



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

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Prévention Intervention

Thème

Prévention contre les risques professionnels pour l'habilitation électrique / Préparation à l'habilitation électrique / Etude de cas : Accident d'origine électrique

Présenté et soutenu publiquement par :

BENMOUMENE lakhdar ziane et NEDJIMA Sohaib Salah eddine

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BENFEKIR Abdelrahim	MCB	Université d'oran 2	Président
KEDDAR Mohamed	MAA	Université d'oran 2	Encadreur
BENARBIA Taha	MCB	Université d'oran 2	Examineur

Année 2020/2021

REMERCIEMENTS

Nous remercions DIEU pour le souffle de vie et toutes les capacités physiques et intellectuelles utilisées pour réaliser ce travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr M. KEDDAR, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remercions le corps académique de l'Institut de maintenance et de sécurité industrielle pour le cadre et la formation reçue tout au long de notre parcours universitaire.

Enfin, nous remercions tous ceux qui de loin ou de près ont procuré leurs apports pour la construction de cet édifice, nous exprimons ici grandement notre reconnaissance.

DÉDICACE

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

LAKHDAR ZIANE.

DEDICACE

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce modeste travail a ce qui, quel que soit les termes embrassées, je n'arriverais jamais a leur exprimer mon amour sincère

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et mon respect : mon cher père Mohamed

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non â mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux : mon adorable mère

A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon binôme Lakhdar pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

SOHAIB SALAH

SOMMAIRE

Résumé et abstract	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Acronymes et abréviation	
Introduction générale	1
PREMIERE PARTIE : Prévention contre les risques professionnels pour l'habilitation électrique	
CHAPITRE I : RAPPEL SUR LES PRINCIPALES NOTIONS D'ELECTRICITE	
I-1. Introduction.....	5
I-2. Historique	6
I-3. Nature de l'électricité	8
I-4. Electricité statique / dynamique	9
I-4-1 électricité statique.....	9
I-4-2. Electricité dynamique	11
I-5. Courant électrique	11
I-6. Grandeurs électriques.....	13
I-6-1. Intensité du courant électrique	13
I-6-2. Résistance du courant	14
I-6-3. Tension / puissance / énergie.....	15
I-6-3-1. Tension	15
I-6-3-2. Puissance.....	15
I-6-3-3. Énergie électrique.....	16
I-6-4. Champ électrique.....	16
I-6-5 conductibilité électrique.....	18
I-7. Récepteurs	19
I-8. Distribution de l'énergie électrique	20
I-9. Conclusion	23
CHAPITRE II : DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE	
II-1. Introduction.....	25
II-2. Nature des accidents électriques	25
II-2-1. accidents électriques sur l'homme	26
II-2-1-1. Par contact direct avec une pièce nue sous tension.....	26
II-2-1-2. Par contact indirect	29
II-2-1-3. Brûlure, incendie ou explosion d'origine électrique	30
II-2-1-4. Sensibilité au courant électrique.....	31
II-2-2. Terminologie liée aux accidents d'origine électrique	31
II-2-3. Intensité de courant	35
II-2-3-1. Conditions de contact	35
II-2-3-2. Nature et durée du passage du courant	36
II-2-3-3. Actions physiopathologiques / cliniques du courant électrique	36
II-2-3-3-1. Actions physiopathologiques du courant électrique	36
II-2-3-3-2. Actions cliniques du courant électrique	38
II-2-4. Impédance du corps humain.....	43
II-2-5. Seuils de danger du courant électrique.....	44
II-2-5-1. Seuil de perception du courant électrique.....	45
II-2-5-2. Seuil de tétanisation	46
II-2-5-3. Seuil de fibrillation ventriculaire	46
II-2-5-4. Seuils de brûlure	46
II-2-5-5. Seuil de l'arrêt cardiaque	47
II-2-5-6. Seuil de l'inhibition des centres nerveux.....	47
II-2-6. Effets du courant électrique sur l'homme	48

II-2-6-1. Effets immediats -----	48
II-2-6-2. Effets secondaires -----	53
II-2-7. Effets du courant electrique sur le materiel -----	56
II-2-8. Effets d'accidents electriques selon le domaine de tension-----	56
II-2-8-1. Tension du courant electrique (volt : v) -----	56
II-2-8-2. Domaine de tension en alternatif -----	57
II-2-8-3. Domaine de tension en continu -----	57
II-2-9. Effets du courant electrique sur l'environnement -----	57
II-2-10. Principales causes du risque electrique-----	58
II-3. Conclusion -----	60

CHAPITRE III : ENSEIGNEMENT DE LA PREVENTION DE RISQUES PROFESSIONNELS

III-1. Introduction -----	62
III-2. Historique -----	63
III-3. Definition du risque professionnel -----	68
III-4. Concept des risques professionnels -----	69
III-5. Notions sur les risques professionnels -----	70
III-5-1. Risques liés aux phases de travail -----	71
III-6. Identification et classification des risques sur le lieu de travail-----	72
III-7. Analyse des risques professionnels -----	72
III-7-1. Risque (selon petit larousse illustre1989) -----	72
III-7-2. Analyse des risques -----	72
III-7-3. Démarche d'analyse de risque -----	73
III-7-4- model d'analyse des risques professionnels -----	75
III-7-5. Indicateurs de securite -----	76
III-8. Legende et histoire sur le risque electrique -----	76
III-9. Enseignement de la prevention des risques pro pour l'habilitation elec -----	78
III-9-1.textes réglementaires et normes code du trv/ def de la pub ute c 18-510- obligations. -----	78
III-9-1-1. Organisation des textes -----	79
III-9-2. Obligations des employeurs -----	80
III-9-3.organisations des normes electrique -----	84
III-9-4. Decret du 14 novembre 1998-----	85
III-9-5. Masses metalliques -----	85
III-10.textes officiels algeriennes -----	88
III-10-1. Le contexte reglementaire : -----	88
III-11. Risques professionnels specifiques aux risques electriques -----	89
III-12. Education a la securite electrique -----	91
III-12-1. Education a la securite et a la prevention des risques / elements de securite elc -----	91

DEUXIEME PARTIE : Préparation à l'habilitation électrique

CHAPITRE I : HABILITATION ELECTRIQUE

I-1. Introduction-----	94
I-2. Generalites /definition de l'habilitation -----	94
I-2-1. Definition de l'habilitation electrique-----	94
I-2-2. Definitions relatives aux structures et aux personnes « personnages » -----	95
I-2-3. Definitions relatives aux operations-----	100
I-2-4. Definitions relatives aux equipements de travail et aux eq de protection individuelle-----	102
I-2-5. Définitions relatives aux grandeurs électriques -----	103
I-2-6. Definitions relatives aux documents écrits -----	104
I-3. Conditions d'habilitation-----	104
I-4. Domaine d'utilisation-----	105
I-5. Dispositions generales-----	105
I-5-1. Introduction -----	105
I-5-2. Analyse du risque electrique -----	106

I-5-3. Prevention du risque electrique -----	107
I-5-4. Protection collective -----	108
I-5-5. Protection individuelle -----	109
I-5-6. Outil, materiel et equipement de travail -----	110
I-6. Formalisation en cas d'habilitation -----	111
I-7. Habilitation des electriciens -----	119
I-8. Habilitation des non electriciens -----	120
I-9. Habilitation au voisinage -----	121
I-10. Habilitation « travaux sous tensions » -----	121
I-11. Habilitation du domaine « bt » -----	122
I-12. Demarche d'habilitation: -----	124
I-13. Cas particuliers de l'habilitation -----	124
I-14. Dispositions en cas de non habilitation -----	125
I-15. Classification du personnel -----	125
I-16. Conclusion -----	126
CHAPITRE II : TECHNOLOGIE-PREVENTION / PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES	
II-1. Introduction -----	128
II-2. Contact directs et indirects -----	128
II-2-1. Conducteurs en triphase -----	128
II-2-2. Contact direct -----	129
II-2-3. Contact indirect -----	129
II-2-4. Protection contre le contact direct -----	130
II-2-5. Protection contre le contact indirect -----	131
II-2-5-1. Par coupure automatique de l'alimentation -----	132
II-2-5-2. Sans coupure automatique de l'alimentation -----	132
II-3. Schemas des liaisons a la terre -----	133
II-3-1. Distribution « bt triphasee » -----	133
II-3-2. Schema « tt » -----	133
II-3-3. Schema « tn » -----	135
II-3-4. Schema « it » -----	136
II-3-4. Choix du regime de neutre et les protections -----	137
II-4. Appareils de separation de coupure et de protection -----	138
II-4-1. Sectionneur -----	139
II-4-2. Interrupteur / selectionneur -----	140
II-4-3. Fusibles et courbes -----	141
II-4-3-1. Caracteristiques des fusibles -----	141
II-4-3-2. Zones de fusion - courants conventionnels -----	143
II-4-3-3. Courants de court-circuit coupes normalises -----	145
II-4-4. Disjoncteur & disjoncteur-sectionneur -----	146
II-4-5. Courbes-disjoncteur -----	148
II-4-6. Disjoncteur differentiel -----	149
II-4-7. Contacteur de puissance -----	151
II-4-8. Selectivite des protections -----	151
II-5. Tres basse tension « TBT » -----	153
II-5-1. Domaines de tension -----	153
II-5-2. Tres basse tension de securite « TBTS » -----	154
II-5-3. Tres basse tension de protection « TBTP » -----	155
II-5-4. Tres basse tension fonctionnelle « TBTF » -----	156
II-6. Classement -----	156
II-6-1. Classes de materiel -----	156
II-6-2. Classement des appareils « BT » -----	157
II-7. Indices de protection -----	158

II-8. Enceintes exigües conductrices-----	159
II-9. Eq « HT » particuliers « eq de type « BT » dont certains fctionnant en «HT -----	160
II-10. Rallonges, baladeuses & outils electriques portatifs-----	161
II-10-1. Lampes baladeuses -----	161
II-10-2. Prolongateur- enrouleur -----	161
II-10-3. Appareils electriques portatifs-----	162
CHAPITRE III : VOISINAGE & MOYENS DE PROTECTION	
III-1. Introduction-----	164
III-2. Zones de voisinage-----	164
III-2-1. Distance limite d'investigation-----	165
III-2-2. Zone d'investigation-----	165
III-2-3. Distance limite de voisinage simple-----	165
III-2-4. Voisinage-----	166
III-2-5. Distance minimale d'approche-----	167
III-2-5-1 distance de tension (t)-----	167
III-2-5-2.distance de garde (g)-----	168
III-2-6. Zone de voisinage batiments et travaux publics (b.tp) -----	169
III-2-7. Zonedes travaux sous tension en haute tension-----	169
III-2-8. Dist limites et zones definies dans ls locaux et emp d'accès reserve aux electriciens-----	171
III-3. Operation en zone de voisinage :-----	171
III-3-1 cas des operations effectuees dans le domaine de la basse tension -----	171
III-3-2.cas des operations effectuees dans le domaine de la haute tension -----	172
III-4. Zone d'environnement -----	173
III-4-1.differentes zones d'environnement-----	173
III-4-1-1. Zone 1 -----	173
III-4-1-2. Zone 2 -----	174
III-4-1-3. Zone 4 -----	175
III-5. Zone de travail et balisage -----	176
III-5-1. Definitions-----	176
III-5-2. Delimitation de la zone de travail et du materiel de signalisation -----	177
III-5-2-1. Voie d'accès a la zone de travail -----	177
III-5-2-2. Entree et sortie de la zone de travail -----	177
III-6. Instruction permanente de securite-----	178
III-7. Mesures de securite pour le materiel electrique -----	178
III-7.1. Degres de protection du materiel electrique-----	179
III-8. Equipements de protection individuelle (epi)-----	179
III-9. Protections collectives et l'outillage -----	182
III-10. Equipements individuels de securite (eis) -----	186
III-11. Equipements collectifs de securite (ecs) -----	188
III-12. Conclusion -----	189
CHAPITRE IV : OPERATIONS DU DOMAINE DE LA BASSE TENSION.	
Iv-1. Introduction -----	191
Iv-2. Manœuvres -----	191
Iv-2-1. Manœuvres d'exploitation -----	191
Iv-2-2.manœuvres d'urgence -----	192
Iv-2-3.manœuvres de consignation -----	192
Iv-2-4.procedures de consignations et de deconsignations -----	193
Iv-2-4-1. Separation -----	194
Iv-2-4-2. Condamnation -----	195
Iv-2-4-3. Identification -----	196
Iv-2-4-4. Verification d'absence de tension (vat) -----	197
Iv-2-4-5. Mise a la terre et en court circuit (malt - mcc)-----	197
Iv-2-5. Deconsignation-----	198

Iv-3. Interventions -----	198
Iv-3-1. Regles d'intervention -----	198
Iv-3-1-1. Criteres generaux d'une intervention « bt » -----	199
Iv-3-1-2. Regles s'appliquant a toutes les interventions « bt » -----	199
Iv-3-1-3. Intervention « bt » generale -----	201
Iv-3-1-4. Procedure d'accès, de suivi et de controle -----	202
Iv-3-1-5. Deroulement des interventions bt generales -----	202
Iv-3-1-6. Intervention de connexion avec presence tension en « bta »ou en « tbt », -----	205
Iv-3-1-7. Intervention de remplacement de fusibles -----	206
Iv-4. Travaux hors tensions -----	206
Iv-4-1. Personnages -----	206
Iv-4-2. Travaux en bt / travailleurs concernes -----	209
Iv-4-2-1. Travaux d'ordre non electrique hors tension et hors voisinage -----	209
Iv-4-2-2. Travaux d'ordre electrique hors tension et hors voisinage -----	209
Iv-4-2-3. Travaux au voisinage de la basse tension -----	210
Iv-4-3. Procedure pour travail hors tension -----	210
Iv-4-4. Travaux extérieurs et conditions atmospheriques -----	211
Iv-4-5. documents (differentes attestations) -----	212
Iv-4-6. Travaux hors tension avec presence de tension induite -----	216
Iv-5. Travaux sous tensions « tst » -----	217
Iv-5-1. Travaux sous tensions autorises -----	217
Iv-5-2. Habilitation aux travaux sous tension -----	217
Iv-5-3. Methodes generales de travail -----	218

CHAPITRE V : FORMATION ET HABILITATION / FORMATION NON SPECIFIQUE AUX ELECTRICIENS

V-1. Formation et habilitation -----	220
V-1-1. objectifs de la formation -----	220
V-1-2. principes de fonctionnement et champ d'application -----	220
V-1-3. evaluation du besoin initial -----	221
V-1-4. conditions d'attribution de l'habilitation -----	222
V-1-5. suivi de l'habilitation -----	223
V-1-6. maintien des competences / recyclage -----	223
V-1-7. formation a la prevention du risque electrique -----	224
V-2. Formation non specifique aux electriciens -----	225
V-2-1. Introduction -----	225
V-2-2. Travaux en hauteur -----	226
V-2-2-1. References -----	226
V-2-2-2. Protections collectives -----	227
V-2-2-3. Protections individuelles -----	232
V-2-2-4. Systeme de recueil -----	235
V-2-2-5. Echelles -----	235
V-2-2-6. Echafaudages roulants -----	236
V-2-3. Intervention en cas de debut incendie -----	238
V-2-3-1. Extincteurs -----	238
V-2-3-2. Classment de feu -----	238
V-2-3-3. Extincteurs utilisables sur les feu d'origine electrique -----	239
V-2-3-4. Intervention sur debut de feu -----	241
V-2-4. Intervention sur les electrises -----	242

TROISIEME PARTIE: ÉTUDE DE CAS

CHAPITRE I : ETUDE DE CAS : Accident survenue dans l'entreprise RICHARD GARRETT Electrique Inc.

I-1. Organisation du travail -----	246
I-1-1. Structure generale du chantier -----	246
I-1-1-1. Construction « genfor ltée » -----	246

I-1-1-2. Richard garrett électrique inc. -----	246
I-1-2. Organisation de la santé et de la sécurité du travail -----	246
I-1-2-1. Mécanismes de participation -----	246
I-1-2-2. Gestion de la santé et de la sécurité -----	247
I-2. Description du travail -----	248
I-2-1. Description du lieu de travail -----	248
I-2-2 description du travail à effectuer -----	251
I-3. Accident : faits et analyse -----	253
I-3.1 chronologie de l'accident -----	253
I-3-2. Constatations et informations recueillies -----	253
I-3-2-1. Éléments relatifs au travailleur accidenté -----	253
I-3-2-2. Éléments relatifs à l'embauche et à la formation des travailleurs -----	254
I-3-2-3. Éléments relatifs à l'entreprise construction genfor ltée -----	254
I-3-2-4. Éléments relatifs à l'entreprise richard garrett électrique inc. -----	255
I-3-2-5. Éléments relatifs aux outils de travail -----	255
I-3-2-6. Éléments relatifs à l'état des lieux -----	256
I-3-2-7. Éléments relatifs au circuit électrique alimentant les luminaires du local 028 -----	257
I-3-2-8. Éléments relatifs au circuit électronique interne du luminaire 1 -----	258
I-3-2-9. Références normatives, guides du fabricant et autres documents d'information -----	259
I-3-2-9. Aspect réglementaire -----	260
I-3-3. Énonces et analyse des causes -----	261
I-4. Conclusion -----	264
Conclusion générale -----	267
Recommandations -----	268
Bibliographie	
Annexes	

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

L'électricité est une forme d'énergie indispensable pour tous les aspects de notre vie, produite par le déplacement de particules élémentaires dans un matériau conducteur (électricité dynamique) ou par des phénomènes d'attraction ou répulsion entre des matières normalement neutres (électricité statique), un courant électrique, pouvant être continu ou alternatif est définie par son intensité, tension, puissance et le champ magnétique qu'il produise.

L'électricité constitue une forme d'énergie particulièrement aisée à produire, à transporter et à convertir en une autre forme d'énergie, toutefois elle n'est pas dépourvue de risques, entraînant parfois des accidents électriques (par contact direct ou indirect) qui peuvent être fatals pour l'être humain, les bien et même l'environnement, on peut éviter ou maîtriser ces risques en appliquant des méthodes de prévention et des moyens de protection qui doivent respecter la réglementation et les normes internationales.

Les normes électriques 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. L'application juste de ces normes assure le bon fonctionnement des installations électriques et augmente la sécurité des utilisateurs.

L'habilitation électrique est la reconnaissance par son employeur, de la capacité d'une personne à effectuer en sécurité les tâches fixées pendant une durée de temps déterminée et présentant des risques professionnels pour lui même et son environnement..., Elle est établie pour assurer la sécurité des personnes réalisant des opérations d'ordre électrique ou non électrique contre tous les dangers électriques lorsqu'elles utilisent ou sur des installations électriques, hors ou sous tension, dans l'environnement ou au voisinage de celles-ci, il est obligatoire d'habiliter des personnes qui réalisent des opérations d'ordre électrique, qu'elle soit « électricien » ou non.

Pour les interventions élémentaires (symbole BS), il n'est pas nécessaire d'être qualifié en électricité pour être habilité. Il faut cependant être formé aux opérations à réaliser, le chargé d'intervention élémentaire n'a aucun exécutant sous ses ordres. Il ne peut intervenir qu'en absence de voisinage et hors tension.

Mots clés : L'électricité, courant électrique, tension, énergie, champ magnétique, contact direct, contact indirect, risques électriques, dangers électriques, prévention, protection, l'habilitation électrique, réglementation, normes.

ABSTRACT

Electricity is a form of energy essential for all aspects of our life, produced by the movement of elementary particles in a conductive material (dynamic electricity) or by phenomena of attraction or repulsion between normally neutral materials (static electricity), an electric current, which can be direct or alternating, is defined by its intensity, voltage, power and the magnetic field that it produces.

Electricity is a form of energy which is particularly easy to produce, transport and convert into another form of energy, however it is not without risk, sometimes leading to electrical accidents (by direct or indirect contact) which can be fatal for humans, property and even the environment, we can avoid or control these risks by applying prevention methods and means of protection that must follow international regulations and standards

Electrical accreditation is the recognition by his employer of a person's ability to safely perform the tasks set for a period of time and presenting professional risks for himself and his environment ..., it is established to ensure the safety of persons carrying out operations of an electrical or non-electrical nature against all electrical hazards when they use or on electrical installations, de-energized or de-energized, in the environment or in the vicinity thereof, it is mandatory to "empower a person who performs electrical operations, whether or not he is an "electrician".

For basic interventions (symbol BS), it is not necessary to be qualified in electricity to be qualified. However, you must be trained in the operations to be carried out, the elementary intervention manager has no executor under his orders. It can only intervene when there is no neighborhood and when there is no power.

Keywords : Electrical standards are collections of rules, prescriptions and methods intended manufacturers of electrical equipment, professional electricians, or non-electricians exposed to electrical risks. Electrical organizations and standards.

ملخص

الكهرباء هي شكل من أشكال الطاقة الضرورية لجميع جوانب حياتنا ، تنتج عن حركة الجسيمات الأولية في مادة موصلة (الكهرباء الديناميكية) أو عن طريق ظاهرة الجذب أو التنافر بين المواد المحايدة عادة (الكهرباء الساكنة) ، تيار كهربائي ، والذي يمكن أن يكون مباشرًا أو متناوبًا ، ويعرف من خلال شدته وجهده وقوته والمجال المغناطيسي الذي ينتجه.

الكهرباء هي شكل من أشكال الطاقة التي يسهل إنتاجها ونقلها وتحويلها إلى شكل آخر من أشكال الطاقة ، ولكنها لا تخلو من المخاطر ، حيث تؤدي في بعض الأحيان إلى حوادث كهربائية (عن طريق التعرض المباشر أو الغير المباشر) والتي يمكن أن تكون قاتلة و مضرّة للإنسان والممتلكات و حتى في البيئة ، يمكننا تجنب هذه المخاطر أو السيطرة عليها من خلال تطبيق طرق الوقاية ووسائل الحماية التي يجب أن تتبع اللوائح والمعايير الدولية

الاعتماد الكهربائي هو اعتراف صاحب العمل بقدرة الشخص على أداء المهام المحددة بأمان لفترة من الوقت وتقديم مخاطر مهنية لنفسه وبيئته ... ، تم إنشاؤه لضمان سلامة الأشخاص الذين يقومون بعمليات الطبيعة الكهربائية أو غير الكهربائية ضد جميع المخاطر الكهربائية عند استخدامها أو في التركيبات الكهربائية ، غير النشطة أو غير النشطة ، في البيئة أو في المناطق المجاورة لها ، من الضروري `` تمكين الشخص الذي يقوم بعمليات كهربائية ، سواء كان كهربائي أم لا

بالنسبة للتدخلات الأساسية (الرمز BS) ليس من الضروري أن تكون مؤهلاً في الكهرباء لتكون مؤهلاً للعمل. ومع ذلك ، يجب أن يتم تدريبك على العمليات التي سيتم تنفيذها ، فليس لمدير التدخل الأولي أي منفذ بموجب أوامره. يمكن أن تتدخل فقط عندما لا يكون هناك جوار وعندما لا توجد قوة.

المعايير الكهربائية هي مجموعات من القواعد والوصفات والطرق المقصودة للشركات المصنعة للمعدات الكهربائية أو الكهربائيين المحترفين أو غير المعرضين لتلك المخاطر والمنظمات والمعايير الكهربائية

الكلمات المفتاحية : الكهرباء ، التيار الكهربائي ، الجهد ، الطاقة ، المجال المغناطيسي ، الاتصال المباشر ، الاتصال غير المباشر ، المخاطر الكهربائية ، المخاطر الكهربائية ، الوقاية ، الحماية ، الاعتماد الكهربائي ، المخاطر المهنية ، اللوائح ، المعايير.

LISTES DES FIGURES

LISTE DES FIGURE

N°	N°Figures	Intitulés de Figures	N° Pages
PREMIERE PARTIE : Prévention contre les risques professionnels pour l'habilitation électrique			
CHAPITRE I : RAPPEL SUR LES PRINCIPALES NOTIONS D'ELECTRICITE			
01	Figure I.1	Charges électriques	8
02	Figure I.2	Noyau d'atome	9
03	Figure I.3	Déplacement des charges du courant électrique	11
04	Figure I.4	Circuit en série	11
05	Figure I.5	Circuit en parallèle	12
06	Figure I.6	Circuit mixte	12
07	Figure I.7	Symbole d'une résistance	13
08	Figure I.8	Les lignes à haute tension véhiculent l'électricité	16
09	Figure I-9	Récepteurs électrique.	18
10	Figure I.10	Représentation graphique de « U » aux bornes d'un récepteur en fonction de «I»	19
11	Figure I.11	Organisation du réseau	20
12	Figure I.12	Aspect des pylônes	21
13	Figure I.13	Poste source	21
CHAPITRE II : DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE			
01	Figure II.1	Electrocution par ligne de contact alimentant un pont roulant	27
02	Figure II.2	Travail sous tension dans un sous-sol	27
03	Figure II.3	Electrocution dans une filature	29
04	Figure II.4	Mécanisme d'électrisation	31
05	Figure II.5	Accident par Contact Direct	32
06	Figure II.6	Electrocution mortelle	32
07	Figure II.7	Electrisation et intensité	33
08	Figure II.8	Nature et durée du Courant Electrique	34
09	Figure II.9	Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau	43
10	Figure II.10	Seuils de danger du courant électrique	44
11	Figure II.11	Seuils de danger du courant électrique alternatif.	46
12	Figure II.12	Seuils de danger du courant électrique continu	47
13	Figure II.13	Effets du CE sur l'environnement et l'être humain	47
14	Figure II.14	Principaux effets du courant électrique sur l'homme	48
15	Figure II.15	Les effets de la contraction musculaire	48
16	Figure II.16	Les effets de la téτανisation des muscles respiratoire	49
17	Figure II.17	Les effets de la fibrillation ventriculaire	49
18	Figure II.18	Fibrillation Ventriculaire (D'après Dr Foliot)	50
19	Figure II.19	les effets de l'inhibition des centres nerveux	51
20	Figure II.20	Exemple d'accident	51
21	Figure II.21	Exemple d'accident	52
22	Figure II.22	Exemple d'accident	52
23	Figure II.23	Les complications cardio-vasculaires	53

24	Figure II.24	Les complications neurologiques	53
25	Figure II.25	les complications neurologiques	54
26	Figure II.26	les séquelles sensorielles	54
27	Figure II.27	Explosion d'origine électrique	57
CHAPITRE III : ENSEIGNEMENT DE LA PREVENTION DE RISQUES PROFESSIONNELS			
01	Figure III.1	Frontière « acceptable / non acceptable »	73
02	Figure III.2	Organisation des textes	78
03	Figure III.3	Code de travail	84
04	Figure III.4	Schémas d'Installation Electrique / Equipement électrique	86
05	Figure III.5	Contact direct et indirect	88
06	Figure III.6	Arc électrique	89
DEUXIEME PARTIE : Préparation A L'habilitation Electrique			
CHAPITRE I-HABILITATIONS ELECTRIQUES			
01	Figure I.1	Nappes isolantes	107
02	Figure I.2	Balisages de la zone de travail	107
03	Figure I.3	Fiche EPI électriciens	108
04	Figure I.4	Perches isolantes	109
05	Figure I.5	L'échelle, isolants, cadenas de consignation	109
06	Figure I.6	Exemple du titre d'habilitation	115
07	Figure I.7	Modèle indicatif de titre d'habilitation	115
08	Figure I.8	Deuxième modèle indicatif de titre d'habilitation	116
09	Figure I.9	Représentation Schématique de la démarche d'habilitation	119
CHAPITRE II- TECHNOLOGIE-PREVENTION / PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES			
01	Figure II.1	Contact direct	127
02	Figure II.2	contact indirect	128
03	Figure II.3	L'éloignement	128
04	Figure II.4	interposition d'obstacles	129
05	Figure II.5	isolation	129
06	Figure II.6	Protection par matériels classe II	130
07	Figure II.7	transformateur de séparation	131
08	Figure II.8	schéma TT	132
09	Figure II.9	Schéma TN	133
10	Figure II.10	Schéma IT	135
11	Figure II.11	Schéma de sectionneur	137
12	Figure II.12	Schéma Interrupteur- Sectionneur	138
13	Figure II.13	Schéma de fusible	139
14	Figure II.14	Zones de fusion et de non fusion pour fusible gG et Gm	141
15	Figure II.15	Zones de fusion normalisée pour fusible aM (tous courants assignés)	143
16	Figure II.16	Courant limité par un fusible	143
17	Figure II.17	Constitution d'un disjoncteur	145
18	Figure II.18	Courbes de déclenchement disjoncteurs	147
19	Figure II.19	Le disjoncteur différentiel	148
20	Figure II.20	Sélectivité totale et partielle	150
21	Figure II.21	Exemple de sélectivité	151

CHAPITRE III - VOISINAGE & MOYENS DE PROTECTION			
01	Figure III.1	Distance limite d'investigation autour d'un conducteur nu en champ libre	163
02	Figure III.2	Zones autour d'un conducteur nu en champ libre en haute tension	168
03	Figure III.3	Zones autour d'un conducteur nu en champ libre en basse tension	168
04	Figure III.4	Zones en champ libre (courant alternatif)	168
05	Figure III.5	Zones à l'intérieur d'un local et emplacement d'accès réservé aux électriciens (courant alternatif)	169
06	Figure III.6	Opère à moins de 30 cm de pièces nues sous tension	170
07	Figure III.7	Zone de travail signalisée	175
08	Figure III.8	Equipements de protection individuelle pour les travaux sous basse tension	180
09	Figure III.9	Nappes, capuchons et pinces	181
10	Figure III.10	Les outils isolants	183
11	Figure III.11	Tapis isolants	184
12	Figure III.12	Tabouret isolant	185
13	Figure III.13	Vérificateur d'absence de tension en BT	185
14	Figure III.14	Tresse de mise en court-circuit et à la terre des conducteurs actifs	185
15	Figure III.15	Outils isolant	186
16	Figure III.16	Balisage	187
CHAPITRE IV- OPERATIONS DU DOMAINE DE LA BASSE TENSION			
01	Figure IV.1	Système de consignation	191
02	Figure IV.2	Manœuvres de consignation	192
03	Figure IV.3	Séparation	193
04	Figure IV.4	Ouvrage de séparation	194
05	Figure IV.5	Identification	195
06	Figure IV.6	Vérification d'absence de tension	195
07	Figure IV.7	Intervention de dépannage en basse tension	196
08	Figure IV.8	Personnes habilitées B1V	207
09	Figure IV.9	Personnes habilitées B1 ou B2	208
10	Figure IV.10	Tavaux sous conditions atmosphériques	210
11	Figure IV.11	Situation « TST »	215
CHAPITRE V- FORMATION ET HABILITATION / FORMATION NON SPECIFIQUE AUX ELECTRICIENS			
01	Figure V.1	Démarche de formation à la prévention du risque électrique et à l'habilitation	220
02	Figure V.2-a	Harnais antichute	231
03	Figure V.2-b	Harnais antichute	231
04	Figure V.3	L'antichute mobile sur support d'assurage vertical	232
05	Figure V.4	Différents dispositifs d'arrêt de chutes	233
06	Figure V.5	Echelles	234
07	Figure V.6	Échafaudage roulants	235
08	Figure V.7	Extincteurs portatifs	236
09	Figure V.8	intervention sur un feu d'origine électrique	240
10	Figure V.9	Démarche à suivre	241

TROISIEME PARTIE : Etude de cas			
CHAPITRE I : Etude de cas : Accident survenue dans l'entreprise RICHARD GARRETT Electrique Inc.			
01	Figure I.1	Plan du chantier du parc de la Savane	246
02	Figure I.2	Lieu de l'accident sur un extrait du plan du Pavillon de la Savane	246
03	Figure I.3	local 028	247
04	Figure I.4	Plan du local 028	247
05	Figure I.5	Ancrage et câble métallique de suspension du luminaire 1	248
06	Figure I.6	Bâti du luminaire relié au câble de suspension et câblage de jonction du luminaire	248
07	Figure I.7	Câblage de jonction des sections 1 et 2 du luminaire	249
08	Figure I.8	Schéma du raccordement du luminaire 1	249
09	Figure I.9	Outils Présents Dans Le Local 028	252
10	Figure I.10	Position de l'escabeau au moment de l'accident	253
11	Figure I.11	Raccordements du luminaire 1 dans la boîte de jonction	254
12	Figure I.12	Fils pincés et dénudés entre les sections 1 et 2 du luminaire lors de l'assemblage	255
13	Figure I.13	Avertissements du fabricant du luminaire concernant le branchement	256

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

N°	N° Tableaux	Intitulés des Tableaux	N°Pages
PREMIERE PARTIE : Prévention contre les risques professionnels pour l'habilitation électrique			
CHAPITRE I : RAPPEL SUR LES PRINCIPALES NOTIONS D'ELECTRICITE			
01	Tableau I.1	Différence entre Courant Continu et Courant Alternatif	12
02	Tableau I.2	Conductibilité des métaux	17
03	Tableau I.3	Domaines de tension	20
CHAPITRE II : DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE			
01	Tableau II.1	Accidents par contact direct et indirect	25
02	Tableau II.2	Electrocution par ligne de contact	26
03	Tableau II.3	Travail sous tension	27
04	Tableau II.4	Eclairage provisoire	28
05	Tableau II.5	Electrocution dans une filature	29
06	Tableau II.6	Enlèvement d'un fusible en charge	30
07	Tableau II.7	Ouverture d'un sectionneur en charge	30
08	Tableau II.8	Facteurs de courant de cœur pour différents trajets du courant	34
09	Tableau II.9	Effets physiologiques de l'intensité du courant électrique-simplifié	36
10	Tableau II.10	Zones temps courant en tension alternative de fréquences 15 à 100 Hz en dessous	38
11	Tableau II.11	Seuils de perception	44
12	Tableau II.12	Seuils de téτανisation	45
13	Tableau II.13	Seuil de fibrillation ventriculaire	45
14	Tableau II.14	Seuils de brûlure	46
15	Tableau II.15	Domaine de tension	56
CHAPITRE III : ENSEIGNEMENT DE LA PREVENTION DE RISQUES PROFESSIONNELS			
01	Tableau III.1	Risques liés aux phases de travail	70
02	Tableau III.2	Domaine de tension	86
DEUXIEME PARTIE : Préparation à l'habilitation électrique			
CHAPITRE I-HABILITATIONS ELECTRIQUES			
01	Tableau I.1	Domaine de tension (Décret n° 88-1056)	101
02	Tableau I.2	Système de classification des habilitations électriques	111
03	Tableau I.3	Récapitulatif des éléments des symboles	112
04	Tableau I.4	Symboles d'habilitation utilisés pour les opérations d'ordre non électrique autour de pièces nues	112
05	Tableau I.5	Symboles d'habilitation utilisés pour les travaux d'ordre électrique	112
06	Tableau I.6	Symboles d'habilitation utilisés pour les autres opérations OE	113
07	Tableau I.7	Limite des habilitations des non-électriciens	119
08	Tableau I.8	Les titres d'habilitation	121
CHAPITRE II- Technologie-Prévention / Protection contre les risques électriques			
01	Tableau II.1	Choix du régime de neutre et les protections	136
02	Tableau II.2	Fonction des appareils séparation de coupure et de protection et de leur application	137

03	Tableau II.3	Catégories d'emploi d'un interrupteur en courant alternatif	138
04	Tableau II.4	Courants et temps conventionnels pour les fusibles de type "gG" et "gM"	139
05	Tableau II.5	Fonctions du disjoncteur-sectionneur	142
06	Tableau II.6	Caractéristiques du domaine de tension	151
07	Tableau II.7	Classes du matériel électrique	154
08	Tableau II.8	IP 55	156
09	Tableau II.9	IP 2X ou IP 5X	157
10	Tableau II.10	Les indices de protection	157
CHAPITRE III - VOISINAGE-MOYENS DE PROTECTION			
01	Tableau III.1	Prescriptions générales	163
02	Tableau III.2	Distance Minimale d'Approche	167
03	Tableau III.3	Classes Des Matériels Electriques	176
CHAPITRE IV- OPERATIONS DU DOMAINE DE LA BASSE TENSION			
01	Tableau IV.1	Documents attestant la consignation – Cas des travaux d'O E	210
02	Tableau IV.2	Documents attestant la consignation ou la mise hors tension d'un ouvrage ou d'une installation – Autres cas	210
03	Tableau IV.3	Attestation de consignation pour travaux	211
04	Tableau IV.4	Attestation de première étape de consignation	212
05	Tableau IV.5	Avis de fin de travail d'Autorisation de travail	213
06	Tableau IV.6	Autorisation de travail	214
CHAPITRE V FORMATION NON SPECIFIQUE AUX ELECTRICIENS			
01	Tableau V.1	Classes de feu	237

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

- DEXIA SOFCAP** assurance – personnels des collectivités locales
- INRS** institut national de recherche et de sécurité
- TMS** troubles musculosquelettiques.
- ANSES** agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail
- CIRC** Centre International de Recherche sur le Cancer
- CSST** Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail
- RPS** Les risques psychosociaux
- CDD** Contrat de travail à durée déterminée
- CHSCT** Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail
- CPAM** Caisse primaire d'assurance maladie
- PID** Piping and instrumentation diagram
- INERIS** Institut national de l'environnement industriel et des risques
- EvRP** Evaluation des Risques Professionnelles
- VAT** Vérificateur d'absence de tension sans contact
- MALT/CC** Mise a la Terre et Mise en courant circuit
- EPI** Équipements de protection individuelle
- EPC** Équipements de protection collectifs
- TBT** Très base tension
- BT** Base tension
- HTA** Haute tension A (moyenne tension)
- HTB** Haute tension B
- BNITH** Bureau de normalisation des industries textiles et de l'habillement
- FFIE** Fédération française des entreprises de génie électrique et énergétique
- GIMELEC** Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle commande et des services associant
- ISFME** Institut supérieur de formation aux métiers de l'énergie)
- SERCE** Syndicat des entreprises de génie électrique et climatique)
- LRE** Locaux Réservés aux Electriciens
- IPS** Instruction Permanente de Sécurité

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

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

Les activités industrielles comportent des risques qui peuvent provoqués des accidents ont des conséquences catastrophiques.

Certes, la découverte de l'énergie électrique à 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.

Actuellement, les risques professionnels sont les points faibles de chaque milieu de travail, il est important de dresser et de mettre en place des outils et des moyens de prévention contre ces risques.

Les accidents de travail sont les concrétisations les plus répandues des risques professionnels. Ils sont nombreux et variés, certains sont bénins et sans conséquences. Par contre un nombre important d'entre eux est grave, voire mortel, ceci sans négliger l'impact financier, social et moral de ce phénomènes.

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 travail, nous aborderons 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 des meilleures conditions 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 déclenchement des incendies et des explosions. Comme par ailleurs, le processus de l'accident électrique qui est bien connu et qu'il tient à très peu de chose tel qu'un accident bénin peut devenir mortel. La pratique de la réanimation fait partie de la prévention et complète les mesures techniques.

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.

Pour mener à bien notre étude sur la prévention des risques électriques et la préparation à l'habilitation électrique, notre travail comporte deux parties composées chacune des chapitres suivants :

❖ *Première Partie : Prévention contre les risques Professionnels pour l'habilitation électrique*

Chapitre I : Rappel sur les principales notions d'électricité

Chapitre II : Dangers du courant électrique

Chapitre III : Enseignements de la prévention de risques professionnel

❖ *Deuxième Partie : Préparation à l'habilitation électrique*

Chapitre I : Habilitation électrique

Chapitre II : Technologie-Prévention / Protection contre les risques électriques

Chapitre III : Voisinage & moyens de protection

Chapitre IV : Opérations du domaine de la basse tension.

Chapitre V : Formation et habilitation / formation non spécifique aux électriciens

❖ *Troisième Partie : Etude de cas*

Chapitre I : Etude de cas : Accident survenu dans l'entreprise RICHARD GARRETT Electric Inc.

Et on clôt notre travail par une conclusion générale et des recommandations.

***PREMIERE PARTIE : Prévention contre les risques
Professionnels pour l'habilitation électrique***

***Chapitre I : Rappel sur les principales notions
d'électricité***

CHAPITRE I : RAPPEL SUR LES PRINCIPALES NOTIONS D'ELECTRICITE

I-1. INTRODUCTION

L'électricité est un phénomène physique dû aux différentes charges électriques de la matière, se manifestant par une énergie. L'électricité désigne également la branche de la physique qui étudie les phénomènes électriques et leurs applications.

L'électricité est l'interaction de particules chargées sous l'action de la force électromagnétique. Ce phénomène physique est présent dans de nombreux contextes : l'électricité constitue aussi bien l'influx nerveux des êtres vivants que les éclairs d'un orage. Pour les scientifiques, l'électricité est très liée au magnétisme, ils ont donc créé une discipline, l'électromagnétisme, qui regroupe l'étude des phénomènes électriques et magnétiques.

C'est au cours du XIX^e siècle que les propriétés de l'électricité ont commencé à être comprises. Sa maîtrise a permis l'avènement de la seconde révolution industrielle. Aujourd'hui l'énergie électrique est omniprésente dans les pays développés : A partir de différentes sources d'énergie (hydraulique, thermique, nucléaire, ...) l'électricité est de nos jours un vecteur énergétique employé à de très nombreux usages domestiques ou industriels.[1]

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

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

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

L'électricité ne se voit pas, ne s'entend pas, n'a pas d'odeur mais entraîne chaque année des accidents graves par contact direct ou indirect avec des pièces nues sous tension. Le risque électrique en milieu de travail, s'il est mieux maîtrisé, reste toujours présent. Les statistiques prouvent la diminution du nombre d'accidents tout en soulignant leur exceptionnelle gravité. Le nombre d'accidents d'origine électrique est diminué par rapport aux années soixante dont 1/10 des accidents graves. Les accidents d'origine électrique sont dix fois plus mortels que l'ensemble des accidents de travail.

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

I-2. HISTORIQUE

Depuis la nuit des temps, l'un des phénomènes électriques le plus fascinant et le plus terrifiant exerce son pouvoir sur les hommes : la foudre. Les Grecs de l'antiquité n'avaient aucun soupçon sur l'origine électrique de la foudre. Pour eux, elle indiquait que Zeus, le roi des dieux était en colère et cette interprétation divine de la foudre était partagée par toutes les civilisations de l'antiquité.

Pourtant, c'est à Thalès un mathématicien et philosophe grec, habitant Millet une petite cité d'Asie Mineure, à qui l'on doit la première découverte scientifique d'un phénomène électrique. En effet, Thalès, connu de tous les collégiens par son célèbre théorème, observe vers 600 avant J.-C. que l'ambre jaune, résine fossile dont on fait des bijoux, frottée à une peau de chat attire de petits corps légers tels des brins de pailles ou des barbes de plumes.

Il convient de préciser à cet instant de l'histoire que l'ambre jaune se nomme en Grec : êlektron. Evidemment, Thalès ne disposait pas à l'époque des informations nécessaires pour interpréter correctement le phénomène observé, il affecta à l'ambre un pouvoir divin : "tout est plein de dieu, affirmait-il, l'ambre frotté a une âme puisqu'il possède une puissance attractive."

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

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

On peut aisément reprendre l'expérience de Thalès en frottant, par exemple, un bâton de verre avec de la fourrure de chat ou de la laine. Le verre se charge alors positivement, des électrons qui lui appartiennent sont arrachés par la fourrure qui se charge négativement. Quand on approche le bâton de verre de petit objet léger, comme des bouts de papier, ceux-ci, par l'intermédiaire de leurs électrons périphériques sont attirés par le bâton de verre.

Le principe de base de la production d'électricité repose sur la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique. Le plus souvent, un fluide entraîne une turbine. Il a fallu des siècles aux inventeurs pour comprendre comment produire de l'électricité. Ils ont fait plein d'expériences et ont appris à la créer à partir des différentes sources d'énergie de la nature. [2] Ce n'est qu'en l'an 1800 que le savant italien Volta a découvert le moyen de produire un courant électrique. Il a inventé la première pile électrique, composée de disques d'argent et de cuivre séparés par du carton humide. [3]

Grâce à l'électricité, la vie quotidienne a alors beaucoup changé : Eclairage, chauffage, cuisson, on pouvait faire des choses si incroyables qu'on l'a appelée la Fée électricité. [4]

❖ Petite histoire de l'électricité

- En 600 av JC : Thalès découvre l'électricité statique ;

- En 1600, William Gilbert, le premier, dans son *De Magnete* fait la distinction entre corps électriques (il introduit ce terme) et magnétiques. Il assimile la Terre à un aimant, note les lois de répulsion et d'attraction des aimants par leur pôle et l'influence de la chaleur sur le magnétisme du fer. Il donne aussi les premières notions sur l'électricité, dont une liste des corps électrisables par frottement.
- En 1660 : Invention de la première machine génératrice d'électricité ;
- En 1709 : Invention d'une machine à friction électrique améliorée ;
- En 1729 : Découverte du flux réelle de l'électricité ;

Une période d'observation commence au XVIII^e siècle où l'on apprend à créer de l'électricité statique. Le savant Du Fay dit *Charles-François de Cisternay* ;

En 1733 : Découverte les charges positives et négatives, observe les interactions entre ces charges, Loi fondamentale : Les charges semblables se repoussent ;

- 1752 : Invention du premier paratonnerre ;
- 1775 : Invention de l'électrophore ;
- 1796 : Invention de la première vraie pile (pile voltaïque) ;
- En 1799, Alessandro Volta invente la pile électrique et en 1868 le Belge Zénobe Gramme réalise la première dynamo ;
- Au début des années 1800, l'électricité a commencé de prendre son croissance dans le monde ;
- En 1801 : Production d'un arc électrique ;
- En 1803 était la première production du courant électrique par un italien qui s'appelle *Volta* qui a inventé une batterie. C'est alors que des risques sont apparus ;
- En 1812 : Réalisation du premier télégraphe actionné au moyen d'un courant électrique ;
- En 1820 : Découverte : un courant électrique produit un champ magnétique ;
- En 1823 : Création du premier galvanomètre, découverte de la force électromotrice thermique ;
- 1831 : Invention du premier télégraphe électromagnétique pratique ;
- 1832 : Découverte du principe d'induction, Construction du premier générateur de courant alternatif ;
- 1833 : Découverte des lois de décomposition électrochimique ;
- 1834 : construction d'un grand moteur électrique ;
- 1837 : Construction du premier moteur électrique commercialement rentable ;
- 1845 : Fabrication d'une lampe électrique ;
- 1857 : Premier d'une locomotive actionnée à l'électricité ;
- 1863 : Construction d'un générateur perfectionné ;
- 1879 : Construction d'une dynamo utilisable dans un système d'éclairage. La "California Electric Light Company" est la première société américaine à vendre de l'électricité , Présentation du premier chemin de fer électrifié ;
- 1881 : Premières lignes de tramways électriques inaugurées ;
- En 1883, Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs créent la première ligne électrique ;
- En 1886 : Installation du premier système d'éclairage à courant alternatif ;
- En 1889, une ligne de 14 km est construite dans la Creuse, entre la Cascade des Jaraudes, lieu de production, et la ville de Bourgneuf ;
- En 1893 : Présentation d'une cuisine électrique complète ;
- En 1895 : Olivier Lodge fait fonctionner le premier télégraphe sans fil ;

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

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

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

- En 1901 : Premier envoi de signaux transatlantiques de radio sans fil
- En 1902 : Invention du générateur à arc
- En 1907 : Première utilisation d'un moteur à courant alternatif monophasé
- En 1925 : Invention d'un mécanisme permettant d'enregistrer électriquement un son
- En 1927 : Premier service téléphonique transatlantique
- En 1928 : Emission de la première pièce télévisée
- En 1938 : Introduction des lampes à fluorescence
- En 1948 : Invention du transistor
- En 1956 : Invention de la première centrale nucléaire productrice d'électricité.

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

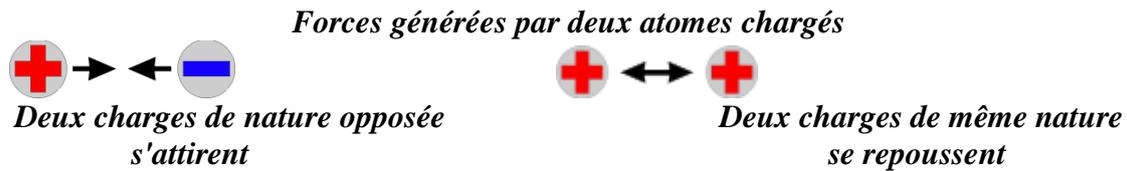
I-3. NATURE DE L'ELECTRICITE

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

Contrairement à la masse, deux types de charges électriques se comportent comme si elles étaient « opposées » l'une à l'autre : Par convention, l'une est dite positive et l'autre négative. Un atome possède une charge positive lorsque le nombre de protons est supérieur au nombre d'électrons.

Des charges égales de natures opposées s'annulent : Une particule qui possède autant de charges positives que négatives se comporte comme si elle n'en possédait aucune. On dit qu'elle est électriquement neutre. [5]

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



I-4. ELECTRICITE STATIQUE / DYNAMIQUE

I-4-1 ELECTRICITE STATIQUE

Lorsque l'on frotte une règle en plastique sur du papier, les électrons superficiels des atomes du papier rejoignent les atomes de la règle. Les charges électriques sont alors piégées dans des matériaux isolants (le plastique, le papier, le verre, etc.) qui les empêchent de circuler. Ce phénomène est appelé électricité statique.

Il peut se manifester très rapidement lorsque l'on touche la règle par un léger choc électrique. Il s'agit du même phénomène lorsqu'ayant marché sur une moquette, on touche la poignée d'une porte.

La quantité d'électricité statique produite n'est pas suffisante pour être industrialisée et satisfaire nos besoins énergétiques habituels

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

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

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

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

Plus un corps est isolant, plus il accumule de charges

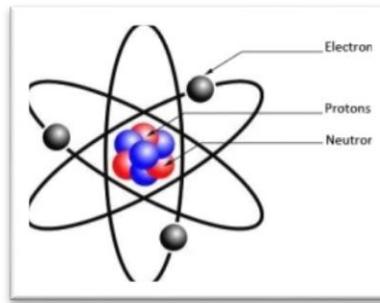


Figure I.2 : Noyau d'atome

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I-4-2. ELECTRICITE DYNAMIQUE

Dans ce cas, les charges électriques ne sont pas piégées dans des matériaux isolants.

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

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

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

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

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

I-5. COURANT ELECTRIQUE

Un courant électrique est généré à partir de l'électricité dynamique. Les charges électriques se déplacent dans un matériau conducteur. Les métaux, l'eau salée ou bien le corps humain sont de bons conducteurs. Le courant est dit continu lorsque les électrons se déplacent dans un conducteur dans une même direction. Le courant alternatif correspond au mouvement des électrons qui alterne entre un sens et un autre. Ce mouvement de va-et-vient des charges électriques est produit entre autres par la rotation d'un alternateur.

Le courant électrique = Electricité dynamique

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

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

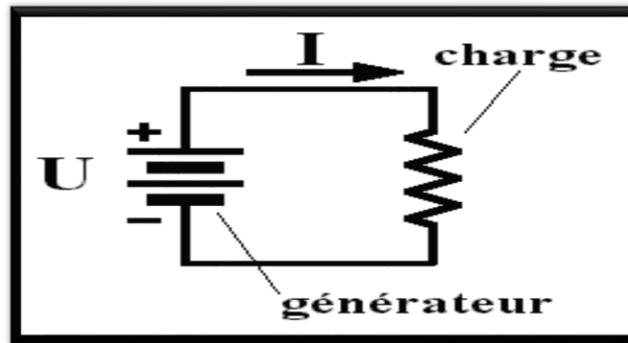


Figure I.3 : Déplacement des charges du courant électrique

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

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

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

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

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

➤ **Circuit en série**

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

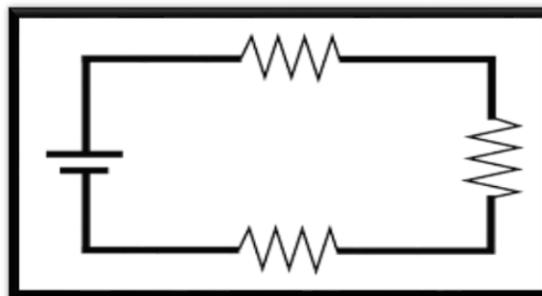


Figure I.4 : Circuit en série

➤ **Circuit en parallèle :**

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

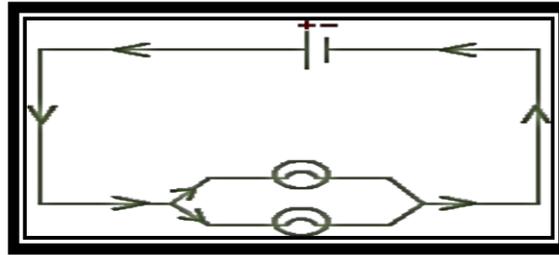


Figure I.5 : Circuit en parallèle

➤ **Circuit mixte**

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

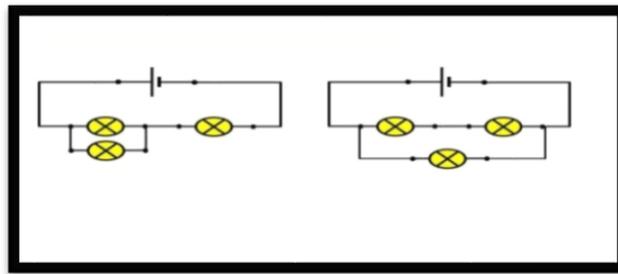


Figure I.6 : Circuit mixte

Il existe *deux types* de courant électrique :

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

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

Remarque : *A tensions égales, le courant continu est moins dangereux que le courant alternatif.*

I-6. GRANDEURS ELECTRIQUES

I-6-1. INTENSITE DU COURANT ELECTRIQUE

Traduite en ampère (A), elle permet de mesurer le débit des électrons dans le conducteur, à l'image du débit d'eau qui sort du robinet. [6]

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

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

Où

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

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

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

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

I-6-2. RESISTANCE DU COURANT

C'est la propriété de tous les matériaux de présenter une résistance au passage du courant électrique (... y compris le corps humain).

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

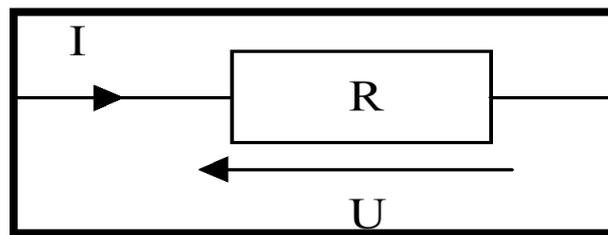


Figure I.7 : Symbole d'une résistance

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

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

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

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

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

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

I-6-3. TENSION / PUISSANCE / ENERGIE

I-6-3-1. TENSION

La tension électrique est mesurée en volt (V), elle permet de déterminer la concentration de charges électriques dans un matériau. Elle peut être comparée à la pression de l'eau dans un tuyau lorsque le robinet est fermé.

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

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

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

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

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

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

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

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

I-6-3-2. PUISSANCE

La puissance électrique est mesurée en watt ou plus couramment en kilowatt (kW, soit 1 000 W) ou mégawatt (MW, soit 1 000 kW), elle permet de déterminer la quantité d'énergie transmise et se mesure par le produit de la tension et de l'intensité. La puissance électrique peut être associée à la puissance du jet d'eau lorsqu'il sort du robinet.

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

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

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

I-6-3-3. ENERGIE ELECTRIQUE

L'énergie électrique : elle permet d'évaluer la quantité d'électricité produite ou consommée pendant une période donnée. Elle se mesure principalement en kilowattheure (kWh), en mégawatt heure (MWh ou 1 000 kWh), en gigawatt heure (GWh ou 1 000 000 kWh) et en térawatt heure (TWh ou 1 000 000 000 kWh). Il s'agit du nombre de kW multiplié par le nombre d'heures d'utilisation.[6]

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

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

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

➤ *Comment fonctionne l'énergie électrique ?*

On utilise une source d'énergie qui peut être de l'eau, de la vapeur ou un gaz. Cette énergie fait tourner une énorme turbine qui est reliée à un alternateur. L'alternateur agit comme un aimant et il attire les électrons, ce qui les oblige à se déplacer. Et le déplacement des électrons génère le courant électrique.

I-6-4. CHAMP ELECTRIQUE

Un champ électrique est un champ de force invisible créé par l'attraction et la répulsion de charges électriques (la cause du flux électrique) et se mesure en Volts par mètre (V/m). L'intensité du champ diminue à mesure qu'augmente la distance à sa source.

Un champ électrique statique (appelé également champ électrostatique) est un champ électrique qui ne varie pas avec le temps (fréquence de 0 Hz). Les champs électriques statiques sont générés par des charges électriques qui sont fixes dans l'espace. Ils diffèrent des champs qui varient au fil du temps, tels que les champs électromagnétiques générés par les appareils utilisant du courant alternatif (AC) ou par les téléphones mobiles, etc.[7]

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



Figure I.8 : Les lignes à haute tension véhiculent l'électricité

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

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

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (\text{I.3})$$

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

- **Champ électrique et foudre**

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

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

Quand l'orage approche, on peut constater que des nuages particuliers se forment. Ils sont en général très sombres et de type **cumulo-nimbus**. Ceux-ci sont constitués de gouttes d'eau dans leur partie inférieure et de particules de glaces dans leurs parties supérieures. La partie haute de ces nuages est chargée positivement alors que la partie inférieure est chargée négativement.

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

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

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

I-6-5 CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE

La conductibilité électrique correspond à la conductance d'une portion de matériau de 1 m de longueur et de 1 m² de section. Les métaux, comme le cuivre ou l'aluminium, et les solutions d'électrolytes sont parmi les meilleurs conducteurs électriques.

Les substances qui ont une conductibilité élevée sont appelées conducteurs. La propagation de la chaleur ou de l'électricité dans ces milieux s'y fait aisément. On trouve, entre autres, les métaux et l'eau salée dans cette catégorie.

À l'inverse, les substances qui ont une conductibilité faible sont appelées isolants. La propagation de la chaleur ou de l'électricité dans ces milieux n'est pas possible ou bien s'y fait très difficilement. On trouve les céramiques et l'eau pure dans cette catégorie. [8]

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

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

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

Tableau I.2 : Conductibilité des métaux

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

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

I-7. RECEPTEURS

On appelle récepteur tout dispositif capable de transformer de l'énergie électrique en une autre forme d'énergie (mécanique - moteurs, chimique - cuve à électrolyse, ..). Comme pour les autres dipôles, on distingue les récepteurs passifs, dont la caractéristique passe par l'origine, et les récepteurs actifs, pour lesquels la tension aux bornes n'est pas nulle en l'absence de courant. [9]

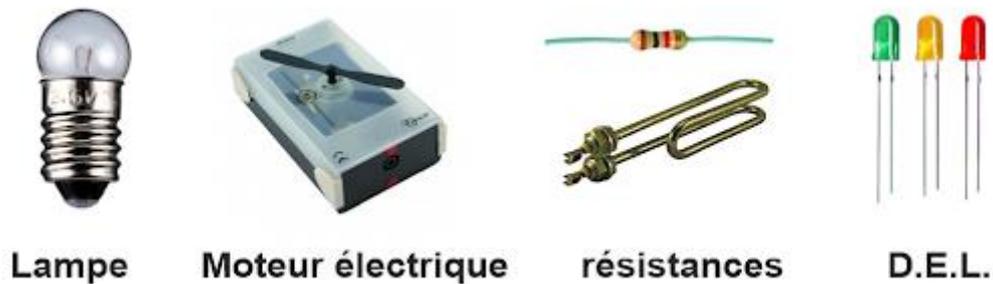


Figure I.9. Récepteurs électrique.

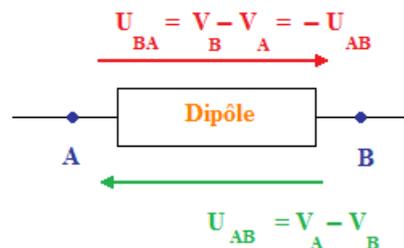
Un récepteur est un convertisseur d'énergie qui consomme de l'énergie électrique et la transforme en une ou plusieurs autres formes d'énergies (mécanique, thermique, chimique, ..Etc.).

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

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

➤ **Convention d'orientation :**

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



- **Convention d'orientation d'un récepteur :**



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

➤ *Caractéristiques d'un récepteur*

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

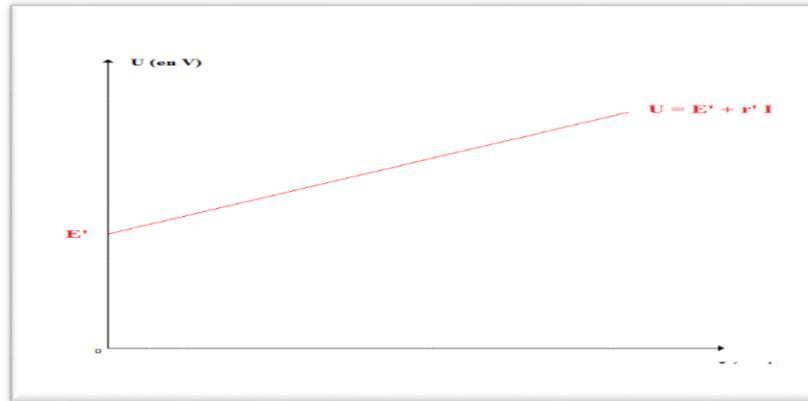


Figure I.10 : Représentation graphique de « U » aux bornes d'un récepteur en fonction de « I »

- « E' » est une tension particulière du récepteur : C'est une tension à partir de laquelle le récepteur laisse passer le courant. On l'appelle *force contre-électromotrice* «*F.c.é.m.*». Elle est notée chez les récepteurs « E' » et son unité est le « volt » .
- Le coefficient directeur de la droite est égal à la résistance interne du récepteur. Elle est notée « r' » et son unité est l'*ohm*. Le *dipôle* est dit *actif*

I-8. DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Le courant qui circule sur réseau électrique est le plus souvent alternatif et triphasé car c'est le plus économique à produire et à transporter. Alors que le consommateur final a besoin de courant à basse tension, moins dangereux à utiliser, il est plus économique de transporter un courant à très haute tension sur de longues distances.

