicochirurgicale, Intoxications, pathologies du travail, maladies par agents physiques, Éditions techniques, 1991
- 11) F. GUILLON, D. FOLLIOU et coll., "Risque électrique ", PROPHYL Santé n°18, pp. 6-35, 2000
- 12) "Effets du courant passant par le corps humain", Rapport de la Commission électrotechnique internationale, 2e édition, Publication CEI 479-1, 1984
- 13) "Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique", Publication Union technique de l'électricité UTE C 18-510, 1992
- 14) R. CHOQUET, J. C. GILET, "Vade-mecum de la sécurité électrique. Techniques de prévention", Éditions RGS, Société alpine de publications, 354 p, 1991
- 15) R. AUBER, C. ATLANI, "Prévention des accidents électriques", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique D 5100 et D 5101, 39 p, 1996
- 16) "Consignations et déconsignations", ED 754, 24 p, 1993. Documentation INRS
- 17) C. ATLANI, " Travaux sous tension", Technique de l'ingénieur, Traité Génie électrique, D 4 140, 1995.
- 18) S. DOMINIQUE, "Installations électriques BT - Protection contre les contacts directs", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique, Référence D5043, 2006
- 19) S. DOMINIQUE, "Installations électriques BT - Protection contre les contacts indirects", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique, Référence D5044, 2006
- 20) J. P. GUIBERT, "la sécurité dans les laboratoires, de l'analyse des risques aux règles d'exploitation", ISBN: 2124170112, 1993
- 21) 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
- 22) R. AUBER et C. RÉMOND, " Installations électriques à basse tension. Choix et mise en œuvre des matériels", Technique de l'ingénieur, Traité Génie électrique D 5 034 - D 5 035, 1993
- 23) R. AUBER et C. RÉMOND, " Installations électriques à haute tension", Technique de l'ingénieur, Traité Génie électrique D 5 036, 1994
- 24) B. FALLOU, " Problèmes de feu dans le matériel électrique", Technique de l'ingénieur, D 2 070, 1998
- 25) C. DAVROU, " Matériels et installations électriques en atmosphères explosibles. Normalisation", Technique de l'ingénieur, Traité de l'entreprise industrielle, D 1 190, 1994
- 26) J. M. D'HOOP, "Sécurité incendie", Technique de l'ingénieur A 8 890, 1994
- 27) J. C. GILET, "Publication UTE C 18-510". ED 26, 1991, 4 p. Documentation INRS