En effet, à puissance constante, si l'on augmente la tension, alors on réduit l'intensité du courant ($P=U*I$) et donc, également les pertes par effet Joule ou pertes thermiques ($P_{th}=R*I^2$), mais aussi l'effet "peau d'orange" qui limite la circulation des forts courants à la surface extérieure des conducteurs ce qui obligerait l'utilisation de câbles de cuivre de plus grosse section. On utilise donc des transformateurs élévateurs de tension de manière à réduire l'intensité du courant pour le transporter et, des transformateurs abaisseurs de tension pour la distribution (en Basse tension) aux usagers. [1]

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

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

- « *Haute Tension* » pour les fortes puissances et les longues distances,

- «*Basse Tension*» pour les moyennes et faibles puissances et les courtes distances.

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

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

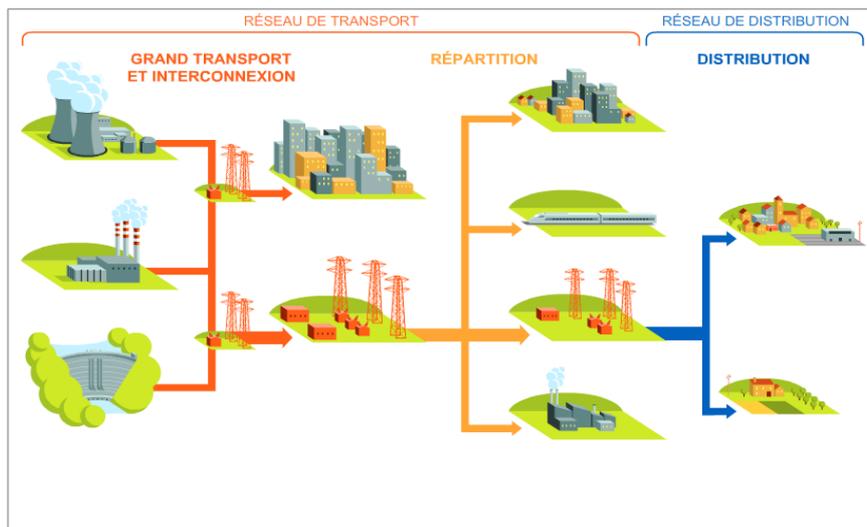


Figure I.11 : Organisation du réseau

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

Tableau I.3 : Domaines de tension

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

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

- Une ligne aérienne haute tension compte en général *trois câbles électriques* les uns à côté des autres. Lorsqu'une ligne est composée de *six câbles*, il s'agit en fait de deux lignes différentes (*trois câbles par ligne*).
- Un câble supplémentaire, appelé *câble de garde* est généralement disposé au-dessus de la ligne de transport et la protège de la foudre.

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

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

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

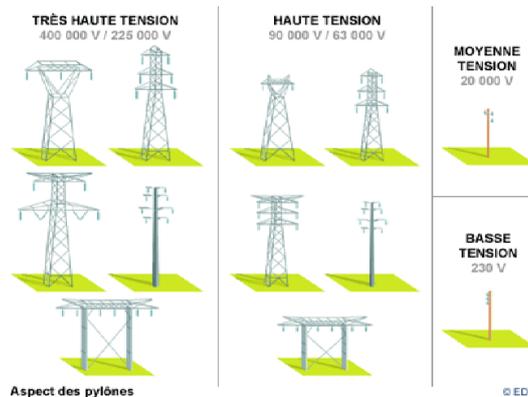


Figure I.12 : Aspect des pylônes

Les réseaux de distribution ont comme point de départ les postes sources. Ils comportent des transformateurs « **HTB/HTA** » à partir desquels la « HTB » est distribuée en triphasé sans neutre et entre **5 et 33 kV (souvent 20kV)**.

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

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

A partir de ces départs, on réalise des schémas :

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



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

- En **Basse tension-BT (moins de 1000V)** : Il est du type triphasé **50 Hz** avec neutre distribué. La puissance ne doit pas être supérieure à **250 kVA**.
- En **Haute-Tension-HT (plus de 1000V)** : Pour les puissances supérieures à **250 kVA**, le distributeur fournit une alimentation dite de 2ème catégorie comprise entre **5 et 33 kV**.

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

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

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

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

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

I-9. CONCLUSION

L'électricité, définie par sa tension, son intensité et sa puissance représentant un tiers de l'énergie consommée au monde, peuvent être générée, transportée et stockée.

Aujourd'hui, cette électricité est produite par des centrales électriques, transportée et distribuée aux consommateurs. Comme le feu du temps des hommes préhistoriques, l'électricité a changé la vie de l'humanité. Elle est devenue indispensable à tout ce qui fait notre vie quotidienne : Se nourrir, se chauffer, s'éclairer, se laver, soigner, communiquer, se déplacer, fabriquer...

Chapitre II : Dangers du courant électrique

CHAPITRE II : DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE

II-1. INTRODUCTION

L'électricité constitue une forme d'énergie particulièrement aisée à produire, à transporter et à convertir en une autre forme d'énergie (mécanique, chimique, thermique, lumineuse), toutefois elle n'est pas dépourvue de risque, entraînant parfois des accidents électriques qui peuvent être fatals.

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

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

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

Le courant électrique est dangereux car il constitue une cause relativement fréquente d'accident de travail dans le domaine du génie électrique.

Les 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* »

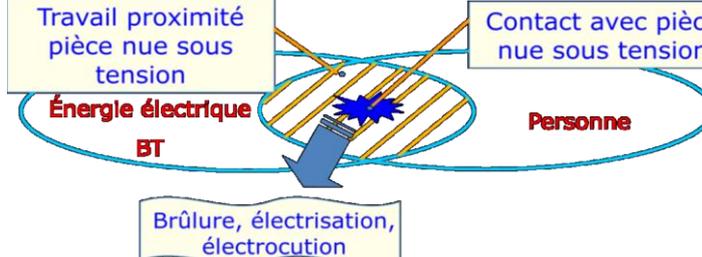
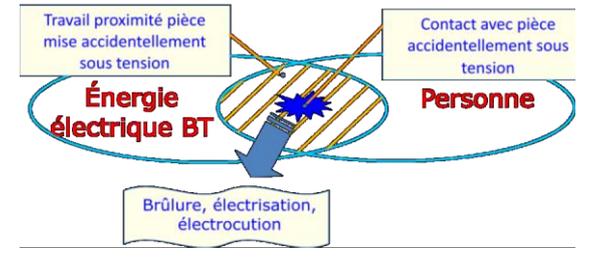
.

II-2. NATURE DES ACCIDENTS ELECTRIQUES

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

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

Tableau II.1 : Accidents par contact direct et indirect

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

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

II-2-1.ACCIDENTS ELECTRIQUES SUR L'HOMME

II-2-1-1. PAR CONTACT DIRECT AVEC UNE PIECE NUE SOUS TENSION

Le contact direct est le contact physique entre une personne et une pièce nue habituellement sous tension. C'est par exemple le contact d'une partie du corps humain avec la partie conductrice d'un câble électrique, d'une borne de raccordement, avec l'âme d'un conducteur dénudé...

Ce contact va soumettre le corps de la personne à une tension, appelée aussi différence de potentiel, entre le point de contact avec la pièce nue sous tension et la partie du corps en liaison avec la terre, et provoquer la circulation d'un courant entre ces deux points de contact :

- Risques pour la personne : Electrisation, électrocution, brûlure;
- Risque pour l'installation : Aucun.

Beaucoup de travailleurs sont amenés à utiliser des matériels alimentés en énergie électrique (machine-outil, appareil de levage et manutention, matériel de bureau...). Toutes les entreprises peuvent donc être confrontées à un accident d'origine électrique de type électrisation, électrocution, brûlure, incendie ou explosion. Si le nombre d'accidents liés à l'électricité diminue régulièrement, ceux-ci sont souvent très graves.

Les accidents électriques trouvent leur origine dans la conception, la réalisation, l'utilisation ou l'entre- tien des installations. Ils surviennent majoritaire- ment sur :

- Les installations non conformes aux normes;

- Les installations conformes mais dont la qualité d’origine, principalement leur isolation, se détériore au cours du temps suite à des agressions qui peuvent être d’origine mécanique, thermique, chimique, ou autre;
- Les installations conformes modifiées par des personnes non qualifiées ;
- Les installations improvisées (branchements de fortune), où l’on rencontre des conducteurs mal protégés et des dispositifs de protection inadaptés ;
- Les installations « bricolées », souvent sources de situations potentiellement dangereuses ;
- La mauvaise perception du risque électrique ou l’absence de formation adaptée des utilisateurs...

Les accidents électriques peuvent être provoqués par :

- Un contact direct: contact avec une pièce nue sous tension ;
- Un contact indirect: contact avec une pièce mise accidentellement sous tension.

❖ Exemple « Électrocution par ligne de contact alimentant un pont roulant » :

• Scénario de l’accident :

Un ouvrier électricien, chargé de remplacer un diablo sur un support de ligne de contact alimentant un pont roulant en 400 V, monte sur la poutre métallique sur laquelle repose le rail de roulement du pont et veut procéder à la réparation sans couper le courant et sans gants. Par la suite d’un faux mouvement l’une de ses mains vient en contact avec l’un des conducteurs de la ligne alors que ses pieds reposent sur la poutre. Coincé entre la ligne de contact et la poutre, l’ouvrier décède lorsqu’on parvient à le dégager.

Le rail de roulement du pont roulant étant à la terre, l’ouvrier a été soumis à une différence de potentiel, par contact direct main / pieds

Tableau II.2 : Electrocutation par ligne de contact

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

**Accident par contact direct
avec conducteurs nus sous tension**

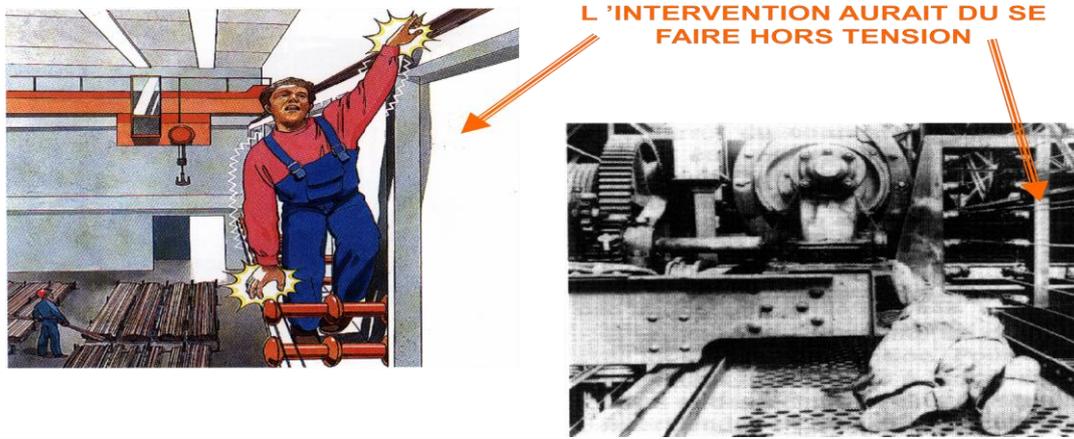


Figure II.1: Electrocutation par ligne de contact alimentant un pont roulant

❖ **Deuxième exemple « Travail sous tension » :**

• **Scénario de l'accident :**

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

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

Tableau II.3 : Travail sous tension

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



Figure II.2: Travail sous tension dans un sous-sol

II-2-1-2. PAR CONTACT INDIRECT

Un contact indirect est un contact avec une pièce conductrice mise accidentellement sous tension. Par exemple, l’enveloppe métallique d’une armoire électrique peut se trouver accidentellement sous tension si un de ses éléments est en défaut d’isolement et qu’elle n’est pas reliée à la terre. Un contact avec cette enveloppe peut provoquer une électrisation ; il s’agit d’un contact indirect :

- Risques pour la personne : Electrisation, électrocution, brûlure
- Risques pour l’installation : Aucun

Remarque : Si les effets sur le corps humain d’un contact indirect sont identiques à un contact direct, les mesures de prévention sont différentes. C’est pour cette raison qu’il y a lieu de différencier contacts directs et contacts indirects.

Le contact accidentel avec la pièce nue sous tension peut s’établir avec la main ou une autre partie du corps comme la tête, le coude, le pied... Ce contact peut s’établir aussi par l’intermédiaire d’un outil ou d’un équipement contenant des matériaux conducteurs utilisé par une personne comme une barre en acier, une échelle ou un échafaudage métalliques, un camion nacelle... [12].

❖ **Exemple d’éclairage provisoire dans un local mouillé**

• **Scénario de l’accident :**

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

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

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

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

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

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

Tableau II.4 : Eclairage provisoire

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

❖ *Deuxième exemple d'électrocution dans une filature :*

• *Scénario de l'accident :*

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

Tableau II.5 : Electrocution dans une filature

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



Figure II.3 : Electrocution dans une filature

II-2-1-3. BRULURE, INCENDIE OU EXPLOSION D'ORIGINE ELECTRIQUE

❖ *Exemple d'enlèvement d'un fusible en charge*

• *Scénario de l'accident :*

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

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

Tableau II.6 : Enlèvement d'un fusible en charge

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

❖ *Deuxième exemple d'ouverture d'un sectionneur en charge*

• *Scénario de l'accident :*

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

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

Tableau II.7 : Ouverture d'un sectionneur en charge

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

II-2-1-4. SENSIBILITE AU COURANT ELECTRIQUE

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

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

II-2-2. TERMINOLOGIE LIEE AUX ACCIDENTS D'ORIGINE ELECTRIQUE

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

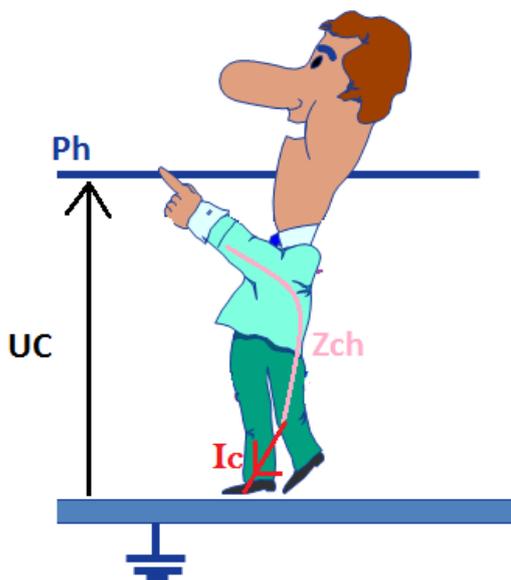
• Le terme **électrisation** correspond au passage d'un courant électrique dans le corps humain ou bien que le corps d'un animal. Une électrisation peut survenir accidentellement ou être provoquée. C'est par exemple le cas lorsqu'il est fait usage d'un défibrillateur cardiaque dans le cadre de secours d'urgence. Ou dans le cas des lasers ou pistolets à impulsion électrique qui servent à immobiliser une personne par électrisation, c'est donc toutes les manifestations physiologiques et physiopathologiques dues au passage du courant électrique (CE) au travers du corps humain.

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.

Lorsque le corps humain est soumis entre deux points à une tension U_c (tension de contact) il est traversé par un courant qui dépend de l'impédance Z_{ch} entre les deux points de contact. L'impédance du corps humain, mesurée entre les extrémités du corps est variable.

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

L'impédance de la peau est pratiquement inversement proportionnelle à : la tension de contact (phénomène de claquage ou de rupture diélectrique), l'humidité et la fréquence (à 500 Hz, l'impédance de la peau est environ le dixième de celle à 50 Hz, dans ces conditions l'impédance totale du corps humain peut être assimilée à son impédance interne).[10]



Impédance du corps humain :

$$Z_{ch} = Z_p + Z_i$$

Z_p : Impédance de la peau

Z_i : Impédance interne $\approx 500 \Omega$

Pour les locaux secs :

Z_{ch} : 2000Ω contact main/main

Z_{ch} : 5000Ω Contact main/ pied

Pour les locaux humides :

Z_{ch} : 1000Ω contact main/main

Z_{ch} : 2500Ω contact main/pied

Figure II.4 : Mécanisme d'électrisation

La gravité de l'électrisation dépend de plusieurs facteurs :

- l'intensité du courant (A) ;
- la tension du courant ;
- le type de courant : alternatif ou continu ;
- la durée du passage de l'électricité dans le corps ;
- la superficie de la zone de contact avec la source électrique ;
- la trajectoire du courant :

- l'état de la peau : normale ou calleuse, sèche ou humide (l'humidité est un facteur aggravant) ;
- la nature du sol (matériau isolant ou conducteur). [11]

❖ **Types de contact :**

- **Contact direct :** (électrisations les plus fréquentes)

45% des accidents sont le contact des personnes avec des parties actives (phase ou neutre), ou des parties conductrices sous tension.

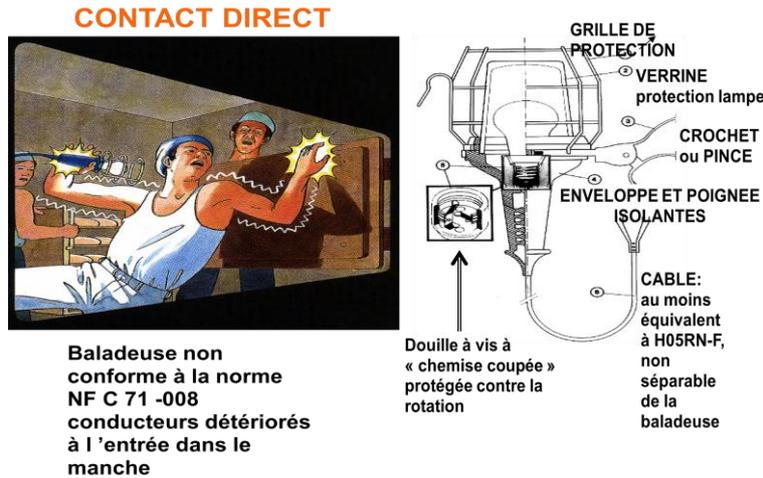


Figure II.5 : Accident par Contact Direct

- **Contact indirect :** (Electrisations peu fréquentes)

20% des accidents sont le contact des personnes avec des masses mises accidentellement sous tension. Cette mise sous tension accidentelle résulte de la défaillance de l'isolation d'un appareil amenant un défaut d'isolement.

- **Court-circuit :** (Electrisations peu fréquentes)

30% des accidents sont le contact réalisé par un objet métallique entre une masse et une partie active sous tension ou entre deux parties actives sous tension.

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



Figure II.6 : Electrocutation mortelle

Le terme *électrocution* correspond au décès consécutif au passage d'un courant électrique dans le corps humain, mais aussi dans le corps d'un animal. Il est souvent employé à tort à la place du terme électrisation qui est le terme générique à utiliser lorsque l'électricité traverse le corps humain. En France, le nombre d'électrocutions qui surviennent chaque année est estimé à 200. Dans certains États des États-Unis, on recourt à l'électrocution pour exécuter des prisonniers condamnés à mort[10]

• *L'électrocution* est un accident mortel, dû à l'électricité. La fibrillation ventriculaire qui peut suivre l'électrisation est un état transitoire de l'organisme, dit état de mort apparente, qui correspond à un rythme de fonctionnement anarchique du cœur sous l'effet du passage d'un courant électrique de faible intensité (de l'ordre de quelques dizaines de milliampères).

Ce régime cardiaque perturbé du cœur peut se prolonger et l'arrêt définitif du cœur se produire s'il n'y a pas d'intervention extérieure de réanimation (ventilation artificielle, massage cardiaque) permettant le maintien de la survie en attendant l'arrivée des secours médicalisés d'urgence.

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

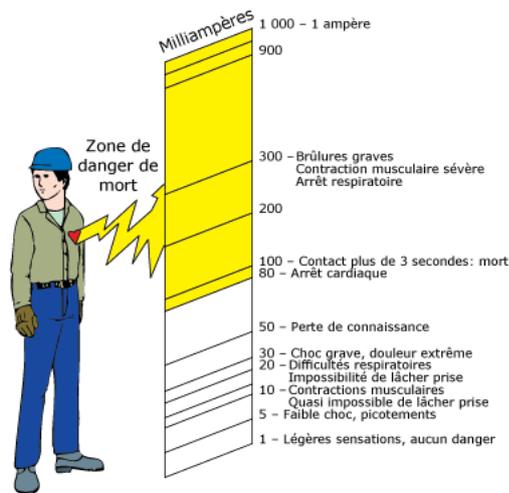


Figure II.7 : Electrisation et intensité

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

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

$$I = \frac{U}{R} \qquad I = \frac{500 \text{ V}}{50\,000 \text{ } \Omega} = 0,01 \text{ A} = 10 \text{ mA} \qquad \text{(II.1)}$$

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

$$I = \frac{25 \text{ V}}{500 \text{ } \Omega} = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA} \quad (\text{II.2})$$

II-2-3. INTENSITE DE COURANT

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.

II-2-3-1. CONDITIONS DE CONTACT

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.

Les effets dépendent également :

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

On définit un facteur de risque pour le cœur, dit facteur de courant de cœur par le rapport du courant « 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 II.6).

Tableau II.8 : Facteurs de courant de cœur pour différents trajets du courant

<i>Facteurs de courant de cœur pour différents trajets du courant</i>	
Main gauche au pied gauche, droit, ou aux deux.....	1.0
Deux mains aux deux pieds.....	1.0
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

II-2-3-2. NATURE ET DUREE DU PASSAGE DU COURANT

Les effets dépendent :

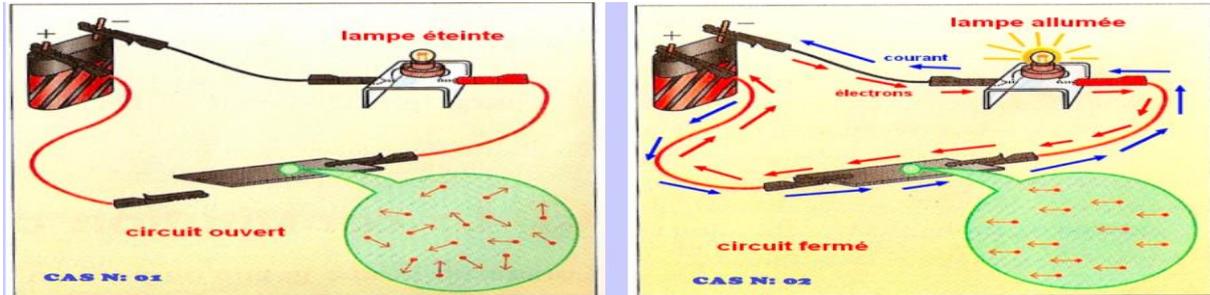


Figure II.8 : Nature et durée du Courant Electrique

Un métal est constitué d'atomes. Dans ces atomes, les électrons périphériques sont peu liés au noyau. Ils peuvent quitter leur atome d'origine et passer sur les atomes voisins : on les appelle des électrons libres. (Voir figure II.7).

- **Voir cas. n°1** : Lorsque le conducteur métallique n'est soumis à aucune tension, les électrons libres de ce conducteur ont un mouvement désordonné : ils se déplacent en tous sens.

- **Voir cas. n°2** : Lorsque le conducteur métallique est soumis à une tension électrique, les électrons libres ont un mouvement d'ensemble dans le même sens, de la borne - à la borne + du générateur. Le sens de déplacement des électrons est donc opposé au sens conventionnel du courant. En effet, au XIX^{ème} siècle, les physiciens, ignorant l'existence des électrons libres, ont choisi arbitrairement un sens pour le courant : le courant va de la borne + à la borne - à l'extérieur du générateur. Dans les métaux, le courant électrique est dû à un déplacement de porteurs de charges négatives : les électrons libres.

Remarque n°1: Parmi les électrons que possède un isolant, il n'y a pas d'électrons libres. Tous les électrons d'un isolant sont liés au noyau. C'est pour cette raison qu'un isolant électrique ne conduit pas le courant électrique.

Remarque n°2: L'intensité I du courant correspond à un débit d'électrons, c'est-à-dire au nombre d'électrons libres qui passent dans un conducteur pendant un temps donné. Plus le nombre d'électrons qui passent en 1 seconde est grand, plus l'intensité I est élevée.

Dans les métaux, le courant électrique est dû à un déplacement de porteurs de charges électriques négatives : Les électrons libres.

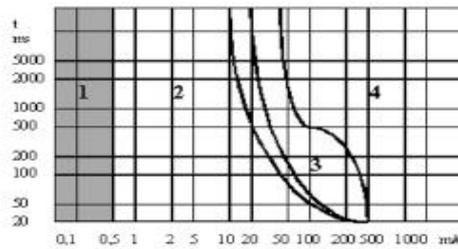
II-2-3-3. ACTIONS PHYSIOPATHOLOGIQUES / CLINIQUES DU COURANT ELECTRIQUE

II-2.3-3-1. ACTIONS PHYSIOPATHOLOGIQUES DU COURANT ELECTRIQUE

Elle joue un rôle important dans la gravité des électrisations par ses effets excito-moteurs (**Tableau II.9**). L'intensité varie en fonction de la tension du courant et de la résistance. Plus la résistance est grande plus l'intensité et ses effets seront importants pour une tension donnée. Les conséquences des effets physiologiques sont classées en zones:

Tableau II.9 Effets physiologiques de l'intensité du courant électrique -simplifié-

Intensité du courant de choc	Effets physiologiques	Risques	
0,5 mA	Seuil de perception	Pas de risques	
0,5 à 10 mA	Picotements, crispation des muscles	Electrisation: réactions incontrôlées	
25 à 50 mA	Tétanisation des muscles, contraction de la cage thoracique et paralysie respiratoire	Chutes possibles, asphyxie	
75 mA	Fibrillation ventriculaire irréversible, arrêt des battements	Electrocution	
1 A	Arrêt du cœur	Mort instantanée	
La durée du passage du courant de choc est aussi importante dans la définition des risques encourus.			
Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Courant inférieur au seuil de perception, pas de risque	Effet ressenti sans conséquence physiologique dangereuse	Réactions incontrôlées, forte probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires	Effets physiologiques importants, risque de fibrillation ventriculaire et brûlures graves



- Zone 1 (0.1 à 0.5 mA): pas de danger;
- Zone 2 (0.5 à 10 mA): perception sans danger;
- Zone 3 (10 à 500 mA): danger asphyxique;
- Zone 4: danger de mort subite.

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.

Cette schématisation nécessite quelques commentaires.

L'application directement sur le myocarde d'un courant électrique d'une intensité de 0.2 mA induit une fibrillation ventriculaire (FV). La sévérité des lésions, d'autant plus importante que la surface de contact est grande, est en rapport avec différents niveaux d'intensité. Cet effet s'arrête dès l'interruption de la source électrique. Ainsi les conséquences seront variables de la simple contraction réalisant un tableau de secousse musculaire et au pire une mort subite. Pour un seuil d'intensité faible la contraction au niveau du membre supérieur touchera les muscles extenseurs entraînant une projection de la victime avec un risque de traumatisme associé; pour une intensité plus élevée ce seront les muscles fléchisseurs qui seront concernés, occasionnant un agrippement à la source d'énergie électrique qui va aggraver cet AE.

Les contractions des diaphragmes, réalisant une véritable tétanisation à l'origine d'une mort subite, se produisent pour un seuil d'intensité élevée; de même la mort subite en rapport avec un laryngospasme. Lors du passage du courant par la région cardiaque le décès peut survenir par FV s'il tombe en période réfractaire partielle du cycle cardiaque. Au-delà de deux ou trois ampères il existe un danger d'inhibition des centres nerveux qui peut persister après l'arrêt du passage du courant et serait responsable d'une perte de connaissance immédiate et de troubles ventilatoires (apnée) d'origine centrale par sidération des centres bulbaires. La traduction clinique de cette sidération variera du simple vasospasme accompagné d'une réaction chronotrope positive jusqu'à la mort subite.

❖ *Actions physiologiques et pathologiques*

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

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

- De 0,5 à 2 MA : Seuil de perception sans douleur ;
- De 3 à 5 MA : Début de sensation douloureuse, ou désagréable ;
- De 5 à 8 MA : Effet de choc, risque de contraction réflexe (chute...) ;
- 10 MA : Seuil dit le non lâcher, crispation des muscles de la main, sans possibilité de lâcher volontaire ;
- 15 MA (plus de 2 s) : Début de risques cardiaques réversibles ;
- 30 MA : Risque d'asphyxie si non rupture, par contraction des muscles commandant la respiration ;
- 50 MA : Risque de déclenchement de la fibrillation suivant le temps de passage.

II-2-3-3-2. ACTIONS CLINIQUES DU COURANT ELECTRIQUE

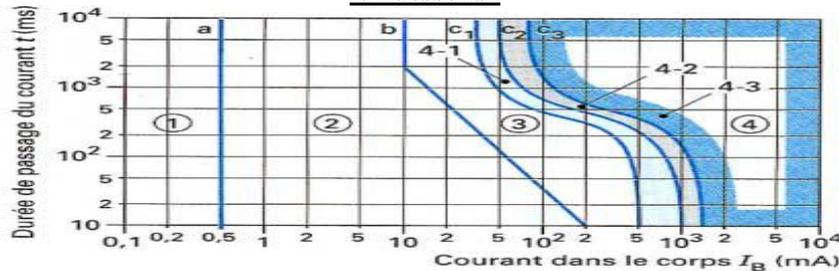
L'action du courant électrique, selon les paramètres décrits ci avant et également en fonction de la tension, peut entraîner les conséquences suivantes :

- Secousse, choc électrique, avec retour apparent à l'état antérieur ;
- (Mais l'examen est nécessaire pour déterminer des suites éventuelles) ;
- Asphyxie (pouvant être mortelle) ;
- Fibrillation ventriculaire (mortelle le cas échéant) ;
- Brûlures (mortelles suivant gravité, surtout en haute tension).

Les suites peuvent être diverses :

- Cardio-vasculaires (tachycardie, lésions vasculaires...);
- Neurologiques (pertes de conscience, de force musculaire...);
- Sensorielles (troubles de la vision, de l'audition...);
- Rénales (insuffisance);
- Pour les brûlures par arc : dermiques, oculaires (coup d'arc), électrothermiques profondes, thromboses, œdèmes, nécroses, etc.

Tableau II.10: Zones temps courant en tension alternative de fréquences 15 à 100 Hz
-en dessous-



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

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

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

❖ *Etat de mort apparente*

La complication ultime et immédiate est l'arrêt cardiaque. Plus de 95% des décès dans les suites d'un AE sont dues à une arythmie par dépolarisation massive.

L'atteinte cardiaque directe se traduit par une asystolie ou une FV, le plus souvent lors d'un foudroiement ou par FV avec du CE domestique.

L'atteinte myocardique indirecte relève d'une anoxie suite à une tétanisation des muscles respiratoires ou à un laryngospasme ou par sidération des centres respiratoires bulbaires (fulguration).

Les autres causes sont représentées par les traumatismes graves associés (crâne) et les effets de blast engendrés par la foudre au niveau d'autres organes (poumon, viscères abdominaux).

❖ *Manifestations cardiovasculaires*

- Les troubles du rythme : En plus de l'asystolie et de la FV, toutes les arythmies peuvent survenir: Tachycardies supra-ventriculaires, extrasystoles ventriculaires et auriculaires, arythmies complètes par fibrillation auriculaires, les bradycardies. Un espace QT allongé peut se compliquer d'une torsade de pointe ;

- Ischémie myocardique : Les troubles de la re-polarisation non spécifiques à type de modification du segment ST et de l'onde T peuvent exister et sont réversibles en quelques jours.

- L'angor ou angina-pectoris-electrica qui peut durer plusieurs mois est de symptomatologie atypique (clinique et électro-cardio-graphique) et d'apparition parfois retardée de plusieurs jours ;

- Infarctus du myocarde (IDM) :La nécrose peut être trans-murale, diffuse ou localisée.

Les IDM inférieurs sont les plus fréquents mais toutes les localisations sont possibles. La symptomatologie clinique est trompeuse car la douleur typique peut manquer ou être méconnue dans ce contexte hyperalgique. Les signes électriques apparaissent jusqu'à quelques jours après l'accident. Mais l'existence d'un foyer arythmogène sur IDM est potentiellement annonciatrice de la survenue d'une tachycardie ventriculaire dans un délai de 8 à 12 h. La biologie révèle une élévation isolée précoce de l'iso enzyme MB des créatines phosphokinases (CPK MB), qui n'est pas spécifique. Le dosage de la myoglobine est difficile à interpréter dans ce contexte de lésions musculaires associées - la troponine semble être le marqueur biologique le plus spécifique. L'IDM peut être associé à des foyers nécrotiques dans la média ou à des thrombi oblitérant la lumière des artères coronaires. Parfois la scanographie de perfusion ne montre pas de zone hypoperfusée, d'où l'intérêt de la scintigraphie au ^{99m}Tc pyrophosphate, qui confirmera le diagnostic de lésion myocardique.

L'absence de troubles de perfusion myocardique a fait suspecter une action directe du CE sur les cellules myocardiques. Cette notion d'IDM, sans trouble de perfusion myocardique, sous-évalué par l'examen écho-cardiographique, astreint les indications des techniques de reper-métabolisation aux seuls cas où l'angiographie coronarienne est en faveur d'une atteinte vasculaire.

- Péricardite : L'épanchement liquidien est séro-hématique et de quantité variable. Il peut être retardé de quelques heures après un foudroiement. Son abondance fait courir le risque de tamponnade.

❖ *Atteintes vasculaires*

L'atteinte est fréquente et multiforme. Les vaso-spasmes périphériques et les thromboses artérielles ou veineuses participent à l'installation d'un syndrome des loges (syndrome de *Bywater*) avec une dé-vascularisation progressive par thrombose itérative et ischémie localisée survenant jusqu'au troisième jour après le traumatisme initial. Ces thromboses sont dues à l'action directe du courant électrique sur la paroi vasculaire associée, parfois à des phénomènes d'hypercoagulabilité.

La fragilisation de la paroi vasculaire est responsable d'hémorragies secondaires. Les artères de petits calibres sont plus souvent atteintes. Ces complications artérielles hémorragiques surviennent jusqu'à six semaines après l'accident initial,²⁶ alors que les anévrismes peuvent se développer des mois plus tard.

Un foudroiement peut provoquer une instabilité du système nerveux autonome, avec hypertension artérielle et vasospasme qui disparaissent spontanément.

❖ *Manifestations neurologiques*

Troubles de la conscience : La perte de connaissance brève est le signe le plus fréquent. L'amnésie et des crises d'épilepsie sont décrites. En fait toutes les fonctions cérébrales peuvent être touchées.

Un coma profond peut être l'expression d'un passage du CE, par l'extrémité céphalique, d'une anoxie ou d'un traumatisme associé.

Une atteinte médullaire signifie un passage du CE ou un traumatisme associé (section).

Les CE à HT sont les plus fréquemment incriminés dans la survenue de ces manifestations graves.

• *Atteintes nerveuses périphériques* : Les lésions intéressent tous les nerfs périphériques mais plus fréquemment: médian, cubital, radial et péronier.

Autres manifestations : Le syndrome de stress post-traumatique existe chez la victime et son entourage. Il se présente sous deux types: syndrome de la douleur régionale complexe (SDRC) type I, correspondant à une dystrophie réflexe sympathique qui se traduit par des douleurs à type de brûlures d'hyper-pathie et d'allo-dynie;

Le SDRC type 2 traduit une atteinte nerveuse individualisée.

❖ *Manifestations neurologiques retardées* :

Elles sont retardées et progressives: Neuropathie périphérique, paresthésie, parésie atrophie optique, dysfonction cérébelleuse, épilepsie, myélite transverse, paraplégie, dépression et troubles de la mémoire et de la concentration/ Les atteintes neurologiques secondaires au foudroiement.

La classification de « Cherington » leur reconnaît quatre grands groupes:

• *Groupe 1* (lésions immédiates et transitoires); il est composé de pertes de connaissance brève, confusion, amnésie, céphalées, paresthésie et asthénie. La paralysie prédominante aux membres inférieurs (kéraunoparalysie de Charcot) s'accompagne de pâleur, d'une vasoconstriction sévère avec diminution des pouls et d'une hypertension artérielle;

• *Groupe 2* (lésions immédiates, prolongées et permanentes); il définit des lésions cérébrales, médullaires et périphériques: - (au niveau du cerveau) encéphalopathie post-arrêt cardiaque, des zones d'infarctissement, un oedème cérébral, une atrophie cérébelleuse, des hématomes; - (au niveau médullaire) myélopathie avec démyélinisation, lésion cordonale; - (les déficits périphériques) destruction des cellules de Schwann (fragmentation axonale), syndrome de compression nerveuse (oblitération vasculaire et fibrose périneuronale);

• *Groupe 3* (lésions retardées et progressives); il intéresse les manifestations à long terme dont les mécanismes physiopathologiques sont méconnus. Ils peuvent survenir plusieurs mois après l'accident initial;

• *Groupe 4* (lésions neurologiques associées); ce sont les pathologies liées aux traumatismes associés: hématomes extraduraux, les hématomes sous-duraux, les hémorragies méningées, section médullaire.

❖ Brûlures

Les mécanismes des brûlures sont plus ou moins associés.

Au contact du Courant électrique le point d'entrée (marque de Jellinek) est marqué par une zone de nécrose marbrée ou blanchâtre, cartonnée, insensible et qui ne saigne pas à la scarification. Cette zone de nécrose est parfois minime en superficie, quelques centimètres carrés, parfois moins, les dégâts les plus importants étant situés sous la peau. Ce point d'entrée est parfois entouré d'une zone de profondeur variable, deuxième degré profond, généralement due à l'inflammation des vêtements par un flash qui accompagne le passage du courant. Les lésions engendrées sont le plus souvent plus graves que ne le laisserait croire l'atteinte cutanée. L'œdème lésionnel va gonfler le muscle entraînant rapidement une nécrose de pression par syndrome des loges, qui est le résultat, comme dans le crush syndrome, d'une augmentation de la pression (supérieure à 30 mm Hg) dans une loge aponévrotique inextensible.

Les zones nécrotiques peuvent coexister avec une conservation des pouls périphériques et évoluent pendant la première semaine après le traumatisme. Au-delà, on observe des foyers de proliférations fibroblastiques et de résorption des tissus dévitalisés, l'évolution se faisant spontanément vers une fibrose séquellaire. La production de radicaux libres va aggraver ces lésions musculaires. Le point de sortie est le plus souvent circonscrit, sous forme d'une petite zone de nécrose blanche ou grise, sorte de petite ulcération au niveau des membres inférieurs, de la plante des pieds surtout; là aussi les lésions sont en profondeur.

Entre ces marques de « *Jellinek* », le passage du courant est susceptible d'engendrer des lésions en fonction des résistances rencontrées au niveau des différents tissus, avec préférentiellement les trajets vasculo-nerveux.

La dernière cause secondaire est l'infection, qui peut survenir à bas bruit avec une sérieuse probabilité de prolifération de germes anaérobies.

Les brûlures par flash provoquent des lésions souvent étendues et profondes. Elles sont aggravées par une ignition des vêtements de la victime. Identiques aux autres brûlures thermiques, au delà de 10% de la surface corporelle brûlée (SCB), elles menacent le pronostic vital par hypo-volémie à la phase aiguë.

La fusion de métaux (collier, bague, bracelet, fermeture éclair) peut donner des lésions de brûlures profondes.

Une brûlure de la commissure labiale suite à une morsure de prise de CE, chez un enfant, présente un risque de séquelles fonctionnelles et une chute d'escarre potentiellement hémorragique pouvant survenir entre le 5ème et le 9ème jour, parfois jusqu'à deux semaines.

Le foudroiement réalise une lésion pathognomonique: la figure de Lichtenberg (suffusions hémorragiques sousépidermiques). On observe sur la peau de petites macules rosées, fixes, ne disparaissant pas à la pression, dessinant des arborescences en feuille de fougère au point de fulguration.

❖ Manifestations pulmonaires

L'arrêt respiratoire par téτανisation se produit pour des CE de 20 à 30 mA.

Toutes les autres lésions pulmonaires sont secondaires au CE de HT: destruction de la paroi thoracique, œdème pulmonaire hémodynamique ou lésionnel pouvant évoluer vers un syndrome de détresse respiratoire aigu (SDRA), lésions pleurales avec hydrothorax, ruptures bronchiques et pneumothorax qui peut être suffoquant, atélectasies et infarctus.

L'inhalation de produits de combustion de matériaux avec une intoxication au monoxyde de carbone et les traumatismes associés cause des lésions secondaires.

La fulguration par effet de blast peut engendrer des lésions hémorragiques et des contusions pulmonaires.

Ces atteintes pulmonaires peuvent connaître une période de latence et se révéler tardivement jusqu'à deux semaines.

❖ *Manifestations digestives*

L'iléus paralytique est un symptôme habituel dont il faut rechercher une cause profonde s'il persiste au delà de 48 h. Le contact direct d'un CE de HT peut se compliquer de nombreuses lésions: ulcérations gastroduodénales, perforations intestinales, fistulisations, nécrose ou perforation de la vésicule biliaire, pancréatite aiguë et nécrose hépatique. Les lésions peuvent également succéder à un traumatisme associé.

❖ *Manifestations traumatologiques*

Toute impotence fonctionnelle doit faire rechercher des fractures ou luxations: 42,43 rachis, tête humérale, articulation du poignet, tête fémorale. Ces lésions font suite à une téτανisation des muscles ou à une projection de la victime.

La destruction osseuse est secondaire à l'électrothermie ou à une dé-vascularisation périostée. Ces lésions osseuses en cas de blast se produisent même en l'absence de téτανisation ou de projection (arc en HT, fulguration).

II-2-4. IMPEDANCE DU CORPS HUMAIN

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

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

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

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

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

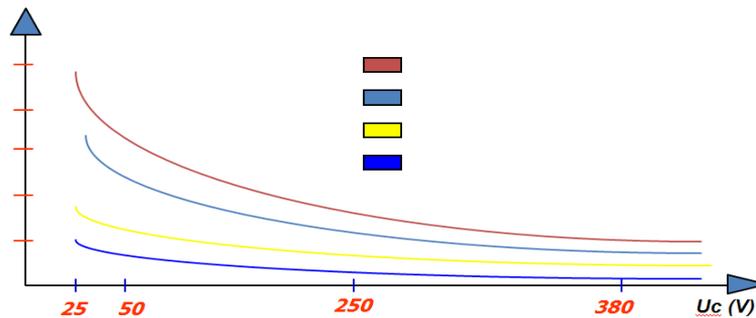


Figure II.9 : Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau

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

- La **surface de contact** : La résistance cutanée est d'autant plus faible que la surface de contact est grande ;
- La **pression de contact** : La résistance cutanée est d'autant plus faible que la pression de contact est grande ;
- La **tension de contact** : La résistance cutanée est d'autant plus faible que la tension est élevée ;
- L'**état d'humidité et de sudation de la peau** : Une peau humide (ex : par la sueur) à une résistance bien plus faible qu'une peau sèche ;
- Le **temps de passage du courant** : La résistance cutanée augmente durant 1 à 4 millisecondes puis disparaît dès le « claquage » de la peau ;
- L'**état physiologique de la personne** : La morphologie de l'individu.

D'autres paramètres tels que l'état de fatigue, le poids, la taille, sont des paramètres variables très difficile à évaluer avec précision.

La résistance du corps humain varie en fonction de l'état de la peau (sèche, humide, mouillée) et de la tension de contact la résistance du milieu interne est relativement fixe : 750 ohms (mains-pied) et 500 ohms (main-main).

II-2-5. SEUILS DE DANGER DU COURANT ELECTRIQUE

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.

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

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

A cela s'ajoute :

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

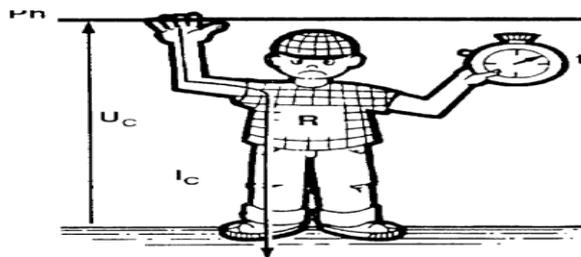


Figure II.10 : Seuils de danger du courant électrique

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

II-2-5-1. SEUIL DE PERCEPTION DU COURANT ELECTRIQUE

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

Tableau II.11 : Seuils de perception

Intensité du courant	Constatations
~1 mA	▪ Excitation des terminaisons nerveuses sensibles
	▪ Sensation de picotement ou de choc léger
>3 mA	▪ Sensation de douleur

II-2-5-2. SEUIL DE TETANISATION

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 téτανisation 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 téτανisation des muscles respiratoires, d'où difficultés et l'arrêt respiratoire par asphyxie ventilatoire qui se produit pour des courants de 20 à 30 mA :

Tableau II.12 : Seuils de téτανisation

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

II-2-5-3. SEUIL DE FIBRILLATION VENTRICULAIRE

Se produit à partir de 75 mA :

Tableau II.13 : Seuil de fibrillation ventriculaire

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

II-2-5-4. SEUILS DE BRULURE

Commence à 100 mA ~100 mA (*danger*) :

Tableau II.14 : Seuils de brûlure

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

II-2-5-5. SEUIL DE L'ARRET CARDIAQUE

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

II-2-5-6. SEUIL DE L'INHIBITION DES CENTRES NERVEUX

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

- ~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 ;
- In dégagement de gaz toxique ;
- Un incendie, une explosion [1].

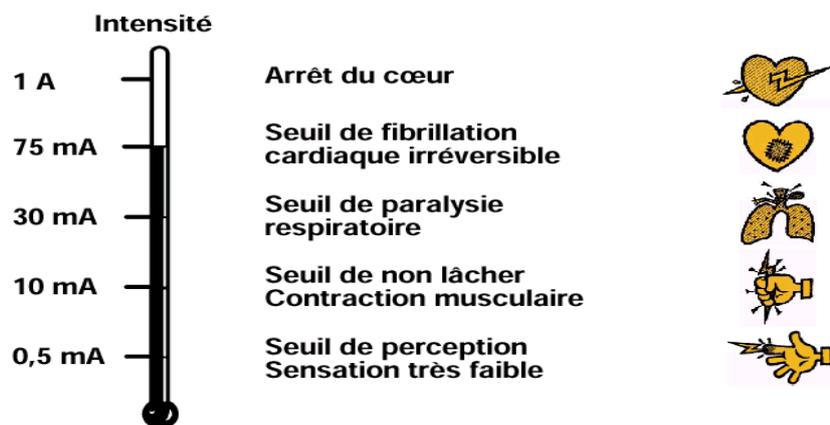


Figure II.11 : Seuils de danger du courant électrique alternatif.

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. [13]



Figure II.12 : Seuils de danger du courant électrique continu

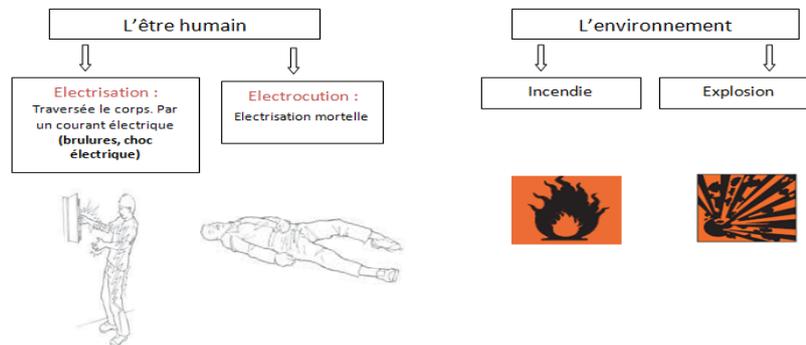


Figure II.13 : Effets du courant électrique sur l'environnement et l'être humain

II-2-6. EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE 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*.

II-2-6-1. EFFETS IMMEDIATS

❖ Effets excito-moteur

Ils ne proviennent qu'à la faveur d'une variation de courant, provoquant l'excitation des muscles et des nerfs (*voir figure II.14*)

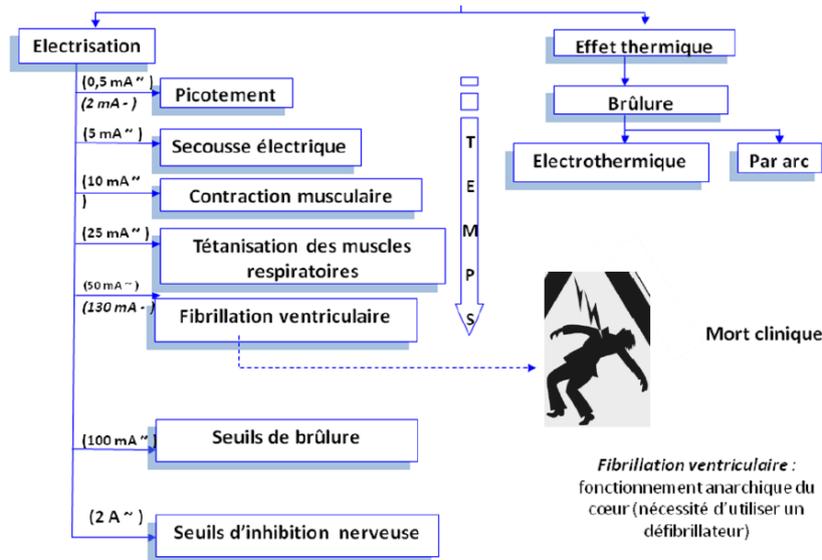


Figure II.14 : Principaux effets du courant électrique sur l'homme

• **Secousse électrique**

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

• **Contraction musculaire :**

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

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

L'organigramme de la figure II.15 Schématise les effets de la contraction musculaire.

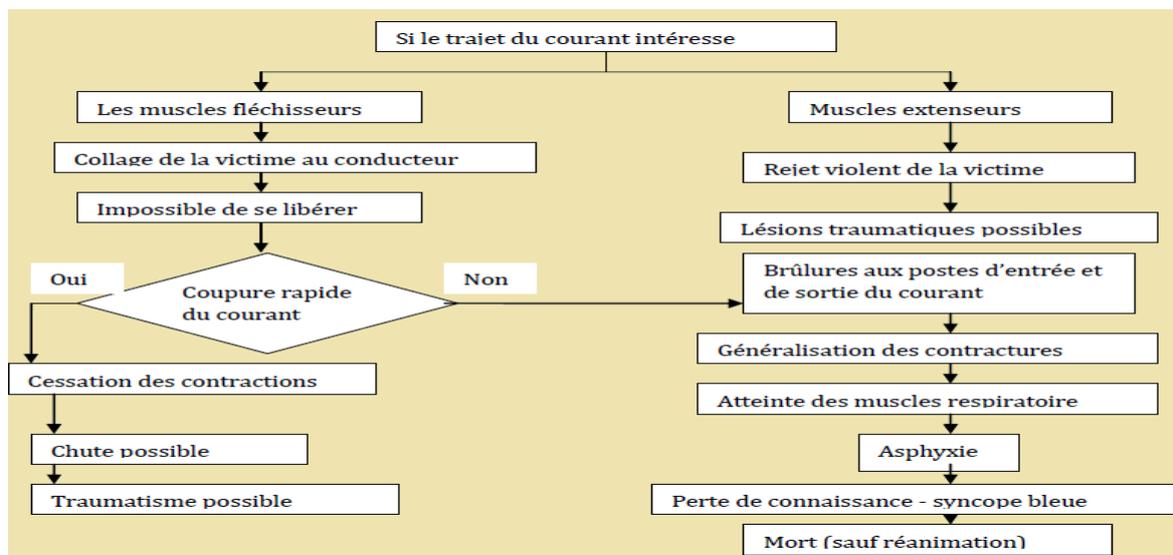


Figure II.15 : Les effets de la contraction musculaire

• **Tétanisation des muscles respiratoire**

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

L’organigramme de la figure II.16 schématise les effets de la téanisation des muscles respiratoire.

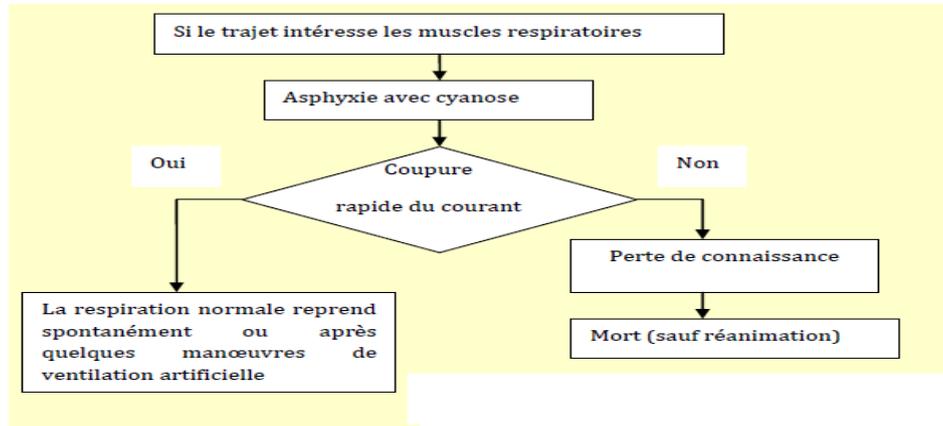


Figure II.16 : Les effets de la téanisation des muscles respiratoire

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

• **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 II.17 schématise les effets de la fibrillation ventriculaire.

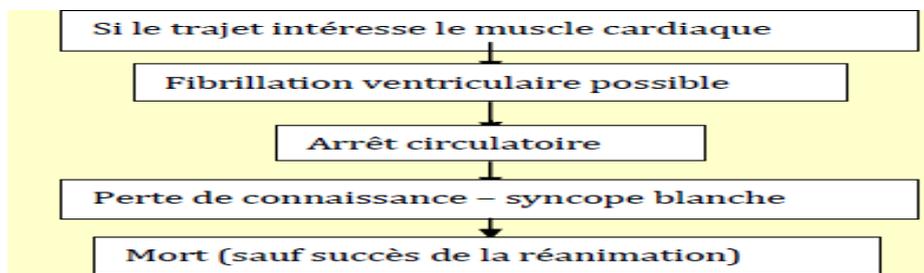


Figure II.17 : Les effets de la fibrillation ventriculaire

La fibrillation ventriculaire, qui peut suivre l’électrisation, est un état transitoire de l’organisme, dit état de mort apparente qui correspond à un rythme de fonctionnement anarchique du cœur sous l’effet de passage du courant électrique de faible intensité de l’ordre de quelques milliampères (voir figure II.17).

Ce régime cardiaque perturbé du cœur peut se prolonger si l'arrêt définitif du cœur se produit s'il n'y a pas d'intervention extérieure de réanimation (ventilation artificielle, massage cardiaque) permettant le maintien de la survie en attendant l'arrivée des secours médicalisés d'urgence.

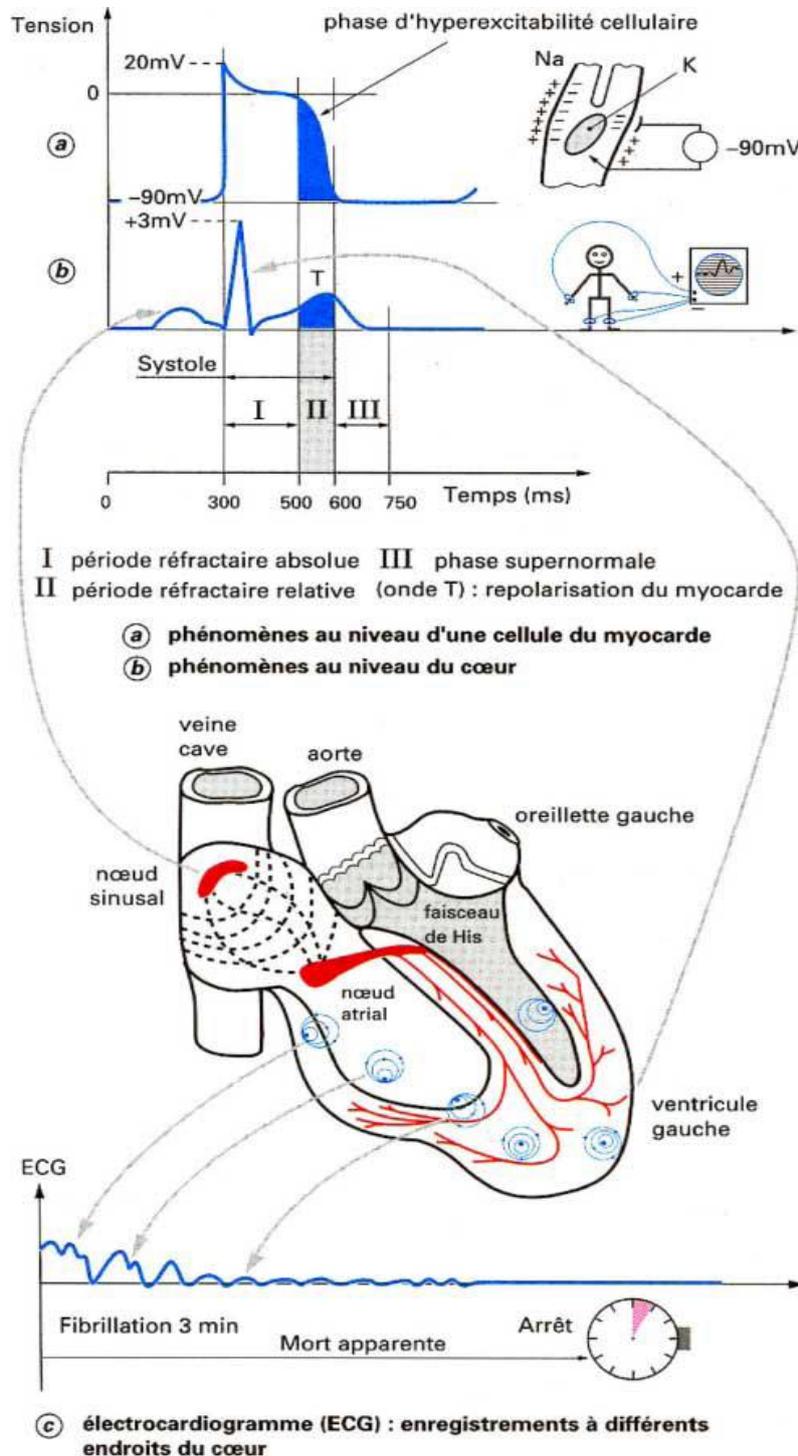


Figure II.18 : Fibrillation Ventriculaire (D'après Dr Foliot)

- Inhibition des centres nerveux

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

L'organigramme de la figure II.19 schématise les effets de l'inhibition des centres nerveux.

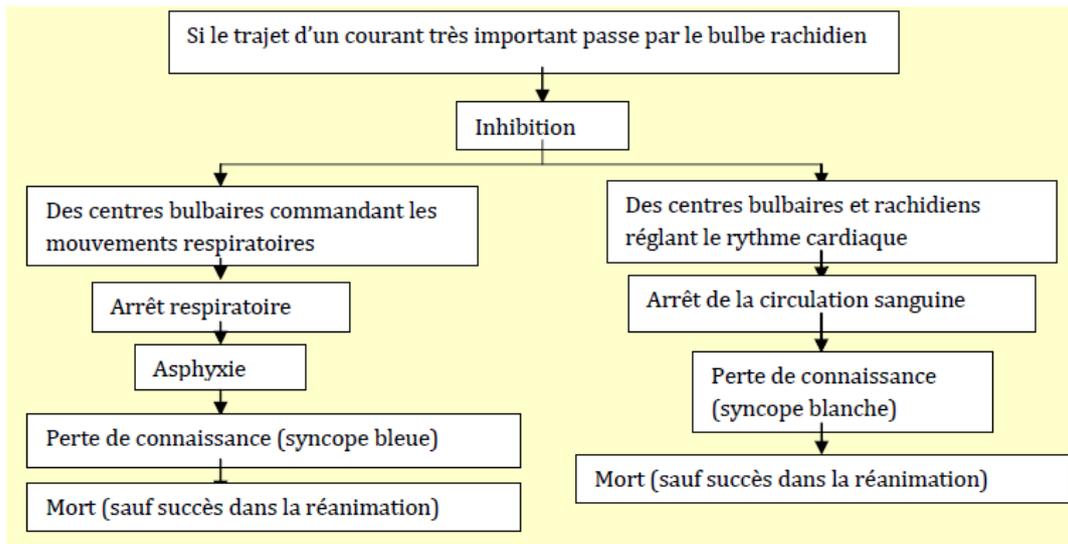


Figure II.19 : les effets de l'inhibition des centres nerveux

❖ Effets thermiques

• *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.

• *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). [15]

**ARC ELECTRIQUE 50 000V
décès par brûlures**



Figure II.20 : Exemple d'accident

ARC ELECTRIQUE 380V
Agent Schneider brûlé au 3^{ème} degré



Figure II.21 : Exemple d'accident

Arc électrique armoire BT de puissance:
Jeu de barres partiellement fondu
Technicien sérieusement brûlé au visage et aux mains

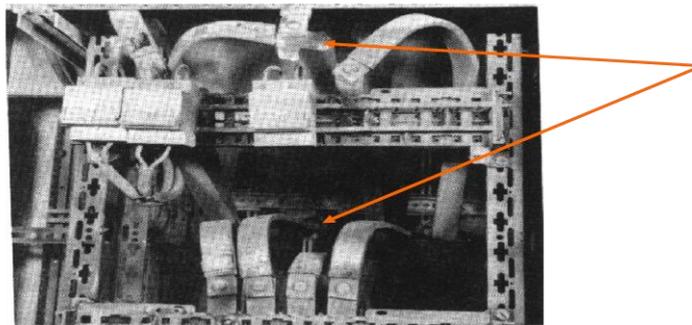


Figure II.22 : Exemple d'accident

II-2-6-2. 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). [16]

❖ Complications cardio-vasculaires

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

L'organigramme de la figure (II.23) schématise les complications cardio-vasculaires.

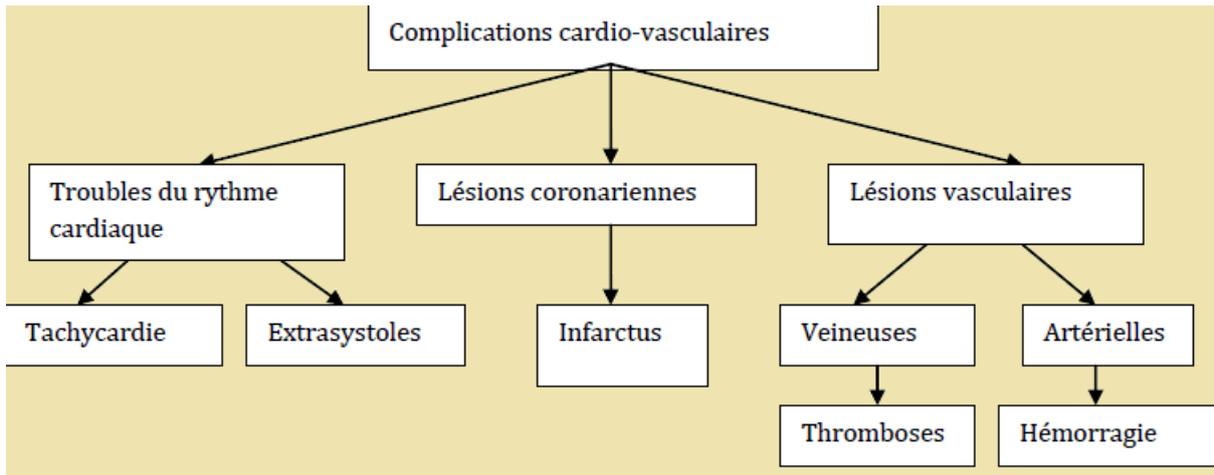


Figure II.23 : Les complications cardio-vasculaires

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

❖ **Complications neurologiques**

Les Complications neurologiques sont de type :

- Troubles organiques ;
- Troubles psychiques et psychonévropathiques.

L’organigramme de la figure (II.24) schématise les complications neurologiques.

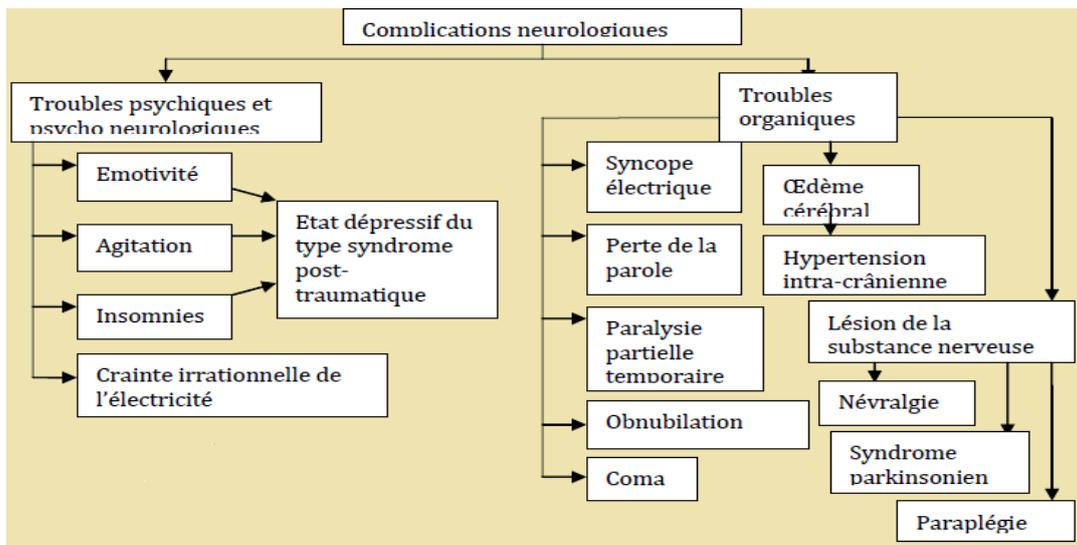


Figure II.24 : Les complications neurologiques

- **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 ;
- **Névralgie** : Douleur vive ressentie sur le trajet d'un nerf, les complications neurologiques.

❖ **Complications rénales**

Sont toujours la conséquence des brûlures électrothermiques.

L'organigramme de la figure (II.25) schématise les complications rénales

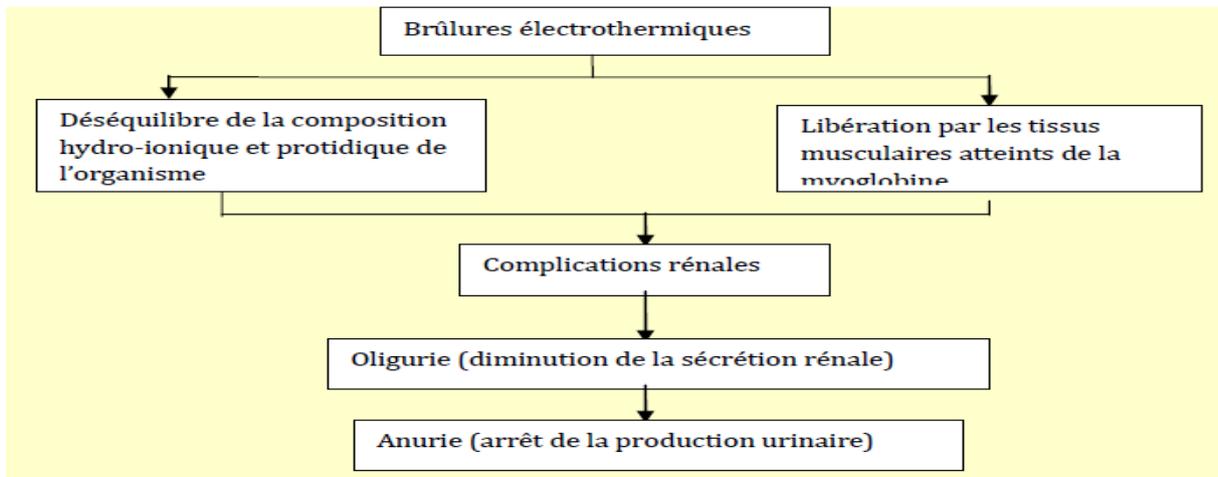


Figure II.25: les complications neurologiques

❖ **Séquelles sensorielles**

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

L'organigramme de la figura II.26 schématise les séquelles sensorielle.

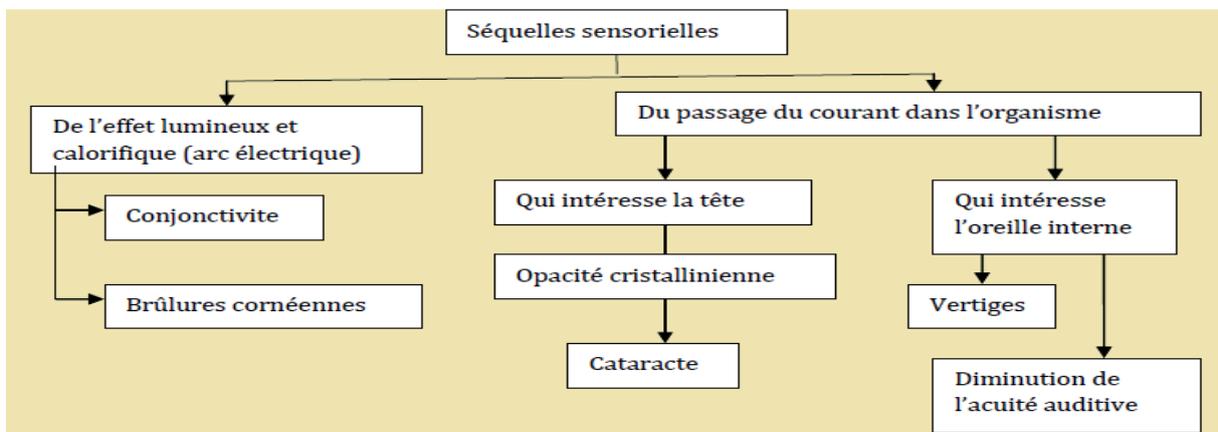


Figure II.26 : les séquelles sensorielles

❖ Séquelles cutanées, tendineuses et muqueuses

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

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

II-2-7. EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE SUR LE MATERIEL

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 :

Les Sources de perturbation d'origine naturelle :

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

Les 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). [17]

II-2-8. EFFETS D'ACCIDENTS ELECTRIQUES SELON LE DOMAINE DE TENSION**II-2-8-1. TENSION DU COURANT ELECTRIQUE (volt : V)**

La tension électrique est le facteur qui provoque le passage du courant électrique à travers le corps humain.

Pour éviter tout choc électrique (effet tétanisant ou de stimulation), certains appareils électriques ont un voltage spécifique selon les conditions de travail.

La tension limite de sécurité pour le courant alternatif est fixée à :

- 12 V : milieu immergé dans l'eau
- 25 V : milieu humide
- 50 V : milieu sec

Tableau II.15 : Domaine de tension

DOMAINE DE TENSION	COURANT ALTERNATIF	COURANT CONTINU
TBT	$U \leq 50$ volts	$U \leq 120$ volts
BTA	$50 < U \leq 500$ v	$120 < U \leq 750$ v
BTB	$500 < U \leq 1000$ v	$750 < U \leq 1500$ v
HTA	$1000 < U \leq 50$ kV	$1500 < U \leq 75$ kV
HTB	$U > 50$ kV	$U > 75$ kV

II-2-8-2. DOMAINE DE TENSION EN ALTERNATIF

- En dessous de 50 V: absence d'accident mortel ;
- Entre 50 V et 500V: grand pourcentage de fibrillation cardiaque ;
- Entre 500V et 1000V: syncopes respiratoires et brûlures ;
- A partir de 1000V: brûlures internes de type hémorragique (blocages des reins).

II-2-8-3. DOMAINE DE TENSION EN CONTINU

- En dessous de 120V: absence d'accident mortel ;
- Entre 120V et 750V: effets d'électrolyse et brûlures par effet joules ;
- A partir de 750V: brûlures internes et externes. [12]

II-2-9. EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT

❖ **Incendies**

30 % des incendies sont d'origine électrique.

Les principales causes sont :

- L'échauffement des câbles dû à une surcharge ;
- Le court-circuit entraînant un arc électrique ;
- Un défaut d'isolement conduisant à une circulation anormale du courant entre récepteur et masse ou entre récepteur et terre ;
- Des contacts défectueux (de type connexion mal serrée ou oxydée) entraînant une résistance anormale et un échauffement ;
- La foudre.

Certains facteurs peuvent aggraver les échauffements :

- Une ventilation insuffisante.

- L'accumulation de poussières ou de dépôts de graisse.
- Le stockage de matériaux inflammables à proximité d'installations électriques.
- L'empilage des câbles empêchant l'évacuation de la chaleur.

❖ *Les explosions*

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



Figure II.27 : Explosion d'origine électrique

II-2-10. PRINCIPALES CAUSES DU RISQUE ELECTRIQUE

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

❖ *Les principales causes*

Les principales causes du risque électrique :

1. Mauvaise connaissance du travail à effectuer :

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

2. Non-respect des règles de sécurité :

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

3. Mauvaises habitudes de travail :

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

4. Mauvais état du matériel :

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

5. Méconnaissance des risques :

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

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

7. Mauvais exemples :

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

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

9. Indifférence :

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

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

11. Goût du risque :

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

12. fatigue et déficiences physiques :

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

13. Hâte et Impatience :

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

14. Énerverment et colère :

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

15. Paresse et négligence :

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

II-3. CONCLUSION

Les accidents électriques provoquent chaque année pas assez de morts et plusieurs personnes présentent des blessures invalidantes ; toutefois, ces résultats sont relatifs compte tenu de la multitude des utilisateurs et du nombre des imprudences commises. La prévention prend une dimension indiscutable et primordiale, et repose sur le respect et l'amélioration des normes de fabrication, d'installation et sur l'utilisation de système de sécurité en cas d'accident électrique.

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

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

Il faut donc porter tout particulièrement les efforts sur :

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

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

***Chapitre III : Enseignements de la prévention de
risques électriques***

CHAPITRE III : ENSEIGNEMENT DE LA PREVENTION DE RISQUES ELECTRIQUES

III-1. INTRODUCTION

Le risque est une notion difficile à cerner mais de façon générale, on peut dire que c'est une contingence indésirable, appréhendée, relativement anodine et peu probable.

Par appréhendée, on entend par là que le risque est connu au préalable. L'exposition au risque résulte donc souvent d'une démarche consciente, appelée prise de risque. En ce sens, le risque se distingue par exemple de l'aléa ou de l'incident, qui surviennent en général de façon imprévue.

Le risque est généralement anodin, mais tout de même suffisamment nuisible pour être indésirable. En ce sens, il se distingue notamment du danger, qui suppose la possibilité d'un dommage grave (notamment la mort). On dira par exemple de quelqu'un qui sort tête nue par temps froid qu'il court le risque d'attraper un rhume, tandis qu'on dira qu'il se met en danger s'il traverse une rue sans regarder.

Un risque est une contingence peu probable, ce qui constitue une autre différence par rapport au danger. On parle en effet de danger lorsque la probabilité d'occurrence et les conséquences sont importantes, tandis que le risque existe dès lors que sa probabilité d'occurrence n'est pas nulle.

L'appréciation de ces différents critères est hautement subjective, ce qui peut justifier que dans les domaines scientifiques et techniques une définition quantifiable et plus rigoureuse du risque a été recherchée.

De tout temps, les être humains ont été en permanence confrontés à des accidents corporels ou non, légers ou graves, à des événements et phénomènes de grande ampleur qui les ont profondément marqués. Parmi ces accidents, ceux qui ont été les plus importants par le nombre de victimes et les dégâts causés sont appelés majeurs et sont souvent restés dans la mémoire de l'humanité, plusieurs générations, voire plusieurs siècles après ; on les appelle également catastrophes, par suite de la gravité de leurs conséquences sur les hommes et l'environnement.

Ces accidents à caractère catastrophique sont soit des phénomènes naturels sismiques, volcaniques, climatiques et météorologiques, soit encore des événements provoqués directement ou indirectement par les hommes, appelés technologiques, tels que les accidents de barrages et de tunnels et ceux dérivant des activités industrielles.

Généralement, lorsqu'il s'agit de phénomènes naturels, on parle volontiers de catastrophes naturelles, mais lorsqu'ils sont provoqués par les hommes, alors on parle d'accidents technologiques majeurs ou catastrophiques.

A l'origine de tout accident, même mineur, il existe un risque ou un danger, qui, sous certaines conditions, conduit aux accidents. Les risques majeurs ou hauts risques sont à l'origine des accidents majeurs.

Parmi ces accidents majeurs, un grand nombre est d'origine industrielle et a pour siège, les usines et les ateliers de fabrication et de stockage. Certains accidents majeurs apparaissent lors du transport de matières dangereuses mais, comme les transports de produits font partie intégrante des processus industriels, ils seront traités comme des accidents industriels majeurs.

Globalement, on distingue deux classes de risques :

- Les risques industriels majeurs proprement dits qui se traduisent par des accidents industriels majeurs ;
- Les risques professionnels qui se traduisent par des accidents de faible importance, avec un nombre limité de victimes et des dégâts ne dépassent pas le cadre de l'atelier ou de l'usine ; ce sont les accidents de travail et, dans une certaine mesure, les maladies professionnelles ou à caractère professionnel.

III-2. HISTORIQUE

- Le **7 septembre 1880**, le *risque professionnel* était à la charge de l'ouvrier;
- En **1882**, Félix Faure 1, plus tard président de la République française, proposa le projet de loi qui porte son nom et qui consacra la nouvelle théorie du **risque professionnel**, dans laquelle on fait abstraction de toute idée de faute ou d'imprudance de la part du ...En **1882**: Proposition du projet de la loi qui consacra la nouvelle théorie du *risque professionnel*, dans laquelle on fait abstraction de toute idée de faute ou d'imprudance de la part du patron ou de l'ouvrier. Le risque professionnel est une des nécessités, une des conditions normales de l'exercice d'une profession ;
- Le **6 juillet 1884**, était votée la loi sur l'assurance obligatoire contre les accidents; elle fonde la responsabilité du patron sur son obligation de supporter le **risque professionnel**. La théorie nouvelle n'était pas appliquée d'une façon générale à toutes les ...Le **6 juillet 1884**, était votée la loi sur l'assurance obligatoire contre les accidents; elle fonde la responsabilité du patron sur son obligation de supporter le *risque professionnel* ;
- Ballue, Burdeau, Ghavanne, Guillaumou, Jacquier, Marmonier, Rochet, Thévenet, Thiers, Guillemaut, Loranchet et Bovier-Lapierre, s'est contenté de reprendre, le 3 décembre 1885, le troisième projet de la commission des accidents nommée par la chambre précédente ...Le **3 décembre 1885**, un troisième projet de la commission des accidents nommée par la chambre précédente et stipulant :
 - D'une part, la présomption de la responsabilité pour le patron en cas d'accidents;
 - D'autre part, l'addition à cette responsabilité d'une responsabilité spéciale à raison du risque professionnel
- La loi du **28 décembre 1887** repose, comme la loi allemande, sur le principe du **risque professionnel** substitué à celui de la responsabilité personnelle ; elle n'en diffère que par le mode d'organisation de l'assurance, qu'on peut résumer comme il suit :. Sont soumis à ...Le **28 décembre 1887**, une loi repose, sur le principe du, risque professionnel substitué à celui de la responsabilité personnelle ; elle n'en diffère que par le mode d'organisation de l'assurance

- Le **28 juin 1890**, des députés le texte voté par le Sénat, M. Jules Roche, ministre du Commerce, présenta au nom du Gouvernement, à la Chambre des Députés, le **28 juin 1890**. un projet de loi relatif au droit à indemnité des ouvriers victimes d'un accident dans leur travail (1). Ce ...un projet de loi relatif au droit à indemnité dont les ouvriers sont victimes d'un accident dans leur travail .Ce projet admettait le principe du **risque professionnel** restreint et le système de l'indemnité forfaitaire ;
- Le **13 avril 1891**, un nouveau projet affirmant l'impossibilité pratique de l'assurance libre et proposant aussi l'assurance obligatoire ;
- Le **6 août 1897**, une loi du **6 août 1897** adoptant, dans une mesure assez large, la notion du **risque professionnel** comme fondement de la responsabilité du patron. Dans les entreprises énumérées par la loi, fait partie du **risque professionnel** « un dommage corporel causé k un ...euneuuuuu loi adoptant, dans une mesure assez large, la notion du risque professionnel comme fondement de la responsabilité du patron ;
- **En 1898 :**
- C'est la Réforme de la Loi de **1898**. — Théorie du **risque professionnel**. On entend généralement par **risque professionnel**. « le **risque** afférent à une profession déterminée, indépendamment de la faute des ouvriers et des patrons »(1). M. de Mun nous en a donné, à la Chambre des ...Réforme de la loi (Théorie du risque professionnel) : On entend généralement par *risque professionnel*. « Le risque afférent à une profession déterminée, indépendamment de la faute des ouvriers et des patrons ;
- Il reste à faire un effort parallèle contre les maladies professionnelles, qui jusqu'ici ne sont pas justiciables du **risque professionnel** et de la loi de **1898**. Les associations des industriels contre les accidents sentent le besoin d'élargir de ce côté le cadre de .Les maladies professionnelles n'étant pas justiciables du risque professionnel, Les associations des industriels contre les accidents sentent le besoin d'élargir de ce côté le cadre de leur activité et commencent dans ce sens une série de tentatives d'un haut intérêt. Le livre des Poisons industriels arrive donc à son heure.
- **Le 9 avril 1898**, l'effet de la loi sur le risque professionnel devenait beaucoup plus redoutable pour le patron. Ainsi les accidents du travail constituent un risque professionnel dont la responsabilité incombe aux employeurs :
- La faute inexcusable prévue par l'art. 20 de la loi du **9 avril 1898**. est l'équivalent de la faute lourde : c'est celle que le patron ou l'ouvrier, soucieux de la sécurité de. l'ouvrier ou de lui-même ne devrait pas commettre ; c'est, en un mot, une faute ...Une faute professionnelle qui est loin de se confondre avec le risque professionnel, en constitue une fâcheuse aggravation génératrice de l'accident ; Afficher
- Le législateur a consacré le système du risque professionnel : Quelle que soit la cause de l'accident, le patron est toujours responsable à l'égard de ses ouvriers ; il devra payer une indemnité sous forme de rente à la victime.
- Le **3 juin 1901**, l'indemnité journalière était réputée exigible à compter du premier jour, pourvu que la durée de l'incapacité ait été de plus de quatre jours ;

- La loi du 24 décembre 1903 sur les accidents du travail marque un tournant dans l'histoire sociale de la Belgique. Elle symbolise le début de l'indemnisation des travailleurs victimes du risque professionnel. Cette loi marque également un tournant dans l'histoire du ...Le **24 décembre 1903**, la loi sur les accidents du travail marque un tournant dans l'histoire sociale. Elle symbolise le début de l'indemnisation des travailleurs victimes du risque professionnel. Cette loi marque également un tournant dans l'histoire du droit ;
- La Russie vient de faire un grand pas dans la voie de la protection légale du travail. Depuis le 1er janvier 1904 une loi sur les accidents du travail est entrée en vigueur. Cette loi est basée sur le principe de la reconnaissance du risque professionnel. Comme tous ...Depuis le **1er janvier 1904**, une loi sur les accidents du travail est entrée en vigueur. Cette loi est basée sur le principe de la reconnaissance du risque professionnel. Comme tous les pays qui ont fait du risque professionnel la règle de leur législation sur les accidents ouvriers ;
- En **1909**: La première loi touchant les accidents du travail fut adoptée en 1909. Il n'y était pas question de maladie professionnelle. Cette loi consacrait toutefois la notion de risque professionnel et le travailleur pouvait toucher éventuellement une indemnisation de son ...La première loi touchant les accidents du travail fut adoptée. Il n'y était pas question de maladie professionnelle. Cette loi consacrait toutefois la notion de risque professionnel ;
- Le **25 octobre 1919**, la seconde loi, étendant la notion même du risque professionnel, a décidé que certains cas de maladies professionnelles seraient assimilés aux accidents du travail ;
- En 1931, une entente est intervenue dans ce secteur-là. Les employeurs ont accepté d'être reconnus responsables du risque professionnel imputable aux conditions de travail et les travailleuses et travailleurs ont abandonné leur droit de les poursuivre. À ce moment-là ...En **1931** : reconnaissance des employeurs responsables du risque professionnel imputable aux conditions de travail et l'abandon des droits de poursuite par les travailleurs.
 - A partir de 1940, l'intégration de la prévention du risque professionnel au sein de l'entreprise a exigé l'institutionnalisation de services médicaux du travail à partir de 1940. Il s'agissait d'introduire sur les lieux de travail des techniciens, dotés de compétences, pouvant à la ...l'intégration de la prévention du risque professionnel au sein de l'entreprise a exigé l'institutionnalisation de services médicaux du travail. Il s'agissait d'introduire sur les lieux de travail des techniciens, dotés de compétences, pouvant à la fois conseiller les employeurs en matière d'amélioration des conditions de travail, et renforcer la surveillance de l'état de santé des salariés et de la discipline sur les lieux de travail ;

- En **1945** : Pourtant, dans le régime général, les accidents du travail, devenus risque social en 1945, sont intégrés obligatoirement depuis cette date aux autres risques couverts par la Sécurité Sociale alors qu'en agriculture les lois de la prévention en matière d'accidents du ...Etant considérés comme un risque professionnel, les accidents du travail des salariés ne relevaient pas de la couverture sociale et de nombreux patrons ne jugeaient pas utile de souscrire une assurance contre ce risque. Pourtant, dans le régime général, les accidents du travail, devenus risque social, sont intégrés obligatoirement depuis cette date aux autres risques couverts par la Sécurité Sociale ;
- La loi du 30 octobre 1946 a étendu la protection du risque professionnel aux accidents de trajet (art. L. 411-2 du Code de la Sécurité sociales). Il s'agit des accidents se produisant entre la résidence du salarié et le lieu de travail, ainsi qu'entre ce lieu de ...Le **30 octobre 1946**, une loi a étendu la protection du risque professionnel aux accidents de trajet (art. L. 411-2 du Code de la Sécurité sociale). Il s'agit des accidents se produisant entre la résidence du salarié et le lieu de travail, ainsi qu'entre ce lieu de travail et le lieu où le salarié prend habituellement ses repas, dans la mesure où le parcours n'a été ni interrompu ni détourné ;
- Le **1 août 1949**, Parlant de la réparation forfaitaire, A. Wembi dans « La sécurité sociale au Congo » situe : « l'introduction du principe de réparation du risque professionnel dans notre régime de sécurité sociale par le décret du 1er août 1949. Par ce principe, le risque d .un décret sur « l'introduction du principe de réparation du risque professionnel dans le régime de sécurité sociale ;
- Le **11 juin 1969**, article stipulant IL'énumération de ces maladies est contenue dans l'AR du 11 juin 1969. Pour celles-ci, la réparation est due lorsque la victime a été exposée au risque professionnel de ladite maladie ... étant entendu que est présumé, jusqu'à preuve du contraire, avoir exposé la ..Imm'énumération des maladies qui figurent dans ce dernier est contenue Pour celles-ci, la réparation est due lorsque la victime a été exposée au risque professionnel de la dite maladie ;
- Le **3 juin 1970**, selon l'article, lorsqu'une personne, victime d'une maladie professionnelle, peut, faire valoir des droits à la fois dans le cadre de la présente loi et des lois relatives à la réparation des dommages résultant des maladies professionnelles. La totalité de la réparation à laquelle peut prétendre cette victime ou à laquelle peuvent prétendre ses ayants droit est accordée exclusivement sur la base de la législation ;
- Le **12 juin 1975**, une Loi concerne les accidents du travail et les maladies professionnelles où La réparation est fondée sur le risque professionnel ;
- En **1980** : En Europe, ce mouvement s'est amplifié au milieu des années 1980, avec l'intervention d'une abondante législation communautaire. Le risque professionnel n'en reste pas moins un champ spécifique de l'action sanitaire, marqué par l'importance des enjeux économiques, le ...Le risque professionnel n'en reste pas moins un champ spécifique de l'action sanitaire, marqué par l'importance des enjeux économiques, le poids des traditions sociales, et la compétence quasi exclusive d'administrations techniques, dont les liens avec la direction générale de la santé restent limités ;

- Le **11 mai 1982**, Le premier fixe le modèle, la durée et les conditions de la conservation du dossier médical prévu à l'article 39 du décret du 11 mai 1982. Le dossier médical dont le modèle est déposé à la CCMSA, ou un résumé de ce dossier, est conservé pendant le délai ...un décret a été établi pour la constitution du dossier médical et dont le modèle est déposé à la CSAM, ou du moins un résumé de ce dossier est conservé pendant le délai nécessaire à une éventuelle prise en charge en maladie professionnelle et doit contenir les informations susceptibles d'être utiles pour la reconnaissance d'un risque professionnel ;
- Le **19 décembre 1983**, arrêté concernant la couverture du risque accident non professionnel pour le personnel des établissements d'enseignement public : Statut du personnel enseignant ;
- Le **31 janvier 1989**, Une audiométrie pour les personnels exposés à des traumatismes sonores au cours de leur activité, à réaliser lors de l'examen initial et lors des examens ultérieurs avec la périodicité prévue par l'arrêté du 31 janvier 1989 fixant les recommandations et instructions ...une audiométrie pour les personnels exposés à des traumatismes sonores au cours de leur activité, à réaliser lors de l'examen initial et lors des examens ultérieurs avec la périodicité prévue par l'arrêté fixant les recommandations et instructions techniques que doivent respecter les médecins du travail assurant la surveillance médicale des travailleurs exposés au bruit. Des examens complémentaires nécessaires pour établir l'absence de contre-indication médicale ;
- Le **29 décembre 1990**, Cet article a été introduit dans la loi du 29 décembre 1990 portant sur des dispositions sociales. Il stipule que la maladie ne figurant pas sur la liste des maladies professionnelles, mais qui trouve sa cause déterminante et directe dans l'exercice de la profession ...une loi portant sur des dispositions sociales. L'article stipule que la maladie ne figurant pas sur la liste des maladies professionnelles, mais qui trouve sa cause déterminante et directe dans l'exercice de la profession, donne quand même lieu à réparation. C'est à la victime du dommage de prouver qu'il existe un lien de causalité entre la maladie et l'exposition au risque professionnel ;
- Le **12 janvier 1999**, tAvant lui, l'arrêté du 12 janvier 1999 avait ouvert cette possibilité, cependant restreinte à quelques centres seulement du fait de la nécessité de prendre en charge en AMP les couples à risque viral sous la forme d'un protocole de recherche clinique, alourdissant ...ttttrois types de risque sont à prendre en considération : le risque intraconjugal, le risque nosocomial (inter-conjugal) et le risque professionnel ;
- Depuis l'**an 2000**, dDe mission ou de trajet, l'accident routier pèse toujours aussi lourd dans les comptes des entreprises et de l'assurance maladie. Depuis le début des années 2000, la prévention de ce risque professionnel est devenue une priorité de la Cnam et des Pouvoirs publics.ddde mission ou de trajet, l'accident routier pèse toujours aussi lourd dans les comptes des entreprises et de l'assurance maladie. La prévention de ce risque professionnel est devenue une priorité de la CSAM et des Pouvoirs publics. De ce fait, les entreprises se sont lancées dans des politiques de prévention. La nouveauté est que les démarches recouvrent une dimension globale intégrant, notamment, des problématiques de santé au travail ;

- Le **5 novembre 2001**, un document unique a été créé et a adopté la directive européenne sur la prévention de risque professionnel. Il est la transposition, par écrit, de l'évaluation des risques, imposée à tout employeur par le Code du Travail ;
- Le **8 octobre 2004**, les partenaires sociaux européens ont signé un accord-cadre dans le quel ils s'engagent, de manière volontaire, à prévenir, éliminer ou réduire le stress au travail ;
- Le **13 septembre 2008**, le coût budgétaire des accidents de service ou maladies professionnelles incite à adopter une démarche préventive des risques. Ensuite, les questions de santé et de sécurité au travail visent à préserver la santé aussi bien physique que mentale de tout travailleur du secteur privé ;
-
- Le **3 novembre 2008**, le stress doit être démythifié et pris en compte au même titre qu'un risque professionnel classique : la manipulation de produits chimiques, ... ;
- Le **26 décembre 2008**, un planning «conforme à la réglementation», selon la direction de l'hôpital tandis que le Syndicat national des praticiens hospitaliers (SNPH) estime que le manque chronique de personnel ne peut «malheureusement qu'accroître ce risque professionnel» ;
- Le **16 février 2009**, le monde de l'entreprise a peu de moyens pour agir sur l'histoire propre d'un individu. En revanche, elle peut prévenir les facteurs de risque ... De même il faut agir sur les causes de l'épuisement professionnel, dont on sait qu'il constitue un facteur prédictif du risque suicidaire. ... ;
- Le **28 février 2009**, au contraire, la Poste prend très au sérieux le risque professionnel encouru par les facteurs. Des stages leur sont proposés. Les morsures de chien constituent un risque professionnel réel pour les facteurs. Un risque reconnu d'accident du travail, pris en compte et traité.

III-3. DEFINITION DU RISQUE PROFESSIONNEL

Par définition : Tout risque ayant pour origine l'activité professionnelle, c'est à dire le travail rémunéré, indispensable pour vivre.

La plupart des risques professionnels ont une origine industrielle ; on les rencontre principalement dans les différents secteurs d'activités des usines : fabrication, stockage, transport, recherche,...etc.

En termes de réparation médico-légale, l'expression "risques professionnels" désigne trois types d'évènements :

- L'accident du travail ;
- L'accident de trajet ;
- La maladie professionnelle.

Les risques professionnels sont régis par le code de travail et le code de la sécurité sociale et tous les textes réglementaires qui en sont issus, alors que les risques industriels et notamment majeurs sont couverts pour l'essentiel par le code de l'environnement.

Ces risques industriels majeurs, qui sont de nature chimique, ont pour origine l'emploi de produits chimiques et de matières dangereuses. Les risques professionnels peuvent être aussi d'origine mécanique, *électrique*, biologique, thermique, etc.

Un risque professionnel peut être défini comme une situation susceptible d'avoir des effets néfastes sur le bien-être et la santé des personnes exposées. Quelle que soit l'activité considérée, la prise en compte de cette situation suppose que l'on connaisse les caractéristiques du lieu de travail, les agents dangereux qui s'y trouvent ainsi que les groupes de travailleurs potentiellement menacés.

L'identification des agents qui peuvent se trouver sur le lieu de travail, la compréhension des risques que ces agents peuvent représenter pour la santé et la prise de conscience des situations d'exposition possibles sont les éléments essentiels de leur mise en évidence.

On entend par risque professionnel, des dommages qui peuvent atteindre la santé physique ou mentale des salariés au cours de leur activité professionnelle. Ils dépendent de deux familles de facteurs. D'une part, celle relevant des dangers, pouvant trouver leur origine dans les outils, équipements (coupants, bruyants...) ou les produits (toxiques...) et d'autre part, celle relevant de l'activité du salarié. Cette dernière est à la fois variable selon l'organisation du travail en place, les exigences des clients, le contrat du salarié. C'est dans l'activité de travail que s'établit éventuellement le contact entre le salarié et le danger.

Le risque naît de cette rencontre, c'est ce qu'on nomme «les conditions d'exposition aux risques professionnels».

Il existe par ailleurs des risques professionnels sans liens directs avec des dangers objectifs, mais qui ont pour origine l'organisation du travail. Ils peuvent aussi engendrer des atteintes à la santé (le stress). Dans ces deux cas, les risques ont des origines multiples.

Enfin, une autre caractéristique doit être perçue, celle des risques à effets retardés sur la santé des salariés qui se déclenchent tardivement après de longues périodes d'exposition (cancers...).

III-4. CONCEPT DES RISQUES PROFESSIONNELS

Un risque est un danger éventuel plus ou moins prévisible. Cela implique que si l'on souhaite agir directement sur le risque, il faut connaître exactement ce dernier afin d'analyser et évaluer chaque situation. Cet examen permet de prévenir les risques, de manière à les réduire et à s'en protéger.

Les risques liés à l'activité de travail peuvent être d'origines mécanique, chimique, électrique, biologique, physique, etc. Chaque activité industrielle a ses propres risques. L'idéal vers lequel chacun souhaite aller, c'est le risque zéro.

Malgré une série de précautions prises dans les actes quotidiens, la probabilité qu'il subsiste des risques n'est pas nulle ! C'est la raison pour laquelle la prévention des événements non désirables doit se réaliser avec méthode.

Il faut prendre le temps nécessaire afin de recueillir les informations, contrôler l'origine, comparer et analyser la situation, préparer un projet d'action, le mettre en œuvre et l'évaluer.

L'objectif spécifique d'une telle démarche est qu'un événement indésirable, accident ou maladie lié à l'activité de travail, ne se reproduise plus.

L'individu pris dans son intégralité vit dans un système dynamique, le travailleur est avant tout un être humain avec sa physiologie propre, vivant dans un cadre de vie et un milieu de travail de plus en plus "agressif".

L'utilisation de nouveaux produits et équipements peuvent poser de nouveaux problèmes. La toxicité, la crainte de travailler avec le nouveau pouvant entraîner, par exemple, de nouveaux risques.

Toutes les mesures utiles doivent être prises pour éviter un déséquilibre de ce système. La réversibilité du processus doit toujours être sous contrôle humain. Il faut absolument éviter de négliger certains risques, par exemple : les ambiances physico-chimiques désagréables, les postures de travail, l'environnement intérieur et extérieur de l'entreprise, etc., pouvant entraîner une situation dommageable pour la santé et la sécurité des travailleurs.

Bien qu'il soit très difficile de déterminer un seuil minimum de risques, les responsables de la santé et de la sécurité des travailleurs doivent toujours déterminer un seuil minimum de prévention, en-dessous duquel il ne faut jamais descendre, car le non-respect des règles élémentaires de sécurité peut entraîner des accidents et des maladies graves, ayant des conséquences d'une part sur la famille de la victime et d'autre part sur l'organisation du travail.

« Il faut chaque fois que cela est possible envisager au préalable inhérents les risques au poste de travail ».

III-5. NOTIONS SUR LES RISQUES PROFESSIONNELS

La notion de risques professionnels évoque tous les risques générés par l'exercice d'une activité professionnelle. Ainsi, des salariés peuvent être atteints par des dommages tant physiques que psychologiques, à effet immédiat ou différé. Ces risques dépendent de deux familles de facteurs : Celle relevant des dangers, pouvant trouver leur origine dans les outils, les équipements (qui peuvent être coupants, bruyant, etc.) Ou les produits (toxiques, etc.)

Celle relevant de l'activité qui établit éventuellement le contact entre le salarié et le danger.

Il existe par ailleurs des risques professionnels, qui n'ont pas de liens directs avec des dangers objectifs, mais ont pour origine l'organisation réelle du travail. Ils peuvent aussi engendrer des atteintes à la santé : les troubles musculo-squelettiques (ces derniers représentant désormais 76% des maladies professionnelles indemnisées), le stress.

III-5-1. RISQUES LIÉS AUX PHASES DE TRAVAIL

Tableau III.1 : RISQUES LIÉS AUX PHASES DE TRAVAIL

1- Circulation véhicule	<ul style="list-style-type: none"> - Collision - Détérioration des installations - Incendie
2- Déplacement des personnes	<ul style="list-style-type: none"> - Chutes de personnes (plan de circulations glissant, encombré, mal éclairé)
3- Levage manutention	<ul style="list-style-type: none"> - Chute des pièces - Renversement de charges - Enfoncement du sol - Détérioration des installations - Électrocution - Incendie
4- Travaux en hauteur	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de personnes - Chute d'objets
5- Travaux superposés	<ul style="list-style-type: none"> - Chute d'objets, de liquides, ..., sur le personnel
6- Travaux sur machines tournantes	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en route machines
7- (Dé) joint age	<ul style="list-style-type: none"> - Agression du corps (effets de la pression et de la température)
8- Meulage, soudage, sablage, broyage	<ul style="list-style-type: none"> - Projections particules - Éclatement meule - Brûlures - Agression des yeux - Électrocution - Intoxication - Étincelles
9- Travaux à chaud	<ul style="list-style-type: none"> - Feu
10- Travaux dans capacités	<ul style="list-style-type: none"> - Asphyxie - Anoxie - Intoxication - Contusions - Chute de personnes - Chute d'objets - Électrocution - Rayons ionisants
11- Travaux de fouilles	<ul style="list-style-type: none"> - Détérioration conduites (produits, câbles électriques) - Ensevelissement - Chute dans les tranchées - Asphyxie- Noyade - Gaz ou liquides inflammables
12- Peinture	<ul style="list-style-type: none"> - Projection particules - Perforation - Intoxication - Incendie
13- Nettoyage HP (Haute Pression)	<ul style="list-style-type: none"> - Projections - Perforation - Brûlures - Éclatement flexibles - Électrocution
14 -Travaux électriques, utilisation d'outillage électrique portatif	<ul style="list-style-type: none"> - Électrocution/électrification - Brûlures - Incendie
15- Travaux de calorifuge	<ul style="list-style-type: none"> - Brûlures
16- Contrôles non destructifs	<ul style="list-style-type: none"> - Irradiation - Contamination - Intoxication
17- Manutention manuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions corporelles (contusions, coupures, lombalgies, écrasement, ...) - Dégradation de l'objet
18- Épreuves - Investigations sur tuyauteries et équipements	<ul style="list-style-type: none"> - Arrivée de produits - Rupture mécanique - Rupture joints

III-6. IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DES RISQUES SUR LE LIEU DE TRAVAIL

Avant toute enquête d'hygiène du travail, l'objectif à atteindre doit être clairement défini. Il peut s'agir d'identifier les risques éventuels, d'évaluer les risques existants, de vérifier la conformité du lieu de travail avec la réglementation, de jauger les moyens de prévention ou encore de mesurer l'exposition aux fins d'une étude épidémiologique.

De nombreux modèles et de nombreuses techniques ont été mis au point pour identifier et évaluer les risques en milieu professionnel. Ils varient en complexité, allant de simples listes de contrôle jusqu'à des profils d'exposition et des programmes de surveillance du travail, en passant par des enquêtes préliminaires d'hygiène du travail, des matrices emploi-exposition et des études du risque et de la sûreté de fonctionnement des équipements.

Aucune technique particulière ne s'impose comme étant la seule valable et toutes présentent des aspects utiles à l'investigation. L'utilité des modèles dépend en outre de l'objectif de la recherche, de la taille du lieu de travail, du type de production et d'activité, ainsi que de la complexité des opérations.

L'identification et la classification des risques peuvent se diviser en trois grands éléments:

- La caractérisation du lieu de travail ;
- Le mode d'exposition ;
- Et l'évaluation qualitative des risques.
-

III-7. ANALYSE DES RISQUES PROFESSIONNELS

III-7-1. RISQUE (selon Petit Larousse illustré 1989)

1- « **Risque** »: Danger, inconvénients plus ou moins probable auquel on est exposé. Courir le risque d'un échec.

2- « **A risque** »: Prédisposé à certains inconvénients; exposé à un danger, une perte, un échec.

3- « **A ses risques et périls** » : En assumant toute la responsabilité de quelque chose, d'une entreprise. Préjudice, sinistres éventuels que les compagnies d'assurance garantissent moyennant le paiement d'une prime.

- A noter que toute activité comportant un risque, C'est la contrepartie négative d'un gain attendu.

III-7-2. ANALYSE DES RISQUES

« L'**analyse** » du risque se résume en une « Utilisation systématique d'informations pour identifier les phénomènes dangereux et pour estimer le risque (selon (ISO/CEI)). L'analyse est une notion relative, peut être notamment basée sur une comparaison à d'autres risques.

L'objectif de l'analyse des risques professionnels est d'acquérir une démarche structurée permettant d'évaluer les risques, d'aboutir à la rédaction d'un document unique et de bâtir un plan d'action (actions préventives).

On peut mettre en œuvre une analyse des risques professionnels en suivant les étapes ci-dessous :

1. Diviser chaque travail en étapes élémentaires;
2. Déterminer les risques associés à chacune de ces étapes;
3. Elaborer des mesures de contrôle pour chacun des risques répertoriés.

III-7-3. DÉMARCHE D'ANALYSE DE RISQUE

La démarche d'analyse de risque consiste en :

- 1- Une *description du système*
- 2- Une *Identification des risques*
- 3- Une *évaluation des risques* basée sur des critères d'acceptation du risque :

« L'*évaluation* » du risque n'est autre qu'un « Processus de comparaison du risque estimé avec des critères de risque donnés pour déterminer l'importance du risque » (selon (ISO/CEI)). La comparaison peut être menée par rapport à un référentiel préétabli dans l'objectif de permettre la prise de décision vis-à-vis de l'acceptation du risque ou de la nécessité de son traitement.

Elle peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque (selon ISO/CEI Guide 73). Ceci donne lieu à une signification ou " valeur " attribuée au risque estimé par les personnes concernées, en tenant compte de la perception qui en est faite ; cette estimation ou évaluation du risque est souvent réalisée selon deux composantes, la probabilité et les conséquences potentielles d'un risque, par exemple sur une grille de criticité.

L'évaluation du risque se fait à base de facteurs « Risque » qui est:

- La « *Gravité* » ;
- L' « *Occurrence* » ;
- La « *Délectabilité* ».

La Criticité est calculée selon la formule : $C = G \times O \times D$

Où : **C** : Criticité ; **O** : Occurrence ; **D** : Délectabilité

Une proposition de quatre niveaux de cotation, de 1 à 4 est envisagée :
Plus le risque de chacun de ces facteurs est élevé, plus le niveau qui lui est attribué est élevé.

Il existe cependant un « *seuil d'acceptabilité* » à Déterminer

La frontière « *acceptable/ non acceptable* »

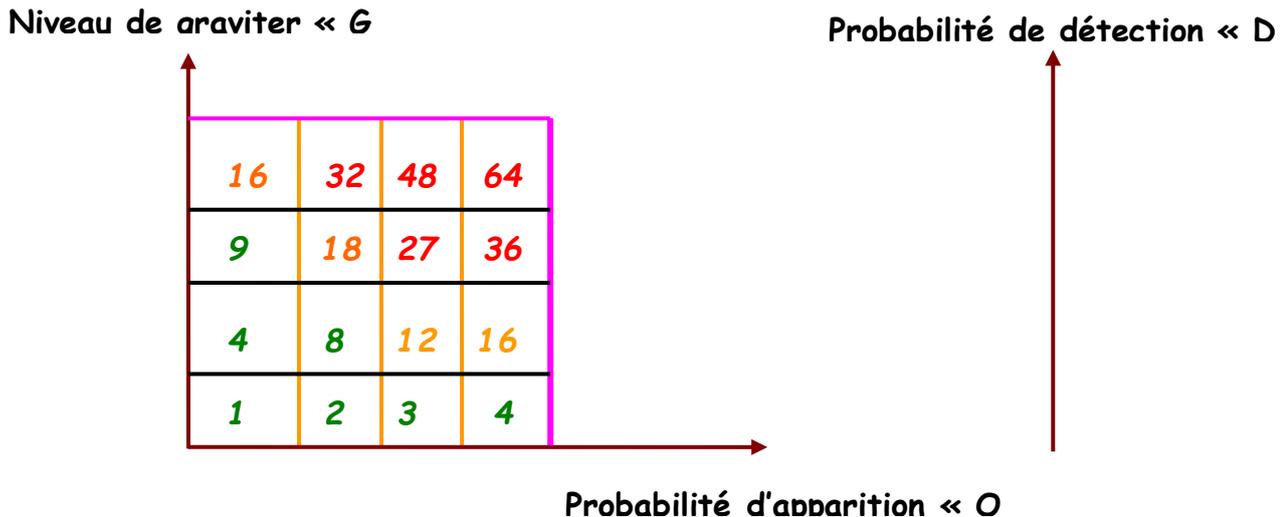


Figure III.1 : frontière « acceptable / non acceptable »

4- Un *établissement des mesures* destinées à diminuer les risques.
(Réduction des risques).

« La *réduction* » du risque, elle est basée sur des actions entreprises en vue de diminuer la « *probabilité* », les « *conséquences* » négatives (ou « *dommages* »), associés à un risque, ou les deux (selon (ISO/CEI Guide 73)).

Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque,

a-« Réduction de la probabilité » :

la « *probabilité* », l'« *intensité* » et la « *vulnérabilité* » :

Par amélioration de la « *prévention* », par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité.

b-« Réduction de l'intensité » :

➤ Par « *action* » sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des quantités mises en œuvre, atténuation des conditions de procédés (T°, P...), simplification du système.... _ réduction des dangers ;

➤ La réduction de l'« *intensité* » peut également être accomplie par des mesures de « *limitation* » (ex : rideau d'eau pour abattre un nuage toxique, limitant son extension à des concentrations dangereuses).

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source », ou réduction de *l'aléa*.

c-« Réduction de la vulnérabilité » :

Par « *éloignement* » ou « *protection* » des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation ou par les plans d'urgence externes).

III-7-4- MODEL D'ANALYSE DES RISQUES PROFESSIONNELS

Le model est composé de trois partie :

❖ ÉTAPES

- Chaque tâche peut être divisée en étapes. Cette série d'étapes constituera la trame du procédé sécuritaire au travail.
- Il est essentiel de faire un inventaire précis de toutes les étapes mises-en œuvre pour chaque tâche. Assurez-vous de bien noter tout ce que le travailleur fait. Une fois chaque étape décrite, passez en revue vos notes et synthétisez les descriptions en éliminant les détails inutiles.
- Limitez le nombre d'étapes que vous enregistrez. Si un même travail Comprend un nombre trop élevé d'étapes, envisagez de le diviser en deux travaux.

Les travailleurs doivent participer activement à l'analyse.

❖ RISQUES

Répertoriez les risques associés à chacune des étapes du travail.

• Risques / Accidents

- Chutes
- Points de pincement
- Pointes aiguës
- Bords coupants
- Engins en mouvement
- Chute d'objets
- Systèmes sous pression
- Incendie et explosion
- Electrique

• Risques sanitaires

- Risques *chimiques* (acides, solvants, fumées)
- Risques *biologiques* (bactéries, virus) *Agents physiques* (chaleur, bruit, rayonnement)
- Risques de *blessures musculo-squelettiques* (postures inconfortables, efforts intensifs, mouvements répétitifs)
- Risques psychosociaux (harcèlement, contrainte d'emploi du temps, violence)

❖ REDUCTION DES RISQUES

Quelles sont les mesures qui peuvent être mises en œuvre pour réduire chacun des risques répertoriés?

• À la source

- Élimination
- Substitution
- Modification
- Isolation
- Automatisation

- **Le long de la chaîne**
 - Déplacement
 - Barrières
 - Absorption
 - Dilution

- **Au niveau du travailleur**
 - Contrôles administratifs
 - Initiation, formation et supervision
 - Procédures de travail
 - Planification des mesures d'urgence
 - Entretien des locaux
 - Pratiques d'hygiène
 - Équipement de protection individuelle

III-7-5. INDICATEURS DE SECURITE

Les indicateurs de sécurité sont en nombre de quatre :

- 1* Calcul du thermomètre de sécurité
- 2* Taux de fréquence: nombre d'accidents et d'incidents
- 3*Taux de gravité: indice et coûts
- 4* Indice occurrence.

III-8. LEGENDE ET HISTOIRE SUR LE RISQUE ELECTRIQUE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le 11 Mars 2011- Japon, un séisme de magnitude 9 entraine un tsunami de plus de 14m, ce dernier s'est produit l'accident nucléaire majeur

III-9. ENSEIGNEMENT DE LA PREVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS POUR L'HABILITATION ELECTRIQUE

III-9-1.TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET NORMES CODE DU TRAVAIL/ DEFINITION DE LA PUBLICATION UTE C 18-510-OBLIGATIONS.

La norme NF C18-510 est le document technique de référence réglementaire (article R4544-3 code du travail) pour la maîtrise des opérations dans un environnement à risques électriques. Elle définit les rôles et responsabilités des chefs d'établissement et des intervenants. Elle décrit les modalités des habilitations nécessaires en fonction des opérations et selon les domaines de tension.

En France, depuis le Décret du 10 février 2016, l'application de cette norme n'est plus obligatoire. Elle est néanmoins officiellement recommandée par l'Arrêté du 20 novembre 2017. Ce bouleversement législatif n'a pas vocation à remettre en question la pertinence des dispositions de la NF C18-510. Elle vise uniquement à respecter le cadre juridique concernant les normes obligatoire qui doivent être disponibles gratuitement.

Il est recommandé que tous les personnels, qui dans le cadre de leur travail sont confrontés aux risques d'origine électrique lors d'opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage, soient habilités par leur employeur sur la base des dispositions de la norme NF C18-510, conformément aux dispositions des articles R4544-1 à R4544-11 du code du travail pour la plupart des entreprises.

Deux conditions de base à vérifier par l'employeur pour habilitier un salarié : s'assurer qu'il bénéficie d'un suivi individuel renforcé adapté au poste de travail tenu et qu'il a reçu une formation théorique et pratique lui conférant la connaissance des dangers de l'électricité et des mesures à prendre pour intervenir en sécurité lors de l'exécution des opérations qui lui sont confiées.

L'employeur gère alors une habilitation détaillée et individuelle pour chaque salarié qui le nécessite. Cette habilitation est individuelle n'est en aucun cas un ordre de travail, les personnels n'ont pas à prendre l'initiative d'une intervention.

Cette norme est une référence pour établir le recueil d'instructions de sécurité électrique que l'employeur doit remettre à chacun des salariés qu'il habilite. Elle reste d'application volontaire.

Plusieurs autres normes déduites de la normes NF C18-510 et référencées NF C18-505-x-x précisent les dispositions propres à diverses situations de travaux sous tension, nécessitant par ailleurs une habilitation spécifique (art R4544-11) délivrée par l'employeur après l'obtention d'un document délivré par un organisme de formation agréé attestant que le salarié a acquis les connaissances et les compétences nécessaires.

III-9-1-1. ORGANISATION DES TEXTES

Dans le cadre du Code du travail, les textes réglementaires 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 fixant les objectifs sont constitués de lois votées par l'Assemblée Nationale, de décrets issus des lois signées par le ministre concerné, d'arrêtés ministériels fixant les moyens, de circulaires et de notes techniques analysant le texte du point de vue de son application.

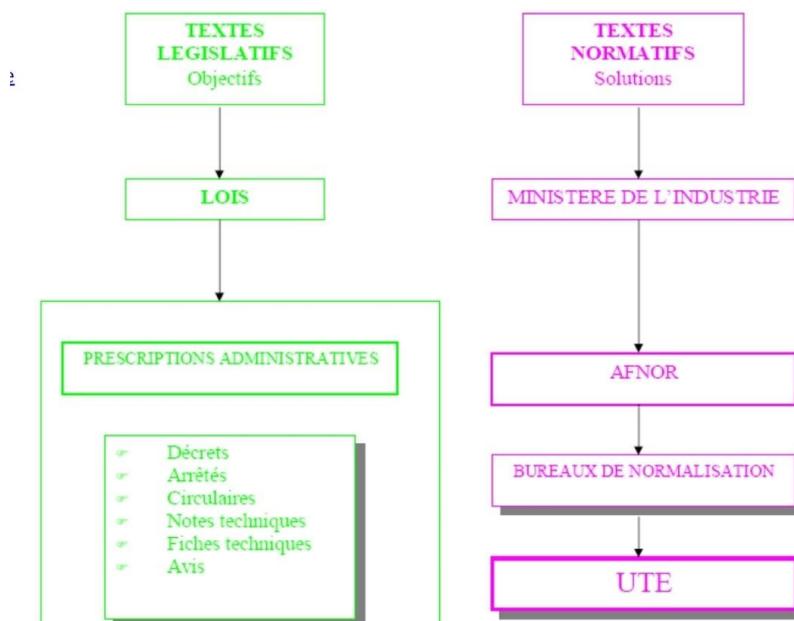


Figure III.2. Organisation des textes

III-9-2. OBLIGATIONS DES EMPLOYEURS

❖ Objectif :

Extrait circulaire DGT/2012/12 du 9 octobre 2012 « Article 1er du décret n° 2010-1016 du 30 août 2010. Les dispositions introduites par cet article du décret s'insèrent dans la partie suivante du code du travail :

- **Livre II** : Dispositions applicables aux lieux de travail - Titre II : obligations de l'employeur pour l'utilisation des lieux de travail - Chapitre VI : installations électriques.

Les employeurs qui utilisent les installations électriques des lieux de travail doivent respecter les dispositions des articles R. 4226-1 à R. 4226-21 du chapitre VI du titre II du livre II de la quatrième partie du code du travail. »

- **Art. R. 4226-1** : « Les dispositions du présent chapitre fixent les règles relatives à l'utilisation des installations électriques permanentes et temporaires. Elles fixent également les règles relatives à la réalisation, par l'employeur, d'installations électriques temporaires ou d'installations électriques permanentes nouvelles ou relatives aux adjonctions et modifications apportées par celui-ci aux installations électriques existantes Les dispositions du présent chapitre fixent les règles relatives à l'utilisation des installations électriques permanentes et temporaires. Elles fixent également les règles relatives à la réalisation, par l'employeur, d'installations électriques temporaires ou d'installations électriques permanentes nouvelles ou relatives aux adjonctions et modifications apportées par celui-ci aux installations électriques existantes. »

❖ Acteurs : employeurs, fonction publique et travailleurs indépendants :

Extrait circulaire DGT/2012/12 du 9 octobre 2012 « Champ d'application :

- Suivant les termes mêmes de l'intitulé du décret 2010-1016, ce dernier s'applique aux employeurs sur tous les lieux de travail où les travailleurs sont amenés à utiliser des installations électriques dans le cadre de leur travail.
- Dans la fonction publique d'État et dans la fonction publique territoriale, le décret n° 82-453 du 28 mai 1982 modifié ainsi que le décret n° 95-695 du 9 mai 1985 rendent applicables les dispositions du code du travail dans le domaine de la santé et de la sécurité des travailleurs.

Conformément à l'article 2 du décret du 9 mai 1985 applicable dans les collectivités et établissements qui emploient des agents de la fonction publique, les locaux et installations de service doivent être aménagés, les équipements doivent être réalisés et maintenus de manière à garantir la sécurité des agents et des usagers. Concernant le cas particulier des installations d'éclairage public, l'article susmentionné, dans sa rédaction actuelle, ne permet pas de déduire que ces installations soient soumises au décret 2010-1016 et notamment à l'obligation de vérification des installations électriques prévue par les articles R. 4226-14 et suivants. »

« Précédemment, c'est le décret n° 95-607 du 6 mai 1995 qui fixait la liste des prescriptions réglementaires que devaient respecter les travailleurs indépendants lorsqu'ils exerçaient directement une activité sur un chantier de bâtiment ou de génie civil. Le décret du 14 novembre 1988 précisait dans son champ d'application – en III de l'article 1er - les dispositions qui leur étaient applicables. Les obligations afférentes à ces dispositions sont reprises par la réglementation actuelle aux articles R. 4535-11 et R. 4535-12. »

« Les dispositions du présent chapitre fixent les règles relatives à l'utilisation des installations électriques permanentes et temporaires. Elles fixent également les règles relatives à la réalisation, par l'employeur, d'installations électriques temporaires ou d'installations électriques permanentes nouvelles ou relatives aux adjonctions et modifications apportées par celui-ci aux installations électriques existantes. »

« **L'article R. 4226-1 du code du travail**, au sein de la section I du décret intitulée champ d'application et définitions, vient préciser le champ d'application du décret en mentionnant que :

- Les dispositions du chapitre VI s'appliquent aussi bien aux installations fixes que temporaires (telles que les installations de chantier) ;
- Les dispositions du chapitre VI prévoient des règles applicables aux installations temporaires réalisées par l'employeur ou aux installations nouvelles permanentes et aux adjonctions ou modifications des installations existantes réalisées par l'employeur ; l'ensemble de ces installations électriques étant considérées comme des installations neuves soumises aux règles de réalisation et de conception par renvoi de l'article R. 4226-6 au décret 2010-1017 relatif aux obligations des maîtres d'ouvrage.

La distinction entre les installations électriques permanentes et les installations électriques temporaires instituée à l'article R. 4226-1 est un apport important de la nouvelle réglementation. Bien que couvertes par le décret du 14 novembre 1988, les installations électriques temporaires n'étaient pas expressément désignées par l'ancien texte qui visait l'ensemble des installations électriques par le terme général d'installations. Dans le nouveau texte, les installations électriques permanentes sont les installations autres que temporaires.

- **Art. R. 4226-2** : Les installations électriques comprennent l'ensemble des matériels électriques mis en œuvre pour la production, la conversion, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique.

Les installations électriques sont classées, comme suit, en fonction de la plus grande des tensions nominales, existant soit entre deux quelconques de leurs conducteurs, soit entre l'un d'entre eux et la Terre :

1- Domaine très basse tension (par abréviation TBT) : installations dans lesquelles la tension ne dépasse pas 50 volts en courant alternatif ou 120 volts en courant continu lisse ;

2-Domaine basse tension (par abréviation BT) : Installations dans lesquelles la tension excède 50 volts sans dépasser 1 000 volts en courant alternatif ou excède 120 volts sans dépasser 27 1 500 volts en courant continu lisse ;

3- Domaine haute tension A (par abréviation HTA) : installations dans lesquelles la tension excède 1 000 volts sans dépasser 50 000 volts en courant alternatif, ou excède 1 500 volts sans dépasser 75 000 volts en courant continu lisse ;

4- Domaine haute tension B (par abréviation HTB) : installations dans lesquelles la tension excède 50 000 volts en courant alternatif ou excède 75 000 volts en courant continu lisse. Pour les courants autres que les courants continus lisses, les valeurs de tension figurant aux Alinéas qui précèdent correspondent à des valeurs efficaces.

- **Extrait circulaire DGT/2012/12 du 9 octobre 2012** : « Parmi les définitions figurant dans l'article 2 du décret du 14 novembre 1988, seule celle des installations électriques a été reprise, dans le premier alinéa de l'article R. 4226-2.

Les matériels électriques comprennent l'ensemble des composants des installations électriques tels que matériels générateurs de puissance électrique, transformateurs, appareillages, appareils de mesure, dispositifs de protection, canalisations électriques, matériels d'utilisation. Les matériels d'utilisation transforment l'énergie électrique en une autre forme d'énergie, par exemple lumineuse (appareils d'éclairage), calorifique (appareils de chauffage), mécanique (moteurs).

Les termes relatifs aux installations électriques utilisés dans les différents articles du décret sont les termes utilisés dans les normes d'installation, dont les définitions sont issues du Vocabulaire Électrotechnique International (VEI).

Dans le classement des installations électriques selon leur domaine de tension, la subdivision du domaine basse tension en un domaine BTA et un domaine BTB a été abandonnée. D'une part, cette subdivision, héritée de la classe moyenne tension du décret du 14 novembre 1962, n'existe ni au niveau européen (CENELEC) ni au niveau international (CEI) ; d'autre part, elle n'est pas utile à l'énoncé des règles de protection contre les risques de choc électrique et à leur application. »

- **Art. R. 4226-3** « Les installations électriques temporaires sous - mises aux dispositions du présent chapitre comprennent :
- 1- Les installations telles que celles des structures, baraques, stands situés dans des champs de foire, des marchés, des parcs de loisirs, des cirques et des lieux d'expositions ou de spectacle ;
2- Les installations des chantiers du bâtiment et des travaux publics ;
3- Les installations utilisées pendant les phases de construction ou de réparation, à terre, de navires, de bateaux ou d'aéronefs ;
4 – Les installations des chantiers forestiers et des activités agricoles. »
- **Extrait circulaire DGT/2012/12 du 9 octobre 2012** : « Les installations électriques temporaires (...) sont celles des structures, baraques et stands situés sur les marchés, les champs de foires, dans les parcs de loisirs, dans les cirques et les lieux d'exposition ou de spectacles. Cet énoncé qui figure dans des termes identiques dans la norme NF C 15-100 en partie 7-711 ne cible pas des branches d'activité mais les lieux où l'on rencontre des installations électriques temporaires. »
- Exclusions :
- **Art. R. 4226-4** « Les dispositions du présent chapitre ne s'appliquent pas aux distributions d'énergie électrique régies par la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie.

Dans le cas des installations de traction électrique, cette exclusion s'entend aux chantiers d'extension, de transformation et d'entretien de ces installations, aux équipements électriques du matériel roulant ferroviaire ainsi qu'aux installations techniques et de sécurité ferroviaires.

»

- **Extrait circulaire DGT/2012/12 du 9 octobre 2012** : « L'article limite le domaine d'application du nouveau décret, en excluant de son champ d'application les distributions d'énergie électrique régies par la loi du 15 juin 1906 ; néanmoins les dispositions du présent décret s'appliquent aux bâtiments et locaux dédiés à la gestion des distributions d'énergie électrique comme les bureaux et les ateliers.

Les distributions d'énergie électrique, au sens de la loi du 15 juin 1906 comprennent :

- Les réseaux HTB de transport ;
- Les réseaux HTA et BT de distribution ;
- Les installations de traction électrique utilisées pour le réseau ferroviaire, les réseaux de transport tels que les tramways, les métros, et les trolley- bus. »
- Maintien en conformité des installations permanentes avec les règles de conception lors de la mise en service - exception à ce principe
- **Art. R. 4226-5** « L'employeur maintient l'ensemble des installations électriques permanentes en conformité avec les dispositions relatives à la conception des installations électriques applicables à la date de leur mise en service.

Toutefois, une spécification technique nouvelle résultant de l'évolution technique peut être rendue applicable aux installations existantes, par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture, si elle permet de prévenir des atteintes graves à la santé et à la sécurité des travailleurs. »

- **Extrait circulaire DGT/2012/12 du 9 octobre 2012** : « En négatif, cet article rappelle que les nouvelles règles ne s'appliquent pas aux installations électriques réalisées et mises en service avant leur entrée en vigueur. À ce rappel du principe général de non-rétroactivité des règles de droit, l'article ajoute cependant la possibilité d'une exception, lorsqu'un risque grave peut être empêché par une nouvelle spécification technique rendue applicable par voie d'arrêté à des installations existantes. Parmi les spécifications techniques nouvelles pouvant être rendues applicables par arrêté aux installations existantes, on peut citer principalement une nouvelle disposition apparaissant dans une norme d'installation à la suite de la découverte d'un risque insoupçonné dans un mode usuel de réalisation d'installation.
- Cette situation s'est produite dans le passé quelques années après la parution du décret du 14 novembre 1962, qui permettait notamment la réalisation d'installations électriques basse tension à neutre isolé ou impudent. On découvrit, dans de telles installations, la destruction de conducteurs neutres par surintensités causées par des défauts « doubles », destruction susceptible d'entraîner de graves incendies. Une nouvelle disposition publiée par l'Union Technique de l'Électricité dans un guide d'application de la norme NF C 15-100, qui exposait la nécessité de protéger les conducteurs neutres contre les surintensités dans les installations à neutre isolé ou impudent, et qui en indiquait les modalités pratiques, fut appliquée, à la demande du ministère du travail, aux installations existantes. »

III-9-3.ORGANISATIONS DES NORMES ELECTRIQUE

Les normes électriques 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.

Il existe en réalité trois niveaux de normalisation représentés pour l'électricité par les organismes suivants :

- */ CEI : Commission Electrotechnique Internationale (Genève) normes CEI..... ;
- */ CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (Bruxelles) normes EN....., le CENELEC (Européen) ;
- */ UTE : Union Technique de l'Electricité (bureau associé à l'AFNOR) normes UTE. C..., L'U.T.E (Français) ;
- */AFNOR: Association Française de Normalisation normes NF C...

Les publications internationales CEI ou européennes CENELEC sont des recommandations ayant pour but une harmonisation internationale des normes en vigueur dans les différents pays concernés. En France la normalisation est réglementée par décrets de lois, aboutissant aux normes homologuées NF C ou UTE C dans les domaines de l'électricité.

Ces organismes élaborent plusieurs types de documents :

- Publications ou recommandations de la C.E.I. ;
- Documents d'harmonisation (HD) ou normes européennes (EN) du CENELEC;
- Normes homologuées, normes enregistrées de l'U.T.E, laquelle édite également des guides ou publications U.T.E (qui ne sont pas des normes).

La normalisation en France est réglementée par la loi du 24 mai 1941 qui a créé l'Association Française de Normalisation (AFNOR) et définit la procédure d'homologation des normes. Cette loi est complétée par le décret n° 84-74 du 26 mai 1974 modifié par les décrets n° 90-653 et 91-283.

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

Par ailleurs une norme homologuée peut être rendue d'application obligatoire par arrêté, mais cette procédure n'a été jusqu'à présent que peu utilisée en électricité.

Enfin, il faut noter qu'il existe deux grandes familles de normes qui visent d'une part la construction du matériel électrique et d'autre part la réalisation des installations électriques.

Les principales normes de réalisation sont :

- La NF C 15 100 - installations électriques à basse tension;
- La NFC 42020 (aussi appelée CEI 1010 ou EN61010) - appareils de mesure.

Une marque de conformité est alors gravée sur les appareils, un appareil conforme à une norme est un gage de sécurité.

III-9-4. DECRET DU 14 NOVEMBRE 1998

Décret 88 – 1056 du 14 novembre 1988 pris pour l'exécution des dispositions du Livre II – Titre III du Code du travail (*) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.

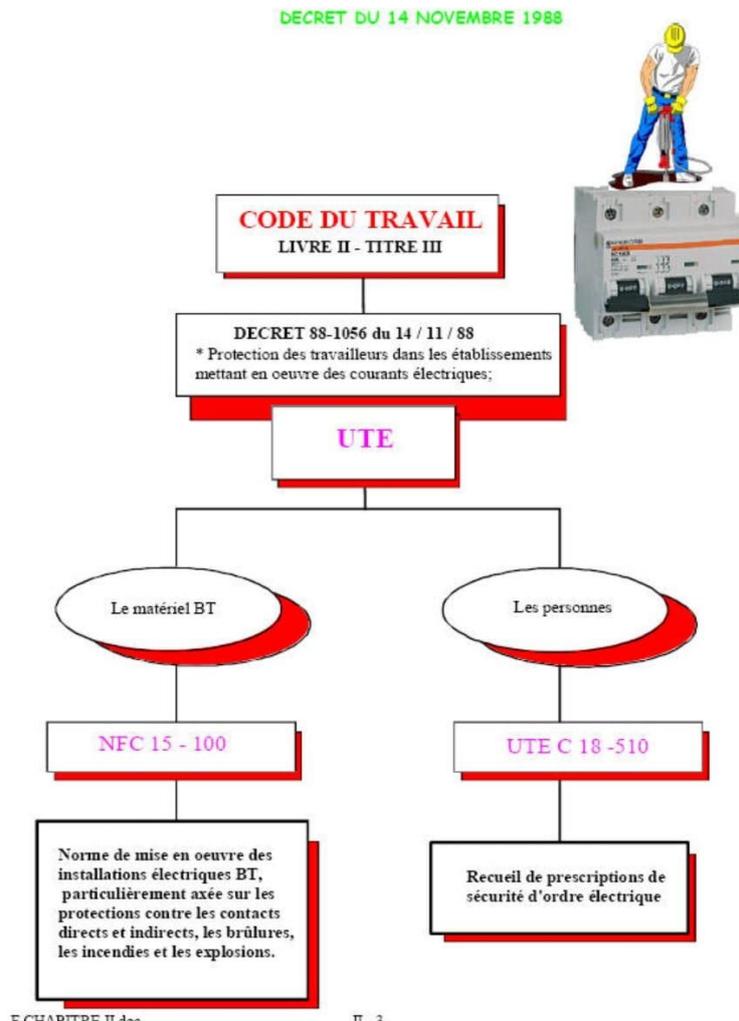


Figure III.3. décret du 14 novembre 1998

III-9-5. MASSES METALLIQUES

Éléments conducteurs accessibles, sans potentiel défini, pouvant en cas de défaut, être porté à un potentiel différent de celui de la terre.

- **Décret 88. 1056 SECTION I** « Conduc-teur normalement affecté à la transmission de l'énergie électrique, tel que les conducteurs de phase et le conduc-teur de neutre en courant alternatif,...; toutefois le conduc-teur PEN n'est pas considéré comme conduc-teur actif ».

Ouvrage électrique

- **UTE C18.510 Art 2.2.2** «on appelle ouvrages électriques les ouvrages comprenant l'ensemble des matériels, des appareillages, des canalisations, assurant la production, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique ».

Travaux

- **UTE C18.510 Art. 2.4.1** « Toute opération dont le but est de réaliser, de modifier, d'entretenir ou de réparer un ouvrage électrique. Les travaux font l'objet d'une étude programmée et d'opérations préparées à l'avance ».

Interventions

- **UTE C18.510 Art. 2.4.2** « Opérations, de courte durée et n'intéressant qu'une faible étendue de l'ouvrage, réalisées sur un équipement. Les interventions font l'objet d'une analyse sur place. La notion d'intervention est limitée aux domaines de la TBT et de la BT ».
- Intervention de dépannage:
- - Remédier rapidement à un défaut susceptible de nuire... ;
 - Intervention de connexion avec présence de tension ;
 - Connexion et déconnexion des conducteurs sur des circuits maintenus sous tension ;
 - Intervention de remplacement ;
 - Remplacement d'appareillage (fusible, lampes..) pouvant être effectué avec présence de tension, sans risque particulier notamment d'explosion et de contact direct.

Manœuvres

- **UTE C18.510 Art. 2.4.3** « Opérations conduisant à un changement de la configuration électrique d'un réseau, d'une installation, ou de l'alimentation électrique d'un équipement. Ces opérations sont effectuées au moyen d'appareils spécialement prévus à cet effet (interrupteur, disjoncteur, sectionneur..) »
-
- **Manœuvres d'exploitation:** Modification de l'état électrique d'un réseau... Mise en marche, réglage, ou arrêt d'équipement... ; Connexion, déconnexion d'équipements amovibles prévus pour être connectés ou déconnectés.
- **Manœuvres d'urgence:** Imposées par les circonstances pour la sauvegarde des personnes et des biens.
- **Manœuvres de consignation:** Opérations coordonnées effectuées pour réaliser la consignation (ou la déconsignation) d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement.
- Les manœuvres de consignation peuvent être exécutées localement ou à distance.

Installation électrique

- **UTE C18.510 art 2.2.4** «...Le terme installation regroupe l'ensemble des matériels électriques qui transforment et distribuent au moyen de canalisations fixes l'énergie électrique d'une façon globale et permanente.. »

Equipement électrique

- **UTE C18.510 art 2.2.5** «...Canalisations et appareillage des moteurs et autres appareils utilisant l'énergie électrique ».

- Installation électrique ;
- Equipement électrique.

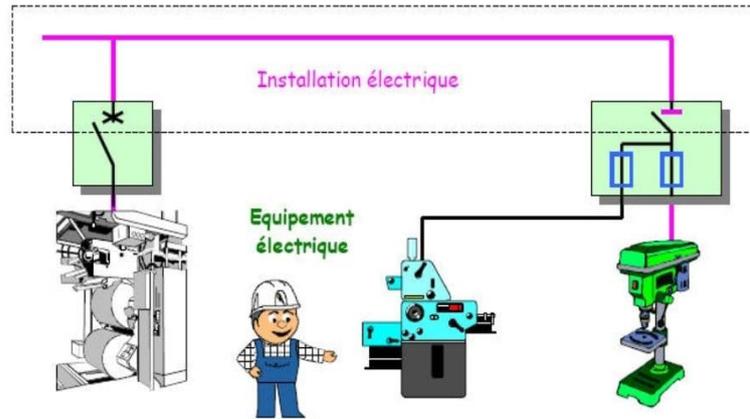


Figure III.4. Schémas d'Installation Electrique / Equipement électrique

- **Local Réservé aux Électriciens :** Tout local ouvert ou fermé dans lequel peuvent se trouver des pièces nues sous tension (boîtier –coffret – armoire – châssis –haut de poteau des lignes aériennes ...).

Domaine de tension

Aucun travail sur un ouvrage électrique ou au voisinage d'un ouvrage normalement sous tension ne peut être entrepris sans considérer *les consignes de sécurité* dépendantes des différents *domaines de tension* :

Tableau III.2. Domaine de tension

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale <i>U_n exprimée en volts</i>	
		en courant alternatif (A.C.)	en courant continu (D.C.)
Très Basse Tension (Domaine T.B.T)		$U_n < 50$	$U_n < 120$
Domaine Basse Tension	Domaine B.T.A	$50 < U_n < 500$	$120 < U_n < 750$
	Domaine B.T.B	$500 < U_n < 1\ 000$	$750 < U_n < 1\ 500$
Domaine Haute Tension	Domaine H.T.A.	$1\ 000 < U_n < 50\ 000$	$1\ 500 < U_n < 75\ 000$
	Domaine H.T.B.	$U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

- TBT : très basse tension ;
- BT : basse tension (divisée en domaines A et B) ;
- HT : haute tension (divisée en domaines A et B)

Dans le cas particulier de la Très Basse Tension, il y a lieu de distinguer les opérations

- En Très Basse Tension de Sécurité (*T.B.T.S*)
- En Très Basse Tension de Protection (*T.B.T.P*)
- En Très Basse Tension Fonctionnelle (*T.B.T.F*)

Aucune précaution n'est à prendre en **T.B.T.S** et en **T.B.T.P** pour les risques d'électrisation (attention aux courts-circuits et aux brûlures)

En **T.B.T.F**, toutes les règles de la B.T doivent être appliquées comme en cas d'incertitude sur sa nature.

III-10. TEXTES OFFICIELS ALGERIENNES

III-10-1. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE :

Le code du travail permet au Ministre du travail de prendre des décrets portant règlement d'administration publique en vue d'assurer l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

Il existe une véritable hiérarchie des différents textes :

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

En matière d'électricité

C'est le décret 01-342 du 11 Chaabane 1422 correspondant au 28 octobre 2001 relatif aux prescriptions particulières de protection et de sécurité des travailleurs contre les risques électriques au sein des organismes employeurs.

Il traite de la protection des travailleurs dans les établissements assujettis au code du travail qui met en oeuvre 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.

Ce décret se trouve dans le Journal Officiel publié par le Gouvernement (N° 65 du 18 Chaabane 1422 correspondant au 4 novembre 2001.

Structure du décret 01-342 du 11 Chaabane 1422 correspondant au 28 octobre 2001 :

Il comprend 77 articles répartis en 8 chapitres.

Le chapitre I traite des **dispositions générales**. Il comprend les principales définitions relatives aux risques électriques.

Le chapitre II traite le **classement des installations électriques en fonction des tensions**. Il reprend les normes de définition des différents niveaux de tension.

Le chapitre III traite des *conditions générales auxquelles doivent satisfaire les installations électriques*.

Le chapitre IV traite la *protection des travailleurs contre les risques de contact avec des conducteurs actifs ou des pièces conductrices habituellement sous tension*.

Le chapitre V traite la *protection des travailleurs contre les risques de contact avec les masses mises accidentellement sous tension*.

Le chapitre VI traite la *prévention des brûlures, les incendies et explosions d'origine électrique*.

Le Chapitre VII traite l'*utilisation, la surveillance, l'entretien et la vérification des installations électriques*.

Le chapitre VIII traite les *dispositions particulières*.

III-11. RISQUES PROFESSIONNELS SPECIFIQUES AUX RISQUES ELECTRIQUES

Les risques liés à l'électricité, pour l'homme, sont de différentes natures. Il s'agit principalement des risques d'électrisation, d'électrocution et de brûlure. Ces risques ont pour origines des contacts directs ou indirects et des arcs électriques.

- **Un contact direct** est un contact avec une pièce nue sous tension. C'est par exemple le contact avec une partie conductrice d'une borne de raccordement, avec l'âme d'un conducteur dénudé ... ;
- **Un contact indirect** est un contact avec une pièce conductrice mise accidentellement sous tension. C'est par exemple le contact avec une armoire métallique non reliée à la terre et dont l'équipement électrique qu'elle contient présente un défaut d'isolement.

Les contacts directs ou indirects provoquent des électrisations ou électrocutions. Sur les muscles du corps humain les courants électriques peuvent provoquer une tétanisation (muscles moteurs et de la cage thoracique) ou une fibrillation ventriculaire pouvant provoquer l'arrêt du cœur.

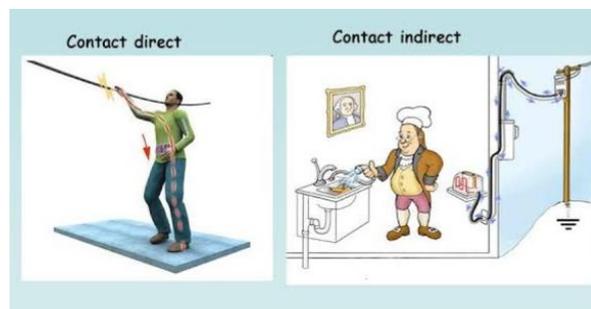


Figure III.5. Contact direct et indirect.

- **L'arc électrique et ses conséquences** : Un arc électrique est susceptible d'apparaître lorsque l'on ouvre ou que l'on ferme un circuit. En effet, sous l'influence de la tension électrique créée entre les extrémités des conducteurs que l'on sépare ou que l'on approche, les électrons libres sortent du métal et heurtent violemment les molécules d'air de l'espace interstitiel. Cela a pour conséquence d'arracher des électrons aux atomes de l'air et de le rendre subitement conducteur.

•
Ce phénomène s'accompagne d'une projection de particules métalliques en fusion (plus de 3000°C). C'est l'arc électrique.

D'une manière générale, les arcs électriques peuvent jaillir entre deux conducteurs ou deux récepteurs voisins portés à des potentiels différents lorsque la couche qui les sépare n'est pas assez épaisse ou que sa qualité d'isolation a été diminuée. La liaison qui en découle est d'abord invisible (courant de fuite) puis visible (arc électrique). Les éclairs qu'on observe pendant les orages sont des arcs électriques entre deux nuages ou entre un nuage et la Terre. Dans les installations électriques, un court-circuit provoque un arc pouvant avoir des conséquences importantes.

L'arc électrique peut être, pour l'homme, à l'origine de brûlure plus ou moins graves et pour les installations d'incendies ou d'explosion.



Figure III.6 : Arc électrique.

Le risque de brûlure ou d'électrocution consécutive à un contact avec un conducteur électrique ou une partie métallique sous tension (le retour se faisant par le sol ou un élément relié au sol) ou deux conducteurs à des potentiels différents.

A titre d'exemples, La recherche des situations dangereuses se fait au niveau des :

- Installation électriques;
- Machine électrique;
- Et par outil à alimentation électrique.

Soient :

- Conducteur nu accessible au personnel : Armoire électrique non fermé à clé , Ligne électrique aérienne, ;
- Matériel défectueux : Coupure de la liaison avec la terre, câble d'alimentation d'appareil portatif ou rallonge électrique détériorée,.... ;
- Non consignation d'une installation électrique¹ lors d'une intervention : Réapparition, maintenance, modification....

Les risques sont maîtrisés si par exemple :

- La réalisation des installations se fait par un personnel qualifié, avec un matériel approprié et selon les règles de l'art ;
- Le contrôle des installations électriques doit se faire périodiquement ;
- Le personnel doit être informé sur le risque électrique : Signalisation des zones dangereuses, affiches de secours aux électriciens....

III-12. EDUCATION A LA SECURITE ELECTRIQUE

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

III-12-1. EDUCATION A LA SECURITE ET A LA PREVENTION DES RISQUES / ELEMENTS DE SECURITE ELECTRIQUE

- L'apprentissage de la prévention

Les schémas mentaux de prévention des risques sont les même au domicile, dans la rue, au lycée, dans l'entreprise :

- Identifier ;
- Estimer ;
- Décider ;
- Agir ;
- Observer.

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*.

*Deuxième Partie : Préparation à l'habilitation
électrique*

Chapitre I : Habilitation électrique

Chapitre I : Habilitation électrique

I-1. INTRODUCTION

La prévention du risque électrique fait appel à un ensemble cohérent d'exigences pour garantir que :

- Chacune des personnes, du donneur d'ordre à l'exécutant, prend en compte, à son niveau de responsabilité et avec le degré d'appréciation qui convient, la prévention du risque électrique ;

- Les opérateurs ont les connaissances techniques nécessaires et suffisantes pour savoir, dans un environnement donné et pour un travail donné, comment prévenir le risque électrique.

Les exigences ci-dessus sont une suite de décisions et d'actions enchaînées prises par tous les acteurs. Les principaux paramètres de cet enchaînement sont l'unicité, la cohérence et la maîtrise de l'information.

La maîtrise des procédures de suivi et de contrôle à tous les échelons est un facteur indispensable à la prévention du risque électrique.

L'habilitation est la reconnaissance, par l'employeur, de la capacité d'une personne placée sous son autorité à accomplir, en sécurité vis-à-vis du risque électrique, les tâches qui lui sont confiées.

Pour être habilité, le personnel doit avoir acquis une formation :

- A la prévention des risques électriques,
- A la sécurité des personnes.

Il doit en plus avoir les aptitudes physiques nécessaires. L'habilitation n'est pas directement liée à la classification professionnelle ou hiérarchique. Elle est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par celui-ci et par l'habilité.

I-2. GENERALITES /DEFINITION DE L'HABILITATION

I-2-1. DEFINITION DE L'HABILITATION ELECTRIQUE

C'est la reconnaissance par son employeur, de la capacité d'une personne à effectuer en sécurité les tâches fixées pendant une durée de temps et présentant des risques professionnels pour lui même et son environnement.. L'habilitation n'est pas directement liée à la position hiérarchique ou à la classification professionnelle. Elle est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par l'employeur et par l'habilité.

La délivrance d'une habilitation par l'employeur ne dégage pas pour autant nécessairement la responsabilité de ce dernier (*dans le cadre du code du travail Articles 46 et 48*).

Elle n'autorise pas, à elle seule, un titulaire à effectuer de son propre chef des opérations pour lesquelles il est habilité.

Toute personne habilitée a droit d'accéder sans surveillance aux locaux d'accès réservés aux électriciens ou locaux à risques électriques pour :

- Réaliser des travaux d'ordre non électrique ;
- Exécuter des travaux ou des interventions d'ordre électrique ;
- Effectuer des manœuvres ;
- Diriger des opérations d'ordre électrique ;
- Procéder à des consignations ;
- Effectuer des essais, mesures ou vérifications de grandeurs électriques.

L'habilitation électrique est une exigence réglementaire pour tous les travailleurs qui effectuent des opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage. Elle nécessite une formation préalable. Elle est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par l'employeur et l'habilité.

L'habilitation concerne toutes les opérations d'ordre électrique et non électrique.

I-2-2. DEFINITIONS RELATIVES AUX STRUCTURES ET AUX PERSONNES « PERSONNAGES »

1. Employeur ou Chef d'Etablissement

Personne qui, directement ou indirectement par délégation, assume la responsabilité légale dans le cadre du Code du Travail:

- Soit d'un établissement ou d'une entreprise à caractère industriel, commercial ou agricole,...
- Soit d'une entreprise de production ou de distribution publique d'énergie électrique.

Il ne peut habilitier que les personnes appartenant à son entreprise et après qu'il se soit assuré que celles-ci possèdent les connaissances nécessaires à prendre pour éviter les accidents d'origine électrique.

Le terme employeur désigne la personne utilisant également les services de personnels mis à sa disposition par une entreprise de travail temporaire. Soit Il est responsable de l'accès aux ouvrages et il peut déléguer tout ou partie de ses prérogatives à une entreprise intervenante.

Il organise les opérations, désigne les chargés de consignation et dans certains cas, les chargés de travaux, détermine les rôles respectifs de chacun dans le cadre de la consignation et veille à l'application des consignes particulières éventuelles.

Lorsque des risques de confusion sont possibles, notamment lorsqu'un établissement ou une entreprise utilise les services d'une entreprise intervenante, au terme employeur seront substitués, selon les cas, les termes suivants;

- Pour l'entreprise utilisatrice; CHEF D'ETABLISSEMENT ou EXPLOITANT.
- Pour l'entreprise intervenante; CHEF D'ENTREPRISE.

Entreprise exploitante : Entreprise qui utilise les installations ou qui exploite les ouvrages en tant que propriétaire, ou par délégation, ou par contrat.

Le rôle de l'employeur :

- S'assurer de la qualification et de la formation du personnel en matière de sécurité électrique, notamment de l'adéquation de la compétence du personnel avec les opérations qu'il lui confie et le désigner pour cette affectation ;
- Délivrer le titre d'habilitation, si nécessaire ; remettre, contre reçu, à toute personne habilitée un carnet de prescriptions
- Dans le cas d'une entreprise exploitante, élaborer ou faire élaborer sous sa responsabilité les instructions de sécurité permanentes ou ponctuelles

- Dans le cas d'une entreprise intervenante, élaborer, communiquer et faire appliquer les instructions de sécurité à son personnel.

L'employeur est tenu de former ses salariés à la prévention du risque électrique pour les activités professionnelles où ce risque est présent.

L'objectif de cette formation consiste à acquérir une compétence professionnelle dans le domaine de la sécurité électrique nécessaire pour exercer son métier en toute sécurité.

A l'issue de cette formation, l'employeur doit délivrer une habilitation à chacune des personnes placées sous son autorité lorsqu'elles réalisent des opérations d'ordre électrique ou d'ordre non électrique nécessitant une habilitation.

2. Chargé d'Exploitation

Personne chargée d'assurer les opérations d'exploitation (conduite, utilisation, entretien, maintenance, dépannage, surveillance, accès, etc.) d'un ouvrage ou d'une installation électrique.

Ses attributions sont:

- Connaître l'état des ouvrages et des installations en permanence
- Définir et appliquer les procédures d'accès, de suivi de contrôle
- Exécuter ou faire exécuter les manœuvres d'exploitation
- Délivrer toutes les autorisations y compris les autorisations d'accès
- Identifier le chargé de consignation
- Transmettre à l'employeur les éléments nécessaires à la mise à jour des plans et schéma de l'ouvrage ou de l'installation.
- Recueillir et signaler à l'employeur toutes anomalies constatées
- Définir et appliquer les modalités particulières d'exploitation
- Donner plan, schéma, notice, etc... aux entreprises chargées d'effectuer les opérations
- Suivre les opérations réalisées et leur état d'avancement.

Le chargé d'exploitation électrique est la Personne chargée d'assurer les opérations d'exploitation (conduite, utilisation, entretien, maintenance, dépannage, surveillance, accès, etc.) d'un ouvrage ou d'une installation électrique.

3. Entreprise extérieure : Entreprise qui intervient pour réaliser des opérations au profit du donneur d'ordre (convention, contrat, etc.).

4. Donneur d'ordre : Personne physique ou morale, en général entreprise utilisatrice, qui décide de faire réaliser des opérations par une entreprise opérant soit sur un ouvrage ou une installation électrique, soit dans leur environnement.

NOTE : Cette personne est souvent appelée maître d'ouvrage.

5. Personne qualifiée (en électricité) : Personne ayant une formation, une connaissance et une expérience appropriées en électricité pour lui permettre d'analyser le risque électrique et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité ;[3.2.3, NF EN 50110-1 modifiée]

NOTE : Dans le présent document, la notion de qualification intègre à la fois le domaine technique électrique et la sécurité électrique.

6. Opérateur : Personne réalisant, ou participant à, ou assurant la direction des opérations d'ordre électrique ou d'ordre non électrique soit sur des ouvrages ou des installations, soit dans leur environnement.

7. Chargé d'opérations spécifiques : Terme désignant indistinctement la personne chargée d'assurer la direction des essais, mesurages, vérifications ou manœuvre ou de procéder elle-même à des essais, mesurages, vérifications ou manœuvre.

8. Surveillant de sécurité électrique :

Personne possédant la connaissance nécessaire approfondie en matière de sécurité pour surveiller une ou plusieurs personnes pendant le déroulement d'une opération déterminée conformément aux instructions reçues. Et désignée par l'employeur pour surveiller les exécutants pendant l'exécution d'opérations au voisinage de pièces nues sous tension et pour les prévenir s'ils s'approchent ou risquent de s'approcher dangereusement de ces pièces.

Le surveillant de sécurité électrique est nommé, selon la nature de la surveillance, le surveillant de sécurité électrique d'opération et d'accompagnement, ou surveillant de sécurité électrique de limite.

Ses attributions sont :

- Le surveillant de *sécurité électrique d'opération et d'accompagnement* <doit surveiller les personnes se trouvant dans le voisinage ou dans un local d'accès réservé aux électriciens. 2 cas possibles : ces personnes n'ont pas l'habilitation correspondante ou bien il remplace le chargé de travaux pour une opération de surveillance ;
- Le surveillant de *sécurité électrique de limite* doit s'assurer que le personnel et les outils qu'il surveille ne dépassent pas les limites fixées pour prévenir le risque électrique. Son habilitation est adaptée à la tâche qui lui est confiée

9. Habilitation / personne habilitée : Reconnaissance par l'employeur de la capacité d'une personne placée sous son autorité à accomplir les tâches qui lui sont confiées en sécurité vis-à-vis du risque électrique.

NOTE : Une personne est dite habilitée lorsqu'elle est titulaire d'un titre d'habilitation.

10. Chargé des consignations électriques :

Personne désignée par l'employeur ou par le chargé d'exploitation pour effectuer tout ou partie de la consignation électrique d'un ouvrage et qui est chargée de prendre ou de faire prendre les mesures de sécurité correspondantes.

Il est responsable de la séparation de l'ouvrage d'avec ses sources de tension et de la condamnation des organes de séparation.

L'identification, la vérification d'absence de tension, la mise à la terre et en court-circuit sont réalisées sous la responsabilité du chargé de consignation dans le cas de consignation pour travaux, ou sous la responsabilité du chargé de travaux dans le cas de consignation en deux étapes.

Selon le cas, le chargé de consignation remplira une attestation de consignation pour travaux ou une attestation de première étape de consignation.

Les fonctions de chargé de consignation et de chargé de travaux peuvent être assurées par la même personne. Dans ce cas, il n'y a pas établissement ni transmission d'attestation de consignation.

A la fin des travaux, après avoir reçu l'avis de fin de travail du chargé de travaux, le chargé de consignation pourra effectuer la " déconsignation " .

11. Chargé de Travaux

Personne qualifiée et compétente désignée par son employeur pour assurer la direction effective des travaux et prend les mesures nécessaires pour assurer sa propre sécurité et celle du personnel placé sous ses ordres et de veiller à leur application.. Elle peut travailler seul comme elle peut participer aux travaux ou aux interventions qu'elle dirige. Elle est responsable de la sécurité sur le chantier.

❖ Avant début des travaux

Le chargé de travaux doit s'assurer que:

- Le travail a été clairement défini,
- Tous les risques, électriques ou non, ont été analysés,
- Les exécutants possèdent les habilitations adéquates,
- Les exécutants disposent du matériel de protection et de sécurité nécessaire,
- Aucun exécutant ne présente de signe de défaillance.

❖ Avant d'entreprendre le travail

Le chargé de travaux doit :

- Avoir reçu du chargé de consignation l'attestation de consignation pour travaux (ACT) ou l'attestation de première étape de consignation (APEC) qu'il doit lire et signer ;

- Identifier l'installation (consignation en deux étapes) ;
- Vérifier l'absence de tension et réaliser, Si nécessaire, la mise à la terre et en court-circuit (consignation en deux étapes) ;
- Effectuer la délimitation de la zone de travail ;
- Désigner éventuellement des surveillants de sécurité ;
- Informer les exécutants de la nature des travaux, des précautions à respecter, des limites de la zone de travail, du point de rassemblement aux interruptions et à la fin du travail,
- Donner des ordres pour le commencement des travaux.

❖ *Pendant les travaux*

Le chargé de travaux doit :

- Veiller à l'application des mesures de sécurité ;
- Assurer la surveillance de son personnel ;
- Veillez à la bonne exécution du travail ;
- Veillez au bon emploi de l'outillage et du matériel de sécurité.

❖ *A la fin des travaux*

Le chargé de travaux doit :

- S'assurer de la bonne exécution du travail et de l'enlèvement de tous les outils ;
- Rassembler le personnel au point convenu et lui signifier l'interdiction définitive de tout nouvel accès à la zone de travail, effectuer le retrait des mises à la terre et en court-circuit posées par lui-même et remettre au chargé de consignation l'avis de fin de travail.

12. Exécutant électricien

Personne assurant l'exécution des opérations. Cette personne opère sous la conduite d'un chargé de travaux, d'un chargé d'intervention générale, d'un chargé d'opérations spécifiques ou d'un chargé de chantier.

Autrement dit, c'est une Personne désignée par son employeur pour effectuer des travaux, des interventions ou des manœuvres, en exécution d'un ordre écrit ou verbal.

Ces opérations peuvent être d'ordre électrique, l'exécutant devra alors posséder la qualification d'électricien correspondant au travail à effectuer ; ou d'ordre non électrique et l'exécutant est soit électricien ou non électricien.

Il doit veiller à sa propre sécurité :

- Suivre les instructions du chargé de travaux ;
- N'entreprendre un travail que s'il en a reçu l'ordre ;
- Respecter les limites de la zone de travail et les dispositions de sécurité ;
- Porter les équipements de protection individuelle ;

- N'utiliser que du matériel adapté au travail à effectuer (outils et outillage) ;
- Vérifier le matériel et les outils avant leur utilisation.

13. Chargé d'intervention

Mêmes prérogatives que le chargé de travaux mais limitées au domaine de la basse tension.

Le rôle chargé d'intervention :

- Doit avoir la connaissance des opérations simples en basse tension ;
- Agit selon les instructions et autorisations données (employeur, donneur d'ordre);
- Analyse les risques (EPI et outils isolés) ;
- Remplace hors tension les fusibles à l'identique et sous tension ceux à fusion enfermée ;
- Remplace lampe ou accessoire d'éclairage ;
- Remplace prise de courant, interrupteur ou élément terminal d'installation (ex : radiateur) ;
- Raccorde les matériels électriques à un circuit en attente protégé contre les courts-circuits et mis hors tension ;
- Réarme un dispositif de protection (en environnement sans risques) ;
- Il n'a pas d'exécutant sous ses ordres :
 - Intervention BT simple sur circuits terminaux hors tension et hors voisinage
 - Tension $U \leq 400V$ et $U \leq 600 V$
 - Intervention sur circuits avec protection maxi 32 A et 16 A : Section max 6 mm² cuivre et 10 mm² aluminium avec dispositif de sectionnement.

I-2-3. DEFINITIONS RELATIVES AUX OPERATIONS

Toute opération dont le but est de réaliser, de modifier, d'entretenir ou de réparer un ouvrage électrique. Les travaux font l'objet d'une préparation soit au coup par coup soit générale.

1. Exploitation : Toutes les activités nécessaires pour permettre le fonctionnement d'un ouvrage ou d'une installation électriques. Ces activités comprennent notamment les travaux, les manœuvres, les commandes, la surveillance et la maintenance.

NOTE : La maintenance est définie dans la norme NF EN 13306 (X 60-319).

2. Opération : Activité exercée, soit directement sur les ouvrages ou les électriques, soit dans un environnement électrique. Elle peut être de deux natures :

- **Opération d'ordre électrique** :

Opération qui, pour un ouvrage ou une installation en exploitation électrique, concerne les parties actives, leurs isolants, la continuité des masses et autres parties conductrices des matériels (les circuits magnétiques, etc.) ainsi que les conducteurs de protection.

NOTE : Dans le présent document, les opérations d'ordre électrique concernent plusieurs types d'opération effectuées soit sur les ouvrages ou les installations électriques, soit dans l'environnement de pièces nues sous tension.

Remarque :

- Ces opérations doivent être confiées à des personnes qualifiées, formées et habilitées vis à vis des risques électriques ;
- Attention aux entreprises extérieures ;
- Le carnet de prescriptions et les consignes particulières doivent être disponibles.

• Opération d'ordre non électrique :

On distingue les types d'opérations d'ordre électriques suivants :

- Travail hors tension ;
- Travail sous tension ;
- Travail au voisinage simple ;
- Travail au voisinage renforcé ;
- Intervention en basse tension ;
- Opérations spécifiques comprenant les essais, les mesurages, les vérifications et les manœuvres. [18]

Ce sont donc des travaux qui ne rentrent pas dans la définition précédente, par exemple qui concernent d'autres parties d'ouvrages électriques, non liées directement à la sécurité électrique (gaines, enveloppes...) ou ne requérant pas de formation en électricité (maçonnerie, peinture, nettoyage,...).

Les Opération d'ordre non électrique effectuées sur ou au voisinage des ouvrages électriques peuvent être confiées à des personnes non qualifiées dans le domaine électrique, mais ayant reçu une formation à la sécurité électrique et habilitées à cet effet.

• Mise hors tension d'un ouvrage :

C'est l'état dans lequel se trouve un ouvrage lorsque la tension a été supprimée. Cet état, à lui seul, ne permet pas d'engager des travaux ou des interventions.

• Condamnation d'un appareil de séparation ou de sectionnement :

Condamner un appareil, c'est effectuer les opérations nécessaires pour:

- Le mettre et le maintenir dans une position déterminée (ouvert ou fermé),
- Interdire sa manœuvre et signaler que l'appareil condamné ne doit pas être manœuvré.
- **Consignation arrêt d'une machine ou d'un appareil :**

La consignation-arrêt d'une machine ou d'un appareil consiste à effectuer une ou plusieurs manœuvres de sécurité pour en interrompre le fonctionnement et interdire la présence et éventuellement le maintien de toute source possible d'énergie.

3. Situation de travail : Combinaison du type d'opération avec l'une ou plusieurs des conditions d'environnement électrique suivantes :

- Présence ou non d'induction ou de couplage capacitif ;
- Présence ou non d'atmosphère explosive ;
- Situation météorologique.

I-2-4. DEFINITIONS RELATIVES AUX EQUIPEMENTS DE TRAVAIL ET AUX EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

1. Equipement de protection individuelle (EPI) : Dispositif ou moyen destiné à être porté par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa sécurité ou sa santé ;

2. Dispositif de vérification d'absence de tension (VAT) : Dispositif conçu spécifiquement à cet effet, destiné à fournir la preuve indiscutable de l'absence de tension nominale ;

3. Équipement portable de mise à la terre et en court-circuit (MALT/CC) : Équipement portable conçu à cet effet, raccordé aux parties électriques d'un OUVRAGE ou d'une installation, en vue de réaliser la mise à la terre, la mise en court-circuit ou la mise à la terre et en court-circuit ;

4. Isolations

- **Outil isolant :** Outil essentiellement ou totalement réalisé en matériau(x) isolant(s) ; [VEI 651-01-26 modifié] ;
- **Outil isolé :** Outil en matériau(x) conducteur(s) partiellement ou complètement recouvert(s) de matériau(x) isolant(s) ;
- **Enveloppe :** Élément assurant la protection des matériels électriques contre certaines influences externes (chocs, intempéries, corrosions, etc.) et la protection des personnes contre le risque de contacts directs ;
- **Nappage :** Action qui consiste à mettre en place ou à tendre une nappe isolante souple, sans contact direct avec les pièces nues sous tension, pour éviter aux opérateurs tout risque de contact fortuit ;

NOTE : Un nappage est, dans la plupart des cas, vertical.

- **Habillage :** Action qui consiste à recouvrir une pièce nue sous tension par contact direct de façon à rendre impossible tout contact avec un opérateur ;
- **NOTE :** Un habillage peut être réalisé dans l'espace autour d'un volume.
- **Nappe isolante :** Dispositif de protection isolant souple disposé sur ou devant les pièces nues sous tension ;
- **Ecran :** Dispositif de protection isolant ou conducteur, disposé à distance des pièces nues sous tension ;
- **Balisage :** Moyen permettant de délimiter et de signaler une zone définie. [18]

I-2-5. DÉFINITIONS RELATIVES AUX GRANDEURS ÉLECTRIQUES

1. Tensions :

Les installations et équipements de toute nature quelle que soit leur destination, sont classés en fonction de la plus grande des tensions nominales (valeur efficaces en courant alternatif) existant:

- Entre deux quelconques de leurs conducteurs (ou pièces conductrices) ;
- Ou entre l'un quelconque des conducteurs (ou pièces conductrices) et la terre (ou les masses).

Domaines de tension :

Tableau I.1 : Domaine de tension (Décret n° 88-1056)

DOMAINE DE TENSION	COURANT ALTERNATIF	COURANT CONTINU
TBT	$U \leq 50$ volts	$U \leq 120$ volts
BTA	$50 < U \leq 500$ v	$120 < U \leq 750$ v
BTB	$500 < U \leq 1000$ v	$750 < U \leq 1500$ v
HTA	$1000 < U \leq 50$ kV	$1500 < U \leq 75$ kV
HTB	$U > 50$ kV	$U > 75$ kV

Décret n° 01-342

• Domaines de tension en alternatif

- En dessous de **50 V**: absence d'accident mortel ;
- Entre **50 V et 500V**: grand pourcentage de fibrillation cardiaque ;
- Entre **500V et 1000V**: syncopes respiratoires et brûlures ;
- A partir de **1000V**: brûlures internes de type hémorragique (blocage des reins).

• Domaines de tension en continu

- En dessous de **120V**: absence d'accident mortel ;
- Entre **120V et 750V**: effets d'électrolyse et brûlures par effet joule ;
- A partir de **750V**: brûlures internes et externes.

I-2-6. DEFINITIONS RELATIVES AUX DOCUMENTS ÉCRITS

1- Message collationne :

Communication transmise mot à mot par le correspondant émetteur à son correspondant receveur, enregistrée par écrit par les deux correspondants, comportant la date et l'heure et relue au correspondant émetteur par le correspondant receveur.

2- Message télétransmis :

Message transmis par un moyen autre que vocal et présentant les mêmes garanties que le message collationné.

3- Autorisation de travail :

Document autorisant, en particulier, l'exécution de travaux d'ordre non électrique sur des ouvrages électriques ou des travaux à leur voisinage.

Il est remis à la personne à qui est confiée la direction des travaux, soit par le chargé de consignation ou le chargé de travaux dans le cas de travaux d'ordre non électrique, soit par le chargé d'exploitation dans le cas de voisinage.

L'autorisation de travail cesse d'être valable dès sa restitution au chargé de consignation ou au chargé de travaux, ou au chargé d'exploitation, que ce soit à titre de suspension ou à titre de fin de travail.

I-3. CONDITIONS D'HABILITATION

La personne habilitée doit avoir :

- Une qualification technique et une connaissance des règles de l'art ;
- Une aptitude médicale ;
- Un suivi d'une formation sur la sécurité électrique ainsi qu'un stage pratique ;
- Une formation à la sécurité électrique :
 - Une formation théorique ;
 - Une formation pratique ;
 - Une attestation de formation ;
 - Eventuellement des stages complémentaires.
 - 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'employeur doit s'assurer que les personnes à habilitier possèdent les connaissances suffisantes sur :

- Une formation relative à la prévention des risques électriques ;
- Les instructions nécessaires pour le rendre apte à veiller à sa propre sécurité et à celle du personnel qui est placé éventuellement sous ses ordres ;
- La conduite à tenir en cas d'accident ;

- Les mesures de prévention vis à vis des autres risques liés à l'activité et à l'environnement de l'entreprise ;
- Il doit également s'assurer que ces personnes :
 - Possèdent les aptitudes nécessaires à la réalisation des tâches visées par l'habilitation ;
 - Présentent un comportement compatible avec la bonne exécution de ces opérations.

I-4. DOMAINE D'UTILISATION

La personne habilitée doit avoir une qualification technique qui est nécessaire pour assurer la qualité du travail et effectuer les tâches en sécurité.

Elle doit avoir aussi une aptitude médicale :

- Le code du travail impose à chaque salarié d'être titulaire d'un avis d'aptitude médicale, délivré par le médecin du travail.
- Ce dernier devra être informé des tâches d'ordre électrique confiées aux salariés afin d'adapter les examens médicaux jugés utiles.

L'habilitation est nécessaire notamment pour :

- Accéder sans surveillance aux locaux réservés aux électriciens ;
- Exécuter des travaux ou des interventions d'ordre électrique ;
- Diriger des travaux ou des interventions d'ordre électrique ;
- Procéder à des consignations d'ordre électrique ;
- Effectuer des essais, mesurages ou vérifications d'ordre électrique ;
- Assurer la fonction de surveillant de sécurité.

I-5. DISPOSITIONS GENERALES

I-5-1. INTRODUCTION

L'habilitation est liée au **décret 88 1056 du 14 Novembre 1988** 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.

Ce décret permet d'assurer la **sécurité des personnes** dans l'environnement des ouvrages électriques.

Les textes officiels relatifs à ce décret sont disponibles Dans la brochure ED 723 éditée par l'INRS.

Dans le « Recueil d'instruction générale de sécurité d'ordre électrique » référence UTE C.18510

« **L’habilitation est la reconnaissance par l’employeur de la capacité d’une personne à effectuer des tâches fixées. Pour être habilité il faut avoir subi une formation** ».

Il est nécessaire d’habilitier toute personne qui :

- Accède sans surveillance aux locaux d'accès réservés aux électriciens pour y effectuer des travaux non électriques (femme de ménage, peintre, proviseur..) ;
- Exécute des travaux d’ordre électrique ;
- Dirige des opérations d’ordre électrique ;
- Effectue des essais, des mesures de grandeurs électriques.

L’habilitation décernée dépend:

- Du **domaine de tension** (basse tension, haute tension) ;
- De la **personne qui fait l’opération** (non électricien, exécutant électricien, chargé de travaux d’ordre électrique) ;
- De la **nature de l’opération** (consignation, travaux sous tension, nettoyage sous tension, interventions et dépannages, voisinage).

Remarque: Pour faire une intervention de dépannage il faut:

- Etre habilité ;
- Que la consignation soit réalisée ;
- Disposer du matériel nécessaire: (tapis isolant, nappe isolante, gants isolants, lunettes, outils isolants ou isolés).

Il faut bien distinguer **sécurité** (liée à l’opérateur) et **protection** (liée à l’appareil, protection n’est pas synonyme de sécurité).

Il n’y a **pas de mesure anodine !!**

L’appareil de mesure présente un **double danger**:

- Branchement sur le réseau ;
- On lui envoie un potentiel qui peut être dangereux ;
- Veiller au **bon état des cordons** de mesure.

I-5-2. ANALYSE DU RISQUE ELECTRIQUE

1. Mise en œuvre de l’analyse du risque électrique

- **A quel moment doit-on analyser le risque électrique ?**

L’analyse du risque électrique doit être conduite avant chaque phase de travail et s’appliquer à la zone d’évolution des personnes et des outils pendant le travail. Cette zone doit être parfaitement délimitée dans l’espace et définie dans le temps. Au-delà de l’étude préalable, l’analyse du risque électrique doit être poursuivie dans les mêmes conditions tout au long des opérations.[19]

- **Qui a mission d’effectuer l’analyse du risque électrique ?**

L'analyse du risque électrique et la préparation du travail sont de la responsabilité de l'employeur. L'analyse du risque électrique entre dans la mission confiée à chaque acteur dans la limite de ses attributions et de ses responsabilités. Elle nécessite une coordination entre tous les acteurs concernés. Au stade de la conception, de la préparation d'un projet ou de la préparation du travail, elle doit être conduite par la personne désignée par l'employeur telle que : le chargé d'affaires, le chef de projet ou par un donneur d'ordre.

2. Eléments à prendre en compte pour l'analyse du risque électrique

L'appréciation des distances auxquelles les opérateurs, les objets et outils, les équipements de travail (engins, échafaudages roulants, etc.) susceptibles, durant l'opération, de s'approcher des ouvrages ou des installations engendrant un risque d'origine électrique, doit tenir compte :

- Du volume effectivement occupé par les opérateurs, y compris dans leurs déplacements ;
- De tous les gestes normaux et réflexes des opérateurs ;
- De tous les mouvements possibles des pièces conductrices nues sous tension, des ouvrages ou des installations électriques, et notamment, des lignes aériennes (balancements, fouettements, rupture éventuelle d'un organe) ;
- De l'incertitude de positionnement des canalisations isolées invisibles ;
- De tous les mouvements possibles et notamment, des chutes d'outils, matériels, pièces ou engins utilisés pour les opérations envisagées.

I-5-3. PREVENTION DU RISQUE ELECTRIQUE

1. Principes de prévention du risque électrique

Dans le cadre de la préparation du travail, suivant le type d'opération choisi et après analyse, les principes mis en œuvre pour prévenir le risque électrique sont :

- La suppression du risque par la consignation ou à défaut la mise hors de portée par éloignement, obstacle ou isolation ;
- Le choix et l'utilisation des équipements de protection collective, des équipements de protection individuelle (EPI) et des vêtements de travail ;
- Le choix et l'utilisation des outils, matériels et équipements de travail ;
- La délimitation et le balisage de la zone de travail et, si nécessaire, la surveillance En tenant compte des conditions ambiantes (éclairage, orage, vent, etc.).[20]

2. Eléments d'analyse des opérations :

L'employeur doit mettre en place une organisation de façon à ce que chaque opérateur sache en permanence :

- Reconnaître sur quelle partie de l'ouvrage ou de l'installation il opère ;
- Dans quelle situation de travail il se trouve et, en particulier, s'il est en présence de pièces nues sous tension d'un ouvrage ou d'une installation ;
- Les caractéristiques particulières de l'ouvrage ou de l'installation électrique :

- Ordre de grandeur du courant de court-circuit,
- Induction magnétique ou couplage capacitif,
- Conditions ambiantes de travail.

3. Principes de mise en œuvre :

Le type d'opération retenu pour tout le chantier ou toute phase de travail doit résulter de la démarche logique suivante :

- Chercher, en priorité, à consigner les ouvrages ou les installations concernés ;
- Si les conditions d'exploitation ou si la nature même de l'opération ne permettent pas la consignation ou, dans certains cas, la mise hors tension, opérer après mise hors de portée par éloignement, par obstacle ou par isolation ;
- A défaut, opérer sous tension dans le respect du présent document.

Si, au cours de l'opération, un élément non pris en compte dans l'analyse préalable du risque électrique dégrade les conditions de sécurité, l'opération doit être suspendue et le mode opératoire doit être remis en question. [20].

I-5-4. PROTECTION COLLECTIVE

Lorsque le risque n'a pas pu être supprimé par consignation ou mise hors tension, des mesures de protection collective doivent être envisagées en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.

Par mesure de protection collective on entend toute mesure destinée à mettre hors de portée par éloignement, par obstacle ou par isolation.

Cet équipement comprend :

- L'utilisation d'écran de protection (nappe isolante, tôle épaisse mise à la terre...)
- La délimitation de l'emplacement de travail par un balisage et une pancarte d'avertissement de travaux,
- L'utilisation de baladeuses spécialement conçues à cet effet.[17]



Figure I.1 : Nappes isolantes.



Figure I.2 : Balisages de la zone de travail

I-5.5. PROTECTION INDIVIDUELLE

La protection individuelle ne peut être envisagée que lorsque toutes les autres mesures d'élimination ou de réduction du risque électrique s'avèrent insuffisantes ou impossibles à mettre en œuvre.

Les conditions de mise en œuvre, le choix et l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) sont définis par l'employeur après analyse du risque, en suivant les principes généraux de prévention.

Les EPI et les vêtements de travail doivent être appropriés au risque, ainsi qu'aux conditions et caractéristiques particulières du travail, compte tenu de l'état de la technique et des possibilités existant sur le marché.

NOTE La technologie actuelle ne permet pas aux EPI de couvrir tous les domaines de tension et tous les niveaux de puissance de court-circuit.

L'opérateur doit s'assurer visuellement du bon état de l'EPI avant chaque utilisation.

L'opérateur doit recevoir une formation adéquate comportant, si nécessaire, un entraînement au port des EPI.

Pour toute opération d'ordre électrique en présence du risque électrique, l'opérateur doit notamment :

- En basse tension et en HTA, ne porter sur soi aucun objet ou pendentif conducteur pouvant entrer en contact avec des pièces nues sous tension ;
- Porter un vêtement couvrant, non propagateur de la flamme, ne comportant pas de pièce conductrice.

NOTE : En HTB, l'employeur peut définir des prescriptions différentes.

Le respect des prescriptions précédentes ne dispense pas de se prémunir contre les risques autres qu'électrique. En cas de risques multiples exigeant le port simultané de plusieurs équipements de protection individuelle, ces équipements doivent être compatibles entre eux et conserver leur efficacité par rapport aux risques correspondants.

NOTE : Il existe des dispositions particulières pour la HTB. [17]

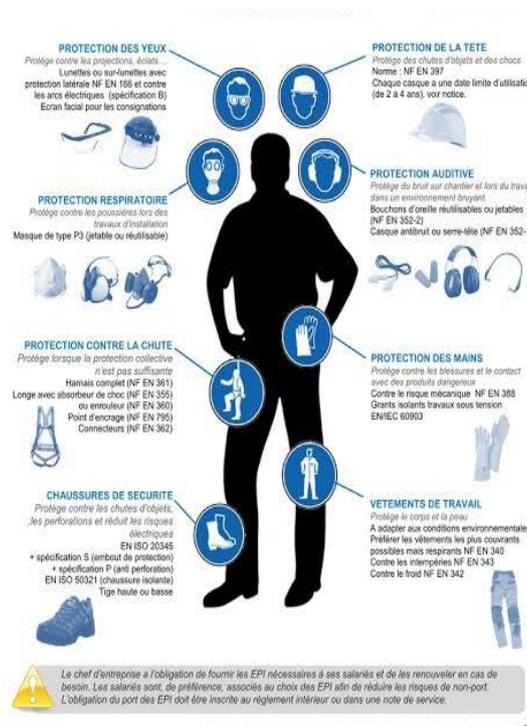


Figure I.3 : Fiche EPI électriciens

I-5-6. OUTIL, MATERIEL ET EQUIPEMENT DE TRAVAIL

Les outils, le matériel, les équipements de travail et les vêtements de travail mis à la disposition du personnel par l'employeur doivent :

- Respecter la réglementation et l'état de l'art qui les concernent (marquage CE, conformité aux normes, prescriptions de conception) ;
- Etre adaptés aux opérations à réaliser ;
- Etre utilisés en respectant les notices d'instructions de leurs fabricants ;
- Etre entretenus conformément aux notices d'instructions de leurs fabricants et aux instructions de sécurité de l'établissement ;
- Etre vérifiés conformément aux exigences réglementaires en vigueur, aux notices d'instructions de leurs fabricants et aux instructions de sécurité de l'établissement,[17]

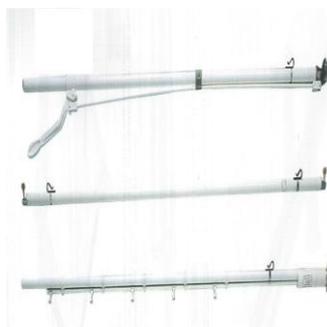


Figure I.4 : Perches isolantes



Figure I.5 : L'échelle, isolants, cadenas de consignation

I-6. FORMALISATION EN CAS D'HABILITATION

1. Matérialisation de l'habilitation

Lorsque l'habilitation est requise, l'employeur remet contre signature, à toute personne habilitée par lui, un titre d'habilitation suivant le modèle défini dans le paragraphe (titre d'habilitation : **IV -6-7-5**).

L'employeur doit utiliser les symboles présentés dans les Tableaux (**III.2, III.3 et III.4**) qui correspondent aux opérations décrites dans le présent document.

Lorsque l'employeur estime nécessaire d'attribuer une habilitation spéciale pour des opérations spéciales, il porte les symboles B1X ou B2X, H1X ou H2X dans la case appropriée et précise le champ d'application de cette habilitation dans la colonne « indications supplémentaires ». [17]

2. Symboles des habilitations / niveaux de l'habilitation

L'habilitation est symbolisée de manière conventionnelle par des caractères alphanumériques et si nécessaire un attribut :

Le titre d'habilitation est désigné par des lettres et des numéros ; relatifs au domaine de tension, au niveau des opérations, et à la nature des opérations .L'habilitation est symbolisée de manière conventionnelle par des caractères alphanumériques et , si nécessaire un attribut :

- Le premier caractère indique le domaine de tension concerné ;
- Le deuxième caractère indique le type d'opération ;
- Le troisième caractère est une lettre qui précise la nature des opérations.

• **Premier caractère** : Le premier caractère indique le domaine de tension de la partie des ouvrages ou des installations sur lesquels ou dans l'environnement desquels le titulaire de l'habilitation effectue des opérations :

- B caractérise les ouvrages ou les installations des domaines BT et TBT ;
- H caractérise les ouvrages ou les installations du domaine HT.

Dans tous les cas, le titre doit préciser là ou les valeurs de la ou des tensions délimitant le domaine de tension dans la colonne du champ d'application réservée à cet effet.

• **Deuxième caractère**

Le deuxième caractère indique le type d'opération, il s'exprime :

➤ Soit **par une lettre C, R, S, E, P** :

▪ **C**, Caractérise la CONSIGNATION ;

▪ **R**, Caractérise les INTERVENTIONS BT GENERALES ;

▪ **S**, Caractérise les INTERVENTIONS BT ELEMENTAIRES ;

▪ **E**, Caractérise les OPERATIONS SPECIFIQUES. Cette lettre doit être obligatoirement complétée par un attribut. En fonction de l'attribut, le titulaire peut effectuer des opérations d'essai ou de vérification ou de mesurage ou des manœuvres;

▪ **P**, caractérise les OPERATIONS sur les INSTALLATIONS photovoltaïques.

➤ Soit **par un chiffre 0, 1, 2** :

▪ **0**, caractérise le personnel réalisant des travaux d'ordre non électrique ;

▪ **1**, caractérise le personnel exécutant des opérations d'ordre électrique ;

▪ **2**, caractérise le personnel charge de travaux responsable de l'organisation et de la surveillance du chantier, quel que soit le nombre d'exécutants placés sous ses ordres.

• **Troisième caractère**

Il s'agit d'une lettre additionnelle aux deuxièmes caractères 0, 1 ou 2, qui précise la nature des opérations ci-après :

▪ **Lettre V** :

○ En haute tension, pour indiquer que le titulaire peut effectuer des travaux dans la zone de voisinage renforcé HT (zone 2) ;

○ En basse tension, pour indiquer que le titulaire peut effectuer des travaux d'ordre électrique dans la zone de voisinage renforcé BT (zone 4).

▪ **Lettre T** : Pour indiquer que le titulaire peut effectuer des travaux sous tension.

▪ **Lettre N** : Pour indiquer que le titulaire peut effectuer des travaux de nettoyage sous tension.

▪ **Lettre X** : Pour indiquer que le titulaire peut effectuer, sous certaines conditions, des opérations « spéciales » n'entrant pas dans les désignations précédentes, mais répondant à des besoins particuliers préalablement définis dans une instruction de sécurité. cette habilitation doit avoir un caractère exceptionnel.

NOTE : Dans certains cas, la **lettre X** peut être placée en deuxième ou en quatrième caractère à l'initiative de l'employeur.

En absence du troisième caractère, additionnel au chiffre du deuxième caractère, le titulaire ne peut effectuer que des travaux hors tension ou au voisinage simple.

• Attribut

L'attribut est une mention complémentaire obligatoire aux habilitations symboles BE et HE, qualifiée par l'un des mots : essai, mesurage, vérification ou manœuvre. a chaque attribut correspond une habilitation. il précise la capacité du titulaire de l'habilitation a assurer, dans le cadre général de son habilitation, l'opération correspondante.

De plus, l'attribut « Essai » peut être ajouté aux lettres B2V, H2V lorsque l'opérateur réalise des essais en tant que charge de travaux dans le cadre d'une procédure de travaux.

Les attributs associés aux symboles BE et HE sont :

- Soit BE Essai ou HE Essai pour réaliser des essais ;
- Soit BE Mesurage ou HE Mesurage pour réaliser des mesurages ;
- Soit BE Vérification ou HE Vérification pour réaliser des vérifications ;
- Soit BE Manœuvre ou HE Manœuvre pour réaliser des manœuvres.

Les attributs pouvant être associés avec les symboles B2V ou H2V sont :

- B2V Essai ou H2V Essai pour réaliser des ESSAIS dans le cadre des TRAVAUX.
- [27]

Tableau I.2 : Système de classification des habilitations électriques

<i>1^{er} caractère</i>	<i>2^{ème} caractère</i>	<i>3^{ème} caractère</i>	<i>Attribut</i>
B : basse et très basse tension	0 : travaux d'ordre non électrique	T : travaux sous tension	Essai
H : haute tension	1 : exécutant d'opération d'ordre électrique	V : travaux au voisinage	Vérification
	1: chargé de travaux	N : nettoyage sous tension	Mesurage
	C : consignation	X : spécial	Manœuvre
	R : intervention BT générale		
	S : intervention BT élémentaire		
	E : opération spécifique		

Tableau I.3 : Récapitulatif des éléments des symboles

1 ^{er} caractère Domaine de tension	Tensions	B : basse tension (BT) et très basse tension (TBT) H : haute tension
2 ^{ème} caractère Type d'opération	Travaux d'ordre non électrique	O : pour un Exécutant ou chargé de chantier
	Travaux d'ordre électrique	1 : pour un Exécutant 2 : pour un Chargé de travaux
	Interventions BT	R : Intervention BT d'entretien et de dépannage S : Intervention élémentaire BT de remplacement et de raccordement
	Consignation	C : pour un charge de consignation électrique.
	Opérations spécifiques	E : Essai, Mesurage, Vérification ou Manoeuvre
	Opérations photovoltaïques	P : Opération photovoltaïque
3 ^{ème} caractère Lettre additionnelle	Complète si nécessaire les travaux	V : zone de voisinage HT (zone 2) ou (zone 4) BT T : travaux sous tension N : Nettoyage sous tension X : opération Spéciale (exceptionnel)
Attribut	Complète les caractères précédents	Écriture en clair du type d'opération, d'Essai, de Mesurage, de Vérification, ou de Manoeuvre d'un opérateur

NOTE : Manque dans la NF C 18 510 la lettre L pour les véhicules électriques, le B2 Photovoltaïque pour les travaux sur installations PV.

Les tableaux ci-dessous présentent les combinaisons possibles de caractères alphanumériques d'habilitations minimales autorisées en fonction de l'opération.

Tableau I.4 : Symboles d'habilitation utilisés pour les opérations d'ordre non électrique autour de pièces nues.

		Ouvrage ou installation Consigné BT et HT		Voisinage simple BT et HT (zone 1)		Voisinage renforcé HT (zone 2)	
		Exécutant	Chargé de chantier	Exécutant	Chargé de chantier	Exécutant	Chargé de chantier
Opération d'ordre non électrique concourant à l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage ou de l'installation	BT	pas d'habilitation requise	B0	B0	B0	Cas Interdit	
	HT	pas d'habilitation requise	H0	H0	H0	H0V	H0V
Autres opération d'ordre non électrique	BT	pas d'habilitation requise	pas d'habilitation requise	Cas interdits			
	HT	pas d'habilitation requise	pas d'habilitation requise				

Tableau I.5 : Symboles d'habilitation utilisés pour les travaux d'ordre électrique.

Travaux sur ouvrages ou installation consigné BT et HT		Travaux dans la zone des opérations électriques BT (zone 4)				Travaux au voisinage simple BT et HT (zone 1)		Travaux au voisinage renforcé HT (zone 2)		Travaux dans la zone des travaux sous tension HT (zone 3)		
		Travaux Hors tension		Travaux Sous tension		Exécutants	Chargé de Travaux	Exécutants	Chargé de Travaux	Exécutants	Chargé de Travaux	
Exécutants	Chargé de Travaux	Exécutants	Chargé de Travaux	Exécutants	Chargé de Travaux							Exécutants
BT	B1	B2	B1V	B2V	B1T B1N	B2T B2N	B1	B2	Sans Objet			
HT	H1	H2	Sans Objet				H1	H2	H1V	H2V	H1T H1N	H2T H2N

Tableau I.6. Symboles d’habilitation utilisés pour les autres opérations d’ordre électrique.

	Consignation (zone 1,2 et 4)	Intervention BT		Opération spécifiques Zone 1,2 et 4	Opération Photovoltaïque Zone 1,2 et 4		Opération spéciales (zone 1,2 et 4)	
		Zone 4	Hors tension et hors Zone 4		Zone 1	Zone 1/4	Exécutant	Chargé de travaux
BT	BC	BR	BS	BE Essais BE Vérification BE mesurage BE Manœuvre B2V Essais	Zone 1	Zone 1/4	Zone 1 et 4	
					BP	BR photovoltaïque	B1X	B2X
HT	HC	Sans objet		HE Essais HE Vérification HE mesurage HE Manœuvre H2V Essais	Zone 1 et 2		Zone 1 et 2	
					HP	H1X	H2X	

3. Champ d’application des habilitations

Le symbole d’habilitation ne suffit pas à lui seul à définir le titre d’habilitation : le champ d’application doit être complètement renseigné.

L’employeur doit préciser les limites à appliquer aux habilitations, notamment :

- Les types d’ouvrages ou d’installations concernées ;
- La localisation des ouvrages ou des installations ou des parties d’ouvrages ou d’installations ;
- Le type d’opération d’ordre électrique ou d’ordre non électrique autorisée ;
- Les limites de tension.

4. Equivalences entre habilitations

Les domaines d’application des habilitations ne sont pas toujours disjoints et certaines d’entre elles induisent l’attribution implicite d’autres habilitations.

Pour apprécier les rapports pouvant exister entre habilitations, il convient d’appliquer les prescriptions suivantes :

- Une habilitation dont le symbole contient la lettre B n’entraîne pas une habilitation dont le symbole contient la lettre H, et réciproquement ;
- Une habilitation relative à un type d’opération est spécifique à celle-ci et ne peut autoriser une autre nature d’opération. Par exemple, une habilitation aux travaux sous Tension n’entraîne pas une habilitation aux travaux hors tension ;
- Une habilitation d’indice numérique déterminé entraîne l’attribution des habilitations d’indice inférieur, mais exclusivement pour les opérations sur les ouvrages ou les Installations du même domaine de tension et pour une même nature d’opération ;
- Une habilitation symboles B1V ou H1V entraîne une habilitation symboles B1 ou H1 ; de même, une habilitation symboles B2V ou H2V entraîne une habilitation symboles B2 ou H2 ;

- Une habilitation symboles BC ou HC n'entraîne pas l'attribution des autres types d'habilitation et réciproquement ;
- Une habilitation symbole BR inclut une habilitation symbole BS ;
- Une habilitation relative a une opération spécifique n'entraîne pas l'attribution d'un autre type d'habilitation.

5. Titre d'habilitation

L'habilitation est formalisée dans un titre d'habilitation délivré a son titulaire. Ce titre doit être conforme sur le fond au modèle de titre d'habilitation défini ci-après, sans que soient imposées les dimensions et la couleur (*voir figure 7*).

Le titre d'habilitation doit comporter les indications suivantes :

- Les renseignements relatifs à l'employeur et au titulaire, la signature de l'employeur qui délivre le titre, la signature du titulaire qui vaut accuse de réception, l'indication de la date de délivrance et, pour un titre d'habilitation aux TST, la durée de validité ;
- Les renseignements d'identité du titulaire et sa signature,
- Le ou les symboles d'habilitation attribués (Voir Tableaux 3, 4 et 5) ;
- Pour chaque symbole, la délimitation du champ d'application de l'habilitation, à moins qu'elle ne soit portée sur un document annexe cité dans le titre d'habilitation ;
- Les indications supplémentaires qui peuvent compléter le symbole d'habilitation, les opérations confiées et les restrictions éventuelles.
- Des précisions sur le champ d'application réparti en domaines d'applications, ouvrages concernés et indications supplémentaires

L'absence d'une indication a une valeur d'interdiction.

Le cas échéant, des indications supplémentaires peuvent préciser les dates de formation initiale et de recyclage.

Chaque habilitation doit être adaptée à la situation réelle, tant de la personne que de la fonction exercée.

Un exemple de titre d'habilitation concerne une personne effectuant des travaux électriques de type industriel.

Cette personne a des habilitations différentes en fonction de la nature des travaux et de ses responsabilités. (Annexe N° 01 Titre d'habilitation N° 01)

Cet exemple concerne une personne effectuant des diagnostics des installations électriques basse tension. (Annexe N° 01 Titre d'habilitation N° 02)

TITRE D'HABILITATION

NOM : Employeur :
 Prénom : Affectation :
 Fonction :

Personnel	Symbole d'habilitation et attribut	Champ d'application		
		Domaine de tension ou tensions concernées	Ouvrages ou installations concernées	Indications supplémentaires
Travaux d'ordre non électrique				
Exécutant				
Chargé de chantier				
Opérations d'ordre électrique				
Exécutant				
Chargé de travaux				
Chargé d'intervention BT				
Chargé de consignation				
Chargé d'opérations spécifiques				
Habilité spécial				

Document supplémentaire : OUI NON

Le Titulaire : Signature : **L'employeur :** Nom et prénom : Date :
 Fonction :
 Signature :

Figure I.6 : Exemple du titre d'habilitation

Un autre modèle de titre d'habilitation est proposé ci-après :

TITRE D'HABILITATION ELECTRIQUE N°
(Extrait de la norme NF C18 510)

MAIRIE DE :

Nom : Fonction :
 Prénom : Affectation :
 Validité :

	Rubriques à remplir obligatoirement			
	Symbole d'habilitation et attribut	Domaine de tension	Ouvrages ou installations concernées	Indications supplémentaires
TRAVAUX D'ORDRE NON ELECTRIQUE				
Exécutant				
Chargé de chantier				
TRAVAUX D'ORDRE ELECTRIQUE				
Exécutant				
Chargé de travaux				
Chargé d'intervention BT				
Chargé de consignation				
Chargé d'opérations spécifiques				
Habilité spécial				

DOCUMENT SUPPLEMENTAIRE : OUI NON

Le titulaire, Pour la collectivité Date :
 Signature : Nom et prénom :
 Fonction :
 Signature :

PRECISIONS :
 Ce titre est strictement personnel et ne peut être remis à des tiers.
 Le titulaire doit être porteur de ce titre pendant les heures de travail ou le conserver à sa portée.
 La perte éventuelle de ce titre doit être signalée immédiatement au supérieur hiérarchique.
 Cette habilitation n'autorise pas à elle seule son titulaire à effectuer de son propre chef les opérations pour lesquelles il est habilité. Il doit, en outre, être désigné par son chef hiérarchique pour l'exécution de ces opérations.

Figure I.7 : Modèle indicatif de titre d'habilitation

Nom :		Employeur :		
Prénom :		Affectation :		
Fonction :				
Personnel	Symbole d'habilitation et attribut	Champ d'application		
		Domaine de tension ou tensions concernées	Ouvrages ou installations concernés	Indications supplémentaires
Travaux d'ordre non électrique				
Exécutant				
Chargé de chantier				
Opérations d'ordre électrique				
Exécutant				
Chargé de travaux				
Chargé d'intervention BT				
Chargé de consignation				
Chargé d'opérations spécifiques				
Habilité spécial				
Document supplémentaire : Oui - Non				
Le titulaire : Signature :		L'employeur : Nom et prénom : Fonction : Signature :		Date : Validité

Figure I.8 : Deuxième modèle indicatif de titre d'habilitation

La **délivrance du titre d'habilitation** se fait après avoir reçu la formation, à la vue de son attestation et en fonction des différents points étudiés précédemment, l'employeur pourra remettre au salarié le carnet de prescription basé sur l'UTE C18-510 et lui délivrer son titre d'habilitation.

Elle est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par les deux parties.

Après avoir dispensé la formation, l'employeur pourra remettre au salarié le carnet de prescriptions C18-510. Il lui délivrera un titre d'habilitation au vu des résultats obtenus aux tests.

Le titre peut être modifié à tout instant si :

- Le matériel évolue dans l'entreprise, l'état de santé ou les compétences de l'employé sont en cause.
- Le titre d'habilitation doit être daté et signé par le titulaire et l'employeur. [27]

6. Durée de l'habilitation

Il n'existe pas de durée de validité réglementaire pour l'habilitation électrique ou pour la formation. La norme NFC 18-510 préconise que « l'habilitation doit être examinée au moins une fois par an et chaque fois que cela s'avère nécessaire en fonction des modifications du contexte de travail de l'intéressé (changement de fonction, modification de l'aptitude médicale, interruption de l'exercice des opérations, constat de non-respect des prescriptions régissant les opérations ...) ».

Le chef d'entreprise doit se demander si :

- Le niveau d’habilitation correspond toujours aux interventions de l’agent ;
- L’agent est apte à assurer les travaux permis par ce titre ;
- L’agent respecte les règles d’intervention en sécurité ;
- Le médecin de prévention a émis un avis favorable.

A l’issue de cet examen, l’habilitation est soit maintenue, soit modifiée, soit suspendue. De plus, la norme préconise, pour les habilitations hors tension, un recyclage de la formation à la prévention du risque électrique tous les 3 ans. Pour les habilitations concernant des travaux sous tension, il est nécessaire de refaire l’habilitation et de réaliser un recyclage tous les ans.

Il faut savoir que toute habilitation électrique doit être absolument révisée en fonction des nécessités suivantes :

- Une mutation avec un changement de chef hiérarchique ;
- Un changement de poste ou de fonction ;
- Une restriction médicale ;
- Un manque de respect aux règles de sécurité
- Une évolution des méthodes de travail
- Une modification importante d’ouvrages électriques.

Sinon chaque année pour :

- Les habilitations des travaux sous tension
- Les travaux de nettoyage sous tension

Tous les 3 ans pour les autres habilitations

I-7. HABILITATION DES ELECTRICIENS

Une personne habilitée B1 ou H1 est un exécutant électricien qui agit toujours sur instructions verbales ou écrites et veille à sa propre sécurité. Cette personne peut accéder sans surveillance aux locaux réservés aux électriciens. Elle peut effectuer des travaux et des manœuvres hors voisinage de pièce nues sous tension. Elle peut effectuer, sur instruction, des mesures d’intensité à la pince ampère métrique. Elle travaille en équipe sous la direction d’un chargé de travaux (B2 ou H2) ou d’un chargé d’intervention (BR). Cette habilitation entraîne celle d’indice 0. Une personne habilitée B1V ou H1V peut effectuer les mêmes tâches au voisinage de pièces nues sous tension.

Exemple : Travaux seul en BT sur une installation consignée pour un exécutant électricien B1 (sauf interdictions particulières, par exemple en hauteur), après avoir reçu toutes instructions de son chargé de travaux ou de son chargé d’intervention. Ce titre d’habilitation peut permettre d’exécuter des tâches d’ordre électrique, réarmer des protections sous la responsabilité d’un chargé de travaux habilité.

Une personne habilitée B2 ou H2 assure la direction effective des travaux et prends les mesures nécessaires pour assurer sa propre sécurité et celle du personnel placé sous ses ordres. Elle doit veiller à l'application de ces mesures. Elle peut recevoir une attestation de consignation et la signer. Cette habilitation entraîne celles d'indice 0 et d'indice 1. Une personne habilitée B2V ou H2V peut effectuer les mêmes tâches au voisinage de pièces nues sous tension. Ces habilitations n'entraînent pas les habilitations BC ou HC ni l'habilitation BR.

Exemple : Remplacement de moteurs électriques avec l'aide de personnels B1.

Une personne habilitée B2 ou H2 doit alors assurer la surveillance permanente du personnel dans la mesure où cette surveillance est nécessaire et en cas de difficultés (par exemple, étendue du chantier), elle désigne un surveillant de sécurité électrique pour la suppléer dans sa mission de surveillance.

Personnel chargé de travaux B2V essai ou H2V essai ;

Les essais sont :

- Nécessitent en général la mise sous tension mais pas nécessairement la mise en service.
- Un chargé d'essais peut consigner l'ouvrage ou l'installation pour lui-même
- Un chargé d'essais peut avoir tout ou partie du rôle du chargé d'exploitation pour la partie en essai.

Les B1V & le B2V (travaux électriques) doivent impérativement se protéger avant de travailler (pose de nappes).

Une personne habilitée BC effectue tout ou partie la consignation électrique d'un ouvrage et est chargée de prendre ou de faire prendre les mesures de sécurité correspondantes. Elle doit avoir l'accord du chargé d'exploitation ou du chef d'établissement. Elle exécute soit les quatre étapes de la consignation, soit seulement les deux premières (les deux dernières étant exécutées par le chargé de travaux de l'entreprise intervenante), dans chaque cas, ces accords donneront lieu à échange de documents. Cette seule habilitation (BC ou HC) ne permet pas d'exercer les fonctions de surveillant de sécurité électrique. Un chargé de consignation habilité BC consigne une installation en vue de travaux d'ordre électrique ou non-électrique.

Exemple : Consignation d'une armoire électrique pour adjonction d'un départ moteur sur une future ligne de production d'une entreprise. Une habilitation BC ou HC n'entraîne pas l'attribution des autres types d'habilitation et réciproquement. [27]

I-8. HABILITATION DES NON ELECTRICIENS

Une personne habilitée B0, H0, H0V peut accéder (en étant désignée et non de sa propre initiative), sans surveillance, aux locaux d'accès réservés aux électriciens et effectuer et diriger des travaux d'ordre non électrique

Les travaux non-électriques peuvent être très variés :

- Travaux de peinture
- Travaux de nettoyage de locaux électriques
- Travaux à proximité d'une ligne électrique aérienne (élagage, peinture de façade, BTP,...)

- Travaux techniques divers dans un environnement à risque électrique (armoires électriques,...).

Tableau III.7 : Limite des habilitations des non-électriciens

<i>Niveau d'habilitation</i>	<i>Domaine de tension</i>	<i>Zone d'environnement autorisée</i>
B0	Basse Tension	Zone 1
H0	Haute Tension	Zone 1
H0V	Haute Tension	Zones 1 et 2

I-9. HABILITATION AU VOISINAGE

Le titulaire peut intervenir au voisinage de pièces nues et sous tension. Il a suivi une formation spécialisée et a été jugé médicalement apte.

Les zones dites de voisinage sont délimitées par :

- La distance minimale d'approche en HT
- La distance limite de voisinage.

➤ Habilitation possibles en Voisinage :

B1V, B2V, H0V, H1V, H2V, l'habilitation B0V n'existe plus !

Le BR est de fait habilité Voisinage, idem pour le BC ou HC

I-10. HABILITATION « TRAVAUX SOUS TENSIONS »

L'employeur doit s'assurer qu'avant toute formation aux travaux sous tension, son personnel a les capacités, les compétences et une expérience suffisante des opérations d'ordre électrique autres que des TST et pour le même domaine de tension.

La formation, intégrant notamment les risques d'électrisation et de court-circuit, doit être adaptée au type de travaux que la personne est amenée à réaliser dans le cadre de son habilitation TST.

Le personnel appelé à effectuer des travaux sous tension sur les ouvrages de distribution d'énergie électrique doit être formé et recyclé, par un établissement « agréé » selon un programme approuvé par un organisme : le Comité des Travaux Sous Tension. [21]

➤ Conditions d'attribution de l'habilitation

A l'issue de la formation, l'employeur habilite le personnel et lui remet un titre d'habilitation, dont le symbole porte la lettre T pour les travaux sous tension ou la lettre N pour le nettoyage sous tension.

Le titre d'habilitation doit préciser, en complément des prescriptions du IV-5, les points suivants :

- La ou les méthodes de travail sous tension qui peuvent être pratiquées par l'intéressé ;
- Les limites des attributions qui lui sont confiées ;
- La nature des travaux qui peuvent lui être confiés.

➤ **Habilitation nettoyage sous tension**

Les travaux de nettoyage sous tension, sur les ouvrages ou les installations électriques sous tension, sont réalisés par différentes techniques (exemples : aspiration, pulvérisation, lavage, etc.). Ils doivent être exécutés conformément aux documents de référence.

Pour pouvoir effectuer des travaux de nettoyage sous tension, le personnel doit avoir suivi une formation spécifique et être titulaire d'une habilitation nettoyage sous tension (symboles B1N, B2N, H1N ou H2N).

Cette habilitation relève des prescriptions d'habilitation aux TST.

Une habilitation TST (symboles B1T, B2T, H1T ou H2T) ne permet pas l'exécution des travaux de nettoyage sous tension.

Le titre d'habilitation (symboles B1N, B2N, H1N ou H2N) doit comporter l'indication des types d'ouvrages ou d'installations, y compris le niveau maximal de leur tension, sur lesquels le titulaire est autorisé à effectuer des travaux de nettoyage sous tension.

Le titulaire dirige ou exécute des travaux de nettoyage sur des ouvrages électriques maintenus sous tension. Il a suivi une formation spécialisée et a été jugé médicalement apte.

Exemples :

- B1V : exécutant électricien avec travail au voisinage en BT
- BC : chargé de consignation en BT

Toutes les habilitations doivent être précédées d'une formation aux risques électriques. L'habilitation doit être révisée en cas de changement de fonction, d'entreprise ou de restriction médicale.

I-11. HABILITATION DU DOMAINE « BT »

❖ **B0 (Exécutant non électricien)**

Une personne habilitée B0 peut accéder (en étant désignée et non de sa propre initiative), sans surveillance, aux locaux d'accès réservés aux électriciens et effectuer et diriger des travaux d'ordre non électrique. Elle peut effectuer des manœuvres permises. Elle peut remplacer un fusible, à condition qu'il n'y ait pas de risque de contact direct ou de projections de particules. L'habilitation BOV n'existe plus depuis 2010.

❖ **B1 - B1V (Exécutant électricien)**

Une personne habilitée B1 est un exécutant électricien qui agit toujours sur instructions verbales ou écrites et veille à sa propre sécurité. Elle peut effectuer des travaux et des manœuvres hors voisinage de pièce nues sous tension. Elle peut effectuer des manœuvres de consignations commandées par un chargé de consignation. Elle peut effectuer, sur instruction, des mesures d'intensité à la pince ampère métrique. Cette habilitation entraîne celle d'indice 0. Une personne habilitée B1V peut effectuer les mêmes tâches au voisinage de pièces nues sous tension.

❖ **B2 - B2V (Chargé de travaux)**

Une personne habilitée B2 assure la direction effective des travaux et prends les mesures nécessaires pour assurer sa propre sécurité et celle du personnel placé sous ses ordres. Elle doit veiller à l'application de ces mesures. Elle peut recevoir une attestation de consignation et la signer. Cette habilitation entraîne celles d'indice 0 et d'indice 1. Une personne habilitée B2V peut effectuer les mêmes tâches au voisinage de pièces nues sous tension

❖ **BC (Chargé de consignation)**

Une personne habilitée BC effectue ou fait effectuer la consignation électrique et prend les mesures de sécurité correspondante. Elle doit avoir l'accord du chargé d'exploitation ou du chef d'établissement. Elle exécute soit les quatre étapes de la consignation, soit seulement les deux premières. Cette seule habilitation ne permet pas d'exercer les fonctions de surveillant de sécurité électrique.

❖ **BR (Chargé d'intervention d'entretien et de dépannage)**

Une personne habilitée « BR » assure des interventions (dépannage, connexion avec présence de tension, essais et mesurages). Elle peut travailler seule ou avoir des électriciens sous ses ordres. Elle peut consigner une partie d'installation pour son propre compte ou pour un tiers sous ses ordres. Elle peut recevoir une attestation de consignation et la signer. Cette habilitation entraîne celle d'indice 0 et d'indice 1.

- Un surveillant de sécurité électrique doit avoir une connaissance approfondie en matière de sécurité électrique. Il possède une habilitation d'indices 0, 1 ou 2 ou une habilitation « BR »
- La personne habilitée est responsable du port de ses équipements de protection individuelle (EPI)
- L'habilitation de type « T » (travail sous tension) doit être révisée chaque année par l'employeur à l'issue d'une visite médicale.
- Un habilité « BS » est généralement un personnel non électricien qui peut remplacer un fusible, une lampe, une prise de courant, un interrupteur, ouvrir ou fermer un circuit de protection ou de commande, effectuer un raccordement simple
- Un habilité « BE » peut diriger un exécutant (B1 ou B1V)

Soit, selon le domaine de tension BT ou HT:

- **Le non électricien** est habilité **B 0** ou **H0**
- **L'exécutant électricien** est habilité **B 1** ou **H 1**
- **Le chargé de travaux** est habilité **B 2** ou **H 2**. [22]

Tableau I.8 : Les titres d'habilitation

<i>Le non électricien</i>	<i>L'exécutant électricien</i>	<i>Le chargé des travaux</i>
Il est responsable de sa propre sécurité et la sécurité de ses salariés.	Il exécute des travaux électriques .	Il surveille son personnel.
Il peut accéder à un local réservé aux électriciens sans autorisation.	Il est responsable de sa propre sécurité.	Il est responsable de sa sécurité ainsi que la sécurité de son personnel
Il effectue des travaux non électriques .	/	Il dirige des travaux.

I-12. DEMARCHE D'HABILITATION:

La démarche à suivre par l'employeur dont le but d'habiliter un travailleur à réaliser des opérations d'ordre électriques ou non sans risque électrique comprend des étapes ; ces étapes sont détaillées dans le graphique ci-dessous :

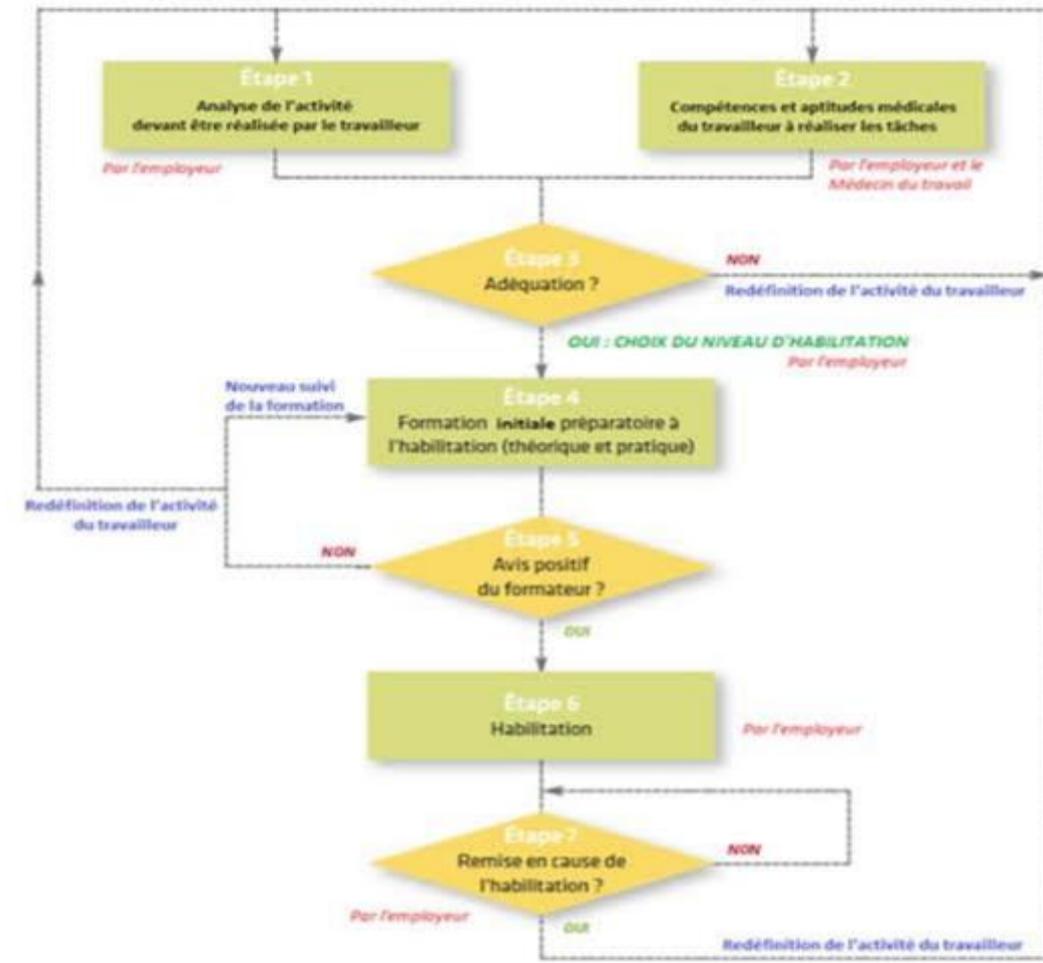


Figure I.9 : Représentation Schématique de la démarche d'habilitation

I-13. CAS PARTICULIERS DE L'HABILITATION

Lorsque l'habilitation n'est pas requise, l'employeur n'est pas dispensé de son obligation de formation et de maintien des compétences en matière de prévention du risque électrique.

Il est tenu de délivrer aux personnes concernées les instructions de sécurité, lorsqu'elles existent, ou des informations concernant la prévention du risque électrique relatives aux activités confiées.

• **Personnel de travail temporaire**

Il appartient à l'employeur de l'entreprise qui fait appel à du personnel temporaire de l'habiliter en fonction du risque électrique encouru, après avoir évalué les compétences de ce personnel et, éventuellement, complété sa formation.

• **Travailleur indépendant ou employeur participant eux-mêmes à une opération**

Ils doivent pouvoir faire la preuve de leur formation et de leur connaissance du risque électrique.

• **Stagiaire, apprenti**

Les mineurs (moins de 18 ans) ne possédant pas de diplôme professionnel dans le domaine de l'électricité ne peuvent pas être habilités. Les stagiaires, apprentis majeurs sont soumis aux mêmes règles que les autres salariés.

I-14. DISPOSITIONS EN CAS DE NON HABILITATION

1. Cas particulier pour certaines opérations d'ordre non électrique

Lorsque l'habilitation n'est pas requise, l'employeur n'est pas dispensé de son obligation de formation et de maintien des compétences en matière de prévention du risque électrique.

L'employeur doit faire la preuve de cette formation.

Il est tenu de délivrer aux personnes concernées les instructions de sécurité, lorsqu'elles existent, ou des informations concernant la prévention du risque électrique relatives aux activités confiées.

Le présent article peut servir d'appui à la démarche de formation.

2. Le travailleur indépendant / l'employeur / l'auto-entrepreneur participant à une opération

L'habilitation n'est pas requise pour ces personnes. Cependant, elles doivent avoir suivi une formation à la prévention du risque électrique adaptée aux opérations à réaliser. Elles doivent faire la preuve de leur connaissance en matière de prévention du risque électrique.

I-15. CLASSIFICATION DU PERSONNEL

Décret 88-1056 Article 46: Deux catégories de travailleurs :

Travailleurs utilisant des installations électriques (**Décret 88-1056 Article 46**):

- Aucun accès à des pièces nues sous tension ;
- Les armoires électriques doivent être fermées à clef et celle-ci doit être retirée ;
- Ces travailleurs sont autorisés à manœuvrer ou à couper le fonctionnement d'un système ;
- Ces travailleurs peuvent être désignés pour remplacer une lampe ou un fusible débrochable.

Travailleurs effectuant des travaux sur des installations électriques (Décret 88-1056 Article 46) :

Cette catégorie de personnel comprend des électriciens et des non électriciens ;

L'employeur doit s'assurer que l'aptitude médicale de son personnel est compatible avec les opérations effectuées sur un ouvrage électrique ;
Le chef d'établissement est tenu d'assurer une formation de sécurité adaptée au travail.

I-16. CONCLUSION

L'électricité pour beaucoup de personnes est une notion abstraite ; on ne la voit pas et les risques liés à une mauvaise utilisation sont par conséquent mal perçus, ce qui se traduit malheureusement par de nombreux accidents plus ou moins graves chez les personnes averties ou non de ces dangers.

L'habilitation électrique est établie pour assurer la sécurité des personnes réalisant des opérations d'ordre électrique ou non électrique contre tous les dangers électriques lorsqu'elles utilisent ou sur des installations électriques, hors ou sous tension, dans l'environnement ou au voisinage de celles-ci.

L'habilitation électrique complète l'ensemble des règles du code du travail régissant la conception et l'utilisation des installations électriques applicable à l'employeur.

***Chapitre II : Technologie / Prévention / Protection
contre les risques électriques***

Chapitre II : Technologie-Prévention / Protection contre les risques électriques

II-1. INTRODUCTION

Il ne suffit pas qu'un matériel réponde aux exigences fonctionnelles qui lui sont assignées. Il faut aussi le protéger contre les influences externes qui pourraient lui être nuisibles, et s'assurer qu'il n'est pas dangereux pour son utilisateur ou pour son environnement.

Différents moyens peuvent être utilisés, séparément ou en combinaison, pour satisfaire cette dernière exigence. Ils se ramènent tous à l'une des méthodes suivantes :

- La mise hors de portée par éloignement en hauteur ou horizontalement par exemple au moyen d'un obstacle ;
- L'isolation solide totale utilisée en particulier pour les câbles mais qui s'applique mal lorsqu'il y a des pièces en mouvement ;
- La mise sous enveloppe, objet de ce cahier.
-

Cette dernière méthode présente l'avantage de répondre facilement à l'autre exigence, la protection du matériel contre certaines influences telles que :

- La pénétration de corps étrangers qui viendraient perturber le fonctionnement mécanique ou électrique. On trouve parmi eux aussi bien le sable et la poussière que les petits animaux et les insectes volants ou rampants ;
- Eau et autres liquides qui viendraient altérer les isolations et provoquer des dégradations ;
- Impacts mécaniques qui pourraient déformer ou briser des parties fragiles ;
- Gaz corrosifs de l'environnement ;
- Champs électromagnétiques rayonnés
- Radiations diverses, dont la lumière.
-

Constituant un support, l'enveloppe permet aussi de réaliser des ensembles d'appareils complémentaires et coordonnés. C'est donc la méthode de protection la plus répandue. Elle est utilisée aussi bien pour des matériels électroniques ou informatiques que pour des matériels électrodomestiques ou pour des équipements à basse ou à haute tension ou pour des machines tournantes. L'enveloppe peut être panier intégrante du matériel ou construite séparément et vendue vide à un tableauteur. Elle peut être faite de différents matériaux : Métallique ou synthétique, isolant ou conducteur.

-

II-2. CONTACT DIRECTS ET INDIRECTS

II-2-1. CONDUCTEURS EN TRIPHASE

Un câble de distribution triphasé du domaine de la basse tension, comprend de 3 à 5 conducteurs. Trois conducteurs sont utilisés comme conducteurs de phases, le quatrième et / ou le cinquième sont utilisés comme conducteur de neutre et comme conducteur de protection.

Seul le conducteur de protection ne transporte pas normalement l'énergie électrique ; c'est le seul conducteur à ne pas être considéré comme conducteur actif.

Pour un réseau normalement équilibré et sans défaut :

- En BTA, la différence de potentiel entre 2 phases est généralement $U = 400 \text{ V}$;
- En BTA, la différence de potentiel entre 1 phase et la neutre est alors $V = 230 \text{ V}$;

- En BTA, la différence de potentiel entre 1 phase et le conducteur de protection ou la terre est aussi 230 V.
-

La différence de potentiel entre le neutre et la terre n'est pas obligatoirement de 0 V, cette tension peut être dangereuse.

II-2-2. CONTACT DIRECT

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

L'origine des contacts directs est liée à l'homme :

- Il s'agit de la mise en contact d'une personne avec une partie électrique d'équipement ou d'installation sous tension ;
- C'est par exemple quelqu'un qui touche un câble sous tension malencontreusement ;
- Un enfant qui introduit un objet métallique dans une prise de courant ;
- Le contact avec un prolongateur mâle / femelle ou un cordon d'essais non protégés.

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 ...



Figure II.1 : Contact direct

II-2-3. 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.

C'est le contact d'une personne avec une masse mise accidentellement sous tension suite à un défaut d'isolement et dont le potentiel serait susceptible de dépasser :

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

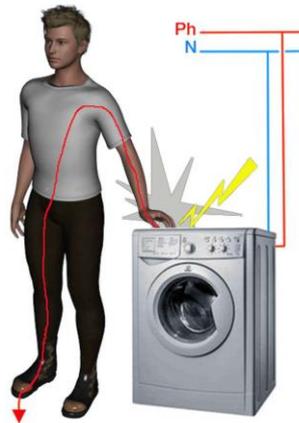


Figure II.2 : Contact indirect

II-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 des installations électriques :

- Eloignement des conducteurs nus (lignes aériennes) ;
- Mise en place d'obstacle (grillage, plaque isolante, nappe isolante..) ;
- Isolation des conducteurs ;
- (Coffret, armoire, boîtier) ;

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



Figure II.3 : L'éloignement

2- L'interposition ou *mise en place d'obstacle* (grillage, plaque isolante, nappe isolante..) qui consiste à disposer des obstacles entre les personnes et les parties sous tension. L'obstacle est utilisé lorsque l'éloignement ne peut être assuré :

-
- Par la mise en place d'obstacles : panneaux grillagés fixes distant d'au moins 10 cm pour $U < 500 \text{ V}$ ou 20 cm pour $U > 500 \text{ V}$;
- L'interposition d'obstacle consiste également en l'utilisation d'enveloppes (boîtiers, coffrets, armoires, etc.) permettant de protéger les personnes contre les contacts directs.
-



Figure II.4 : interposition d'obstacles

- **3- Par isolation** des parties actives : Celles-ci doivent être totalement recouvertes d'un isolant qui ne peut être enlevé que par destruction ;

L'isolation consiste à recouvrir les parties actives par une isolation appropriée.

L'isolation intervient lorsque l'éloignement et les obstacles ne peuvent être utilisés.

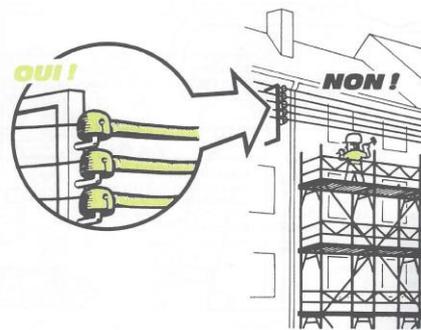


Figure II.5 : Isolation

L'existence au sein du circuit d'un disjoncteur, d'un relais ou d'un fusible permet de réduire le danger en ouvrant le circuit lorsque le courant dépasse une valeur donnée pendant un temps déterminé (en cas de court-circuit ou de surcharge).

II-2-5. PROTECTION CONTRE LE CONTACT INDIRECT

La protection contre le contact indirect est assurée par *l'ouverture automatique de l'appareil de protection* placé en amont du défaut de masse. Cette ouverture automatique est assurée par le *Dispositif Différentiel à Courant Résiduel (DDR)* associé au disjoncteur :

- Mise à la terre des masses métalliques ;
- Contrôle permanent des courants de fuites dans les masses métalliques.

La liaison équipotentielle entre les masses métalliques est assurée par le conducteur de protection (vert jaune).

La mise à la terre des masses métalliques est assurée par une ou plusieurs prises de terre.

II-2-5-1. PAR COUPURE AUTOMATIQUE DE L'ALIMENTATION

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

Le principe d'un dispositif à courant résiduel est de comparer l'intensité circulant dans le conducteur de phase (l'aller) et celle du conducteur de neutre (le retour).

II-2-5-2. SANS COUPURE AUTOMATIQUE DE L'ALIMENTATION

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

- Le matériel de classe II ;
- La séparation des circuits ;
- La très basse tension.

- Protection par matériel de classe II

En plus de l'isolation principale, ce matériel comporte une double isolation.

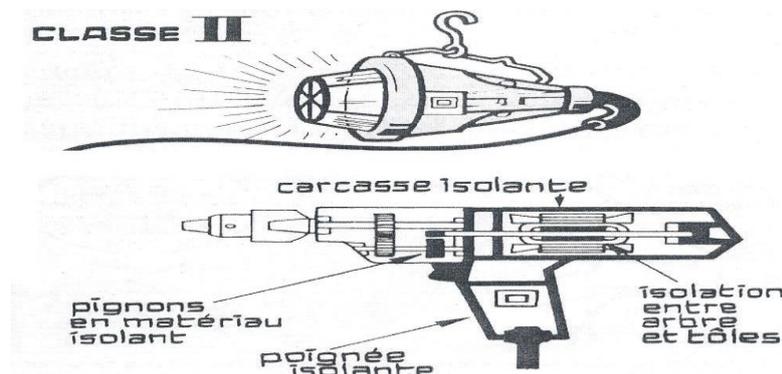


Figure II.6 : Protection par matériels classe II

- Protection par séparation des circuits

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

Le transformateur de séparation interrompt la liaison entre le conducteur neutre et la terre.

Suite à cette séparation, le conducteur de phase et le conducteur neutre ne présentent plus de différence de potentiel par rapport à la terre; aucun courant ne circule si l'on entre en contact avec un conducteur (les charges portées par A ne peuvent rejoindre celles portées par D que par le conducteur CD. (Voir figure .7)

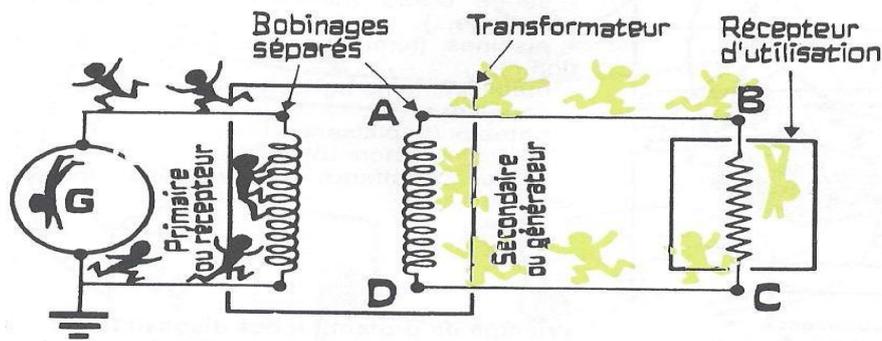


Figure II.7 : Transformateur de séparation

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

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

L'alimentation des installations en TBT est obligatoire :

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

II-3. SCHEMAS DES LIAISONS A LA TERRE

II-3-1. DISTRIBUTION « BT TRIPHASEE »

Le réseau de distribution triphasé se fait en haute tension depuis la centrale de production d'électricité. La basse tension est obtenue à partir de transformateurs HT/BT triphasés, pour le réseau public comme pour les clients privés ayant un poste abonné. Le primaire haute tension est généralement alimenté sous 20 kV. Le secondaire distribue une tension triphasée de 400 V entre phases et 230 V entre phase et neutre.

Les fuites et les impédances entre conducteurs actifs et terre ne permettent pas le maintien d'un réseau isolé totalement isolé de la terre. C'est pourquoi la NFC15.100 définit le "régime de neutre" du transformateur de distribution en établissant des schémas de liaison a la terre.

La terre devient alors le potentiel de référence. [22]

II-3-2. SCHEMA « TT »

Réseau dans lequel le courant de défaut phase-masse a une intensité inférieure au courant court-circuit, mais peut entraîner l'apparition de tensions dangereuses.

En schéma TT :

- Technique de protection des personnes : mise à la terre des masses, associées à l'emploi de dispositifs différentiels à courant résiduel,
- Technique d'exploitation : coupure au premier défaut d'isolement.

- Principales caractéristiques

Solution la plus simple à l'étude et à l'installation, elle est utilisable dans les installations alimentées directement par le réseau de distribution publique à basse tension.

Ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation (seul un contrôle périodique des dispositifs différentiels peut être nécessaire).

La protection est assurée par des dispositifs spécifiques, les DDR, qui permettent en plus la prévention des risques d'incendie lorsque leur sensibilité est ≤ 300 mA.

Chaque défaut d'isolement entraîne une coupure. Cette coupure est limitée au circuit en défaut par l'emploi de plusieurs DDR en série (DDR sélectifs) ou en parallèle (sélection des circuits).

Les récepteurs ou parties d'installation, qui sont la cause en marche normale de courants de fuite importants, doivent faire l'objet de mesures spéciales pour éviter les déclenchements indésirables (alimenter les récepteurs par transformateurs de séparation ou utiliser des différentiels adaptés).

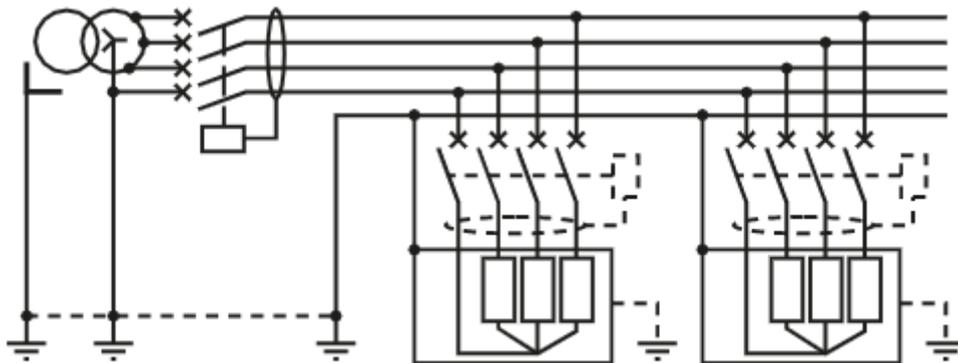


Figure II.8 : Schéma TT

- D'une manière générale :

Le point ETOILE du secondaire du transformateur de distribution BT est relié directement à la terre.

Les masses métalliques sont reliées à des prises de terre distinctes de celle du transformateur de distribution.

Un ou plusieurs DDR placés dans les circuits protègent l'installation contre les contacts indirects ;

Les masses métalliques ne peuvent être portées à une tension limite UL supérieure à :

- 50 V pour des locaux normalement secs ;
- 25 V pour des locaux humides ou mouillés.

Dans la pratique, la réglementation impose des DDR de sensibilité 30 mA dans des secteurs sensibles, notamment ceux recevant du public (*exemple: prises de courant de moins de 32 A*).

Le schéma TT est le plus répandu en France comme dans la plupart des pays de la communauté européenne. C'est le régime utilisé pour la distribution publique du réseau « EDF basse tension 230/400 V ». il est fiable, simple, peu onéreux et n'implique aucune maintenance particulière.

Son seul inconvénient est celui de la coupure de l'énergie électrique dès l'apparition d'un défaut de masse. Cependant la sélectivité des protections différentielles limite cet inconvénient à la seule dérivation en défaut protégée par un DDR.

II-3.3. SCHEMA « TN »

- Principe :

Le point ETOILE du secondaire du transformateur de distribution BT est relié directement à la terre.

Les masses métalliques sont reliées à un conducteur PE (ou PEN).

Ce type de liaison remplace celui du schéma TT lorsqu'il est impossible ou difficile de relier les masses métalliques directement à la terre (convoyeur, téléphérique...) ou lorsque l'environnement est soumis à de fortes perturbations électriques (four électrique, émetteur hertzien de puissance..) :

- Dans ce cas, un courant de défaut aux masses métalliques se traduit par un courant important (court-circuit), éliminé instantanément par les protections classiques (disjoncteur, fusible) ;
- Cependant la NFC15100 impose des contraintes d'application limitatives liées aux impédances maximales admissibles dans la boucle de défaut ;
- En effet si l'impédance devient trop importante, le courant de défaut n'est plus perçu comme un court-circuit. Il en résulte des potentiels dangereux sur les masses métalliques et/ou un risque d'incendie de l'installation électrique.

En schéma TN :

- Technique de protection des personnes :
- Interconnexion et mise à la terre des masses et du neutre impératives,
- Coupure au premier défaut par protection contre les surintensités (disjoncteurs ou fusibles) .
- *Technique d'exploitation* : coupure au premier défaut d'isolement.

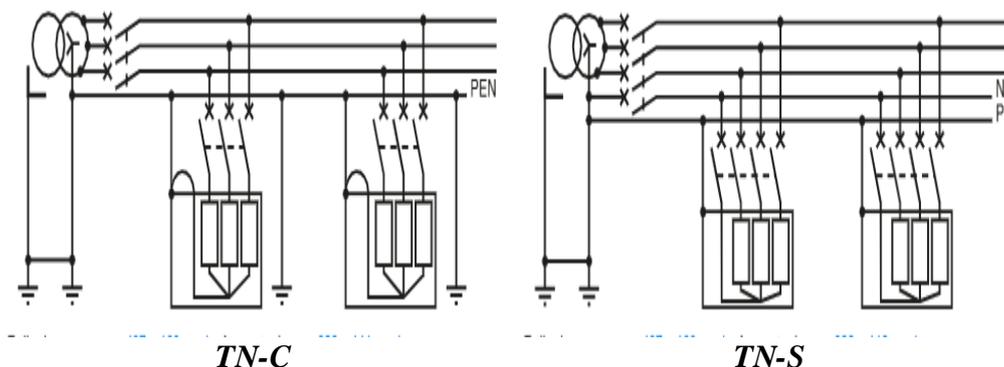


Figure II.9: Schema TN

- Principales caractéristiques

Le schéma TN, d'une manière générale :

- Est utilisable uniquement dans les installations alimentées par un transformateur MT/BT ou BT/BT privé ;
- Nécessite des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation ;
- Nécessite que la vérification des déclenchements sur premier défaut d'isolement soit obtenue à l'étude par le calcul et, obligatoirement à la mise en service, par des mesures ;
- Nécessite que toute modification ou extension soit conçue et réalisée par un installateur qualifié ;
- Peut entraîner, en cas de défaut d'isolement, une détérioration plus importante des bobinages des machines tournantes ;
- Peut présenter, dans les locaux à risque d'incendie, un danger plus élevé du fait des courants de défaut plus importants.

•

Le schéma TN-C, de plus :

•

- Peut faire apparaître une économie à l'installation (suppression d'un pôle d'appareillage et d'un conducteur) ;
- Implique l'utilisation de canalisations fixes et rigides, (NF C 15-100, partie 5-52).
-
- Est interdit :
-
- Dans les locaux à risques d'incendie ;
- Pour les équipements de traitement de l'information (par présence de courant harmonique dans le neutre).

•

Le schéma TN-S, de plus :

•

- S'emploie même en présence de conducteurs souples ou de conduits de faible section ;
- Permet par la séparation du neutre et du conducteur de protection de disposer d'un PE non pollué (locaux informatiques, locaux à risques).

II-3-4. SCHEMA « IT »

- Principe :

Le point ETOILE du secondaire du transformateur de distribution BT est isolé de la terre. La liaison par rapport à la terre existe à travers un CPI (contrôleur permanent d'isolement) ; un parafoudre protège l'installation contre de fortes surtensions d'origine atmosphérique.

Les masses métalliques sont reliées à des prises de terre distinctes.

Dans ce cas, un courant de défaut aux masses métalliques ne perturbe en rien le fonctionnement de l'installation. La masse métallique est portée à un potentiel n'excédant pas 2 V.

Le CPI détecte un faible courant de circulation dans la boucle en défaut et enclenche une alarme.

Un tel dispositif est intéressant lorsque la continuité de service doit être assurée (industrie) ou pour des applications particulières inadaptées aux autres régimes (hôpitaux). Il est coûteux en matériel et nécessite un service d'intervention dès le «PREMIER DEFAUT ».

Remarque: Si un «DEUXIEME DEFAUT » se présente sur une autre phase et une autre masse métallique, la boucle établie correspond généralement à un court-circuit éliminé par les protections en place. Encore faut-il que l'impédance de la boucle de court-circuit ne soit pas trop élevée. Dans ce cas, les contraintes d'application limitatives liées aux impédances maximales admissibles dans la boucle de défaut sont réglementées par la NFC15100. Un déclenchement au 2e défaut fait perdre tout l'intérêt du schéma IT.

En schema IT :

- Technique de protection :
- interconnexion et mise à la terre des masses ;
- signalisation du premier défaut par contrôleur permanent d'isolement ;
- coupure au deuxième défaut par protection contre les surintensités (disjoncteurs ou fusibles).

- Technique d'exploitation :
- Surveillance du premier défaut d'isolement ;
- Recherche et élimination obligatoires du défaut ;
- Coupure en présence de deux défauts d'isolement simultanés.
-

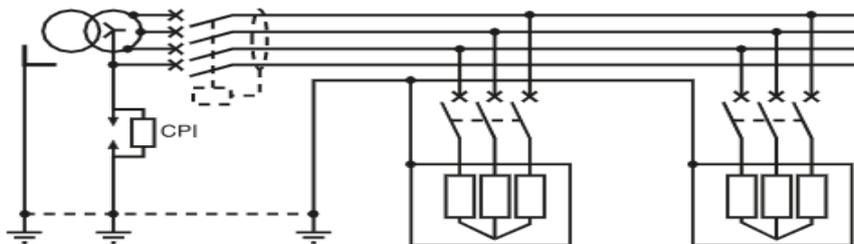


Figure II.10 : Schéma IT

- Principales caractéristiques
- Solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation ;
- La signalisation du premier défaut d'isolement, suivie obligatoirement de sa recherche et de son élimination, permet une prévention systématique de toute interruption d'alimentation ;
- Utilisation uniquement dans les installations alimentées par un transformateur MT / BT ou BT / BT privé ;
- Nécessite un personnel d'entretien pour la surveillance et l'exploitation ;
- Nécessite un bon niveau d'isolement du réseau (implique la fragmentation du réseau si celui-ci est très étendu, et l'alimentation des récepteurs à courant de fuite important par transformateurs de séparation) ;
- La vérification des déclenchements pour deux défauts simultanés doit être assurée à l'étude par les calculs, et obligatoirement à la mise en service par des mesures à l'intérieur de chaque groupe de masses interconnectées ;
- La protection du conducteur neutre doit être assurée comme indiqué (Voir Protection, coupure et sectionnement du conducteur neutre)..

II-3-4. CHOIX DU REGIME DE NEUTRE ET LES PROTECTIONS

Tableau II.1 : choix du régime de neutre et les protections

Régime	Technique d'exploitation	Technique de protection	Caractéristiques
TT	Coupure au premier défaut	Mise à la terre des masses Emploi de dispositifs différentiels	Solution simple d'exploitation
TN	Coupure au premier défaut	Mise au neutre des masses Emploi de dispositifs différentiels	Répartition des prises de terre Nécessité de personnel d'entretien Risque d'incendie
IT	Signalisation du premier défaut Coupure au deuxième défaut Recherche du premier défaut	Mise à la terre des masses Surveillance du premier défaut et recherche de ce défaut sous tension. Coupure par la protection des surintensités lors du second défaut Protection contre les surtensions	Solution assurant la continuité d'exploitation Nécessité d'un personnel d'entretien

II-4. APPAREILS DE SEPARATION DE COUPURE ET DE PROTECTION

Destinés à éviter que les matériels ne soient parcourus par des courants nuisibles à eux-mêmes et leur environnement, les dispositifs de protections doivent :

- Détecter les surintensités,
- Couper en charge le circuit.

La mise en œuvre de la protection des installations électriques nécessite différents appareils dont les fonctions spécifiques doivent être parfaitement maîtrisées.

La nature des dispositifs de protection dépend:

- Du type de protection visé :
- Protection contre les surcharges
- Protection contre les courts-circuits
- Protection conjointe contre les surcharges et court-circuit

- De leur capacité à assurer cette protection.

Tableau II.2 : Fonction des appareils séparation de coupure et de protection et de leur application

APPAREIL	FONCTION	MANOEUVRE	Pouvoir de coupure
SECTIONNEUR	SEPARER	Commande manuelle	AUCUN
INTERRUPTEUR	OUVRIR ET FERMER UN CIRCUIT EN CHARGE 2 positions de repos : ouvert ou fermé	Commande manuelle	COURANT ASSIGNE
INTERRUPTEUR-SECTIONNEUR	SEPARER EN CHARGE	Commande manuelle	COURANT ASSIGNE
COUPE CIRCUIT FUSIBLE	PROTEGER CONTRE LES CC ET LES SURCHARGES	Fusion automatique – Ne peut pas être réarmé	HPC (ex : 100 kA)
DISJONCTEUR	PROTEGER CONTRE LES CC ET LES SURCHARGES	Coupure automatique Réarmement manuel	PdC > Icc
DISJONCTEUR-SECTIONNEUR	DOUBLE FONCTION (voir ci-dessus)	Coupure automatique Réarmement manuel	PdC > Icc
DISJONCTEUR DIFFERENTIEL	DOUBLE FONCTION Disjoncteur + DDR	Coupure automatique Réarmement manuel	PdC > Icc pour le disjoncteur. Coupure pour I-N par le DDR
CONTACTEUR	OUVRIR ET FERMER UN CIRCUIT EN CHARGE 1 position de repos : ouvert	Commande distance	PdC mini : courant statorique rotor bloqué
INTERRUPTEUR DIFFERENTIEL	Il a les propriétés de l'interrupteur et celle d'un dispositif différentiel DDR. Utilisé dans le cas où la protection différentielle serait imposée et où la protection contre les surcharges et les courts-circuits est assurée par un appareil de protection distinct.		

Remarque : Les indications dans le tableau ci-dessus ne correspondent pas à des définitions officielles, mais donnent une idée de la fonction des appareils et de leur application.

II-4-1. SECTIONNEUR

C'est un appareil de connexion à commande manuelle et à deux positions stables (ouvert/fermé) qui assure la fonction de sectionnement. Ses caractéristiques sont définies par les normes CEI 60947-3. Un sectionneur n'est pas conçu pour fermer et couper un courant de charge. Aucune valeur pour ces deux manœuvres n'est indiquée dans sa norme produit.

Un sectionneur doit cependant être apte à supporter le passage de courants de court-circuit et, de ce fait, possède un courant assigné de courte durée admissible, généralement pour 1 seconde, à moins d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur. Cette caractéristique est normalement plus que suffisante pour qu'il puisse supporter des courants de surcharge normaux (d'intensité plus faible) pendant des périodes plus longues, telles que les courants de démarrage de moteurs.

D'autres caractéristiques normalisées doivent aussi être satisfaites par les appareils sectionneurs telles que l'endurance mécanique, la tenue aux surtensions et la valeur des courants de fuite.

Symbole :

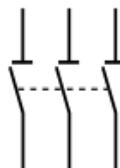


Figure II.11 : Schéma de sectionneur

II-4-2. INTERRUPTEUR / SELECTIONNEUR

Cet appareil est généralement commandé manuellement (mais il peut être équipé d'une commande électrique pour le confort d'utilisation). C'est un appareil non automatique à deux positions (ouvert/fermé).

L'interrupteur doit être capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris éventuellement des courants de surcharge en service.

L'interrupteur n'est pas conçu pour assurer la protection des circuits qu'il commande.

Symbole :

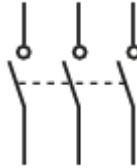


Figure II.12 : Schéma Interrupteur- Sectionneur

Les normes CEI 60947-3 définissent :

- La fréquence du cycle de manœuvre (maximum 600 / heure) ;
- L'endurance mécanique et électrique (généralement inférieure à celle d'un contacteur) ;
- Les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure dans des conditions normales et occasionnelles.

Quand un interrupteur met sous tension un circuit, il y a toujours le risque qu'un court-circuit non prévisible soit présent sur le circuit. Pour cette raison, les interrupteurs ont des courants assignés de fermeture, c'est à dire qu'ils sont capables de se fermer correctement sur un court-circuit malgré les forces électrodynamiques développées par le courant de court-circuit. Dans les pays anglo-saxons, de tels interrupteurs sont dénommés des "fault-make load-break switches".

Ce sont les dispositifs de protection en amont qui doivent éliminer ce courant de court-circuit.

- Les catégories d'emploi.

Les catégories d'emploi décrites dans le tableau de la Figure H5 ne s'appliquent pas à un appareil utilisé pour démarrer, accélérer et/ou arrêter directement un moteur.

La catégorie AC-23 permet la commande directe de moteurs. L'emploi d'un interrupteur pour la commande des batteries de condensateurs ou de lampes à filament de tungstène doit être soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Tableau II.3 : Catégories d'emploi d'un interrupteur en courant alternatif

Catégorie d'emploi		Applications caractéristiques	Cos φ	Pouvoir de fermeture x In	Pouvoir de coupure x In
Manœuvres fréquentes	Manœuvres non fréquentes				
AC-20A	AC-20B	Fermeture et ouverture à vide	-	-	-
AC-21A	AC-21B	Charges résistives, y compris surcharges modérées	0,95	1,5	1,5
AC-22A	AC-22B	Charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées	0,65	3	3
AC-23A	AC-23B	Charges constituées par des moteurs ou autres charges fortement inductives	0,45 à $I \leq 100$ A 0,35 à $I > 100$ A	10	8

Exemple

Un interrupteur de calibre 100 A de catégorie d'emploi AC-23 (circuit inductif) doit :

- Etablir 10 In (1000 A) à $\cos \varphi = "0,35"$;
- Couper 8 In (800 A) à $\cos \varphi = "0,45"$;
- Et avoir une tenue aux courants de court-circuit de courte durée, l'appareil étant fermé.

II-4-3. FUSIBLES ET COURBES

Depuis son invention, le fusible a été utilisé dans la protection contre les surintensités. Cependant, ses inconvénients, en particulier l'obligation de le remplacer après fusion, avec le risque que l'élément remplacé ne corresponde pas toujours au calibre d'origine et parfois ne soit même pas d'un métal de fusion à basse température, le dérangement causé lors de son remplacement, etc... Ont incité les constructeurs à rechercher un dispositif non rechargeable et de calibre constant après chaque fonctionnement.

Le principe de la protection par fusibles repose sur la fusion contrôlée d'un élément fusible, fusion qui intervient après un temps donné pour un courant donné.

Symbole :

**Figure II.13 : Schéma de fusible****II-4-3-1. CARACTERISTIQUES DES FUSIBLES**

Les normes définissent deux classes de fusibles :

- Ceux destinés à des usages domestiques, cartouche de calibre jusqu'à 100 A de type gG (CEI 60269-1 et 3),

- Ceux destinés à des usages industriels, cartouche de calibre jusqu'à 1000 A de type gG, gM et/ou aM (CEI 60269-1).

Les différences principales entre les fusibles de type domestique et ceux de type industriel sont :

- La tension nominale et les niveaux de courant assigné,
- Leur taille : plus le calibre est important, plus la taille de la cartouche est importante,
- Leur pouvoir de coupure.
- La première lettre indique la zone de coupure:
- Élément de remplacement (fusible) "g" : élément capable de couper tous les courants,
- Élément de remplacement (fusible) "a" : élément capable de couper une partie des courants.

La deuxième lettre indique la catégorie d'utilisation : cette lettre définit avec précision les caractéristiques temps-courant, les temps et les courants conventionnels, les balises.

Exemple

« Bien qu'un fusible de type gM ait une caractéristique de protection contre les courants de surcharge, il doit aussi être associé à un relais thermique. »

- "gG" désigne les fusibles pour usage général pouvant couper tous les courants ;
- "gM" désigne les fusibles pour la protection des circuits de moteurs et pouvant couper tous les courants ;
- "aM" désigne les fusibles pour la protection des circuits de moteurs et ne pouvant couper qu'une partie des courants.

Les fusibles peuvent être prévus avec ou sans indicateur mécanique de "fusion fusible".

Les fusibles de type gG sont souvent utilisés pour la protection des départs moteurs, ce qui est possible quand leurs caractéristiques les rendent capables de supporter le courant de démarrage du moteur sans détérioration.

Un développement récent a été l'adoption par la CEI d'un fusible de type gM pour la protection des moteurs, conçu pour couvrir les conditions de démarrage et de court-circuit. Ce type de fusible est fréquemment utilisé dans les pays anglo-saxons. Cependant, la protection moteur la plus largement utilisée est l'association d'un fusible aM et d'un relais thermique.)

Un fusible gM est caractérisé par deux valeurs de courant assigné : "InMlch" par exemple "32M63". [23]

- La première valeur In définit à la fois le calibre thermique du fusible et la taille du support fusible ;
- La seconde valeur lch définit la caractéristique temps-courant de type G du fusible ainsi que les balises des tableaux II, III et IV de la norme CEI 60269-1.

Ces deux calibres sont séparés par une lettre qui définit l'application.

Par exemple InMlch définit un fusible destiné à être utilisé pour la protection des départs moteurs avec une caractéristique de type G.

Pour plus de détails, voir la note à la fin de ce paragraphe.

Un fusible de type aM est caractérisé par un courant In et une caractéristique temps-courant.

Note importante : Des normes nationales présentent un fusible de type gI (type industriel) similaire pour toutes les principales caractéristiques au fusible de type gG.

Les fusibles de type gI ne doivent cependant jamais être utilisés dans des applications domestiques ou analogues.

II-4-3-2. ZONES DE FUSION - COURANTS CONVENTIONNELS

Les conditions de fusion d'un fusible sont définies par les normes selon leur classe.

- Fusibles de type G

Ces fusibles permettent d'assurer la protection contre les surcharges et les courts-circuits.

Les courants conventionnels de non fusion et de fusion sont normalisés.

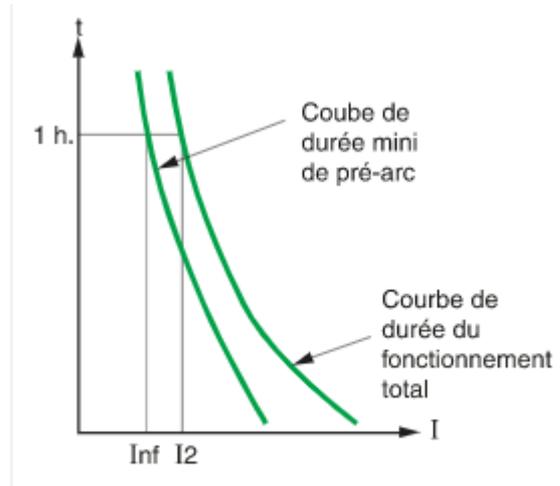


Figure II.14 : Zones de fusion et de non fusion pour fusible gG et Gm

- Le courant conventionnel de non fusion I_{nf} est la valeur du courant que peut supporter l'élément fusible pendant un temps spécifié sans fondre.
-
- **Exemple** : un fusible de 32 A traversé par un courant de $1,25 I_n$ (soit 40 A) ne doit pas fondre avant 1 heure.
-
- Le courant conventionnel de fusion I_f est la valeur du courant qui provoque la fusion avant l'expiration du temps spécifié.
-
- **Exemple** : un fusible de 32 A traversé par $1,6 I_n$ (soit 52,1 A) doit fondre avant 1 heure.
-
- Pour chaque calibre de fusible, les essais de la norme CEI 60929-1 imposent à la caractéristique temps-courant de fusion d'un fusible de se situer entre deux courbes limites. Cela signifie que deux fusibles de même calibre et de même type peuvent avoir des temps de fusion très différents particulièrement pour des courants de surcharge de faible valeur.

- Des deux exemples de caractéristiques de courants conventionnels (précisées pour un fusible de 32 A) complétés par les informations sur les caractéristiques temps-courants exigées et vérifiées par les essais de la norme CEI 60269-1, il ressort que les fusibles ont une performance réduite de protection dans la zone des courants de surcharge de faible intensité.
- Il est de ce fait nécessaire d'installer une canalisation dimensionnée plus largement que pour le courant d'emploi du circuit (en effet la canalisation a une tenue thermique maximale de 1,45 fois son courant nominal par rapport à une protection par fusible pouvant déclencher jusqu'à 1,6 fois son courant assigné, pour des fusibles de calibre supérieur à 16 A).

Note : pour un disjoncteur selon la norme CEI 60947-2, aucun surdimensionnement n'est requis car il doit déclencher entre 1,05 et 1,25 fois son courant assigné (donc $\ll 1,45 I_z$).

Tableau II.4 : Courants et temps conventionnels pour les fusibles de type "gG" et "gM"

Courant assigné I_n (A) ^[a]	Courant conventionnel de non fusion I_{nf}	Courant conventionnel de fusion I_2	Temps conventionnel (h)
$I_n \leq 4$ A	1,5 I_n	2,1 I_n	1
$4 < I_n < 16$ A	1,5 I_n	1,9 I_n	1
$16 < I_n \leq 63$ A	1,25 I_n	1,6 I_n	1
$63 < I_n \leq 160$ A	1,25 I_n	1,6 I_n	2
$160 < I_n \leq 400$ A	1,25 I_n	1,6 I_n	3
$400 < I_n$	1,25 I_n	1,6 I_n	4

a. [^] Ich pour les fusibles de type gM.

- Fusibles de type aM (accompagnement moteur)

La classe aM protège contre les courts-circuits et s'utilise obligatoirement en association avec une protection contre les surcharges.

Ces fusibles n'assurent que la protection contre les courts-circuits et s'utilisent surtout en association avec d'autres appareils (discontacteurs, disjoncteurs) afin d'assurer la protection contre toute surcharge $< 4 I_n$. Ils ne sont donc pas autonomes. Les fusibles aM n'étant pas prévus pour une protection contre les faibles surcharges, les courants conventionnels de fusion ou non fusion ne sont pas fixés. Ils fonctionnent à partir de $4 I_n$ environ.

Note : La norme CEI 60269-1 impose deux balises minimales et deux balises maximales qui encadrent les courbes de caractéristiques temps-courant.

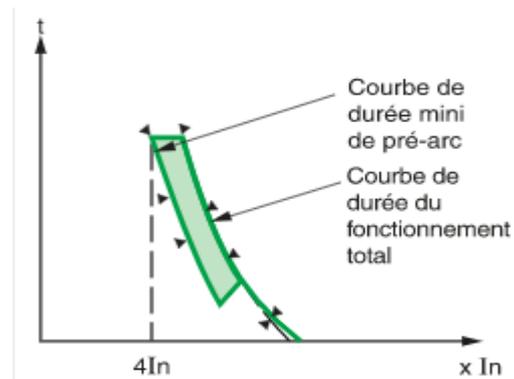


Figure II.15 : Zones de fusion normalisée pour fusible aM (tous courants assignés)

II-4-3-3. COURANTS DE COURT-CIRCUIT COUPES NORMALISES

Une caractéristique des cartouches fusibles est que, dû à sa rapidité de fusion pour des courants de court-circuit de forte intensité, la coupure du courant commence avant la première pointe de courant présumée, de sorte que le courant de défaut n'atteint jamais la valeur crête présumée. Cette limitation de courant réduit significativement les contraintes thermiques et électrodynamiques qui auraient lieu sans limitation, ce qui réduit aussi les dommages et les dangers au point de défaut.

Le courant de court-circuit coupé normalisé est basé sur la valeur efficace de la composante alternative du courant présumé de défaut (cas d'un courant de défaut symétrique).

Aucune valeur de courant de fermeture sur court-circuit n'est assignée à un fusible.

Les caractéristiques temps-courant de chaque type et pour chaque calibre de fusible sont présentées sous la forme de courbes de performances typiques.

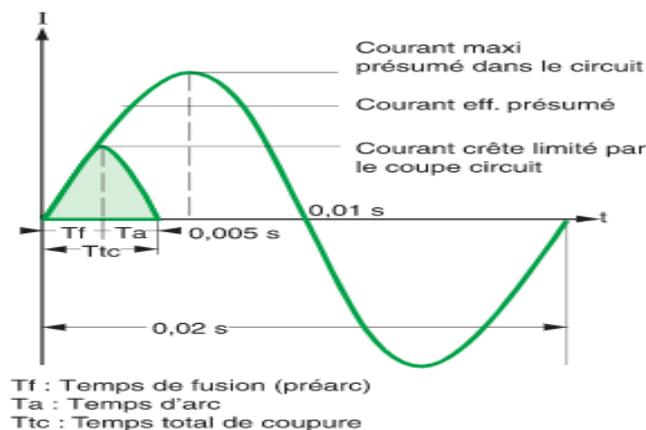


Figure II.16 : Courant limité par un fusible

Un fusible de type gM, soit $I_{nM}I_{ch}$, est caractérisé par deux nombres I_{ch} et I_n :

- Le deuxième nombre définit la caractéristique de coupure de l'élément de type gG équivalent. La valeur I_{ch} est la valeur retenue pour réaliser les essais CEI. Mais un fusible de type gM ne peut supporter le courant I_{ch} que pendant une durée limitée (ce qui peut correspondre au courant de surcharge durant le temps de démarrage d'un moteur) ;

- Le premier nombre définit le courant assigné I_n : c'est le dimensionnement du fusible. La dissipation thermique en service normal étant inférieure à la caractéristique de coupure, un élément de diamètre plus petit avec des parties métalliques réduites peut être utilisé.

Par exemple, la protection de moteurs de 10 à 20 A peut être réalisée par un fusible 32M63. Les courants de démarrage de durée limitée (de l'ordre de $60 \text{ A} < 63 \text{ A}$) peuvent être supportés par le fusible et le courant du moteur en régime permanent, 10 à 20 A, est bien inférieur au courant assigné du fusible (32 A).

De plus, bien que un fusible de type gM ait une caractéristique apte à réaliser une protection contre les courants de surcharge, en pratique celle-ci n'est pas utilisée en protection moteur : un relais thermique de protection est toujours nécessaire avec la mise en œuvre d'une protection par fusible de type gM. Le seul avantage offert par un fusible de type gM, comparé à un fusible de type aM, est la réduction de sa taille physique et son coût légèrement plus faible. [23]

II-4-4. DISJONCTEUR & DISJONCTEUR-SECTIONNEUR

Le disjoncteur est un appareil coûteux, dont le volume est plus important que celui d'un coupe-circuit, son système mécanique est déclenché très durement lors des déclenchements sur court-circuit et si ces derniers sont fréquents, les pôles finissent par se détériorer.

Le disjoncteur est un appareil électromécanique capable de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales mais surtout dans des conditions anormales comme les courts-circuits et les surcharges. Sous certaines conditions, il peut aussi assurer la protection des personnes contre les dangers du courant électrique et il peut aussi assurer le sectionnement.

Il comporte :

- Un circuit principal, qui comprend l'ensemble des parties conductrices insérées dans le circuit à protéger,
- Un circuit de commande, qui regroupe les parties conductrices insérées dans un circuit utilisé pour commander les manœuvres d'ouverture et de fermeture,
- Un circuit auxiliaire éventuel, destiné à assurer des fonctions annexes telles que la signalisation ou le verrouillage.

La position de repos du disjoncteur est fermée par intervention manuelle à l'aide d'un levier ou d'une manette.

La position de travail du disjoncteur est l'ouverture automatique.

Ainsi lors d'un déclenchement, un simple regard sur le panneau permet de repérer immédiatement le disjoncteur dont le levier est en position inverse des autres. Une fois le défaut éliminé, il suffit de remettre le levier en place pour réenclencher le disjoncteur.

Le disjoncteur-sectionneur remplit toutes les fonctions de base de l'appareillage et offre de nombreuses autres possibilités grâce à des auxiliaires.

Comme le montre le tableau le disjoncteur-sectionneur est le seul appareil qui permet de satisfaire simultanément à toutes les fonctions de base nécessaires dans une installation électrique.

Il assure, en plus, un grand nombre d'autres fonctions, grâce à ses auxiliaires : par exemple, signalisation, protection contre les baisses de tension, télécommande, etc.

Cette propriété en fait l'appareil de base de toute distribution électrique.

Tableau II.5 : Fonctions du disjoncteur-sectionneur

Fonctions		Mise en oeuvre	
		standard	auxiliaire électrique ou accessoire
Sectionnement		<input checked="" type="checkbox"/>	
Commande	Fonctionnelle	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Coupure et arrêt d'urgence	<input type="checkbox"/>	Avec bobine de déclenchement pour commande à distance
	Coupure pour entretien mécanique	<input checked="" type="checkbox"/>	
Protection	Surcharge	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Court-circuit	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Défaut d'isolement	<input type="checkbox"/>	Avec relais différentiel
	Baisse de tension	<input type="checkbox"/>	Avec bobine à manque de tension
Télécommande		<input type="checkbox"/>	Avec commande électrique ou disjoncteur télécommandé
Mesure / signalisation		<input type="checkbox"/>	Généralement en option avec déclencheur électronique

La Figure montre schématiquement la constitution d'un disjoncteur de type industriel et ses différents composants :

- Le système de coupure, avec les contacts, fixes et mobiles, et la chambre de coupure ;
- Le mécanisme à accrochage qui est déverrouillé par l'action du dispositif de déclenchement en cas de détection de courants anormaux, ce mécanisme est aussi lié à la manœuvre de la poignée du disjoncteur ;
- Le déclencheur agissant sur le mécanisme de coupure :
 -
 - Soit un déclencheur magnétothermique dans lequel :
 -
 - Un élément "thermomécanique", généralement un bilame, détecte une condition de surcharge,
 - Un circuit magnétique actionne une palette à partir d'un seuil de courant en condition de court-circuit,
 -
 - Soit électronique comprenant des capteurs (transformateurs de courants), une électronique de traitement et de commande et un actionneur,
 -
- les plages de raccordement amont et aval.

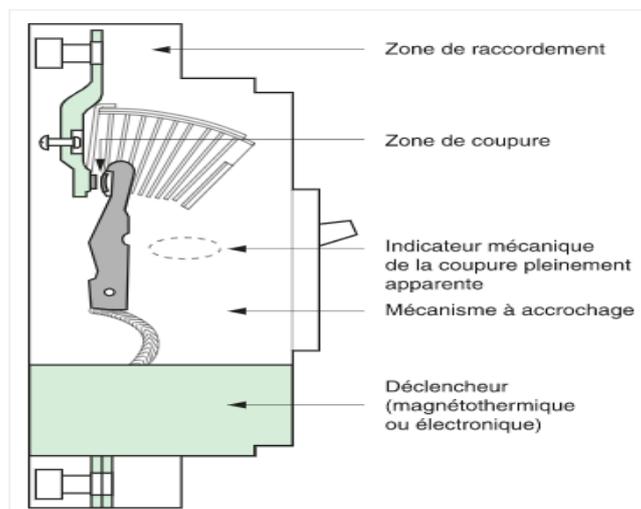


Figure II.17 : Constitution d'un disjoncteur

Les caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur sont :

- La tension assignée d'emploi (U_e) ;
- Le courant assigné d'emploi (I_n) ;
- Les courants de réglage des déclencheurs protection contre les courants de surcharge (I_r ou I_{rth}) et de court-circuit (I_m ou I_{sd} et I_i) ;
- Pour des raisons de simplification de l'exposé, la terminologie I_r , I_m et I_i est utilisée pour les seuils de réglage des différentes protections dans les applications générales ;
- Le pouvoir de coupure industriel ou domestique (I_{cu} ou I_{cn}).

II-4-5. COURBES-DISJONCTEUR

Le disjoncteur protège des courts-circuits mais aussi des surcharges électriques. Chaque circuit électrique est en capacité de supporter une intensité déterminée et en cas de dépassement, le disjoncteur déclenche.

La courbe du disjoncteur correspond au réglage du seuil de déclenchement et donc induire une réaction différente selon le type de courbe.

- La courbe B

Le disjoncteur a un déclenchement magnétique relativement bas (entre 3 et $5xI_n$) et permet d'éliminer les courts-circuits de très faible valeur. Cette courbe est également utilisée pour les circuits ayant des longueurs de câbles importantes, notamment en régime TN.

- La courbe C

Ce disjoncteur couvre une très grande majorité des besoins (récepteurs inductifs) et s'utilise notamment dans les installations électriques domestiques. Son déclenchement magnétique se situe entre 5 et $10xI_n$.

Les disjoncteurs courbes C sont les plus couramment utilisés. La lettre C précède le chiffre de l'intensité (C20 pour courbe C et 20 Ampères).

Ce type de disjoncteur sert à la protection des prises électriques, des appareils électroménagers et les circuits d'éclairage. Il couvre donc la très grande majorité des besoins.

- la courbe D

Cette courbe est utilisée pour la protection des circuits où il existe de très fortes pointes de courant à la mise sous tension (ex: moteurs). Le déclenchement magnétique de ce disjoncteur se situe entre 10 et $20xI_n$.

Les disjoncteurs courbes D ont la même fonction que les C, à la différence qu'ils peuvent laisser passer une pointe de courant plus importante au démarrage d'un appareil comme une VMC ou pompe à chaleur.

Au démarrage, la demande de courant peut être supérieure à la valeur nominale du disjoncteur. Un disjoncteur courbe D supporte cet appel de charge quelques millisecondes sans disjoncter. Il peut aussi protéger un atelier avec des machines-outils.

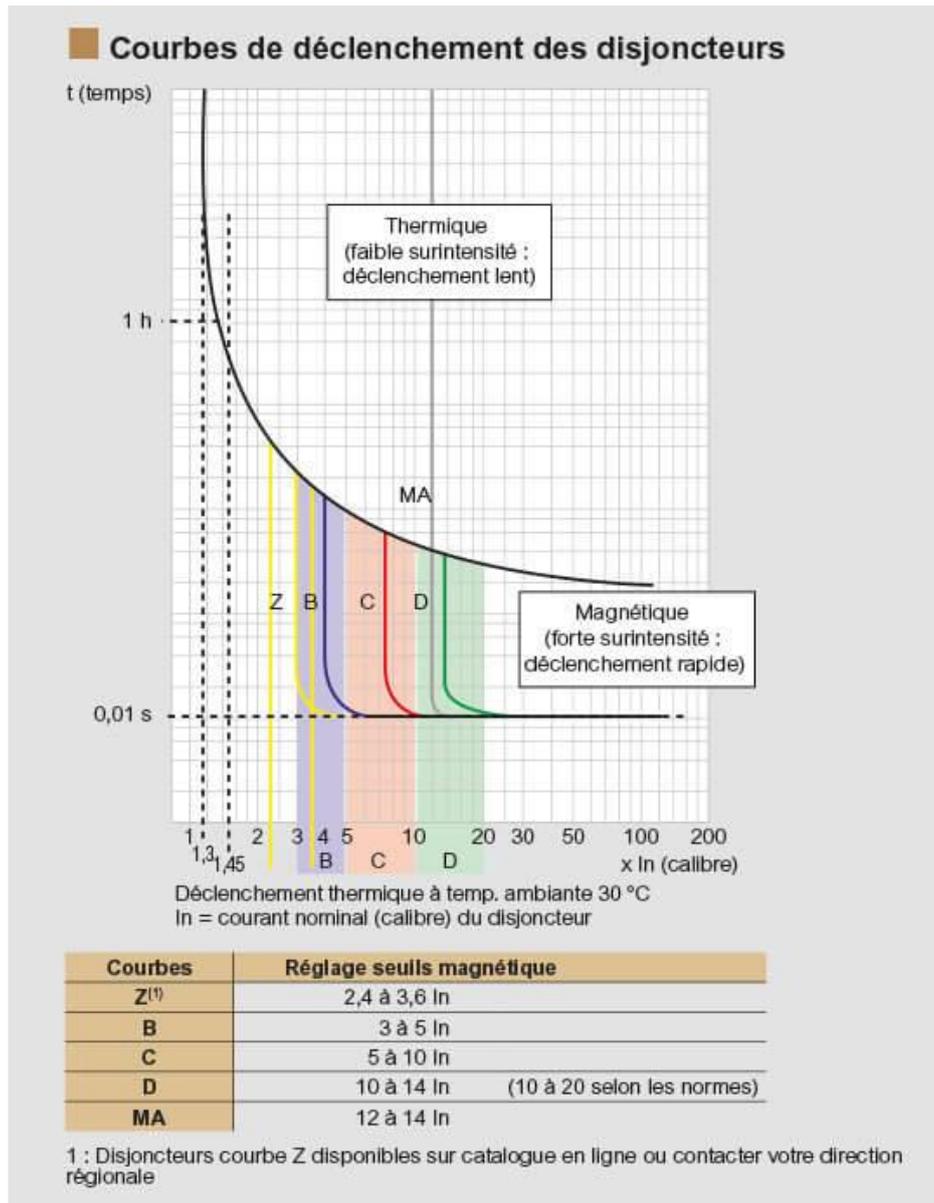


Figure II.18 : Courbes de déclenchement disjoncteurs

II-4-6. DISJONCTEUR DIFFERENTIEL

Le dispositif le plus approprié pour protéger les circuits et les personnes est le disjoncteur différentiel.

En effet, il protège contre :

- Les courants de court-circuit,
- Les surcharges,
- Les défauts à la terre.

Le disjoncteur différentiel appartient à la famille des dispositifs différentiels résiduels (DDR).

Le type de protection assuré par un disjoncteur dépend essentiellement de la nature du déclencheur :

- Thermique

- Magnétique
- Magnétothermique
- A tore de détection du courant résiduel

C'est ce dernier modèle qui est couramment utilisé pour protéger contre un défaut d'isolement entre un conducteur actif et une masse ou la terre.

Le disjoncteur différentiel à courant résiduel est utilisé, en particulier, chez chaque abonné. Il a pour rôle d'assurer :

- La protection des circuits contre les surintensités dues aux surcharges ou aux courts circuits ;
- La protection des personnes contre les contacts indirects (fuites de courant à la terre).

On distingue toutefois, différents types de différentiel :

- Le disjoncteur différentiel (Fig IV.19/1) Protection des personnes et des matériels.
- Le relais différentiel (Fig 3). Il réalise la surveillance du circuit, il est réglable, il est associé à un dispositif de coupure (interrupteur ou disjoncteur). La mesure du courant de fuite à la terre peut être réalisée par un tore séparé (Fig 4).
- L'interrupteur différentiel (Fig 2), réalisant une surveillance du circuit et ne coupant celui ci qu'en cas de courant de fuite à la terre.
-

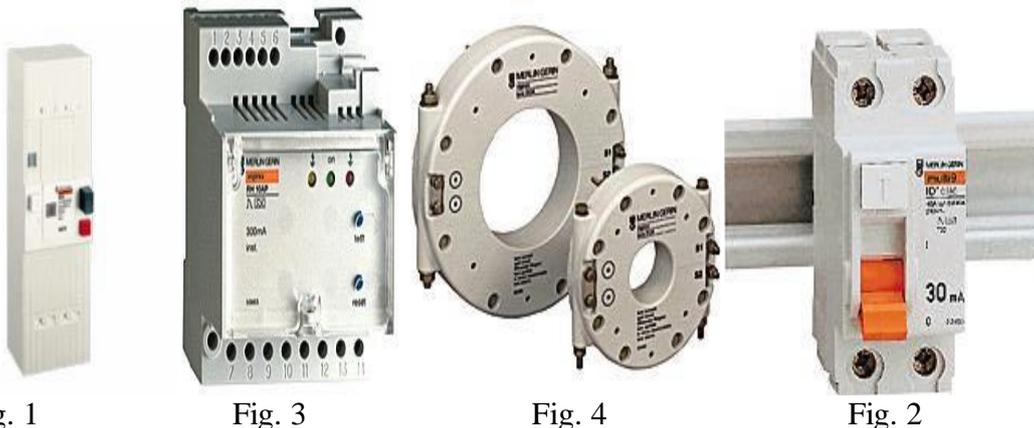


Fig. 1

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 2

Figure II.19: Le disjoncteur différentiel.

Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et du neutre.

En l'absence de fuite ou de courant résiduel de défaut, les flux produits par les bobines s'annulent, il ne se passe rien.

Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique dans le tore apparaît.

La bobine de mesure est le siège d'une force électromotrice (fem) qui alimente un petit électro-aimant provoquant le déverrouillage du disjoncteur.

II-4-7. CONTACTEUR DE PUISSANCE

Le contacteur électrique est un appareil de connexion à bobine commandée qui est généralement maintenu fermé par un courant permanent (réduit) circulant dans la bobine (bien qu'il existe des variantes à maintien mécanique pour des applications particulières). Les contacteurs sont conçus pour effectuer un nombre très important de cycles de manœuvres "fermé/ouvert" et sont généralement commandés à distance par des boutons poussoirs ou des interrupteurs. Les caractéristiques et le nombre de cycles de manœuvres sont définis dans les normes CEI 60947-4-1 :

- la durée de fonctionnement : service continu (8 h), ininterrompu, intermittent, temporaire (par exemple : 3, 10, 30, 60 ou 90 minutes) ;
- les catégories d'emploi : par exemple, un contacteur de la catégorie AC3 peut être utilisé pour démarrer et arrêter un moteur à cage d'écureuil ;
- la fréquence des cycles de manœuvre (1 à 1 200 cycles par heure) ;
- l'endurance mécanique (nombre de manœuvres à vide) ;
- l'endurance électrique (nombre de manœuvres en charge) ;
- les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure fonction de la catégorie d'emploi.

Exemple :

Un contacteur électrique de calibre 150 A et de catégorie d'emploi AC3 doit posséder :

- Un pouvoir de coupure minimal de $8 I_n$ (1 200 A),
- Et un pouvoir de fermeture minimal de $10 I_n$ (1 500 A) sous $\cos \varphi = 0,35$.

II-4-8. SELECTIVITE DES PROTECTIONS

La sélectivité des protections est un élément essentiel qui doit être pris en compte dès la conception d'une installation basse tension, afin de garantir aux utilisateurs la meilleure disponibilité de l'énergie.

La sélectivité est importante dans toutes les installations pour le confort des utilisateurs, mais elle est fondamentale dans les installations qui alimentent des processus industriels de fabrication.

Une installation non sélective est exposée à des risques de diverses gravités :

- Impératifs de production non respectés ;
- Rupture de fabrication avec ;
-
- Perte de production ou de produits finis ;
- Risque d'endommager l'outil de production dans les processus continus.

- Obligations de reprise de procédures de démarrage machine-outil par machine-outil, à l'issue d'une perte d'alimentation générale ;
- Arrêt de moteur de sécurité telle qu'une pompe de lubrification, extracteur de désenfumage, etc.

C'est la coordination des dispositifs de coupure automatique de telle sorte qu'un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut, et par lui seul.

- Sélectivité totale

Pour toutes les valeurs du défaut, depuis la surcharge jusqu'au court-circuit franc, la distribution est totalement sélective si D2 s'ouvre et si D1 reste fermé.

- Sélectivité partielle

La sélectivité est partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité.

Dans l'éventualité d'un défaut les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent.

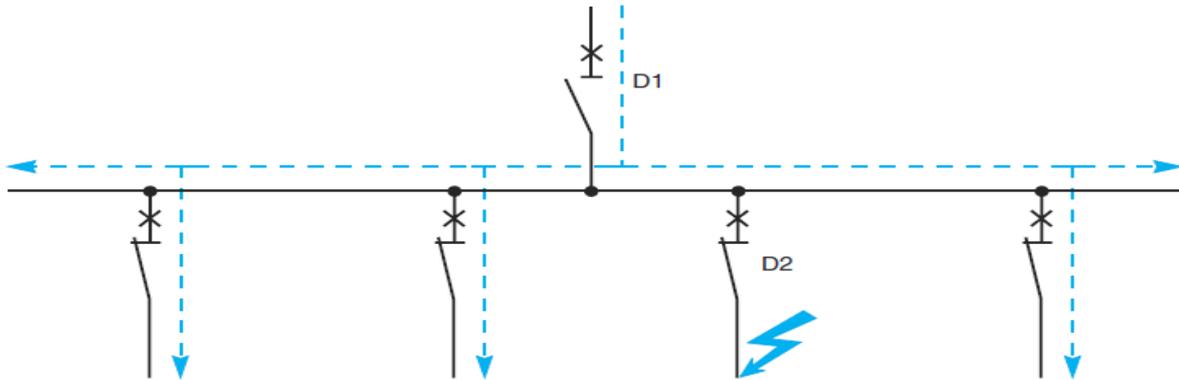


Figure II. 20 : Sélectivité totale et partielle

- sélectivité différentielle :

Le but de la sélectivité différentielle est de ne couper, en cas de défaut à la terre, que le circuit sur lequel se situe ce défaut et d'éviter la mise hors circuit de toute l'installation.

Dans les cas très fréquents de dispositifs différentiels en cascade avec circuits terminaux protégés en 30 mA, il est fortement conseillé de placer en amont de ceux-ci des dispositifs différentiels à déclenchement très légèrement retardés. Seul le dispositif le plus en aval se déclenche. La continuité du service est assurée. La protection est plus fine, car le risque est sectorisé. Le champ d'intervention pour le dépannage est limité et connu. On préservera ainsi la continuité de service sur tous les circuits sains en cas de défaut sur l'un des circuits terminaux, quel que soit le courant de défaut.

Deux paramètres sont à prendre en compte : la sensibilité et le temps de déclenchement.

Dans la pratique, le dispositif amont devra avoir une sensibilité au moins 2 fois moindre et un temps de coupure plus long que le dispositif aval.

Exemple pour un courant de défaut 1 A :

- 1 dispositif aval : 30 mA Instantané (déclenchement en 20 ms)
- 1 dispositif amont : 300 mA sélectif (déclenchement en 80 ms)

De fait, pour que la sélectivité soit totalement assurée entre un différentiel amont et un différentiel aval, les deux conditions suivantes doivent être réunies :

- $1 I_{\Delta n} \text{ de A} \geq 2 \times I_{\Delta n} \text{ de B}$, et
- $1 \text{ Temps de déclenchement A} > \text{ temps de déclenchement B}$

Les courbes de fonctionnement différentiel :

Ce sont les courbes qui donnent les temps de déclenchement en fonction de l'intensité du courant de défaut. Elles permettent de vérifier que le temps de réaction du dispositif différentiel amont est supérieur au temps d'ouverture du dispositif différentiel aval.

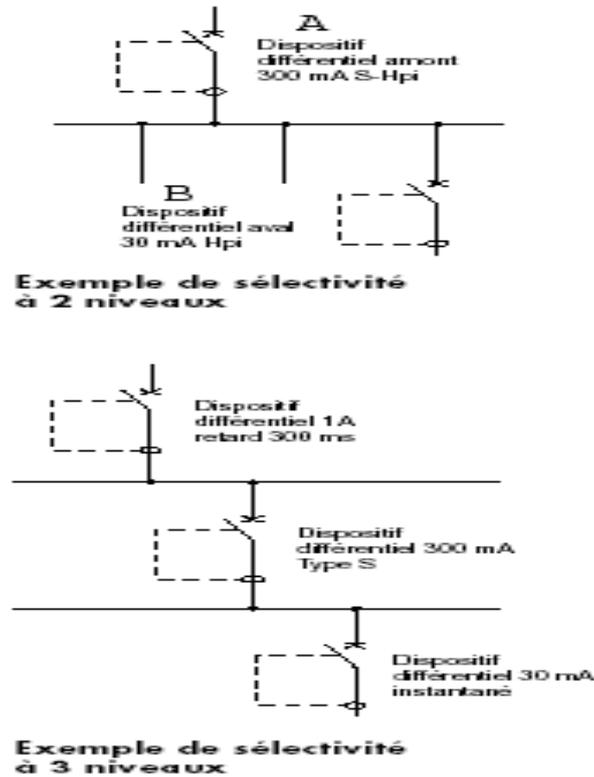


Figure II. 21 : Exemple de sélectivité

II-5. TRES BASSE TENSION « TBT »

II-5-1. DOMAINES DE TENSION

En basse tension et en exploitation normale, la tension réelle d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage peut excéder de 10 % au maximum sa valeur nominale, sans que cela entraîne une modification du domaine de tension.

Tableau IV.6 : Caractéristiques du domaine de tension

DOMAINE DE TENSION	ALIMENTATION	LIAISON À LA TERRE DES CONDUCTEURS ACTIFS	SECTIONNEMENT ET PROTECTION CONTRE LES COURT-CIRCUITS	PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS	PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS	RÉCEPTEURS
TBTS	Transformateur de sécurité conforme à la norme NF C 52 742 Classe II	INTERDITE	De tous les conducteurs actifs	NON	NON	Z
TBTP	Transformateur d'isolement conforme à la norme NF C 52 742 Classe I	Conducteur actif relié à la terre	De tous les conducteurs actifs	NON	NON	Z
TBTF	Transformateur d'origine indéterminée	Conducteur actif relié à la terre	De tous les conducteurs actifs	OUI	OUI (Appareils IP 2x)	Z

(Dispositif différentiel)

En Courant alternatif la très basse tension est limitée à 50V. La tension de contact indirecte est ramenée à 25 V pour les installations situées

- Dans les locaux ou emplacements mouillés ;
- Dans les locaux ou emplacements de travail où sont utilisées plusieurs installations alimentées par des sources différentes.

II-5-2. TRES BASSE TENSION DE SECURITE « TBTS »

Les sources de sécurité peuvent être soit :

- Un transformateur de sécurité conforme à la norme NF EN 60 742 ou NF C 52 742.
- Un groupe moteur-générateur.
- Des accumulateurs (piles) indépendantes .

L'utilisation de ces sources dépendra des locaux et des emplacements où sera utilisé le matériel, les tensions maximum à mettre en oeuvre 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.
- */ Etre isolés de toutes les autres masses.

La très basse tension de sécurité TBTS est utilisée dans les situations où le fonctionnement des équipements électriques présente un risque grave (piscines, parcs de loisirs, etc.). Cette mesure consiste à alimenter les circuits par le secondaire à très basse tension d'un transformateur d'isolement spécial de sécurité fabriqué selon la norme (CEI 60742) ou les normes nationales appropriées. Le niveau d'isolement de tenue aux chocs entre les enroulements primaires et secondaires est très élevé, et/ou un écran métallique mis à la terre est parfois incorporé entre les enroulements. La tension secondaire ne dépasse jamais 50 V efficaces.

La très basse tension est utilisée lorsque les risques sont élevés : piscines, lampes baladeuses et autres appareils électriques portatifs pour usage extérieur, etc.

Cette mesure consiste à alimenter des circuits en très basse tension fournie par un transformateur de sécurité, conforme à la NF C 52-742 ou présentant une sécurité équivalente (écran métallique, entre primaire et secondaire, relié à la terre) de tension secondaire < 50 V (par exemple transformateur de sécurité : norme NF C 52-742, symbole ).

Trois conditions d'exploitation doivent être respectées afin d'assurer une protection satisfaisante contre les défauts :

- Aucune partie active du réseau TBTS ne doit être reliée à la terre ;
- Les masses des matériels électriques alimentés en TBTS ne doivent être reliées ni à la terre, ni à des masses d'autres circuits, ni à des éléments conducteurs ;

- Les parties actives de circuits TBTS et d'autres circuits alimentés en tension plus élevée doivent présenter entre eux une séparation au moins équivalente à celle existant entre enroulements primaire et secondaire d'un transformateur de sécurité (double isolation).

Ces mesures exigent que :

- Les circuits TBTS doivent emprunter des canalisations distinctes, à moins d'utiliser des câbles multipolaires (ou conducteurs isolés sous conduits isolants) prévus pour une tension au moins égale à la plus élevée des autres circuits ;
- Les socles de prises de courant ne doivent pas comporter de contact de terre. Ces socles et les fiches correspondantes doivent être d'un type spécial pour éviter toute connexion avec celles de circuit de tension plus élevée.

Remarque : Dans des conditions normales, si la tension nominale du circuit TBTS est inférieure à 25 V, des dispositifs de protection contre les contacts directs ne sont pas nécessaires. [22]

II-5-3. TRES BASSE TENSION DE PROTECTION « 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 ne sont plus les mêmes qu'en T.B.T.S. suivant les emplacements:

- * / Dans les locaux secs : U alternatif = 25 V
U continu = 60 V
- * / Dans les locaux mouillés : U alternatif = 12 V
U continu = 30 V

❖ *La séparation des circuits*

La séparation des circuits s'applique dans le domaine BTA et s'établit à partir d'un transformateur de séparation conforme à la norme NF EN 60 742 ou NF C 52 742 : Le transformateur possède des enroulements séparés par une double isolation ou une isolation renforcée; le circuit séparé (coté utilisation) doit présenter un niveau d'isolement élevé. Aucun point du circuit ne doit être relié à la terre. Il en est de même pour les masses.

Ce système est destiné à une utilisation générale lorsque la basse tension est nécessaire, ou est préférable pour des raisons de sécurité, autres que dans les endroits à haut risque indiqués ci-avant. La conception est similaire à celle des circuits TBTS, mais le circuit secondaire peut être mis à la terre en un point.

La norme CEI 60364-4-41 définit précisément la signification de la référence TBTP.

Une protection de base est généralement nécessaire, sauf lorsque l'équipement est dans une zone équipotentielle, que la tension nominale ne dépasse pas 25 V efficace, que l'équipement est utilisé dans des endroits normalement secs uniquement, et qu'un contact de grande surface avec le corps humain n'est pas possible. Dans tous les autres cas, 12 V efficace est la tension maximale autorisée, lorsqu'aucune protection de base n'est fournie.

II-5-4. TRES BASSE TENSION FONCTIONNELLE « TBTF »

Lorsque, pour des raisons fonctionnelles, une tension de 50 V ou moins est utilisée, mais que toutes les exigences relatives aux TBTS ou TBTP ne sont pas remplies, les mesures appropriées décrites dans la norme CEI 60364-4-41 doivent être prises pour assurer une protection contre les contacts directs et indirects, en fonction de l'emplacement et de l'utilisation de ces circuits.

Remarque : De telles conditions peuvent par exemple être rencontrées lorsque le circuit contient des équipements (tels que des transformateurs, des relais, des interrupteurs de télécommande, des contacteurs) insuffisamment isolés par rapport aux circuits à des tensions plus élevées.

II-6. CLASSEMENT

II-6-1. CLASSES DE MATERIEL

Tout matériel électrique doit comporter, lorsqu'il est raccordé à une alimentation, une protection contre les chocs électriques adaptée aux conditions d'installation. Cette protection est assurée :

- Soit par des dispositions internes propres aux matériels eux-mêmes ;
- Soit par des conditions externes d'alimentation et, éventuellement, d'environnement ;
- Soit par une combinaison appropriée de dispositions internes et de conditions externes.
- Les protections ne peuvent être assurées, bien évidemment, que si les matériels sont en bon état et s'ils sont correctement choisis et installés.
- Principe général

Tous les matériels d'utilisation courante, fondamentalement conçus pour assurer une protection efficace contre les contacts directs, doivent, quelle que soit leur classe, faire bénéficier leurs utilisateurs d'au moins deux moyens de protection contre les contacts indirects :

- Une protection principale qui assure généralement la protection contre les chocs électriques mais dont la défaillance doit être prise en compte ;
- Une protection supplémentaire qui assure la protection contre les chocs électriques en cas de défaillance de la protection principale.

- Dispositions de protection

Le tableau ci-dessous indique les dispositions de protection correspondantes selon le numéro de la classe de matériel : 0, I II, III.

Tableau II.7 : Classes du matériel électrique

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

- **CLASSE 0 :**

Matériel protégé par une enveloppe principale, pour lequel aucun dispositif ne peut assurer la protection des personnes contre les contacts directs ou indirects. Ce matériel, non conforme aux normes de sécurité est interdit dans le monde du travail.

- **CLASSE I :**

Matériel protégé par l'enveloppe principale et qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous forme de raccordement des masses métalliques à la terre directement ou indirectement par le conducteur de protection équipotentielle (PE).

Identification sur l'appareil ou l'équipement :

Remarques : les dispositions de protection décrites dans ce tableau sont générales et concernent tous les appareils de la classe considérée, quels que soient leurs types (fixes, mobiles, portatifs).

Dans les cas où les conditions d'environnement ou d'utilisation peuvent entraîner une défaillance de la protection supplémentaire, les règles d'installation prescrivent de placer un dispositif de protection complémentaire sur l'alimentation de l'appareil en question : dispositif différentiel à haute sensibilité ou transformateur de séparation des circuits.

- **CLASSE II :**

Matériel protégé par l'enveloppe principale et qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous forme d'isolation renforcée ou de double isolation. Ce matériel ne comporte aucun moyen de mise à la terre et ne dépend pas des conditions d'installation.

Identification sur l'appareil ou l'équipement.

- **CLASSE III :**

Matériel dont la protection contre les risques électriques repose sur l'alimentation en TBTS.

II-6-2. CLASSEMENT DES APPAREILS « BT »

Les matériels électriques sont classés en fonction de leur protection contre les chocs électriques. Il existe trois classes en tout (classe 1, 2 et 3), qui sont représentées chacune par un symbole respectif.

Aujourd'hui, il n'existe plus que trois classes pour les matériels électriques :

- **Les matériels électriques de classe 1** possèdent une isolation basique et une liaison entre la prise de terre et les parties métalliques accessibles, qui assure la protection des utilisateurs. Les matériels de classe 1 sont représentés par un T inversé.
- **Les matériels électriques de classe 2** disposent d'une double isolation : les parties métalliques ne peuvent pas entrer en contact avec les parties électriques. Cette double isolation leur permet de se passer de prise de terre. Les matériels de classe 2 sont symbolisés par un double carré.

- **Les matériels électriques de classe 3** sont des matériels de classe 2 auxquels a été rajouté un transformateur en Très Basse Tension de Sécurité (TBTS). La tension maximale ne peut pas dépasser les 50 volts. La classe 3 évite ainsi tout risque de choc électrique et n'a pas besoin de prise de terre. Elle est représentée par le sigle TBTS ou par le chiffre 3 en écriture romaine (III).

Les matériels électriques les plus fiables sont ceux de classe 2 et 3, puisqu'ils n'ont pas besoin de prise de terre. Il n'y a aucun risque d'être soumis à une tension dangereuse, c'est-à-dire d'être électrocuté ou brûlé suite à une défaillance du circuit électrique. Pensez à toujours vérifier les classes des matériels en magasin avant de les acheter.

Il est indispensable de disposer d'une prise de terre à son domicile. Elle est généralement mise en place durant la construction du bâtiment. Il s'agit tout simplement d'un piquet de terre qui est relié à votre tableau électrique via un fil conducteur, qui permet d'évacuer dans le sol les chocs électriques que pourrait subir votre installation.

II-7. INDICES DE PROTECTION

Les indices de protection désignent par des indices chiffrés le degré de pénétration d'un corps solide ou d'un liquide dans un appareil électrique, ainsi qu'un degré de résistance au choc mécanique.

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

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

Il comporte les lettres IP suivies de deux chiffres indépendants.

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

Exemple : IP 55

Tableau II.8 : IP 55

IP	5	5
Appareil protégé contre	la pénétration des corps solides étrangers (degré 5)	la pénétration des liquides (degré 5)
Signification	Degré 5 : protégé contre les poussières	Degré 5 : protégés contre les jets d'eau

Lorsqu'il est requis d'indiquer un degré de protection au moyen seulement d'un chiffre caractéristique, le chiffre non précisé sera remplacé par la lettre X.

Exemple : IP 2X ou IP 5X

Une ou deux lettres optionnelles peuvent compléter ces chiffres caractéristiques.

Tableau II.9 : IP 2X ou IP 5X

LETTRE ADDITIONNELLE	DESCRIPTION DE LA PROTECTION
A	Protection contre l'accès avec le dos de la main
B	Protection contre l'accès avec un doigt
C	Protection contre l'accès avec un outil
D	Protection contre l'accès avec un fil

Tableau II.10 : Les indices de protection

1 ^{er} chiffre : protection contre les corps solides			2 ^e chiffre : protection contre les liquides		
IP	F*	Tests	IP	F*	Tests
0 xx	AE 1		x 0 x	AD 1	
		Pas de protection.			Pas de protection.
1 xx		 Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm (ex. : contacts involontaires de la main)	x 1 x	AD 2	 Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)
2 xx		 Protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm (ex. : doigt de la main)	x 2 x		 Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale.
3 xx	AE 2	 Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm (outils, fils).	x 3 x	AD 3	 Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale.
4 xx	AE 3	 Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (outils fins, petits fils).	x 4 x	AD 4	 Protégé contre les projections d'eau de toutes directions.
5 xx	AE 4	 Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible).	x 5 x	AD 5	 Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance.
6 xx	AE 4	 Totalemement protégé contre les poussières.	x 6 x	AD 6	 Protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer.
			x 7 x	AD 7	 Protégé contre les effets de l'immersion.
			x 8 x	AD 8	 Protégé contre les effets prolongés de l'immersion sous pression.

II-8. ENCEINTES EXIGÜES CONDUCTRICES

Pour utiliser des appareils électriques portatifs dans des enceintes conductrices exigües, choisir la première solution possible

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

- Les lampes baladeuses doivent être alimentées obligatoirement en TBTS ;
- L'utilisation d'outils ou appareils électroportatifs est soumise aux règles du FOLIO 6S ;

- Les transformateurs de sécurité ou de séparation seront situés à l'extérieur de l'enceinte conductrice (sauf si le transformateur fait partie de l'installation fixe de l'enceinte).

Pour utiliser des appareils électriques portatifs dans des enceintes conductrices exigües, choisir la première solution possible :

- **Appareil de classe III « 1er choix »**

- L'appareil est alimenté par une source de sécurité TBTS ;
- Le transformateur (NFC52.742) est de classe II et est placé à l'extérieur de la zone conductrice exigüe.

- **Appareil de classe II « 2ème choix »**

- L'appareil est alimenté en BTA par un transformateur de séparation
- Le transformateur (NFC52.742) est de classe II et est placé à l'extérieur de la zone conductrice exigüe.
- On ne peut brancher qu'un seul appareil de classe II, au secondaire de ce transformateur.

- **Appareil de classe « 3ème choix »**

- L'appareil est alimenté en BTA par un transformateur de séparation
- Le transformateur (NFC52.742) est de classe II et est placé à l'extérieur de la zone conductrice exigüe.
- L'appareil peut être de classe I, s'il n'en existe pas de classe II; dans ce cas l'appareil de classe I est relié à la terre par le conducteur de protection (interconnexion avec les masses métalliques de l'enceinte exigüe).
- On ne peut brancher qu'un seul appareil de classe I, au secondaire de ce transformateur.

II-9. EQUIPEMENTS « HT » PARTICULIERS « EQUIPEMENT DE TYPE « BT » DONT CERTAINS FONCTIONNANT EN «HT» »

Il s'agit de matériels alimentés en BT ou en TBT, dont certains organes utilisent des tensions supérieures à celles du domaine BT, tels des brûleurs à mazout, des appareils à tube cathodique, des appareils à rayons X, des filtres électrostatiques, des détecteurs de défauts de câbles, des ponts de mesurage HT, des installations de lampes à décharge à cathode froide, des fours à micro-ondes, des protections péri métriques ou électrificateurs (clôtures électriques) dont il faut assurer la maintenance ou qui font l'objet de vérifications.

C'est la tension nominale d'alimentation du matériel qui définit la lettre B du symbole d'habilitation nécessaire pour y effectuer des opérations de type interventions BT ou de type travaux.

Les matériels BT générant de la haute tension peuvent avoir des distances constructives entre la masse et la pièce nue sous tension, qui respectent les distances de tension, mais qui peuvent être inférieures à la distance minimale d'approche (DMA).

L'opérateur ne doit jamais franchir la limite représentée par la distance de tension constructive. La distance minimale de travail à appliquer vis-à-vis de la HT est égale à la distance de tension constructive HT augmentée d'une distance de garde à apprécier en fonction de l'environnement.

- **Règles**

Toutes les conditions doivent être requises :

- Si l'équipement HT est de faibles dimensions ;
- Si la haute tension est obtenue à partir de la basse tension ;
- Si la coupure s'effectue côté BT ;
- Si l'équipement HT est hors tension...

Alors l'équipement HT sera considéré comme un équipement « BT ».

- **Matériel**

Tube cathodique (TV, oscilloscope), appareil à rayons X...

Le personnel doit être habilité B1 ou BR et autorisé à effectuer des opérations sur ce genre de matériel.

II-10. RALLONGES, BALADEUSES & OUTILS ELECTRIQUES PORTATIFS

II-10-1. LAMPES BALADEUSES

Les baladeuses de fortune sont totalement interdites.

Seul l'emploi de matériel normalisé NF EN 60598-1 Mai 2001 et NF EN 60598-2-8 est autorisé, Mars 2001 qu'il soit alimenté en BT TBTS ou TBTP.

L'indice de protection doit être au minimum IP 45, de plus le câble d'alimentation et la fiche de courant doivent être non démontables afin de garantir cet IP minimum.

Avant utilisation d'une baladeuse, il est indispensable de vérifier son bon état.

II-10-2. PROLONGATEUR- ENROULEUR

Câble souple série H07 RN7 :

- En bon état (câble et fiches) ;
- Prises de courant adaptées au câble.

Enrouleur sur tambour en matière plastique : mini IP 44.

En BT impossibilité d'accès aux pièces nues sous tension lors du raccordement (I_{pxxB} ou IP2x).

Pas de tripléte.

II-10-3. APPAREILS ELECTRIQUES PORTATIFS

Les outils électriques portatifs répondent à l'une des conditions ci-dessous dans l'ordre des préférences :

- Outils de classe III utilisant la TBTS ;
- Outils de classe II ;
- Outils de classe I, mise à la terre des masses et dispositif de coupure automatique associé.

Pour les travaux de chantier utiliser un coffret mobile de sécurité comportant un disjoncteur différentiel de sensibilité 30 mA.

Chapitre III : Voisinage & moyens de protection

Chapitre III : Voisinage & moyens de protection

III-1. INTRODUCTION

Au cours d'opérations d'ordre électrique ou d'ordre non électrique, le personnel peut être amené à s'approcher de pièces nues sous tension ou de canalisations isolées.

Le risque électrique présenté par les ouvrages ou les installations électriques sous tension est lié à leur proximité, leurs dispositions constructives (accessibilité) et leur niveau de tension (distance d'amorçage). Plus on s'approche de l'ouvrage ou de l'installation électrique, plus le risque électrique augmente.

III-2. ZONES DE VOISINAGE

Les distances limites en champ libre déterminées à partir des pièces nues sous tension sont des distances qui servent à définir les limites des volumes des différentes zones de l'environnement.

Dans le présent paragraphe, l'environnement électrique correspond au volume limité à 50m autour d'une pièce nue sous tension. Cet environnement est divisé en quatre zones en haute tension et trois zones en basse tension.

En haute tension, en partant de la zone la plus éloignée de la pièce nue sous tension, l'environnement se compose de la zone d'investigation, du voisinage (zone de voisinage simple et zone de voisinage renforcé) et de la zone des travaux sous tension.

En basse tension, en partant de la zone la plus éloignée de la pièce nue sous tension l'environnement se compose de la zone d'investigation et du voisinage (zone de voisinage simple et zone de voisinage renforcé).

Les Locaux Réservés aux Electriciens « LRE » 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.

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.

La notion de LRE s'applique également aux lignes aériennes

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

❖ Prescriptions générales

Tableau III.1 : Prescriptions générales

ZONE	TITRE	LIEU - DOMAINE	EPI(*)
ZONE1- BT	B0, B1, B2	Intérieur du local à plus de 30 cm des pièces nues sous tension (BT)	CASQUE (voir IPS)
ZONE 1 – TBT	Pas d’habilitation Si TBTS ou TBTP<25V	Intérieur du local à moins de 30 cm 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

(*)EPI : *Equipement de Protection Individuelle*

III-2-1. DISTANCE LIMITE D’INVESTIGATION

La distance limite d’investigation (DLI) est fixée conventionnellement à 50 m des pièces nues sous tension d’un ouvrage ou d’une installation.

En fonction de la configuration des lieux ou des opérations, l’espace au-dessus des pièces nues sous tension n’est pas limité et fait partie de la zone d’investigation (voir Figure 1).

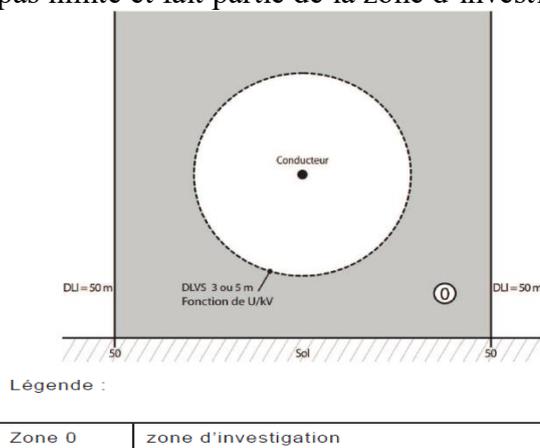


Figure III.1. Distance limite d’investigation autour d’un conducteur nu en champ libre

III-2-2. ZONE D’INVESTIGATION

La zone d’investigation, appelée zone 0, est comprise entre la distance limite d’investigation (DLI) et la distance limite de voisinage simple (DLVS).

C’est la zone dans laquelle il est demandé d’analyser si l’exécution de l’opération envisagée peut exposer les opérateurs au risque électrique.

III-2-3. DISTANCE LIMITE DE VOISINAGE SIMPLE

La distance limite de voisinage simple (DLVS) est la distance dans l'air, déterminée à partir de la pièce nue sous tension, qui permet de définir la limite extérieure de la zone de voisinage. En courant alternatif et en courant continu, la distance limite de voisinage simple (DLVS) est fixée conventionnellement à :

- 3 m jusqu'à 50 kV inclus ;
- 5 m au-delà de 50 kV et jusqu'à 500 kV inclus.

NOTE : Les distances au-delà de 500 kV ne sont pas spécifiées. En cas de besoin, ces distances sont définies au cas par cas pour des besoins spécifiques.

III-2-4. VOISINAGE

Autour d'une pièce nue sous tension en champ libre, le voisinage se divise en deux zones :

- La zone de voisinage la plus éloignée de la pièce nue s'appelle zone de voisinage simple;
- La zone de voisinage la plus proche de la pièce nue s'appelle zone de voisinage renforcé.

Le voisinage est la zone dans laquelle débute la mise en œuvre des mesures de prévention de façon à supprimer ou, à défaut, réduire le risque d'origine électrique.

- Zone de voisinage simple

La zone de voisinage simple, appelée zone 1, est comprise entre la distance limite de voisinage simple (DLVS) et la distance limite de voisinage renforcé (DLVR).

- Distance limite de voisinage renforcé

La distance limite de voisinage renforcé (DLVR) est la distance dans l'air, déterminée à partir de la pièce nue sous tension, qui permet de définir la limite extérieure de la zone de voisinage renforcé.

- Distance limite de voisinage renforcé HT

En courant alternatif, la distance limite de voisinage renforcé (DLVR) est fixée conventionnellement à :

- 2 m au-delà de 1 000 V et jusqu'à 50 kV inclus ;
- 3 m au-delà de 50 kV et jusqu'à 250 kV inclus ;
- 4 m au-delà de 250 kV et jusqu'à 500 kV inclus.

En courant continu, la distance limite de voisinage renforcé (DLVR) est fixée conventionnellement à :

- 2 m au-delà de 1 500 V et jusqu'à 75 kV inclus ;
- 3 m au-delà de 75 kV et jusqu'à 375 kV inclus ;
- 4 m au-delà de 375 kV et jusqu'à 500 kV inclus.

NOTE : En courant alternatif et en courant continu, les distances au-delà de 500 kV ne sont pas spécifiées. En cas de besoin, ces distances sont définies au cas par cas pour des besoins spécifiques.

- Distance limite de voisinage renforcé BT

La distance limite de voisinage renforcé (DLVR) est fixée conventionnellement à 30 cm de la pièce nue sous tension. Cette règle conventionnelle s'applique pour les domaines de tension inférieurs ou égaux à 1 000 V en courant alternatif et 1 500 V en courant continu.

En basse tension, la DLVR est confondue avec la distance minimale d'approche (DMA).

- Zone de voisinage renforcé
- Zone de voisinage renforcé HT

La zone de voisinage renforcé en haute tension, appelée zone 2, est comprise entre la distance limite de voisinage renforcé (DLVR) et la distance minimale d'approche (DMA), ou la distance minimale d'approche corrigée (DMAC) lorsqu'elle est spécifiée.

- Zone de voisinage renforcé BT

La zone de voisinage renforcé en basse tension, appelée zone 4, est comprise entre la distance limite de voisinage renforcé (DLVR), confondue avec la distance minimale d'approche (DMA), et la pièce nue sous tension sans contact.

III-2-5. DISTANCE MINIMALE D'APPROCHE

La distance minimale d'approche dans l'air (DMA) permet de définir les limites extérieures des zones 3 et 4.

Cette distance limite, déterminée à partir d'une pièce nue sous tension, est la somme de la distance de tension et de la distance de garde.

Le chef d'établissement peut définir une distance minimale d'approche corrigée (DMAC) supérieure à la DMA. Dans ce cas, les valeurs de la DMAC se substituent aux valeurs de la DMA. La DMAC est particulièrement utilisée en haute tension.

NOTE : Dans tout le texte, il est fait référence uniquement à la DMA.

En haute tension le risque d'amorçage de l'arc électrique augmente avec la tension.

La distance minimale d'approche DMA est une grandeur établie à partir de :

- La **distance de garde** permettant à l'opérateur de rester concentré sur son travail sans trop se soucier de la distance par rapport aux pièces nues sous tension. Cette distance est respectée en BT comme en HT. Elle est de 0,3 m en BT et 0,5 m en HT.
- La **distance de tension** correspond à la distance minimale à assurer sans risque d'arc. Elle s'applique en HT. Elle est estimée à $0,005 \times U$.

U en kV, soit 5 mm pour 1000 V dans l'air en absence de protection.

La DMA est la somme des 2 distances ci-dessus

III-2-5-1 DISTANCE DE TENSION (t)

En courant alternatif, cette distance est donnée par la formule :

$$t = 0,005 \times Un$$

Où:

- t est la DISTANCE DE TENSION exprimée en mètres ;
- Un est la valeur de la tension nominale exprimée en kV.

Le résultat de cette formule est arrondi au décimètre le plus proche.

La valeur de la distance de tension t peut être majorée en HTB pour tenir compte de l'altitude, des conditions atmosphériques, des surtensions lors des manœuvres, etc.

NOTE : Si l'opérateur est à un potentiel différent de celui de la terre, cette distance de tension, utilisée comme distance de travail, doit être modifiée en conséquence.

En courant continu, les distances de tension sont calculées comme en courant alternatif. Pour les valeurs de tension inférieures ou égales à 1 500 V, cette distance est nulle. Pour les valeurs de tension supérieures, on prendra les distances retenues pour les tensions alternatives de même niveau.

III-2-5-2.DISTANCE DE GARDE (g)

Cette distance a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent du respect de la distance de tension et de lui permettre ainsi de consacrer toute son attention à l'exécution de son travail, tout en parant aux conséquences de gestes involontaires.

Cette distance g est conventionnellement prise égale à :

- 0,30 m pour les domaines de tension BT et TBT ;
- 0,50 m pour le domaine de tension HT.

Pour les valeurs de tension nominales les plus courantes, les valeurs de t , de g et de la DMA sont indiquées dans le Tableau (III.2).

Tableau III .2. Distance Minimale d'Approche

Tension nominale U_n en kV	Distance de tension t en m	Distance de garde g en m	Distance minimale d'approche entre une phase et un opérateur au potentiel de la terre DMA en m
0,4	0 (*)	0,30	0,30
1	0 (*)	0,30	0,30
15	0,10	0,50	0,60
20	0,10	0,50	0,60
30	0,20	0,50	0,70
63	0,30	0,50	0,80
90	0,50	0,50	1,00
150	0,80	0,50	1,30
225	1,10	0,50	1,60
400	2	0,50	2,50
(*) Sans contact			

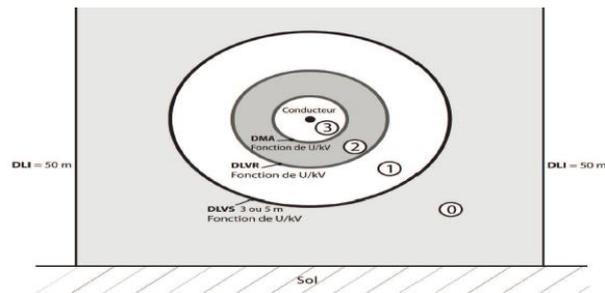
III-2-6. ZONE DE VOISINAGE BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS (B.TP)

Dans le domaine du bâtiment et des travaux publics, le risque d'accrocher une ligne électrique aérienne et la difficulté d'apprécier les distances à partir d'un engin élévateur font que les données des FOLIOS 4A et 4B sont modifiées.

- La zone de voisinage B.TP est de 3 m pour une tension supérieure à 50 V, puis de 5 m au-delà de 50 kV.
- Pour les câbles enterrés, la distance minimale de fouille est portée à 1,50 m.

III-2-7. ZONE DES TRAVAUX SOUS TENSION EN HAUTE TENSION

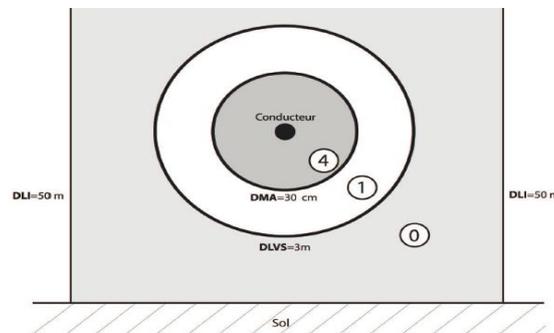
La zone de travaux sous tension en haute tension, appelée zone 3, est comprise entre les pièces nues sous tension et la distance minimale d'approche (DMA), ou la distance minimale d'approche corrigée (DMAC) lorsqu'elle est spécifiée.



Légende :

Zone 0	zone d'investigation
Zone 1	zone de voisinage simple
Zone 2	zone de voisinage renforcé en haute tension
Zone 3	zone des travaux sous tension en haute tension

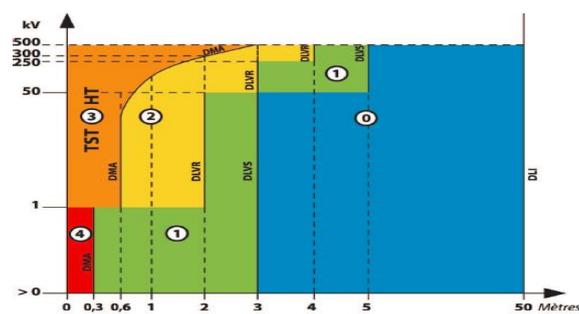
Figure III.2 : Zones autour d'un conducteur nu en champ libre en haute tension



Légende :

Zone 0	zone d'investigation
Zone 1	zone de voisinage simple
Zone 4	Zone de voisinage renforcé en basse tension

Figure III.3 Zones autour d'un conducteur nu en champ libre en basse tension



Légende :

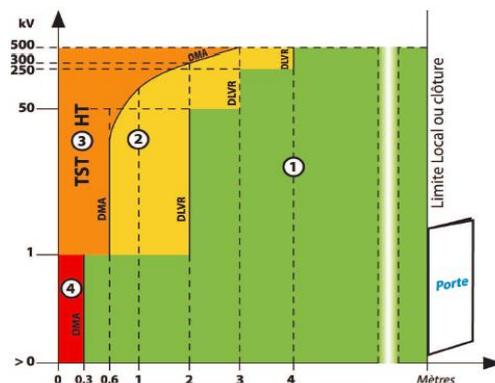
Zone 0	zone d'investigation
Zone 1	zone de voisinage simple
Zone 2	zone de voisinage renforcé en haute tension
Zone 3	zone des travaux sous tension en haute tension
Zone 4	zone de voisinage renforcé en basse tension

NOTE La valeur 0 Volt est exclue de la figure.

Figure III.4 : Zones en champ libre (courant alternatif)

III-2-8. DISTANCES LIMITES ET ZONES DEFINIES DANS LES LOCAUX ET EMBLEMENS D'ACCES RESERVE AUX ELECTRICIENS

Les zones définies dans les locaux et emplacements d'accès réservé aux électriciens sont les mêmes que celles du V.2 pour les zones en présence de pièces nues sous tension en champ libre avec, comme limite, la face interne du local ou de la clôture en lieu et place de la distance limite de voisinage simple (DLVS). Au-delà du local ou de la clôture, il n'y a pas de prescriptions vis-à-vis de l'ouvrage ou de l'installation situé à l'intérieur (il n'existe pas de zone 0).



Légende :

Zone 1	zone de voisinage simple
Zone 2	zone de voisinage renforcé en haute tension
Zone 3	zone des travaux sous tension en haute tension
Zone 4	zone de voisinage renforcé en basse tension

NOTE La valeur 0 Volt est exclue de la figure.

Figure III .5 : Zones à l'intérieur d'un local et emplacement d'accès réservé aux électriciens (courant alternatif)

III-3. OPERATION EN ZONE DE VOISINAGE :

III-3-1 CAS DES OPERATIONS EFFECTUEES DANS LE DOMAINE DE LA BASSE TENSION

Les opérations effectuées dans le domaine de la basse tension :

- La personne est habilitée **BxV ou BR**.
- La personne opère à moins de 30 cm de pièces nues sous tension. Dans le cas d'une **Intervention de connexion ou de mesurage**, le chargé d'intervention BR peut opérer au contact de câbles, barres ou bornes sous tension. Son outillage doit être conforme à ce degré d'opération
- La personne effectue un travail d'ordre non électrique, nécessitant par exemple le retrait des écrans le séparant des pièces sous tension ; elle doit être habilitée B0V.

- La personne effectue un travail d'ordre électrique, hors tension, sur un équipement ou une installation la plaçant en voisinage de pièces nues sous tension (BT) ; elle doit être habilitée B2V ou B1V et dans ce cas elle ne peut pas travailler seule.
- La personne effectue un travail sous tension au contact de pièces nues sous tension ; elle doit être habilitée B2T ou B1T et dans ce cas elle ne peut pas travailler seule.

Remarque : Une personne effectuant un nettoyage de pièces nues sous tension doit être habilitée [23]

BIN et doit se conformer aux règles des travaux sous tension.



Figure III .6 : opère à moins de 30 cm de pièces nues sous tension.

- La personne effectue un travail d'ordre non électrique, nécessitant par exemple le retrait des écrans le séparant des pièces sous tension ; elle doit être habilitée B0V.
- La personne effectue un travail d'ordre électrique, hors tension, sur un équipement ou une installation la plaçant en voisinage de pièces nues sous tension (BT) ; elle doit être habilitée B2V ou B1V et dans ce cas elle ne peut pas travailler seule.
- La personne effectue un travail sous tension au contact de pièces nues sous tension ; elle doit être habilitée B2T ou B1T et dans ce cas elle ne peut pas travailler seule.

Remarque : Une personne effectuant un nettoyage de pièces nues sous tension doit être habilitée

BIN et doit se conformer aux règles des travaux sous tension.

III-3-2.CAS DES OPERATIONS EFFECTUEES DANS LE DOMAINE DE LA HAUTE TENSION

Les opérations effectuées dans le domaine de la haute tension :

- En haute tension, les personnes travaillant en zone de voisinage doivent être habilitées au minimum **HxV**. Dans ce cas, elles ne doivent pas franchir la distance minimale d'approche ;
- Cette distance peut être respectée grâce à des outils appropriés.
- Ces opérations sont assurées sous la surveillance d'un *Surveillant de Sécurité Electrique habilité HxV*. [29]

III-4. ZONE D'ENVIRONNEMENT

Toute opération doit être précédée par une analyse de l'environnement visant notamment à s'informer de la présence et des caractéristiques des ouvrages ou des installations électriques visibles ou invisibles.

Cette analyse doit être réalisée à partir de la visite du chantier, de la collecte de renseignements et de documents (notamment réglementaires) auprès des exploitants, des propriétaires ou des utilisateurs des ouvrages ou des installations, ou, quand nécessaire, à partir de mesures complémentaires d'investigation. Elle conduit à envisager, au cas par cas, des possibilités de consignation, de mise hors tension ou de mise hors de portée des personnes vis-à-vis des pièces nues sous tension, par éloignement, par obstacle ou par isolation, du port des équipements de protection individuelle ainsi que des vêtements de travail.

A partir de cette analyse doivent être déterminées les zones d'évolution des personnes et les prescriptions qui s'y rapportent.

Dans chaque zone d'environnement, les activités opérationnelles, qu'elles soient, sont soumises aux prescriptions spécifiques à cette zone. [24]

III-4-1.DIFFERENTES ZONES D'ENVIRONNEMENT

III-4-1-1. ZONE 1

C'est la première zone soumise à prescriptions aussi bien pour les domaines HT que BT.

L'opérateur évolue en zone 1 lorsqu'il se trouve d'une part à une distance des pièces nues sous tension supérieure à la distance limite de voisinage (DLV) c'est-à-dire :

- 30 cm des pièces nues sous tension en BT (< 1000 V) ;
- 2 m des pièces nues sous tension en HT (< 50 kV) ;
- 3 m des pièces nues sous tension en HT (< 250 kV) ;
- 4 m des pièces nues sous tension en HT (> 250 kV).

Et d'autre part, dès le franchissement de la limite d'un local ou emplacement d'accès réservé aux électriciens (par exemple poste de transformation, armoire), ou hors de ces locaux ou emplacements réservés, dès que la distance par rapport aux pièces nues sous tension est inférieure à 3 m (tension inférieure à 50 000 volts).

Cas particuliers : ascension d'un pylône de ligne en conducteur nu quelle que soit la tension, l'opérateur pénètre en zone 1 dès qu'il débute l'ascension.

- Condition d'accès à la zone 1

Le personnel doit être désigné par l'employeur et être :

- Soit habilité pour le domaine de tension ;
- Soit non habilité ou titulaire d'une habilitation non adaptée au domaine de tension et, dans ce cas, il doit :
- Recevoir une consigne écrite ou verbale ;
- Être surveillé en permanence par une personne habilitée et désignée à cet effet, sauf si la limite de voisinage est matérialisée.

III-4-1-2. ZONE 2

Cette zone est définie pour le domaine haute tension (> 1 000 volts). Elle est appelée zone de voisinage.

Elle est comprise entre :

- D'une part la distance minimale d'approche (DMA) calculée par la formule suivante :

$$\text{DMA} = 0,005 \text{ Un} + g$$

Un : tension en kilovolts

g : distance de garde fixée à 0,50 m

La DMA ne peut être inférieure à 0,60 m ;

- D'autre part la distance limite de voisinage (DLV) ayant pour valeur :
- 2 m pour les tensions inférieures ou égales à 50 kV ;
- 3 m pour les tensions intérieures ou égales à 250 kV ;
- 4 m pour les tensions supérieures à 250 kV.

❖ Conditions générales d'accès à la zone 2

- Le chargé de travaux ou le surveillant de sécurité doit recevoir une autorisation de travail ;
- Une consigne particulière ou instruction permanente de sécurité (IPS) doit être signifiée aux exécutants. Ce document écrit peut figurer sur l'autorisation de travail.
- Le personnel doit être désigné et autorisé à travailler au voisinage de la haute tension ;
- La zone de travail doit être délimitée.

❖ Travaux d'ordre électrique en zone 2

- Habilitation : H1 minimum avec autorisation de voisinage (H1V) ;
- Délimitation de la zone de travail par le chargé de travaux (H2V).

Dans le cas d'une entreprise intervenante, l'inspection préalable commune devra préciser les limites de la zone de travail et le balisage des voies d'accès.

Si le personnel s'approche de la DMA, la surveillance permanente doit être assurée par le chargé de travaux (H2V) ou un surveillant de sécurité (H0V minimum).

Le décret du 14 novembre 1988 prescrit à l'article 51 l'obligation, dans cette zone, d'une surveillance permanente par une personne avertie des risques présentés par ce type d'installation, désignée à cet effet et qui veille à l'application des mesures de sécurité prescrites.

❖ **Travaux d'ordre non électrique en zone 2**

- Si le personnel est habilité H0V minimum : La procédure des travaux d'ordre électrique sera appliquée ;

❖ **Si le personnel est non habilité :**

- Un surveillant de sécurité (H0V minimum) doit être désigné, il doit recevoir l'autorisation de travail et la signer, il assure la surveillance permanente des opérateurs ;
- La délimitation de la zone de travail doit être réalisée suivant les modalités définies par la consigne particulière ou l'IPS établie par l'employeur.

III-4-1-3. ZONE 4

Cette zone est définie pour le domaine basse tension BT < 1 000 volts.

Elle est comprise entre les pièces nues sous tension et la distance limite de voisinage (DLV) ayant pour valeur 30 cm.

Dans cette zone 4, les opérations sont réalisées suivant les règles :

- Soit des travaux sous tension (TST) nécessitant des habilitations spécifiques ;
- Soit des interventions ;
- Soit des travaux au voisinage.

- Conditions générales d'accès à la zone de voisinage BT (zone 4)

- Le chargé de travaux ou le surveillant de sécurité doit recevoir une autorisation de travail ;
- Une consigne particulière ou une IPS doit être signifiée aux exécutants, ce document écrit peut figurer sur l'autorisation de travail ;
- Le personnel doit être désigné et autorisé à travailler au voisinage de la basse tension ;
- La zone de travail doit être délimitée ;
- Toutes les dispositions doivent être prises pour éliminer les risques de contact fortuit (gants, tapis, isolants, outils...).

❖ **Travaux d'ordre électrique en zone 4**

- Habilitation : B1 mini avec autorisation de travailler au voisinage (B1V) ;
- Délimitation de la zone de travail par le chargé de travaux ;
- Le personnel doit être désigné pour le travail à effectuer ;
- Le personnel doit avoir reçu l'ordre d'exécution.

Dans le cas d'une entreprise intervenante, l'inspection préalable commune devra préciser les limites de la zone de travail et le balisage des voies d'accès.

Si le personnel d'exécution ne fait pas écran, un balisage doit interdire l'accès des pièces nues sous tension.

- Travaux d'ordre non électrique en zone 4

Le personnel peut être :

- Soit habilité B0V ;
- Soit non habilité et dans ce cas être surveillé en permanence par un surveillant de sécurité habilité B0V minimum.
-

Dans tous les cas, le chef de chantier (B0V minimum) ou le surveillant de sécurité doit avoir reçu et signé l'autorisation de travail.

La délimitation de la zone de travail sera effectuée suivant les modalités définies par la consigne particulière ou l'IPS établie par l'employeur. [24]

III-5. ZONE DE TRAVAIL ET BALISAGE

III-5-1. DEFINITIONS

- **Zone de travail** : Zone dans laquelle l'opérateur est amené à évoluer avec les outils et matériels qu'il manipule. Cette zone doit être balisée (délimitation matérielle), et seules les personnes autorisées et désignées pour le travail à effectuer peuvent pénétrer à l'intérieur de cette zone.
- **Balisage** : Délimitation matérielle d'une zone de travail à l'aide de banderoles, filets, etc.
- **Écran** : Obstacle conçu pour éviter l'approche ou le contact de pièces nues sous tension. Il peut également délimiter une zone de travail.

Il peut être réalisé en :

- Matériau conducteur mis à la terre ;
- Matériau non conducteur sans garantie isolante déterminée ;
- Matériau isolant ou isolé.

L'utilisation de ces écrans nécessite l'établissement de consignes d'emploi.

- **Protecteurs** : Dispositif constitué par une enveloppe isolante qui a des caractéristiques diélectriques contrôlées. Il est fixé sur les pièces nues sous tension. Les précautions d'emploi (humidité) et les tenues (mécaniques et diélectriques) doivent être précisées pour définir les conditions d'utilisation.

III-5-2. DELIMITATION DE LA ZONE DE TRAVAIL ET DU MATERIEL DE SIGNALISATION

V-5-2-1. VOIE D'ACCES A LA ZONE DE TRAVAIL

Si le trajet menant à la zone de travail passe à proximité d'éléments sous tension, le chemin sera signalisé à l'aide de barrières, chaînes, ruban de couleur ou similaire. La distance de sécurité légalement requise entre la zone et ces éléments devra être respectée.

La délimitation de la zone de travail se fera moyennant balisage de tout le périmètre.

Pour ce faire, utiliser des sphères, barrières, pieux, etc.; le ruban ou la chaîne utilisée devront être rouge-blanc. Si l'on utilise du ruban, celui-ci devra être placé à deux hauteurs différentes.

À l'intérieur de la zone de travail placer 1 cône/balise de 1 m. de hauteur, recouvert d'écriteaux sur toutes ses faces qui affichent la légende: "zone de travail".



Figure III.7. Zone de travail signalisée

- Balisage et la signalétique :

Indiquer la **Zone de travail** de manière claire et sans ambiguïté :

- Balisage de la zone de travail devenant une « zone infranchissable à toute personne non autorisée » : obstacle mobile – chaîne en plastique – bande de chantier – filets - barrières...
- Signalétique de travail : Ecriteaux informant du danger et de l'interdiction de pénétrer dans la zone de travail
- Signalétique de consignation : Macaron ou pancarte indiquant la condamnation d'un appareil de séparation: nom – date – heures ...

III-5-2-2. ENTREE ET SORTIE DE LA ZONE DE TRAVAIL

Dans la zone d'entrée/sortie de l'espace de travail, placer 2 cônes (porte d'accès à la zone de travail) de 1m. de hauteur. Les deux cônes seront reliés entre eux par une chaîne soutenant un écriteau (et la boîte) affichant la légende:

- Vu de l'extérieur de la zone de travail: "zone de travail + pictogramme de risque électrique".

- Vu de l'intérieur de la zone de travail: "ne pas quitter la zone de travail sans être accompagné par une personne Autorisée ou Qualifiée (consulter le Permis de travail dans la boîte) + pictogramme de risque électrique".

Dans la boîte accrochée à la chaîne, glisser le permis de travail correspondant (carte verte) qui devra y rester jusqu'à la fin des travaux.

III-6. INSTRUCTION PERMANENTE DE SECURITE

Document écrit permanent, établi par l'employeur à l'usage du chargé de travaux fixant pour un ou plusieurs types d'opérations :

- Les conditions d'exécution ;
- Les conditions de désignation, habilitation, surveillance du personnel ;
- Les conditions relatives au matériel et à l'outillage ;
- Les précautions à observer ;
- Les modalités des opérations.

Dans certains cas, l'IPS est appelé " consigne particulière ".

Pour répondre à des besoins répétitifs sur un ouvrage, la demande de travail hors tension peut être remplacée par une instruction permanente de sécurité (IPS).

Dans ce cadre, le Chargé de Travaux de l'entreprise réalise impérativement une consignation pour son propre compte sur l'installation terminale du client (pas de modification du schéma électrique du réseau d'ERDF).

L'IPS est formalisée par un document délivré par l'Employeur. Elle doit être conforme aux consignes de l'Exploitant. L'Entreprise peut récupérer une IPS type de l'Exploitant et l'adapter à sa situation.

Une fois validée par l'Exploitant, l'IPS est valable sur une période à définir.

III-7. MESURES DE SECURITE POUR LE MATERIEL ELECTRIQUE

La tension nominale du matériel électrique doit être en adéquation avec la tension d'alimentation.

La norme NF EN 61140 répartit les matériels électrotechniques en 4 classes en fonction de leur conception du point de vue sécurité :

- L'isolation entre les parties actives (normalement sous tension) et les parties accessibles (masses métalliques) ;
- La possibilité ou non de relier les parties métalliques accessibles à la terre. [28]

Tableau III.3 : Classes Des Matériels Electriques

Classes	Caractéristiques	Emploi	Symbole
0	Isolation principale. Pas de possibilité de relier les masses entre elles ou à la terre.	Utilisation interdite sur les lieux de travail	Pas de symbole
I	Isolation principale. Masses reliées entre elles et à la terre.	Utilisation possible sur les lieux de travail pour les machines fixes	
II	Isolation renforcée (ou double isolation). Masses non reliées à la terre.	Utilisation possible sur les lieux de travail pour les machines non fixes	
III	Alimentation en très basse tension de sécurité (TBTS) ou de protection (TBTP). Masses non reliées à la terre. Alimentation sécurisée (transformateur de sécurité).	Obligatoire sur les appareils portatifs, non fixes en milieu confiné humide ou mouillé	Indication de la tension nominale (maximale)

Selon la norme NF EN 61140

Les matériels électriques les plus utilisés dans les établissements industriels et tertiaires sont ceux de classe I et II.

III-7.1. DEGRES DE PROTECTION DU MATERIEL ELECTRIQUE

Les degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques de tension assignée inférieure ou égale à 72,5 kV sont définis par la norme française NF EN 60529.

Pour symboliser le degré de protection procuré par une enveloppe, il est fait usage des lettres « IP » (International Protection) suivies de 2 chiffres et d'une ou plusieurs lettres. Plus un chiffre du code IP est grand, meilleure est la protection.

- Degrés de protection IP des matériels électriques
-
- 1er chiffre (compris entre 0 et 6) : protection contre les corps solides ;
- 2e chiffre (compris entre 0 et 8) : protection contre l'eau ;
- Lettre additionnelle (A, B, C ou D) : accès aux parties dangereuses ;
- Lettre(s) supplémentaire(s) (H, M, S ou W) : informations supplémentaires spécifiques

Exemple : signification du degré de protection « IP 34 C »

- IP : « Appareil protégé contre » ;
- 3 : « La pénétration de corps solides d'un diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm »
- 4 : « La pénétration des projections d'eau (dans toutes les directions) » ;
- C : « Les contacts directs avec un outil d'un diamètre de 2,5 mm et de 100 mm de long »

Le degré de protection contre les chocs mécaniques est symbolisé par le code IK.

CODE I.K. : La normalisation attribue un indice de protection symbolisé par les lettres IK suivies de deux chiffres qui permettent de vérifier l'aptitude du matériel à résister à un impact mécanique nuisible.

III-8. ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI)

Le Chargé d'Exploitation ou le Chargé de Travaux veillent à l'état des équipements et de l'outillage. Ils remettent aux Exécutants un EPI en bon état. Par ailleurs, l'exécutant, qui veille à sa propre sécurité ne se dégage pas pour autant de ses responsabilités.

Dispositif ou moyen destiné à être porté par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa sécurité ou sa santé.

Le matériel de protection doit être conforme aux prescriptions de la réglementation et aux normes en vigueur quand elles existent.

La protection individuelle ne peut être envisagée que lorsque toutes les autres mesures d'élimination ou de réduction du risque électrique s'avèrent insuffisantes ou impossibles à mettre en œuvre.

Les conditions de mise en œuvre, le choix et l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) sont définis par l'employeur après analyse du risque, en suivant les principes généraux de prévention.

Les EPI et les vêtements de travail doivent être appropriés au risque, ainsi qu'aux conditions et caractéristiques particulières du travail, compte tenu de l'état de la technique et des possibilités existant sur le marché.

- **Casque de protection**

Souvent obligatoire au sein d'une entreprise industrielle ou d'un chantier.

Protection contre les chocs mécaniques, mais également contre les chocs électriques lors de travaux ou d'interventions dans une armoire électrique (jeux de barres..), dans une enceinte conductrice exigüe (défaut masses métalliques), sur une ligne aérienne BT.

Ce casque à pour but de protéger la tête contre les risques de contacts directs avec des pièces nues sous tension.

Pour la basse tension, les casques isolants font l'objet d'un marquage réglementaire et d'un marquage normatif conformes à la norme NF EN 50365.

En haute tension, les casques isolants font l'objet d'un marquage réglementaire mais pas d'un marquage normatif. Ils font l'objet d'un marquage du fabricant suivant leur spécification technique.

On reconnaît un casque basse tension répondant aux exigences de sécurité aux points suivants : le marquage CE, la classe 0, le double triangle et la référence à la norme NF EN 50365.

- Il doit être utilisé chaque fois qu'il y a risque de chute ou de heurt.
- Il doit être conforme à la norme NF EN 397 Août 2000.

L'emploi, l'entretien, le stockage, la vérification et les limites d'utilisation de ces casques doivent tenir compte des prescriptions de la notice d'instructions du fabricant.

- **Gants isolants**

Adaptés à la tension, en bon état, jamais réparés, contrôlés avant chaque utilisation.

Obligatoires pour tout travail ou intervention en zone de voisinage.

Les gants sont de bonne taille et recouvrent correctement les avant-bras.

Ces gants ont pour but de protéger les mains contre les risques de contact direct avec des pièces nues sous tension.

Il existe des gants isolants sans protection mécanique et des gants composites avec protection mécanique (ces derniers comportent un symbole particulier, deux types de gants font l'objet d'un marquage réglementaire et d'un marquage normatif conformes à la norme NF EN 60903.

Les gants sont classés et repérés en fonction de leur tension maximale d'emploi :

- Ils doivent être adaptés à la tension des installations ou équipements sur lesquels sont effectués les travaux ou interventions.
- Ils doivent être vérifiés avant chaque emploi (ne pas présenter de trous ou de déchirures).
- Ils doivent être rangés dans les boîtiers ou sachets de protection.
- Ils doivent être conformes à la norme NF EN 60903 Novembre 1997 (depuis Octobre.

- **Équipement de protection oculaire et faciale**

Cet équipement a pour but de protéger les yeux et la face, notamment contre les causes d'accidents suivantes :

- Projections de particules solides de basse énergie (symbole F - bille de diamètre 6 mm à 45 m/s) ; de moyenne énergie (symbole B d'une - bille de diamètre 6 mm à 120 m/s) ; de haute énergie (symbole A - bille de diamètre 6 mm à 190 m/s) ;
- Arc électrique, de 12 kA max à 400 V 50 Hz, d'une durée d'1 s, caractérisé par le symbole 8 ;
- Emission d'UV et classe optique de niveaux 2-1,2 ou 3-1,2 (numéro des échelons des filtres Ultra Violet).

Les écrans faciaux sont classés en fonction de leur niveau de protection pour chaque effet cité ci-dessus.

L'opérateur doit utiliser une protection oculaire et faciale en rapport avec les risques inhérents à son opération.

On reconnaît une protection oculaire et faciale répondant aux exigences essentielles de sécurité aux points suivants : marquage CE, référence à la norme NF EN 166. Dans le système de codification propre à la norme NF EN 166, le chiffre 8 représente la protection contre l'arc électrique.

L'emploi, l'entretien, le stockage, la vérification et les limites d'utilisation de ces écrans doivent tenir compte des prescriptions de la notice d'instructions du fabricant.

Les lunettes, tout en protégeant l'œil, ne remplissent pas les exigences essentielles de sécurité pour les électriciens BT.

- **Lunettes anti-UV :**

- Contre l'effet de l'arc électrique sur les yeux, les projections de matière en fusion lors d'un court-circuit.
- Obligatoires pour tout travail ou intervention en zone de voisinage.
- Dans des zones à haut risque (fort courant de court-circuit), les lunettes sont remplacées par une visière anti-projection. Cette dernière peut quelquefois faire office d'écran anti-UV.

- **Habillement**

- L'opérateur doit porter une tenue adaptée aux arcs électriques et projections de matière en fusion.
- L'habillement recouvre tout le corps (col fermé, manches longues, ensemble boutonné).

- **Grimettes ou étriers à grilles**

- Les pointes des grimettes pour poteaux bois doivent être acérées.
- Tous défauts des parties métalliques ou autres doivent entraîner une réparation ou le rebut.

La conformité du matériel à la norme NF S 71-012 est requise.

- **Chaussures isolantes**

Même en matière isolante les chaussures dites de sécurité ne peuvent être considérées comme efficaces contre le choc électrique via la terre (perforation sournoise par objet métallique pointu..)

Ces chaussures ont pour but d'isoler l'opérateur du sol, afin qu'il ne soit pas traversé par un courant électrique venant d'un retour à la terre par les pieds, en cas de contact direct ou indirect.

En basse tension, les chaussures isolantes font l'objet d'un marquage réglementaire et d'un marquage normatif conformes à la norme NF EN 50321.

En haute tension, il existe des bottes isolantes protégeant contre la tension de pas ou la tension nominale. Elles font l'objet d'un marquage réglementaire, mais pas d'un marquage normatif. Elles font l'objet d'un marquage du fabricant fonction de leur spécification technique.

L'emploi, l'entretien, le stockage, la vérification et les limites d'utilisation de ces chaussures doivent tenir compte des prescriptions de la notice d'instructions du fabricant. [30]



Figure III.8 : Equipements de protection individuelle pour les travaux sous basse tension

III-9. PROTECTIONS COLLECTIVES ET L'OUTILLAGE

Les équipements de protection collective ont pour fonction principale de protéger d'un danger particulier n'importe quelle personne dans un système de travail, en lui laissant un espace de liberté. Cette protection est durable.

- **Écrans, grillages de protection et protecteurs isolants**

Les écrans sont des obstacles de non-franchissement en :

- Matériau isolant ou isolé ;
- Matériau conducteur mis à la terre ;
- Utilisation de nappe isolante ou d'écran isolant rigide lors d'une intervention afin d'isoler l'opérateur des pièces nues sous tension (exemple : opération en hauteur sur conducteurs nus).
- Sur certains coffrets de distribution le retrait des écrans place l'opérateur en zone de voisinage. Il est alors conseillé de ne retirer que les écrans nécessaires à l'opération.

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

D'autres systèmes de protection isolants consistent, pour les tableaux de distribution à basse tension, de contrôle ou de comptage, ainsi que pour les câbles souterrains, en des nappes isolantes vinyliques éventuellement maintenues par des pinces en bois, des tapis isolants (NF C 18-420).

Pour les réseaux aériens, ce sont des profilés isolants pour les conducteurs (NF C 18-425) et des capuchons isolants pour les isolateurs qui permettent de mettre le ou les opérateurs à l'abri des contacts électriques, sans préjudice des mesures de protection individuelles à prendre dans le cas de travaux sous tension. Pour isoler les extrémités de conducteurs isolés ou protégés, en attente de mise en place sur les appareils de jonction, lors de raccordement sous tension, il est recommandé d'employer de petits capuchons protecteurs isolants adaptés à la section du câble. [26]

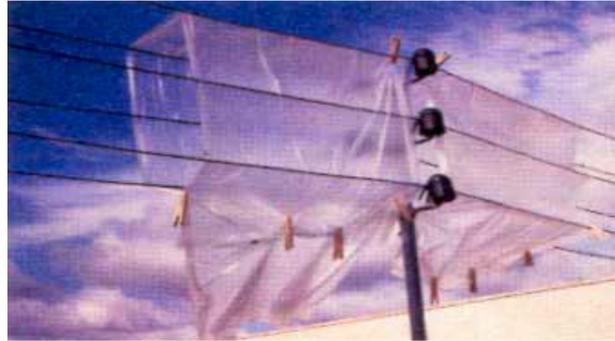


Figure III.9. Nappes, capuchons et pinces

- **Matériel de condamnation des appareils**

Il est nécessaire, en vue d'un travail hors tension sur une machine (une installation électrique), de procéder à la coupure des circuits électriques afin de séparer de toute source possible de courant la partie de l'ouvrage (de l'installation) sur laquelle on doit travailler

Quand l'opérateur s'est assuré que la coupure a été correctement effectuée, phase par phase y compris le neutre et les circuits auxiliaires le cas échéant, il procède à la condamnation en position d'ouverture de cet (ces) appareil(s) par verrou ou cadenas personnel et appose une pancarte très lisible portant une inscription telle que « Appareil condamné – Défense de manœuvrer ».

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).

- **Outillage isolant ou isolé à main pour travaux électriques BT**

Un outil isolant à main est conçu pour ne pas mettre son utilisateur en contact avec une partie conductrice et pour empêcher la formation d'arc électrique lors des opérations électriques.

Un outil isole à main est conçu pour ne pas mettre son utilisateur en contact avec une partie conductrice et pour limiter la formation d'arc électrique lors de leur utilisation.

Un outil isolant ou un outil isole a main ne fait pas l'objet d'un marquage réglementaire, mais d'un marquage normatif conforme à la norme NF EN 60900.

On reconnaît un outil isolant ou un outil isole a main pour les opérations électriques BT répondant aux exigences essentielles de sécurité aux points suivants : le double triangle, l'information « 1 000 V », la date de fabrication et la référence à la norme NF EN 60900.

- Dispositifs mobiles de mise à la terre et en court-circuit (MALT et CCT)

Ils sont mis en place pour protéger le personnel contre :

- Un renvoi de tension,
- Les surtensions atmosphériques,

- Les phénomènes d'induction.
-
- Mise en œuvre
- La MALT et COT se tait au plus près du chantier ;
- L'opérateur s'assurera du bon état du dispositif ;
- Ce dispositif doit être d'un modèle spécialement étudié pour que l'opérateur reste isolé des parties actives (utilisation de perche isolante adaptée à la tension) ;
- **L'opérateur doit dans l'ordre :**

1. Fixer l'étau de terre en assurant un bon contact :

- Aux masses existantes sur le lieu de travail ;
- Ou à un piquet métallique enfoncé dans le sol.

2. dérouler les conducteurs du dispositif ;

3. fixer les pinces de contact sur les conducteurs à l'endroit où à lieu la VAT avec des outils ou perches isolantes (en BT des pinces peuvent être placées à la main si l'opérateur porte des gants isolants).

- Entretien et vérification périodique des dispositifs MALT et CCT

Tous les ans :

- Graisser la visserie des étaux et des pinces ;
- Remplacer le câble lorsque le contrôle visuel du câble de cuivre n'est plus possible au travers de la gaine ;
- Reprendre les connexions si nécessaire (brins coupés) ;
- Vérifier le serrage des connexions.

- **Balisage des zones**

- Le repérage des zones de travail sur et autour des ouvrages lors de travaux et interventions nécessitent un balisage ;
- Les indications et divers signaux doivent être placés à des emplacements adéquats par un chargé de travaux ou un chargé d'interventions ;
- L'entrée dans une zone de travail doit être clairement délimitée ;

- **Ce balisage est réalisé par :**

- Des barrières,
- Des banderoles,
- Des pancartes

- Signaux et pancartes

Les informations, avertissements et interdictions nécessaires à la sécurité du travail sont de deux types :

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

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

Des pancartes complémentaires rectangulaires peuvent apporter des précisions aux signaux précédents.

Ces signaux et pancartes ont fait l'objet de l'arrêté du 4 novembre 1993.

Les outils, le matériel, les équipements de travail et les vêtements de travail mis à la disposition du personnel par l'employeur doivent :

- Respecter la réglementation et l'état de l'art qui les concernent (marquage CE, conformité aux normes, prescriptions de conception) ;
- Etre adaptés aux opérations à réaliser ;
- Etre utilisés en respectant les notices d'instructions de leurs fabricants ;
- Etre entretenus conformément aux notices d'instructions de leurs fabricants et aux instructions de sécurité de l'établissement ;
- Etre vérifiés conformément aux exigences réglementaires en vigueur, aux notices d'instructions de leurs fabricants et aux instructions de sécurité de l'établissement,



L'échelle isolante cadenas de consignation Les perches isolantes

Figure III .10-a : Outils isolants

- Echelles

Les échelles Isolantes lorsque l'opérateur rentre en zone de voisinage.

- Perches :

Du domaine HT :

- Perches isolantes de commande d'appareils ;
- Perches isolantes pour montage des conducteurs de mise à la terre ;
- Perches de mesure. [28]



Figure III .10-b : Outils isolants

III-10. EQUIPEMENTS INDIVIDUELS DE SECURITE (EIS)

- **Tapis isolants et tabourets**
- Les tabourets utilisés en BT ou en HT sont adaptés aux domaines de tension.
- En cas d'intervention au voisinage de la BT, placer un tapis isolant pour protéger l'opérateur d'un éventuel contact «corps - terre».



Figure III.11. Tapis isolants

- **Tabouret isolant**

Un tabouret isolant a pour but d'isoler l'opérateur du sol, afin qu'il ne soit pas traversé par un courant électrique, en cas de contact direct ou indirect.

Le tabouret isolant ne fait pas l'objet de marquage réglementaire ni d'un marquage normatif, mais d'un marquage du fabricant fonction de sa spécification technique (référence du fabricant, tension nominale d'utilisation, etc.).

L'emploi, l'entretien, le stockage, la vérification et les limites d'utilisation de ce tabouret isolant doivent tenir compte des prescriptions de la notice d'instructions du fabricant.

Les tabourets isolants doivent être adaptés à la tension nominale des ouvrages ou des installations qui motivent leur emploi.

Avant l'emploi d'un tabouret isolant, il faut s'assurer de sa stabilité et de son état de propreté. Il faut se placer bien au centre du tabouret pour avoir une bonne stabilité.



Figure III.12. Tabouret isolant

- **Vérificateur d'absence de tension (VAT)**
- Vérifier leur fonctionnement et les maintenir en bon état.
- Les appareils de mesurage ne sont pas des VAT et vice versa.
- En BT les gants isolants sont obligatoires s'il y a risque de contact avec des pièces nues sous tension.

La conformité du matériel aux normes NF EN 61243-3 Mai 2000 en BT et NF EN 61243-1 Novembre 1997 et NF EN 61243-2+A1 en HT est requise.

Pour assurer l'entretien périodique annuel des VAT, il faut remplacer les piles et vérifier le détecteur.



Figure III.13 : Vérificateur d'absence de tension en BT

- Tresse de mise en court-circuit et a la terre des conducteurs actifs : **MALT – CC**

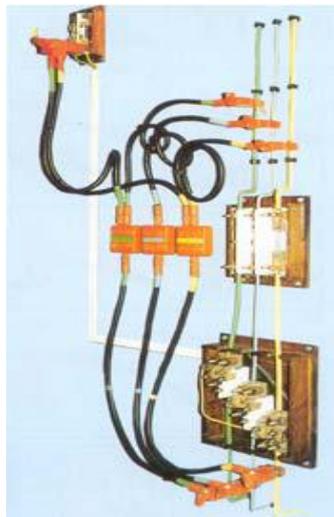


Figure III.14 : Tresse de mise en court-circuit et a la terre des conducteurs actifs

- Utiliser le macaron de consignation, Utiliser des cadenas et des étiquettes de consignation
- **Outils isolants**

Ils sont conçus pour ne pas mettre son utilisateur en contact avec une partie conductrice et pour limiter la formation d'arc électrique.

- Ils doivent être adaptés à la tension des installations sur lesquelles on effectue les travaux ou interventions ;
- Ils doivent être en parfait état.

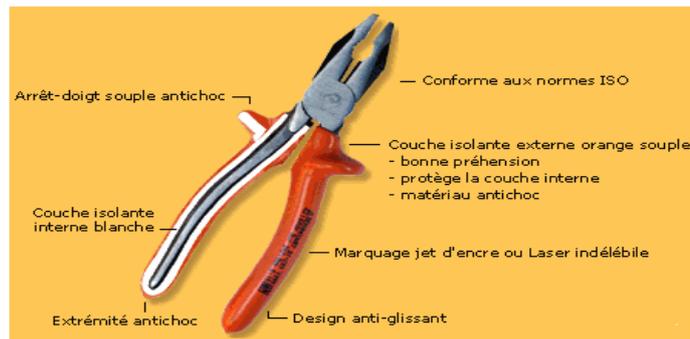
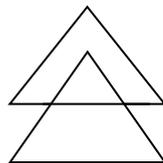


Figure III.15 : Outils isolant

Ils doivent être remplacés dès que la couche blanche devient visible.

C'est un matériel à isolation renforcée, 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.

Symbole outillage :



III-11. EQUIPEMENTS COLLECTIFS DE SECURITE (ECS)

Les équipements de protection collective (EPC) sont des dispositifs techniques qui isolent un danger des personnes potentielles exposées à ce même danger. Le recours à un EPC protège toute personne se trouvant à proximité du danger. C'est une grande différence qui le distingue d'un équipement de protection individuelle, lequel n'est destiné qu'à protéger individuellement le travailleur qui le porte contre des dommages.

La fonction principale des équipements de protection collective consiste à réduire à un niveau acceptable les risques auxquels les travailleurs sont exposés.

Les équipements de protection collective ont une ou plusieurs des fonctions suivantes:

- Eviter l'accès à une zone de danger: veiller à ce que des personnes ou des parties du corps (les mains, par exemple) ne puissent se trouver à un endroit dangereux;
- Recueillir les matériaux, éléments et liquides projetés;
- Réduire les émissions de bruit, de rayonnement, de produits dangereux, de poussière, de gaz, ...
- Eliminer le danger avant que la zone de danger soit atteinte.

Par exemple: les capots de protection des parties mobiles des machines, les enceintes de confinement des sources de bruit, les garde-corps bordant les échafaudages et les installations d'aspiration de substances dangereuses.

Le plus important est que les travailleurs reçoivent les instructions et formations nécessaires pour utiliser de manière correcte et en toute sécurité les équipements de protection collective mis en place au sein de l'entreprise. Ce n'est qu'à cette condition que la sécurité dans l'environnement de travail pourra s'améliorer et qu'il sera possible de réduire le nombre d'accidents de travail et de situations dangereuses.

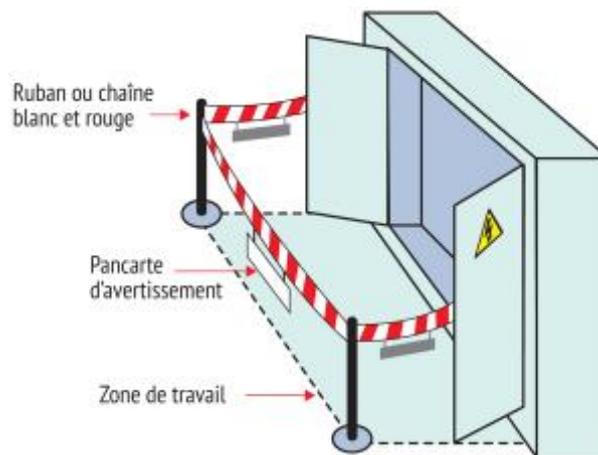


Figure III .16 : Balisage

V-12. CONCLUSION

Au cours d'opérations de quelque nature que ce soit, le personnel peut être amené à s'approcher de pièces nues sous tension.

Pour tenir compte des risques résultant de cette éventualité, la notion d'environnement a été introduite. Des zones précises ont été définies parmi lesquelles apparaît la zone de voisinage. Ces zones et les règles particulières d'accès font l'objet du présent fascicule.

Pour la définition de ces zones, on ne prendra en compte que les pièces nues sous tension ne répondant pas aux critères d'inaccessibilité définis par l'indice de protection des obstacles soit :

- Pièces accessibles en basse tension (BT) $IP < IP\ 2x$,
- Pièces accessibles en haute tension (HT) $IP < IP\ 3x$.

Il est préférable, dans la mesure où aucun impératif d'exploitation ou de sécurité n'existe, d'éliminer les risques liés au voisinage de pièces nues sous tension en procédant :

- Soit à la consignation de l'ouvrage,
- Soit à la mise hors de portée par éloignement, isolation ou interposition d'obstacles.

Dans les cas où les risques ne peuvent être supprimés, il sera tenu compte de la présence éventuelle dans le voisinage d'installations de caractéristiques et de tensions différentes.

Les mesures de prévention à mettre en œuvre seront celles prévues pour la zone la plus contraignante.

***Chapitre IV : Opérations du domaine de la basse
tension.***

Chapitre IV : Opérations du domaine de la basse tension.

IV-1. INTRODUCTION

En basse tension et en exploitation normale, la tension réelle d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage peut excéder de 10 % au maximum sa valeur nominale, sans que cela entraîne une modification du domaine de tension.

Le travail sous tension est une opération d'ordre électrique, au cours de laquelle un opérateur :
Entre en contact avec des pièces nues sous tension en basse tension ou en haute tension ;
Pénètre dans la zone de travail sous tension en haute tension, soit avec des parties de son corps, soit par l'intermédiaire d'outils, de matériels, de matériaux conducteurs ou d'équipements.

Il existe d'autres opérations d'ordre électrique en basse tension au cours desquelles l'opérateur entre délibérément en contact avec des pièces nues sous tension, mais qui ne sont pas considérées comme des travaux sous tension.

La réalisation des travaux sous tension impose de se prémunir, notamment contre les risques d'électrisation et de court-circuit.

IV-2. MANŒUVRES

Les manœuvres sont des opérations d'ordre électrique effectuées sur des ouvrages ou des installations pour en modifier l'état. Les manœuvres comprennent les manœuvres d'exploitation, les manœuvres de consignation et les manœuvres d'urgence.

Les manœuvres sont, soit incluses dans le cadre des travaux, des interventions BT ou des opérations spécifiques, soit réalisées par des personnes réalisant uniquement des manœuvres.

Pour effectuer les manœuvres, l'opérateur qui n'est pas titulaire d'une habilitation pour opérations d'ordre électrique du domaine de tension appropriée doit être habilité symboles BE manœuvre ou HE manœuvre.

IV-2-1. MANŒUVRES D'EXPLOITATION

Les manœuvres d'exploitation réalisables par une personne habilitée symboles « BE »

Les manœuvres ou « HE » Manœuvre ont pour but soit:

- La modification de l'état électrique d'un ouvrage ou d'une installation électrique, dans le cadre du fonctionnement normal ;
- La mise en marche, le réglage ou l'arrêt d'un équipement, y compris le réarmement d'un relais de protection;
- Le branchement ou le débranchement d'équipements amovibles spécialement prévus pour être connectés ou déconnectés sans risques ;
- La mise en marche ou l'arrêt de matériels.

Les manœuvres d'exploitation peuvent être effectuées localement ou à distance par des personnes qualifiées ayant reçues une consigne, habilitées ou non habilitées selon l'appareillage à manœuvrer.

Remarque : Une habilitation minimale de B1V sera requise si la manœuvre se situe dans un local réservé aux électriciens BT, en présence d'un appareillage d'un niveau de protection inférieure à IP2x

Le personnel réalisant des manœuvres d'exploitation électrique, soit sous la responsabilité du chef d'établissement ou du charge d'exploitation électrique, soit sous la responsabilité d'un responsable de processus industriel, doit être titulaire d'une habilitation aux opérations d'ordre électrique appropriée au domaine de tension et aux conditions d'environnement électrique ou titulaire d'une habilitation symboles BE Manœuvre ou HE Manœuvre.

Il peut être non habilité, si les trois conditions suivantes sont réunies :

- L'appareillage à manœuvrer n'est pas situé dans un local ou emplacement d'accès réservé aux électriciens ou sur un tableau électrique ;
- Les risques inhérents à l'opération sont éliminés par construction (indice de protection de code IP2X en BT ou IP3X en HT) ;
- Le personnel est formé pour manœuvrer le type d'appareillage concerné.

IV-2-2.MANŒUVRES D'URGENCE

Imposées par les circonstances pour la sauvegarde des personnes. La manœuvre d'urgence ne nécessite ni habilitation ni autorisation.

Ce paragraphe ne concerne pas les dispositifs de coupure d'urgence conçus à cet effet.

Les manœuvres d'urgence peuvent être effectuées par toute personne se trouvant sur les lieux d'un sinistre ou d'un accident, à condition que cette personne ait été formée en conséquence et que ses actes n'aggravent pas la situation.

La personne doit se protéger avec des équipements de protection individuelle et des vêtements de travail adaptés à la tension de service et avoir une habilitation adaptée à la zone d'environnement dans laquelle elle opère.

Les manœuvres d'urgence effectuées sur les réseaux de distribution publique sont réservées à du personnel qualifié agissant en connaissance de cause ou sous les ordres du chef d'établissement ou du charge d'exploitation électrique.

IV-2-3.MANŒUVRES DE CONSIGNATION

Les manœuvres de consignation ou de déconsignation d'un ouvrage ou d'une installation électrique, en vue de réaliser des travaux hors tension, doivent être effectuées par le chargé de consignation ou par un opérateur habilité qui agit sous son ordre.

La manœuvre de consignation est une opération effectuée par la **consignation** ou de **déconsignation**, la **réquisition** d'un réseau, d'une installation électrique ou d'un équipement électrique.

Les manœuvres de consignation peuvent se faire localement ou à distance par les personnes habilitées HC ou BC. [31]



Figure IV.1 : système de consignation

Le personnel qui réalise les manœuvres doit être soit :

- Soit habilité symboles BC ou HC, lorsqu'il est chargé de consignation ;
- Soit avoir une habilitation symboles a minima B1 ou H1, s'il réalise des manœuvres dans le cadre d'une consignation sur ordre du chargé de consignation ; le symbole d'habilitation est complété par la lettre V, s'il y a un risque de voisinage renforcé ;
- Soit être habilité, symboles BE Manœuvre ou HE Manœuvre, s'il réalise uniquement des manœuvres. Ces manœuvres sont réalisées dans le cadre d'une consignation et sur ordre du chargé de consignation.

IV-2-4.PROCEDURES DE CONSIGNATIONS ET DE DECONSIGNATIONS

Les procédures de consignations et de déconsignations consistent en :

- Consignations
- Consignation pour travaux
- Consignation en 2 étapes
- **Séparer** l'installation ou l'équipement de travail du réseau et de toute autre source d'énergie électrique.
- **Condamner l'appareil de séparation** en position d'ouverture par un dispositif de blocage (cadenas).
- **Identifier** l'arrivée, le départ et le câble allant vers le lieu de travail.
- Vérifier et court-circuiter
- **VAT** : vérification d'absence de tension ;
- **MALT-CC** : mise à la terre et encourt-circuit des conducteurs actifs.

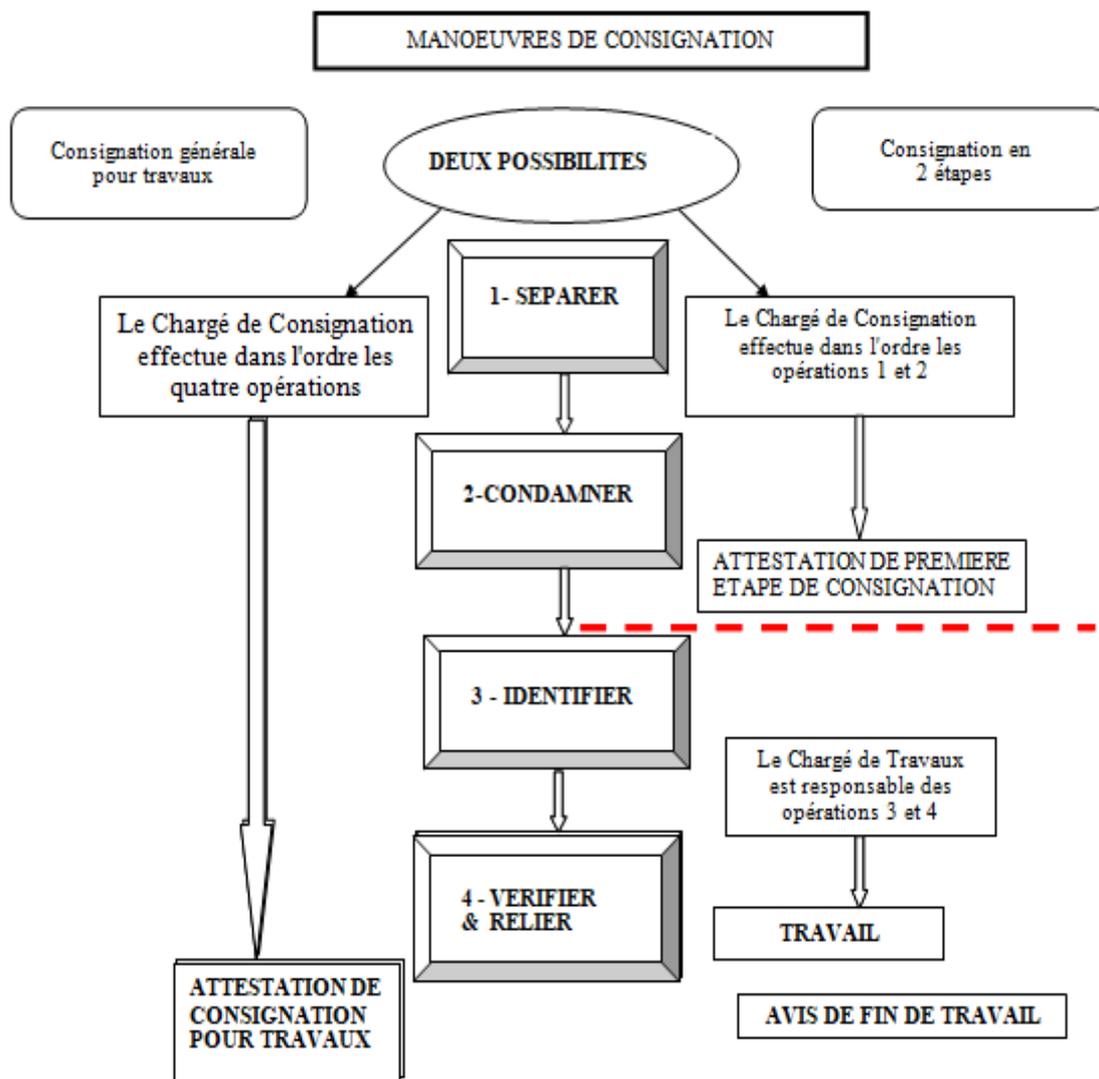


Figure IV.2 : Manœuvres de consignation

IV-2-4-1. SEPARATION

Effectuée au moyen d'organes prévus à cet effet sur tous les conducteurs actifs, neutre compris (sauf en TNC).

• La séparation doit être effectuée de façon certaine :
 Sur les ouvrages HT et BTB, la certitude de la séparation peut être obtenue :

- Par vue directe des contacts séparés ;
- Par enlèvement de pièces de contacts pour certains matériels spéciaux ;
- Par interposition d'un écran entre les contacts ;
- Par asservissement (électrique, mécanique,...) de très bonne qualité entre la position des contacts et celle du dispositif reflétant cette position.

En BTA, la certitude de la séparation peut également être obtenue par l'utilisation de dispositifs répondants aux prescriptions concernant les dispositifs de sectionnements décrits dans la norme NF C 15-100.

Pour toutes les tensions, la dépose de ponts, l'enlèvement de fusibles, le retrait d'une fiche de prise de courant constitue une séparation certaine.

- **Organes de séparation**

Les Organes de séparation sont :

- Sectionneurs,
- Prises de courant ou prises ou prises embrochables.

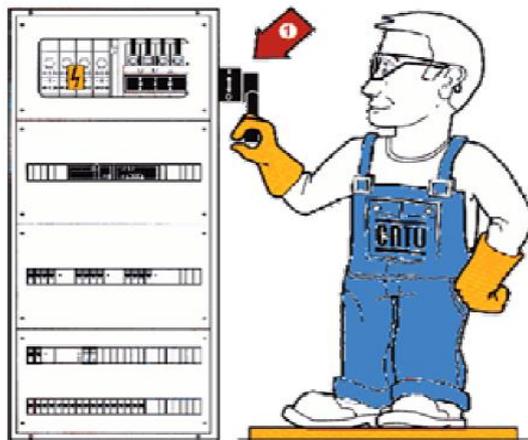


Figure IV.3 : Séparation

IV-2-4-2. CONDAMNATION

La condamnation a pour but d'interdire la manœuvre de l'organe de séparation Elle comprend:

- **Une immobilisation de l'organe** : Réalisée par un blocage mécanique (Utilisation d'un cadenas)ou dispositif offrant les mêmes garanties. ;
- **Une signalisation** : Indiquant que cet organe est condamné et ne doit pas être manœuvré ;
- **Exemple de signalisation** :La suppression d'une condamnation ne peut être effectuée que par la personne qui l'a effectuée ou par un remplaçant désigné.

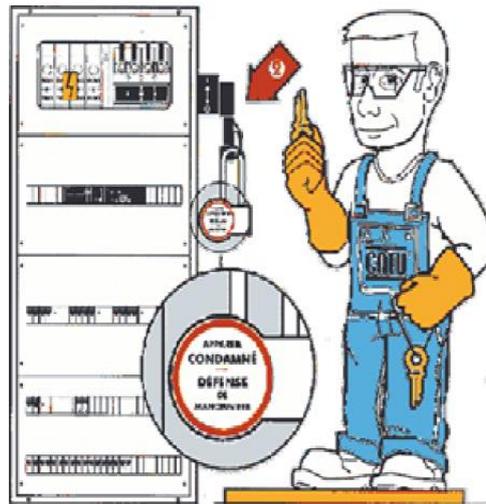


Figure IV.4 : Condamnation

- Pose d'une pancarte ou autre moyen d'affichage signalant l'appareil condamné. Elle comprend :
- Neutralisation de toutes commandes locales ou à distance ;
- Immobilisation : Blocage mécanique.

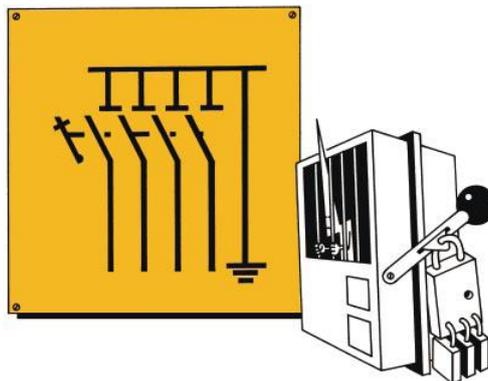


Figure IV.4 : Ouvrage de séparation

IV-2-4-3. IDENTIFICATION

L'identification de l'ouvrage a pour but d'être certain que les travaux seront effectués sur l'ouvrage séparé et dont les organes de séparation sont condamnés en position d'ouverture.

Cette identification sur place peut être basée sur :

- La connaissance de la situation géographique du chantier
- La consultation des schémas,
- La connaissance des ouvrages et de leurs caractéristiques,
- La lecture des pancartes, des étiquettes,
- L'identification visuelle.

Une fois l'identification réalisée, il y a lieu de la matérialiser sur l'ouvrage par un marquage, à moins que les mises à la terre et en court circuit ne soient visibles de partout dans la zone de travail ou qu'aucun risque de confusion n'existe.

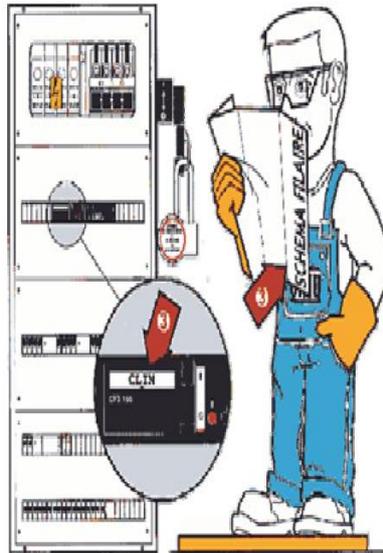


Figure IV .5 : Identification

IV-2-4-4. VERIFICATION D'ABSENCE DE TENSION (VAT)

Dans tous les cas, la vérification d'absence de tension (VAT) doit se faire aussi près que possible du lieu de travail, sur tous les conducteurs actifs. (y compris le neutre) à l'aide d'un dispositif spécialement conçu à cet effet et suivant la procédure suivante :

- Vérification du fonctionnement du vérificateur de tension ;
- VAT sur chaque conducteur actif ;
- Vérification immédiatement après du vérificateur de tension.

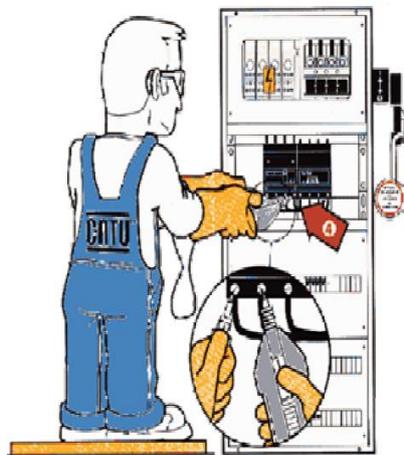


Figure IV.6 : Vérification d'absence de tension

IV-2-4-5. MISE A LA TERRE ET EN COURT CIRCUIT (MALT - MCC)

La mise à la terre et en court circuit n'est pas obligatoire en BTA sauf s'il y a :

- Risque de tension induite ;
- Présence de condensateurs ;
- Présence de câbles de grande longueur ;
- Risque de réalimentation.

La mise à la terre et en court circuit doit intéresser tous les conducteurs, y compris le neutre, et doit être réalisé de part et d'autre de la zone de travail.

La mise à la terre et court-circuit obligatoire en HT et BTB, mais dispensé en BTA s'il n'y a:

- Aucun risque de tension induite;
- Aucun risque de réalimentation automatique;
- Pas de condensateurs
- Pas de câble de grande longueur.

IV-2-5. DECONSIGNATION

Après réception de l'avis de fin de travail, le chargé de consignation doit :

- Déposer ou faire déposer les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait éventuellement posé.
- Retirer les matériels de protection ou de balisage posé à son initiative.
- Permettre à nouveau la manœuvre des organes de séparations.

Il peut effectuer lui-même ces opérations ou les faire effectuer sous sa responsabilité.

Il restitue l'ouvrage au chargé d'exploitation qui peut procéder alors à tous les essais, mesurages,

IV-3. INTERVENTIONS

IV-3-1. REGLES D'INTERVENTION

Opération nécessaire afin de remédier rapidement à un dysfonctionnement ou un défaut pouvant nuire à la sécurité des personnes et des matériels.



Figure IV.7 : Intervention de dépannage en basse tension

Lors de la recherche de défauts en présence de tension, certaines opérations peuvent être réalisées :

1- Mesurage des grandeurs électriques ; les intensités seront mesurées par l'intermédiaire de pinces ampère-métriques ;

2- Mise en place ou retrait d'un pont électrique entre 2 bornes de même polarité si $I < 50$ A, à l'aide d'un cordon muni d'un fusible HPC type gG ;

3- Branchement et débranchement sous tension (ou hors tension) d'un conducteur, sur un circuit bien protégé contre les courts-circuits, si $s \leq 6 \text{ mm}^2$ en puissance et $s \leq 10 \text{ mm}^2$ en commande. Les extrémités des conducteurs ainsi déconnectés seront isolées (bornes, bouchon...). [35]

IV-3-1-1. CRITERES GENERAUX D'UNE INTERVENTION « BT »

Une intervention « BT » est une opération d'ordre électrique simple du domaine BT ou TBT, de courte durée, effectuée sur un matériel électrique ou sur une partie de faible étendue d'une installation ou encore sur les annexes des ouvrages de transport ou de distribution d'énergie.

- générales

Les interventions BT générales sont limitées par les caractéristiques physiques des circuits sur lesquels elles sont autorisées. Elles sont réservées à des circuits répondant aux caractéristiques ci-dessous :

- Alimentés en BT ou TBT ;
- Protégés contre les courts-circuits par un dispositif de protection de courant assigné inférieur ou égal à 63 A, en courant alternatif, et inférieur ou égal à 32 A, en courant continu.

Pour les opérations de connexion/déconnexion en présence de tension, il n'est possible d'intervenir que sur des circuits protégés contre les surintensités et soumis à des tensions inférieures ou égales à 500 V, en courant alternatif, et 750 V, en courant continu, de section inférieure ou égale à 6 mm² cuivre (10 mm² aluminium) pour les circuits de puissance et à 10 mm² cuivre (16 mm² aluminium) pour les circuits de commande et de contrôle.

Sur les installations PV, les interventions BT générales sont autorisées sur les circuits continus non protégés contre les courts-circuits par un dispositif de protection. Les limites des sections, pour les circuits continus de puissance de ces installations, sont portées à 10 mm² cuivre (16 mm² aluminium), pour tenir compte des chutes de tension. Toute intervention BT générale qui ne répond pas aux critères généraux et aux critères ci-dessus doit être assimilée à un travail pour une opération spécifique.

- élémentaires

Les interventions « BT » élémentaires sont limitées par les caractéristiques physiques des circuits sur lesquels elles sont autorisées. Elles sont réservées à des circuits terminaux répondant aux caractéristiques ci-dessous :

- Alimentés sous une tension inférieure ou égale à 400 V, en courant alternatif, et 600 V, en courant continu ;
- Protégés contre les courts-circuits par des dispositifs de protection de courant assigné au plus égal à 32 A en courant alternatif, et inférieur ou égal à 16 A en courant continu ;
- De sections inférieures ou égales à 6 mm² cuivre (10 mm² aluminium) ;
- Disposant d'un organe de coupure qui assure la fonction de sectionnement et qui permet la mise hors tension dans des conditions de sécurité.

IV-3-1-2. REGLES S'APPLIQUANT A TOUTES LES INTERVENTIONS « BT »

- généralités

Un chargé d'intervention doit :

- avoir été désigné par son employeur ;

- recevoir une autorisation d'intervention délivrée par le chef d'établissement ou le chargé d'exploitation électrique, ou être autorisé à accéder à l'installation par la personne responsable de l'installation autorisant l'accès.

L'ensemble de ces dispositions doit être formalisé sur un bon de travail ou une solution équivalente qui vaut autorisation d'intervention.

Pendant l'intervention BT, un chargé d'intervention doit :

- Assurer sa sécurité, celle de son entourage et, le cas échéant, celle de son exécutant ;
- Disposer du matériel, de l'outillage et des équipements de travail et de protection individuelle adaptés à sa mission ;
- En fin d'intervention BT, remettre l'avis de fin d'intervention, rendre compte et signaler les réserves éventuelles.

Une intervention BT doit être réalisée par un charge d'intervention, dont l'habilitation est symbole BR pour les interventions BT générales, ou BS pour les interventions « BT » élémentaires.

- intervention BT dans des situations particulières
- Chez un particulier

Dans le cas d'une intervention BT chez un particulier, le charge d'intervention ayant seul la connaissance du risque électrique doit informer le particulier des étapes de son intervention BT dans lesquelles le risque électrique apparaît et, après échange, prendre les mesures nécessaires pour se protéger et protéger le particulier (la personne et les biens).

Le chargé d'intervention doit demander au particulier de l'autoriser à accéder aux installations, lui faire part de l'existence de risques particuliers et, le cas échéant, lui communiquer les dispositions ou les contraintes à respecter pour la coupure et le rétablissement du courant.

Le rôle du particulier se limite à autoriser l'accès, la consignation ou la mise hors tension et la remise sous tension, ainsi qu'à répondre aux questions posées par le charge d'intervention. Sauf dispositions particulières, la demande d'intervention BT faite par le particulier vaut autorisation d'accès. Dans ce cas, l'autorisation d'accès peut être verbale.

- Autres situations

Il arrive que l'intervention BT se déroule dans un local alors que le responsable de l'installation électrique n'est pas sur place ou que ce dernier, bien que présent, n'a pas les compétences pour assurer pleinement le rôle de chef d'établissement ou de charge d'exploitation électrique. Dans ce cas, le rôle de la personne chargée d'accueillir le charge d'intervention dans les locaux se limite à autoriser l'accès, la consignation ou la mise hors tension et la remise sous tension, ainsi qu'à répondre aux questions posées par le chargé d'intervention. Sauf dispositions particulières, la demande d'intervention BT faite dans ce cadre-là vaut autorisation d'accès. Dans ce cas, l'autorisation d'accès peut être verbale. [30]

IV-3-1-3. INTERVENTION « BT » GÉNÉRALE

Généralités :

Les interventions BT générales recouvrent les opérations de maintenance, de remise en état de fonctionnement, de mise en service partielle et temporaire, et les opérations de connexion et de déconnexion en présence de tension.

Ces interventions BT générales sont réalisées par une personne qualifiée, capable de gérer, en temps réel, l'enchaînement des tâches qu'elle réalise.

Un chargé d'intervention générale peut travailler, le cas échéant, avec un exécutant.

Le chargé d'intervention générale doit avoir une capacité d'analyse et la connaissance suffisante du fonctionnement de l'installation ou du matériel électrique sur lesquels il opère.

Cette connaissance doit résulter :

- D'un apprentissage et d'une pratique des types d'installations et matériels électriques considérés ;
- D'une consultation de documents et de schémas existants.

Une intervention « BT » générale doit faire l'objet, chaque fois que cela est possible, d'une préparation du travail. Cette préparation est obligatoire en cas d'intervention BT planifiée.

Elle est faite sur la base des renseignements fournis par le chef d'établissement ou le charge d'exploitation électrique. Elle doit être suivie d'une analyse de risque complémentaire sur place.

Le chef d'établissement ou le charge d'exploitation électrique fixe les limites de l'intervention BT générale. S'il n'existe pas de chef d'établissement ou de charge d'exploitation électrique, la personne autorisant l'accès communique tous les éléments en sa possession permettant au charge d'intervention de prendre en charge l'installation et de réaliser l'intervention BT dans les meilleures conditions.

Pour réaliser l'intervention « BT » générale, le charge d'intervention générale doit prévenir le risque électrique induit par la présence de toutes les pièces nues sous tension dans les 30 cm (zone 4), en éliminant le risque par consignation ou par isolation. Ce n'est qu'en cas d'impossibilité technique, que les interventions BT générales sont réalisées en présence de tension.

Le chargé d'intervention générale peut, pour son propre compte et, le cas échéant, pour son exécutant, réaliser les opérations de la consignation sans justifier d'une habilitation symbole BC, en suivant la procédure précisée à l'étape 2. A la fin de l'intervention BT générale, le charge d'intervention générale réalise les opérations de déconsignation et de remise en service.

Dans le cas où les interventions BT générales sont réalisées en présence de tension, elles doivent respecter les principes élémentaires de prévention du risque électrique des travaux sous tension.

Le chargé d'intervention générale met en œuvre les moyens de protection collective (mise en place d'écran, pose de nappe isolante, etc.) et individuelle qu'il juge nécessaires.

Le charge d'intervention générale doit disposer du matériel, de l'outillage, des équipements de travail, des équipements de protection collective, des équipements de protection individuelle et des vêtements de travail adaptés à sa mission, et notamment : des gants isolants, un écran facial, un dispositif de vérification d'absence de tension, des outils isolants ou isolés adaptés à sa mission, des nappes isolantes, des dispositifs de verrouillage.

Le matériel et l'outillage mis en œuvre doivent répondre aux exigences des normes les concernant, être contrôlés régulièrement et changés systématiquement dès qu'ils ne répondent plus à leurs exigences de sécurité.

Le cas échéant, le charge d'intervention générale analyse et gère les autres risques en liaison avec le chef d'établissement ou le charge d'exploitation électrique,

Lorsqu'il existe un voisinage HT, les prescriptions relatives à la zone de voisinage HT (zone 1 ou zone 2) où se trouve le charge d'intervention générale sont à appliquer. Le chargé d'intervention générale doit avoir l'habilitation correspondante.

En cas d'interruption temporaire d'une intervention BT générale, le chargé d'intervention générale prend les dispositions nécessaires pour interdire tout accès à des pièces nues sous tension, toute manœuvre et tout fonctionnement intempestifs. [24]

IV-3-1-4. PROCEDURE D'ACCES, DE SUIVI ET DE CONTROLE

Un chargé d'intervention générale doit être habilité symbole BR. Son titre d'habilitation doit préciser son périmètre d'intervention (par exemple, types d'installations).

La procédure d'accès, de suivi et de contrôle est appliquée par la personne autorisant l'accès à l'installation ou par le chef d'établissement ou le charge d'exploitation électrique. Elle doit :

- Préalablement à l'intervention BT générale, mettre en place un échange d'informations entre le charge d'intervention générale et la personne autorisant l'accès à l'installation ou le chef d'établissement ou le charge d'exploitation électrique sous une forme enregistrée qui vaut autorisation d'intervention ; cet échange doit, notamment, porter sur les descriptions de l'anomalie constatée, la partie de l'installation concernée, les circonstances de la découverte, les contraintes opérationnelles existantes ;
- En fin d'intervention BT, informer le chef d'établissement, le chargé d'exploitation électrique ou la personne ayant autorisé l'accès sur l'achèvement des travaux, l'état de l'installation et les réserves éventuelles.

IV-3-1-5. DEROULEMENT DES INTERVENTIONS BT GENERALES

L'intervention BT générale, dans le cas d'un dépannage, doit se dérouler suivant les trois étapes et en respectant les prescriptions correspondantes décrites ci-après :

- Etape 1 : Recherche et localisation des défauts ;
 - Etape 2 : Elimination des défauts, réparation ou remplacement de l'élément défectueux ou d'une partie du MATERIEL électrique ;
 - Etape 3 : Réglage et vérification du fonctionnement après réparation.
-
- étape 1: recherche et localisation des défauts

La recherche et la localisation des défauts sont précédées par une phase de recueil de l'information disponible. Cette phase fait notamment appel :

- Aux indications que fournit le responsable de l'installation ou le chef d'établissement ou le charge d'exploitation électrique sur la manifestation de l'anomalie, les particularités techniques et fonctionnelles de l'installation, les prescriptions de sécurité spécifiques de l'installation et l'existence éventuelle de procédures de dépannage ;
- A l'examen des plans et des schémas du dossier technique réglementaire à jour ;
- A la consultation de l'historique et des registres réglementaires de l'installation ;
- A l'examen de l'installation elle-même et, le cas échéant, aux connaissances acquises lors de la maintenance de cette installation.

La recherche et la localisation des défauts peuvent nécessiter la présence de tension, par exemple à l'occasion de :

- Contrôles de fonctionnement ;
 - Mesurages de grandeurs électriques ;
 - Opérations particulières dans la recherche de défauts ;
 - Connexions ou déconnexions de conducteurs.
-
- Contrôle de fonctionnement

Les contrôles de fonctionnement concernent, par exemple, le contrôle d'une phase, de la température de réglage d'un thermostat ou d'une fin de course.

- Mesure des grandeurs électriques

Les mesures électriques concernées telles que les mesures d'intensité, de tension, de puissance, de résistance, de résistance de prise de terre, de continuité, d'isolement.

Les mesures de grandeurs électriques entraînent pour les opérateurs, le plus souvent, le risque de s'approcher de pièces nues sous tension et de manipuler des appareils dont les connexions sont mises en contact avec des pièces nues sous tension, d'une valeur connue ou non connue, mais dont on estime l'ordre de grandeur.

Le personnel qui procède à une opération de mesure doit :

- Pouvoir identifier la zone d'environnement dans laquelle il réalise les mesurages et appliquer les mesures de protection qui s'y rapportent ;
- Utiliser les matériels, outillages et équipements de travail et les équipements de protection individuelle en respectant leurs prescriptions ;
- Utiliser du matériel adapté au type de mesurage à effectuer et aux tensions qui peuvent être rencontrées (par exemple, pointes de touche isolées) ;
- Vérifier, avant toute opération, le bon état du matériel de mesurage ;
- Veiller particulièrement au risque de court-circuit.

Il est interdit d'ouvrir des circuits alimentés par le secondaire d'un transformateur de courant dont le primaire est sous tension ou susceptible de l'être (courant induit, etc.). Si l'ouverture des circuits s'avère réellement nécessaire, les bornes secondaires du transformateur doivent être préalablement court-circuitées par un dispositif approprié (boîte à bornes d'essai, etc.).

- Opérations particulières dans la recherche de défauts

Des opérations particulières, telles que la suppression d'une protection, l'élimination temporaire d'un verrouillage électrique (par exemple, détecteur de position d'un élément mécanique) et le « forçage » manuel de relais ou de contacteur électromagnétiques visent notamment à s'affranchir, momentanément, d'une sécurité électrique. Elles ne doivent être exécutées qu'après examen des conséquences qu'elles peuvent engendrer et qu'après avoir pris les dispositions permettant d'éviter tout risque (par exemple, mise en mouvement, démarrage involontaire) pour les personnes et pour le matériel.

Dans le cas où il existe des procédures de recherche de défauts préparées à l'avance, elles doivent être appliquées.

A la fin de l'opération de recherche de défaut, le chargé d'intervention générale doit remettre en ordre les dispositifs sur lesquels il est intervenu, avant de poursuivre les autres étapes de l'intervention BT générale. Avant la fin de son intervention BT, il s'assure du bon fonctionnement des dispositifs sur lesquels il est intervenu.

- Mise en œuvre des opérations de connexion et déconnexion de conducteurs, de parties d'installation, de matériel électrique

La connexion et la déconnexion en présence de tension de conducteurs, de circuits, de parties d'installation, de matériel électrique entraînent pour les opérateurs le risque de s'approcher de pièces nues sous tension et de manipuler des outils mis en contact avec des pièces nues sous tension.

Elles sont autorisées sous réserve de respecter les conditions et les limitations ci-après :

- Mesurer ou évaluer l'intensité du courant dans le circuit avant de procéder à la connexion/déconnexion ;
 - Ne connecter ou déconnecter qu'un seul potentiel à la fois ;
 - Immédiatement après chaque déconnexion, isoler l'extrémité du conducteur au moyen d'un dispositif isolant approprié, tel que capuchon isolant.
 - Le personnel procédant à ces opérations doit :
 - Appliquer les mesures de protection qui se rapportent à la zone d'environnement dans laquelle il opère ;
 - Utiliser les matériels, outillages et équipements de travail et les équipements de protection individuelle en respectant leurs prescriptions ;
 - Vérifier, avant toute opération, le bon état du matériel sur lequel il doit opérer ;
 - Veiller particulièrement au risque de court-circuit.

Cas de pose et de dépose de ponts calibrés :

- Cette opération doit être effectuée à l'aide de cordons comportant en série un fusible type **gG** ayant un pouvoir de coupure minimal de 50 kA ; l'intensité nominale de ce fusible doit être adaptée au courant nominal du circuit ;
- Ces ponts doivent posséder des dispositifs de connexion à serrage par vis ; le cordon et ses extrémités doivent être adaptés aux intensités à transiter.
- Si les dispositifs sont à perforation d'isolant, cette connexion ne peut être réalisée qu'après consignation. L'usage de « pinces crocodiles » est interdit pour effectuer des ponts.
- étape 2 : élimination du (des) défaut(s), réparation ou remplacement de l'élément défectueux ou d'une partie du matériel électrique

Cette étape, composée de l'élimination du défaut, puis de la réparation ou du remplacement de l'élément défectueux ou d'une partie du matériel doit être effectuée après consignation.

Les opérations de la consignation et les modalités d'application.

Le chargé d'intervention générale à la qualification requise pour réaliser, dans le cadre de son intervention « BT », une consignation pour son propre compte, c'est-à-dire exclusivement pour lui-même ou pour son exécutant éventuel, en respectant les prescriptions ci-après :

- Pré-identification
- Séparation
- Condamnation
- Vérification d'Absence de Tension
- Mise à la terre et en court-circuit

En fin de l'étape 2, le chargé d'intervention générale, après déconsignation du matériel électrique ou de la partie d'installation, vérifie qu'il peut passer à l'étape 3 sans risque, ni pour les personnes, ni pour le matériel.

- étape 3 : réglages et vérification du fonctionnement du matériel électrique ou de l'appareil après réparation

Après la réparation, les réglages et la vérification du fonctionnement du matériel ou de la partie d'installation électrique peuvent nécessiter la remise sous tension du matériel électrique ou de la partie d'installation concernée.

Le chargé d'intervention générale doit s'assurer que les réglages ou les réparations répondent aux critères de fonctionnement du matériel électrique ou de l'installation sur lequel il opère. Il peut alors, au besoin, reprendre les opérations de contrôle, d'essais et de mesurage.

L'intervention « BT » générale est considérée comme terminée, si le matériel électrique ou la partie d'installation sur lequel il est intervenu fonctionne avec :

- Les organes affectés à la commande (boutons de commande, interrupteurs, etc.) ;
- Les réglages normaux (de course, de niveau, de température, etc.) ;
- Tous les dispositifs de protection mécanique et de verrouillage électrique, les sondes de température, etc., contribuant à la sécurité et capables d'assurer le service que l'on attend d'eux (surintensité, fin de course, contrôle de l'exécution de certaines fonctions)
- Remise en ordre des dispositifs de sécurité et des circuits modifiés ou supprimés, lors des opérations particulières.

Si après ces essais ou ces contrôles, il demeure des anomalies ou des dispositifs provisoires, le chargé d'intervention générale doit reprendre les étapes 1 et 2.

- étape 4 : fin de l'intervention « bt »

En fin d'intervention BT générale, le chargé d'intervention générale :

- Veiller à la remise en situation de service du matériel ou de la partie de l'installation, notamment à la fermeture des capots et des portes et à la remise en place de toutes les protections électriques et mécaniques qu'il a été conduit à ouvrir, déposer, démonter ;
- Remettre le matériel électrique ou la partie d'installation au responsable de l'installation ou au chef d'établissement ou au charge d'exploitation électrique ;
- Rendre compte de la nature des opérations effectuées, provisoire ou définitive, en suivant les instructions reçues et en utilisant les formulaires en usage dans l'établissement pour cette installation.

IV-3-1-6. INTERVENTION DE CONNEXION AVEC PRESENCE TENSION EN « BTA » OU EN « TBT ».

Une intervention de connexion a pour but :

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

Elle ne peut se faire que sur des conducteurs protégés contre les surintensités de sections limitées à :

- 10 mm² pour les circuits auxiliaires ;
- 6 mm² pour les circuits de puissance.

Cette limitation s'applique pour les conducteurs existants ainsi que pour ceux à brancher sur une borne ou un bornier.

Autrement dit :

- Possibilité de connecter ou de déconnecter des conducteurs maintenus sous tension sur des circuits protégés contre les surintensités ;
- Ce type d'intervention peut être effectué sans interruption de l'énergie électrique. Le Chargé d'Intervention se charge de prévenir le Chargé d'Exploitation de la fin de son opération et des modifications éventuellement apportées.

IV-3-1-7. INTERVENTION DE REMPLACEMENT DE FUSIBLES

Avant de procéder au remplacement d'un fusible, il convient de rechercher et d'éliminer la cause de la fusion.

Sauf cas particulier, le remplacement doit être assuré par des personnes habilitées, B1 ou B1V (sur consigne), ou BR.

En principe, les interventions de remplacement se font hors tension, par une personne habilitée, même en TBT s'il y a risque d'explosion.

En BTA et BTB, le remplacement d'un fusible se fait généralement hors tension après avoir éliminé la cause de sa destruction. Sous tension, le fusible ne peut être remplacé que si le support du fusible a été conçu à cet effet.

Certains types de remplacements ne présentant aucun risque de voisinage de tension BT, de court-circuit, d'explosion avec projection de matière, peuvent être accordés à ***une personne désignée et non habilitée.***

Le remplacement de lampe ou de fusibles, avec présence de tension, sans risque électrique particulier.

Soit Le rôle du Chargé d'Intervention :

En tant que Chargé d'Intervention, Il habilité BR et désigné par mon employeur.

- Il effectue les opérations de consignation nécessaires à mon intervention.
- Il veille à ma propre sécurité et assure la sécurité des tiers et des exécutants contre tous les risques discernables.
- Il contrôle mes appareils de mesures et vérifie l'état de mes outils. Ils sont en bon état et en conformité.
- Il porte l'EPI (Equipement de Protection Individuelle) afin de me protéger contre les chocs électriques. J'utilise un tapis isolant ou un tabouret.
- Je délimite mon emplacement de travail et je dispose d'un poste stable et dégagé.
- Ma connaissance approfondie des équipements me permet une intervention rapide, efficace en toute sécurité.

IV-4. TRAVAUX HORS TENSIONS

IV-4-1. PERSONNAGES

Les personnes impliquées lors de travaux hors tension sont :

- **Chef d'établissement ou chargé d'exploitation**

Il est responsable de l'accès aux ouvrages.

Après avoir étudié les différents travaux, il prend des dispositions correspondant aux travaux hors tension et les notifie aux intéressés :

- Il organise les opérations ;

- Il désigne les chargés de consignation (B2V BR) ;
 - Il désigne dans certains cas le chargé de travaux (B2V) ;
 - Il détermine le rôle de chacun ;
 - Il veille à l'application des consignes ;
 - Il doit former et habilitier son personnel.
-
- **Chargé de consignation.**

Il a été désigné par le chargé d'exploitation ou chef d'entreprise.

Il est responsable de la séparation de l'ouvrage d'avec ses sources de tension et de la condamnation des organes de séparation.

L'identification, la vérification d'absence de tension, la mise à la terre et en court-circuit sont réalisées sous la responsabilité du chargé de consignation dans le cas d'une consignation pour travaux ou sous la responsabilité du chargé de travaux dans le cas de consignation en deux étapes.

Selon le cas, le chargé de consignation remplira une attestation de consignation pour travaux ou une attestation de première étape de consignation qu'il donnera au chargé de travaux.

A la fin des travaux, après avoir reçu l'avis de fin de travail du chargé de travaux, le chargé de consignation pourra effectuer la "déconsignation".

- **Chargé de travaux B2(V).**

Il assure la direction des travaux et prend les mesures de sécurité nécessaires en veillant à leur application. Il peut travailler seul ou avoir la responsabilité d'exécutants.

Il est responsable de la sécurité sur le chantier

Avant le début des travaux le chargé de travaux doit s'assurer :

- Que le travail a été clairement défini ;
- Que tous les risques, électriques ou non, ont été analysés ;
- Que les exécutants possèdent les habilitations adéquates ;
- Que les exécutants disposent du matériel de protection et de sécurité nécessaire ;
- Qu'aucun n'exécutant ne présente de signe de défaillance.

Avant d'entreprendre le travail le chargé de travaux doit :

- Avoir reçu du chargé de consignation l'attestation de consignation pour travaux ou l'attestation de première étape de consignation (APEC) qu'il doit lire et signer ;
- Identifier l'installation (consignation en deux étapes) ;
- Vérifier l'absence de tension et réaliser, si nécessaire, la mise à la terre et en court-circuit (consignation en deux étapes) ;
- Effectuer la délimitation de la zone de travail ;
- Désigner éventuellement des surveillants de sécurité ;
- Informer les exécutants de la nature des travaux, des précautions à respecter, des limites de la zone de travail, du point de rassemblement aux interruptions et à la fin du travail ;
- Donner des ordres pour le commencement des travaux.

Pendant les travaux le chargé de travaux doit :

- Veiller à l'application des mesures de sécurité
- Assurer la surveillance de son personnel
- Veiller à la bonne exécution du travail

- Veillez au bon emploi de l'outillage et du matériel de sécurité.

A la fin des travaux le chargé de travaux doit :

- S'assurer de la bonne exécution du travail et de l'enlèvement de tous les outils ;
- Rassembler le personnel au point convenu et lui signifier l'interdiction définitive de tout nouvel accès à la zone de travail ;
- Effectuer le retrait des mises à la terre et en court-circuit posées par lui-même (consignation en deux étapes) ;
- Remettre au chargé de consignation l'avis de fin de travail.

- **Exécutant B0(V) ou B1(V)**

Après en avoir reçu l'ordre, il effectue des travaux d'ordre non-électrique ou électrique, hors tension, hors zone ou en zone de voisinage, selon sa qualification professionnelle et son degré d'habilitation.

L'exécutant veille à sa propre sécurité. Il suit les instructions temporaires ou permanentes, orales ou écrites, fournies par le Chargé de Travaux. Il porte l'équipement de protection individuelle, travaille à l'aide d'outils adaptés et respecte la limite de la zone de travail.

L'exécutant B1 :

Il est sous la responsabilité du Chargé de travaux ou du Chargé d'Intervention. Il peut effectuer quelques interventions élémentaires telles que le remplacement de protections, le réglage d'appareils de protection, le mesurage d'intensité par l'intermédiaire d'une pince ampère-métrique ou d'une tension au voltmètre.

Il peut également effectuer des manœuvres d'exploitation.

Si les opérations se situent dans un LRE, en zone de voisinage de la basse tension, on ne pourra employer, pour des travaux d'ordre électrique hors tension, qu'une personne habilitée B1V

Il doit veiller à sa propre sécurité :

- Suivre les instructions du chargé de travaux ;
- N'entreprendre un travail que s'il en a reçu l'ordre ;
- Respecter les limites de la zone de travail et les dispositions de sécurité ;
- Porter l'équipement de protection individuelle ;
- N'utiliser que du matériel adapté au travail à effectuer (outils et outillage) ;
- Vérifier le matériel et les outils avant utilisation.

- **Surveillant de sécurité**

C'est une personne ayant une connaissance approfondie en matière de sécurité et désignée par l'employeur pour surveiller les exécutants pendant l'exécution d'opérations au voisinage de pièces nues sous tension et les prévenir s'ils s'approchent ou risquent de s'approcher dangereusement de ces pièces. [32]

Il doit être habilité B0 minimum pour les mêmes ouvrages que ceux concernés par les dites opérations.



Figure IV.8 : Personnes habilitées B1V

IV-4-2. TRAVAUX EN BT / TRAVAILLEURS CONCERNES

IV-4-2-1. TRAVAUX D'ORDRE NON ELECTRIQUE HORS TENSION ET HORS VOISINAGE

Travaux qui concernent d'autres parties d'ouvrage électrique, non liées directement à la sécurité électrique (gaines, enveloppes, chemins de câbles, etc...) ou ne requérant pas de l'exécutant une formation technique en électricité (maçonnerie, peinture, nettoyage, etc...).

Travaux effectués dans un Local Réservé aux Electriciens du domaine de la Basse Tension.

L'installation électrique ou l'équipement électrique considéré a été **consigné pour travaux**; aucune pièce nue sous tension n'est alors accessible.

Les travaux sont d'ordre mécanique, de nettoyage ou de peinture, de maçonnerie, de menuiserie, etc.

Ils sont effectués par des professionnels de ces corps de métier, HABILITES B0.

IV-4-2-2. TRAVAUX D'ORDRE ELECTRIQUE HORS TENSION ET HORS VOISINAGE

Travaux qui concernent pour un ouvrage électrique (installation, équipement ou machine) les parties actives, leurs isolants, les conducteurs de protection et de mise à la terre des masses et autres parties conductrices des matériels et dont l'exécution requiert de l'exécutant une formation technique en électricité.

Travaux effectués dans un Local Réservé aux Electriciens du domaine de la Basse Tension.

L'installation électrique ou l'équipement électrique considéré a été **consigné pour travaux** ; aucune pièce nue sous tension n'est alors accessible.

Les travaux d'ordre électrique comprennent la pose de câbles et de canalisations électriques, l'assemblage et le montage de matériels électriques en coffrets, armoires, boîtiers,..., le câblage des équipements, les connexions aux ouvrages électriques.

Les personnes habilitées aux travaux d'ordre électrique sont **HABILITEES B1 ou B2**.

A la fin des travaux, les essais se feront **hors voisinage** si la personne n'est pas habilitée BxV ou BR.

Une consigne doit être portée à la connaissance des exécutants.

Elle peut être :

- Une instruction permanente de sécurité IPS pour les travaux répétitifs ;

- Une consigne particulière de précautions à prendre lors du travail, fournie par le chargé de Travaux avant le début d'exécution.



Figure IV.9 : Personnes habilitées B1 ou B2

IV-4-2-3. TRAVAUX AU VOISINAGE DE LA BASSE TENSION

Travaux effectués dans un Local Réservé aux Electriciens du domaine de la Basse Tension. L'installation électrique ou l'équipement électrique considéré a été consigné pour travaux. Par nécessité, ce type de travail laisse des pièces nues sous tension directement accessibles (jeu debarres, bornes de puissance,...).

Les personnes habilitées aux travaux d'ordre électrique en zone de voisinage de la basse tension sont **HABILITEES B1V ou B2V**.

IV-4-3. PROCEDURE POUR TRAVAIL HORS TENSION

La mise hors tension est une procédure qui ne comprend pas toutes les étapes de la consignation et qui doit être accompagnée de mesures compensatoires.

- **Objet et champ d'application de la mise hors tension**

La mise hors tension est autorisée pour des opérations d'ordre non électrique dans l'environnement de canalisations isolées, lorsque la consignation n'est pas techniquement possible sans destruction de la canalisation.

La mise hors tension permet de réduire le risque électrique. Elle n'est pas suffisante pour garantir la sécurité des personnes. Elle doit, obligatoirement, être accompagnée de mesures compensatoires déterminées à partir de l'analyse du risque électrique.

- **Déroulement d'une mise hors tension**

Une mise hors tension comprend obligatoirement la pré-identification, suivie des opérations 1 (séparation) et 2 (condamnation) d'une consignation. Ces opérations sont réalisées en se conformant à toutes les dispositions des titres précédents qui les concernent.

La mise hors tension peut être accompagnée par des mesures complémentaires, telles que :

- La vérification d'absence de tension, si elle est techniquement réalisable ;
- L'identification par tous les moyens appropriés.

- **Remise sous tension après mise hors tension**

Pour la remise sous tension, les dispositions pertinentes de la déconsignation des précédents titres s'appliquent.

Avant la mise hors tension :

- Déterminer avec l'exploitant la date et l'heure de la coupure de courant. L'informer de la durée des travaux.

Au point de séparation de la source de courant :

- Séparer la source de l'ouvrage de travail selon la procédure de consignation ;
- Faire la vérification d'absence de tension VAT ;
- Condamner tous les appareils susceptibles de ramener de l'énergie dans la zone Consignée ;
- Faire la mise à la terre et en court-circuit des conducteurs actifs. Cette mise à la terre est obligatoire en BT comme en HT. Elle est exigée en BTA lorsqu'il y a risque de tension induite, de câble de grande longueur, de risque de réalimentation (groupe électrogène, onduleur), de présence de condensateurs.
- **EVENTUELLEMENT**: Rédaction de l'attestation de première étape de consignation.

Au point de travail :

- Faire la vérification d'absence de tension VAT ;
- Faire la mise à la terre et en court-circuit des conducteurs actifs en AMONT et en AVAL du point de travail en BTA comme en BTB dans le cas des risques mentionnés ci-dessus ;
- Rédaction de l'attestation de consignation pour travaux ;
- Déterminer la zone de travail et la baliser en zone infranchissable à toute personne non autorisée. Par la suite le travail est autorisé.

En fin de travail :

- Rédaction d'un Avis de Fin de Travail ;
- Procéder aux opérations de déconsignation, de remise en état, de remise en énergie et transmettre les informations au Chargé d'Exploitation.

IV-4-4. TRAVAUX EXTERIEURS ET CONDITIONS ATMOSPHERIQUES

N'entreprendre aucun travail sur un ouvrage électrique extérieur en cas de très mauvaises conditions atmosphériques (forte pluie, brouillard épais, vent violent), surtout en cas d'orage.

Eventuellement terminer l'opération en cours pour raison de sécurité.

Pour les ouvrages situés à l'intérieur des bâtiments, le travail hors tension peut être entrepris et achevé quelles que soient les conditions atmosphériques, sauf en cas d'orage.

En cas d'orage, lorsque l'ouvrage est alimenté exclusivement par un câble souterrain, le travail peut être effectué.



Figure IV.10 : Travaux sous conditions atmosphériques

IV-4-5.DOCUMENTS (DIFFERENTES ATTESTATIONS)

Les Tableaux VI.1 et VI.2 ci-après, suivant le type d’opération hors tension, donnent le ou les documents qui sont échangés entre le charge de consignation et le charge de travaux ou le charge de chantier avec, dans certains cas, une action de la part du chef d’établissement ou du charge d’exploitation électrique.

Tableau IV.1 : Documents attestant la consignation – Cas des travaux d’ordre électrique

Type d’opération hors tension	Emetteur	Document	Récepteur
Travaux hors tension sur l’ouvrage ou l’installation	Chargé de Consignation	Attestation de consignation en une étape ou Attestation de première étape de consignation	Chargé de travaux

Tableau IV.2 : Documents attestant la consignation ou la mise hors tension d’un ouvrage ou d’une installation – Autres cas

Type d’opération hors tension		Emetteur	Document	Intermédiaire	Document	Récepteur
Opération après consignation dans l’environnement des pièces nues ou dans l’environnement des canalisations isolées	Concourant à l’exploitation et à la maintenance	Chargé de Consignation	Attestation de consignation en une étape	Chargé d’exploitation électrique	Autorisation de travail	Chargé de travaux ou chargé de chantier
	Pour tiers				Certificat pour tiers après consignation	Chargé de chantier
Opération dans l’environnement de canalisations isolées après mise hors tension	Concourant à l’exploitation et à la maintenance	Chargé de Consignation	Attestation de mise hors tension	Chargé d’exploitation électrique	Autorisation de travail	Chargé de travaux ou chargé de chantier
	Pour tiers				Certificat pour tiers après mise hors tension	Chargé de chantier

Tableau IV.3: Attestation de consignation pour travaux

ATTESTATION DE CONSIGNATION POUR TRAVAUX	
N°	ETABLISSEMENT: EXPLOITATION: □ □ □
<p>Le Chargé de Travaux, M. habilitation: des Etablissements ou Service: est chargé de l'exécution des travaux suivants: sur l'ouvrage ci-après:</p>	
<p>Le Chargé de Consignation, M. tél: atteste qu'en vue de l'exécution de ces travaux il a consigné :</p>	
<p><i>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.</i></p>	
Dispositions particulières:	
<p>L'avis de fin de travail devra être rendu au plus tard le àhmin. Le délai de restitution des installations en cas d'urgence est dehmin.</p>	
<p>Attestation délivrée le àhmin au Chargé de Travaux qui s'engage à respecter les prescriptions de sécurité en vigueur.</p>	
<p>Signatures ou Numéro de message</p>	<p style="text-align: right;">Le Chargé de Consignation</p> <p style="text-align: right;">Le Chargé de Travaux</p>

Tableau IV.4: Attestation de première étape de consignation

ATTESTATION DE PREMIERE ETAPE DE CONSIGNATION	
N° ETABLISSEMENT: EXPLOITATION:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1 - Le Chargé de Consignation :	
NOM : EXPLOITATION: tél:	
2 - autorise, sous réserve du chapitre 4, le Chargé de Travaux:	
NOM: EXPLOITATION ou ENTREPRISE:	
à accéder à l'ouvrage ci-après::	
<u>DESIGNATION DE L'OUVRAGE:</u>	
pour y effectuer les travaux suivants:	
<u>NATURE DES TRAVAUX:</u>	
A cet effet:	
3 - Le Chargé de Consignation certifie qu'il a pris les dispositions suivantes:	
- Séparation de l'ouvrage des sources de tension:.....	<input type="checkbox"/>
- Condamnation en position d'ouverture des organes de séparation:.....	<input type="checkbox"/>
4 - Le Chargé de travaux déclare connaître ou avoir reconnu l'ouvrage mis hors tension et la zone de travail et s'engage à prendre, préalablement aux travaux, les dispositions suivantes:	
- Identification de l'ouvrage:.....	<input type="checkbox"/>
- Vérification d'absence de tension:.....	<input type="checkbox"/>
- Vérification d'absence de tension et mise en court-circuit:.....	<input type="checkbox"/>
- Vérification d'absence de tension et mise à la terre et en court-circuit aux points suivants.....	<input type="checkbox"/>
- Délimitation de la zone de travail:.....	<input type="checkbox"/>
5 - Dispositions particulières du Chargé de Consignation	
- Identification de l'ouvrage en présence du Chargé de travaux:.....	<input type="checkbox"/>
- Vérification d'absence de tension et pose de mises en court-circuit ou mises à la terre et en court-circuit aux points suivants:.....	<input type="checkbox"/>
Heure normale prévue pour la restitution de l'ouvrage:	<input type="checkbox"/>
Délai de restitution de l'ouvrage (en cas d'urgence):.....	<input type="checkbox"/>
6 - DATE, HEURE, SIGNATURES	
Le Chargé de Consignation	Le Chargé de Travaux

Tableau IV.5 : Avis de fin de travail d'Autorisation de travail

AVIS DE FIN DE TRAVAIL					
Le chargé de travaux, <input type="checkbox"/> le chargé de chantier, <input type="checkbox"/> le chargé d'opération spécifique <input type="checkbox"/> ou le chargé d'intervention <input type="checkbox"/> M de l'Etablissement ou de l'Entreprise avise M..... chargé d'exploitation électrique que les opérations ou travaux aux lieux et emplacements désignés ci-dessus sont terminés le A..... h min, et que son personnel a été rassemblé et informé de la fin du travail..					
Signatures ou numéro des messages			L'émetteur de l'avis :		
			Le récepteur de l'avis :		
AVIS D'INTERRUPTION DE TRAVAIL ET RESTITUTIONS SUCCESSIVES DE L'AUTORISATION DE TRAVAIL					
Le chargé de travaux, <input type="checkbox"/> le chargé de chantier, <input type="checkbox"/> le chargé d'opération spécifique <input type="checkbox"/> ou le chargé d'intervention <input type="checkbox"/> avise le chargé d'exploitation électrique que son personnel a été rassemblé et informé de l'interruption de travail. Il déclare :					
<ul style="list-style-type: none"> - que les travaux sont interrompus momentanément, - qu'il a enlevé les dispositifs de sécurité et autres matériels placés par ses soins, - qu'il ne reprendra les travaux qu'après être rentré en possession de l'autorisation de travail physiquement ou par échange de messages. 					
Remise de l'avis d'interruption du travail			Restitution de l'autorisation de travail		
Signature ou N° des messages		Signature ou N° des messages		Signature ou N° des messages	
Date et heure	Chargé de travaux, chargé de chantier, chargé d'opération spécifique, chargé d'intervention	Chargé d'exploitation électrique	Date et heure	Chargé d'exploitation électrique	Chargé de travaux, chargé de chantier, chargé d'opération spécifique, chargé d'intervention
REPLACEMENT					
Remplacement du chargé de travaux, chargé de chantier, chargé d'opération spécifique ou chargé d'intervention					
Date et heure	Noms et signatures (ou N° des messages)			Visa du chargé d'exploitation électrique	
	du Remplacé	du Remplaçant			

AUTORISATION DE TRAVAIL

Une autorisation de travail permet l'accès aux ouvrages ou aux installations. Elle répond au besoin de plusieurs situations.

Une autorisation de travail est rédigée et signée par un chef d'établissement ou un charge d'exploitation électrique en deux exemplaires numérotés, l'un conservé par son émetteur, l'autre remis contre signature à la personne en charge des travaux à réaliser (récepteur). Elle peut être transmise de la main à la main ou télétransmise par message collationne ou par un moyen équivalent.

Y sont précisés : l'identité de l'émetteur et du récepteur ; le lieu d'exécution et ses limites ; la nature des travaux ; les HABILITATIONS requises ; les instructions de sécurité applicables. La date et l'heure de la consignation, de la mise hors tension ou de la mise hors de portée y sont impérativement précisées.

Un avis de fin de travail doit lui être associé. des avis d'interruption de travail, de restitutions successives ou de remplacement du charge de consignation ou du charge de travaux, du charge d'intervention, du charge de chantier ou du charge d'opération spécifique peuvent lui être associés.

L'exemple de formulaire ci-après comprend l'ensemble de ces composants.

Tableau IV.6 : Autorisation de travail

AUTORISATION DE TRAVAIL	
Etablissement :	
Exploitation :	N°
Emetteur de l'autorisation : M..... Coordonnées :	
chargé d'exploitation électrique (ou son délégué)	
Récepteur de l'autorisation : M..... Coordonnées:	
Chargé de travaux <input type="checkbox"/>	Chargé d'intervention <input type="checkbox"/>
Chargé de chantier <input type="checkbox"/>	Chargé d'opération spécifique <input type="checkbox"/>
de l'établissement ou de l'entreprise	
est autorisé à effectuer les opérations ou les travaux suivants :	
Emplacement des opérations ou des travaux :	
<u>Cas de la consignation ou de la mise hors tension</u>	
Le récepteur de l'autorisation de travail doit considérer comme étant sous tension tout ouvrage ou toute installation électriques autres que ceux cités ci-dessous, dont la consignation ou la mise hors tension lui est certifiée par la présente attestation ou par d'autres attestations en sa possession.	
Ouvrages consignés ou mis hors tension :	
<u>Cas avec présence de pièces nues sous tension</u>	
Les ouvrages ou les installations suivants sont maintenus sous tension :	
<u>Instructions à observer pour l'exécution de travaux en présence de pièces nues sous tension</u>	
Instruction de sécurité particulière :	
Emplacement et nature des protections :	
Indications complémentaires	
Attestation délivrée le à h min au récepteur qui s'engage à respecter les mesures de prévention en vigueur.	
Durée prévisible des opérations ou des travaux :	Délais de restitution en cas de nécessité :
Signatures ou numéro des messages	L'émetteur de l'autorisation :
	Le récepteur de l'autorisation :

IV-4-6. TRAVAUX HORS TENSION AVEC PRESENCE DE TENSION INDUITE

L'influence par induction électromagnétique d'un câble chargé, peut induire dans un câble normalement hors tension et parallèle au premier une tension dangereuse à ses extrémités.

- Exécution des travaux :
- Canalisations électriques isolées :Mise à la terre de tous les conducteurs, armatures et écrans métalliques ;
- Lignes aériennes en conducteurs nus :Ecoulement des courants induits, équipotentialité des postes de travail, continuité des boucles électriques.

IV-5. TRAVAUX SOUS TENSIONS « TST »

Les informations ci-dessous sont fournies à titre indicatif.



Figure IV.11 : Situation « TST »

IV-5-1. TRAVAUX SOUS TENSIONS AUTORISES

Les travaux sous tension sont autorisés :

- Sur les réseaux de distribution publique ;
- Sur des ouvrages où la mise hors tension est impossible ou dangereuse.

En basse tension, la procédure générale est applicable sans restriction. Cependant, pour répondre à des besoins répétitifs sur un ouvrage ou une installation, la demande de travaux sous tension, l'OTST et l'ATST peuvent être remplacés, en tout ou en partie, par une instruction de travail sous tension (ITST). L'ITST doit répondre à tous les besoins satisfaits par les documents qu'elle remplace.

Elle est rédigée et signée par l'employeur, qui la remet au chargé des travaux.

Si l'employeur n'est pas le chef d'établissement concerné par les travaux sous tension, le chef d'établissement et l'employeur doivent échanger, de façon formelle et enregistrée, les informations pertinentes pour permettre l'établissement de l'ITST, en précisant notamment :

- L'objet des travaux ;
- Les règles d'accès à l'ouvrage ou à l'installation ;
- Les dispositions relevant de la coordination lors de l'achèvement des travaux ;
- Toutes autres modalités d'exécution estimées pertinentes.

IV-5-2. HABILITATION AUX TRAVAUX SOUS TENSION

Les personnes habilitées aux travaux sous tension possèdent l'indice T :

- B1T ou B2T pour les électriciens ;
- BxN pour les personnes chargés du nettoyage sous tension.

Conditions spéciales :

- Habilitation valable une année civile au maximum ;
- Visite médicale d'aptitude aux TST ;
- Formation assurée par un Etablissement Agréé TST.

IV-5-3. METHODES GENERALES DE TRAVAIL

On distingue trois méthodes de travail sous tension selon la situation de l'opérateur par rapport aux pièces sous tension et selon les moyens qu'il emploie pour se prémunir contre les risques d'électrisation et de court-circuit.

Ces différentes méthodes peuvent être mises en œuvre séparément ou de manière combinée ou être appliquées successivement au cours d'un même chantier, conformément aux documents de référence. [33]

- Travail au contact

L'opérateur, lui-même protégé en fonction du niveau de tension des pièces sur lesquelles il travaille, pénètre dans la zone située entre les pièces nues sous tension et la distance minimale d'approche (DMA).

- Travail à distance en HT

L'opérateur se tient, sauf emploi de dispositifs de protection appropriés conformes aux documents de référence, au-delà de la distance minimale d'approche et travaille sur les pièces nues sous tension à l'aide d'outils fixés à l'extrémité de perches ou de cordes isolantes, dont l'isolement est approprié au niveau de tension des pièces sur lesquelles il travaille.

- Travail au potentiel en HT

L'opérateur se met au potentiel des pièces sur lesquelles il travaille. A chaque instant, avec les outils et pièces conductrices qu'il manipule, il doit conserver par rapport à toutes les pièces de son environnement qui sont à un potentiel différent de celui sur lequel il travaille, une distance supérieure ou égale à la distance minimale d'approche (DMA), sauf dispositions particulières conformes aux documents de référence.

Pendant son transfert du potentiel de la terre au potentiel des pièces nues sous tension (et vice-versa), l'opérateur n'est relié à aucun potentiel. On dit qu'il est « à potentiel flottant ».

***Chapitre V : Formation et habilitation / formation
non spécifique aux électriciens***

Chapitre V : Formation et habilitation / formation non spécifique aux électriciens

V-1. FORMATION ET HABILITATION

V-1-1.OBJECTIFS DE LA FORMATION

Les objectifs de la formation sont :

- Identifier les risques inhérents à l'exécution des opérations au voisinage ou sur les ouvrages électriques et des moyens de les prévenir et éventuellement être habilités en électricité ;
- Pour pouvoir être habilité, le personnel doit avoir acquis une formation relative à la prévention des risques électriques et avoir reçu les instructions le rendant apte à veiller à sa propre sécurité et à celle du personnel qui est placé sous ses ordres ;

Généralement, les personnes qui n'ont pas reçu une formation à la sécurité ne se comportent pas d'une façon qui assure leur sécurité. Il est nécessaire de les aider à :

- Éviter de se blesser ou de blesser les autres
- Comprendre ce que signifie « travailler en sécurité »
- Prendre conscience du coût de la "non sécurité"
- Il en résulte que la formation à la sécurité doit porter sur :
- La connaissance des règles et des procédures
- L'utilisation des outils de protections
- La motivation à effectuer le travail comme il convient, en dépit des influences extérieures qui peuvent inciter à jouer avec les règles et prendre des raccourcis en matière de sécurité

Au niveau de l'entreprise, le but de la formation est:

- D'éliminer les incidents et par voie de conséquence, les accidents
- De préserver le climat de travail
- De protéger l'environnement
- De réduire les coûts
- D'améliorer la productivité

V-1-2.PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET CHAMP D'APPLICATION

1. Objet :

La formation et le processus d'habilitation :

- Formation théorique et pratique du personnel à la prévention du risque électrique et maintien de cette compétence ;
- Formalisation de la formation ou de l'habilitation ;
- Attribution et suivi des habilitations.

2. Principes :

L'employeur est tenu de former ses salariés à la prévention du risque électrique pour les activités professionnelles où ce risque est présent.

L'objectif de cette formation consiste à acquérir la compétence nécessaire pour exercer son métier en toute sécurité. A l'issue de cette formation, l'employeur doit délivrer une habilitation à chacune des personnes placées sous son autorité, lorsqu'elles réalisent des opérations d'ordre électrique ou d'ordre non électrique nécessitant une habilitation.

L'habilitation n'est pas directement liée à la qualification professionnelle.

Cette habilitation est matérialisée par un titre d'habilitation individuel que son titulaire doit avoir en permanence avec lui durant ses activités professionnelles.

Dans le cas d'utilisation de personnel d'une entreprise de travail temporaire par une entreprise exploitante ou une entreprise extérieure, ces dernières doivent définir la qualification et la compétence du personnel auquel elles souhaitent recourir. Il appartient à l'employeur du personnel de l'entreprise exploitante ou de l'entreprise extérieure d'habiliter le personnel de l'entreprise de travail temporaire, en fonction du risque électrique encouru, après avoir évalué les compétences de ce personnel et, éventuellement, complété sa formation.

Le travailleur indépendant ou l'employeur qui participent eux-mêmes à une opération, n'ont pas d'habilitation. Ils doivent pouvoir faire la preuve de leur formation et de leur connaissance du risque électrique. [34]

3. Cas dans lesquels l'habilitation est obligatoire :

Dans le cadre du présent document, l'habilitation est obligatoire pour :

- Effectuer toutes opérations sur des ouvrages ou des installations électriques ou dans leur voisinage ;
- Surveiller les opérations sur des ouvrages ou des installations électriques ou dans leur voisinage ;
- Accéder sans surveillance aux locaux et emplacements d'accès réservé aux électriciens

V-1-3.EVALUATION DU BESOIN INITIAL

Indépendamment de l'habilitation, l'évaluation des besoins en formation doit être conduite par l'employeur pour tout salarié potentiellement exposé au risque électrique, c'est-à-dire pour les personnes à qui sont confiées des opérations.

L'habilitation, lorsqu'elle est requise, doit être déterminée au regard d'une analyse des paramètres ci-dessous, afin d'obtenir une adéquation entre les caractéristiques des opérations susceptibles d'être confiées à la personne et les symboles d'habilitation.

Cette analyse prend en compte :

- Le type d'opération à réaliser (par exemple travaux, interventions BT) ;
- Le type et les caractéristiques des ouvrages, des installations et des appareillages;
- Le domaine de tension (TBT, BT, HTA, HTB) ;
- La nature du courant (alternatif ou continu) ;
- La capacité de la personne à assumer l'opération.

Le processus d'analyse est identique et applicable, même dans le cas où une simple formation sans habilitation est requise.

La démarche de formation à la prévention du risque électrique et à l'habilitation est présentée dans la Figure ci-dessous :[14]

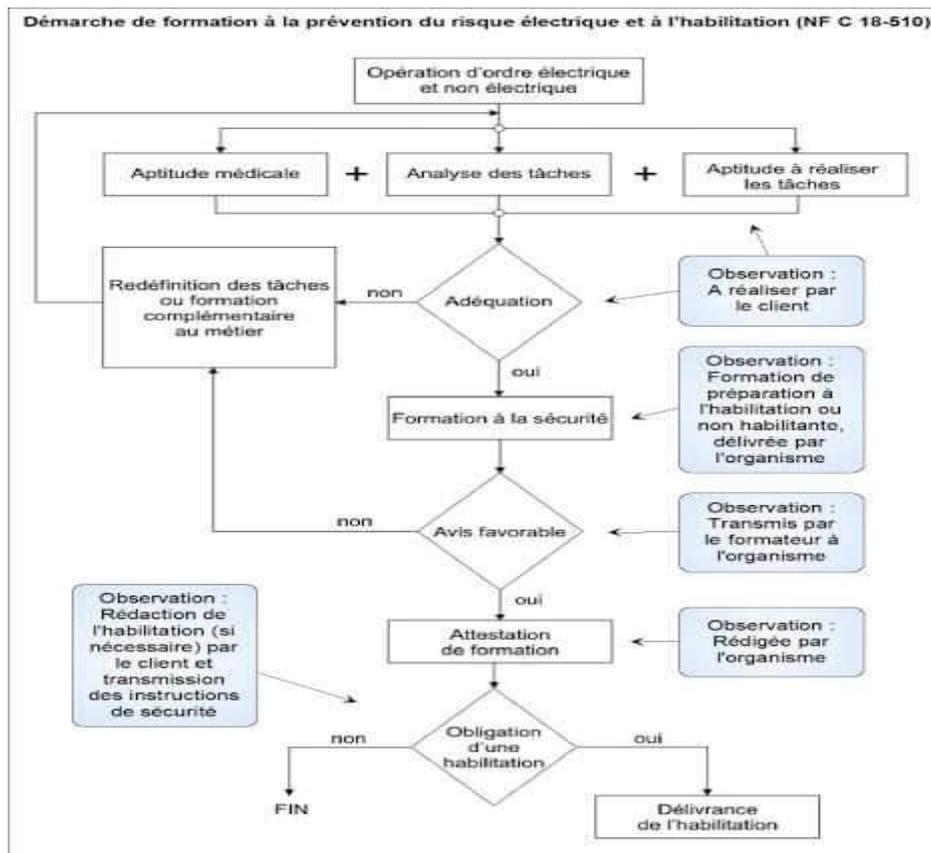


Figure V.1 : Démarche de formation à la prévention du risque électrique et à l'habilitation

V-1-4.CONDITIONS D'ATTRIBUTION DE L'HABILITATION

L'employeur, avant d'attribuer une habilitation à une personne placée sous son autorité, doit s'assurer de l'adéquation entre les besoins à satisfaire en matière de sécurité électrique, la formation reçue et la capacité de la personne à effectuer les opérations qui lui sont confiées.

Pour cela, l'employeur doit prendre en compte, selon les opérations à effectuer :

- Le type d'ouvrage ou d'installation concerné ;
- La localisation des ouvrages ou des installations ;
- Le type de travail d'ordre électrique ou d'ordre non électrique autorisé ;
- Les limites de tension.

Il doit aussi tenir compte des critères suivants concernant la personne à habilitier :

- Les compétences techniques ;
- La connaissance de l'ouvrage, de l'installation ou du matériel ;
- La compétence en matière de prévention du risque électrique ;
- Les éventuelles restrictions médicales ;
- La compatibilité du comportement avec l'exécution des opérations en toute sécurité.

Le respect des conditions ci-dessus permet à l'employeur d'attribuer une habilitation à une personne placée sous son autorité après s'être assuré :

- Que la formation théorique et pratique correspondant à l'habilitation et les compétences acquises par l'intéressé correspondent au(x) symbole(s) visé(s) ;

- Que le champ d'application de l'habilitation est convenablement cerné et notamment, qu'il ne risque pas de placer le titulaire dans une situation pour laquelle il n'aura pas été formé ou informé.[34]

V-1-5.SUIVI DE L'HABILITATION

L'habilitation doit être examinée au moins une fois par an et chaque fois que cela s'avère nécessaire en fonction des modifications du contexte de travail de l'intéressé, notamment dans les cas suivants :

- Une mutation de l'habilité avec changement du signataire du titre ;
- Un changement de fonction ;
- Une interruption de la pratique des opérations pendant une longue durée, de l'ordre de six mois par exemple ;
- Une modification de l'aptitude médicale ;
- Un constat de non-respect des prescriptions régissant les opérations ;
- Une modification importante des ouvrages ou des installations (évolution du matériel ou de la structure), notamment lorsque la nature des causes de danger et les niveaux de risque évoluent ;
- Une évolution des méthodes de travail ;
- Une évolution de la réglementation.

A l'issue de cet examen, l'habilitation est soit maintenue, soit modifiée, soit suspendue.

Si des besoins de formation sont exprimés ou constatés, ils doivent être satisfaits au moyen d'un recyclage ou d'un complément de formation.

Dans le cas de changement de signataire des habilitations, l'employeur doit prendre des dispositions pour que le titre reste valide. Il doit prendre connaissance des habilitations en vigueur, vérifier leurs conditions de délivrance et leur pertinence, faire procéder aux ajustements nécessaires.[18]

V-1-6.MAINTIEN DES COMPETENCES / RECYCLAGE

Un recyclage est à dispenser selon une périodicité à définir par l'employeur en fonction des opérations effectuées, notamment :

- De la complexité ou fréquence des opérations ;
- De l'évolution technologique des matériels ;
- De la diversité des ouvrages ou des installations.

La périodicité recommandée est de 3 ans.

Il appartient à l'employeur de définir les modalités de ce recyclage après avoir évalué les compétences de son personnel, tant sur le plan théorique que sur le plan pratique (questionnaire, entretien, épreuve pratique, logiciels spécialisés, etc.).

Le recyclage ne peut être entrepris et validé que pour une habilitation ayant fait l'objet d'une formation initiale de même nature.

V-1-7.FORMATION A LA PREVENTION DU RISQUE ELECTRIQUE

1. Principes d'organisation

La formation et le maintien de la compétence à la prévention du risque électrique relèvent de la responsabilité de l'employeur.

Si des instructions de sécurité électrique existent dans l'entreprise ou dans l'établissement où le personnel va travailler, elles doivent, de préférence, faire l'objet d'un complément de formation ou, à défaut, être communiquées et commentées au personnel concerné (par exemple, lors de l'accueil dans l'entreprise). La communication des instructions de sécurité doit être renouvelée autant que de besoin.

Les actions de formation peuvent être assurées par l'employeur, confié à un organisme extérieur ou être réalisées en combinant ces deux options.

Elles doivent comprendre une partie théorique et une partie pratique.

La partie pratique doit être réalisée de préférence sur le lieu de travail. Quand cette condition ne peut être respectée, la formation pratique doit être dispensée sur des ouvrages ou des installations représentatives de ceux sur lesquels les intéressés sont appelés à opérer.

Si la formation pratique n'a pu être organisée sur le lieu de travail habituel de l'intéressé et que le lieu de travail peut néanmoins être localisé, il appartient à l'employeur de compléter cette formation par une reconnaissance de ce lieu de travail visant à prendre en compte les risques spécifiques de l'ouvrage ou de l'installation sur lesquels l'intéressé doit opérer.

Dans le cas de recours à des travailleurs intérimaires, la formation initiale et les recyclages sont du ressort de l'entreprise de travail temporaire. Cependant, il appartient à l'entreprise qui a recours au personnel temporaire, de s'assurer de l'adéquation de la compétence du salarié intérimaire avec les opérations qui lui sont confiées et, le cas échéant, d'organiser, en liaison avec l'entreprise de travail temporaire, le complément de formation nécessaire.

2. Objectif de la formation

A l'issue de la formation, les personnes doivent :

- Connaître les dangers de l'électricité et être capables d'identifier et d'analyser le risque électrique ;
- Connaître les prescriptions et procédés de prévention du risque électrique et savoir les mettre en œuvre ;
- Etre capables de mettre en application les mesures de prévention adaptées pour prévenir le risque électrique sur les ouvrages ou les installations concernés, ou dans leur environnement ;
- Savoir intégrer la prévention dans la préparation du travail pour les personnes qui en ont la charge ;
- Etre informées de la conduite à tenir en cas d'accident ou d'incendie d'origine électrique.

Le contenu et la durée de la formation résultent des objectifs ci-avant en tenant compte :

- Des circonstances que les intéressés sont appelés à rencontrer (opérations, types d'ouvrages, d'installations, nature des risques, niveaux de responsabilités, etc.) ;
- Du niveau de connaissance et de l'expérience de la personne à former ;
- Des symboles d'habilitation visés.[14]

3. Évaluation et avis

En fin de formation, le formateur ou l'organisme de formation, qu'il soit interne ou non à l'établissement, doit :

- Evaluer les connaissances théoriques et pratiques acquises par chaque intéressé ;
- Délivrer un avis nominatif et individuel indiquant :
- Le nom et la qualité du signataire ;
- S'il s'agit d'une formation initiale ou d'un recyclage ;
- La durée de la formation ;
- S'il y a lieu, les symboles d'habilitation recommandés à l'issue de la formation.

Cet avis doit être archivé par l'employeur jusqu'au prochain recyclage de son titulaire. Il est établi sur la base des niveaux d'habilitation demandés par l'employeur de l'apprenant et peut présenter des réserves sur le comportement de l'apprenant ou des remarques sur les moyens, l'environnement, les procédures existantes ; Il peut enfin, faire l'objet de propositions de niveaux différents de ceux souhaités.[16]

V-2. FORMATION NON SPECIFIQUE AUX ELECTRICIENS

V-2-1. INTRODUCTION

Il est obligatoire d'habiliter une personne qui réalise des opérations d'ordre électrique, qu'elle soit « électricien » ou non.

Pour les interventions élémentaires (symbole BS), il n'est pas nécessaire d'être qualifié en électricité pour être habilité. Il faut cependant être formé aux opérations à réaliser.

Pour toutes les autres opérations d'ordre électrique, l'opérateur doit être qualifié en électricité.

Le « Chargé d'intervention « BT élémentaire » (symbole BS) réalise des interventions simples de remplacement ou de raccordement sur des circuits électriques ; la liste exhaustive de ces opérations figure dans la norme.

De plus, ces opérations doivent être réalisées sur des circuits terminaux, dans les limites données dans la norme NF C 18- 510 : Tension d'alimentation ≤ 400 Volts en courant alternatif ($\leq 600V$ en courant continu)circuits protégés par un dispositif de protection de courant assigné ≤ 32 Ampères ca (≤ 16 Ampères cc),câbles de section inférieure ou égale 6 mm² cuivre (10mm² Aluminium).

Ces interventions se réalisent exclusivement hors tension. Le chargé d'intervention BT élémentaire réalise pour son propre compte la Mise Hors Tension de la partie d'installation sur laquelle il est amené à intervenir.

Le chargé d'intervention élémentaire n'a aucun exécutant sous ses ordres. Il ne peut intervenir qu'en absence de voisinage et hors tension.

Le but de la formation à la sécurité :

Généralement les personnes qui n'ont pas reçu une formation à la sécurité ne se comportent pas d'une façon qui assure leur sécurité ;

Il est nécessaire de les aider à :

- 1- Éviter de se blesser ou de blesser les autres ;
- 2- Comprendre ce que signifie « travailler en toute sécurité » ;
- 3- Prendre conscience du coût de la « non sécurité ».

Il en résulte que la formation doit porter sur :

- La connaissance des règles et des procédures ;
- L'utilisation des outils et protections ;
- La motivation à effectuer le travail comme il convient en dépit des influences extérieures qui peuvent inciter à jouer avec les règles et prendre des raccourcis en matière de sécurité.

Au niveau de l'entreprise, le but de la formation est :

- D'éliminer les incidents et par voie de conséquence, les accidents ;
- De préserver le climat de travail ;
- De protéger l'environnement ;
- De réduire les coûts ;
- D'améliorer la productivité.

V-2-2. TRAVAUX EN HAUTEUR

V-2-2-1. REFERENCES

La réglementation ne donne pas de définition du travail en hauteur. C'est à l'employeur de rechercher l'existence d'un risque de chute de hauteur lors de l'évaluation des risques. Le Code du travail précise les règles à suivre pour la conception, l'aménagement et l'utilisation des lieux de travail et pour la conception et l'utilisation d'équipements pour le travail en hauteur. Des règles particulières s'appliquent au secteur du BTP et à certaines catégories de travailleurs.

La réglementation spécifiquement applicable au travail en hauteur résulte essentiellement des dispositions prévues par le Code du travail. Le risque de chute de hauteur, comme tout autre risque auquel un travailleur peut-être exposé dans le cadre de son activité, est visé par les dispositions générales du Code du travail. Sa prévention se traite selon les principes généraux de prévention (articles L. 4121-1 et suivants).

- **Conception des lieux de travail**

Parmi les caractéristiques des bâtiments abritant des locaux de travail, plusieurs dispositions du Code du travail sont à considérer du point de vue de la sécurité vis-à-vis des chutes de hauteur. Elles portent sur :

- Les passerelles, planchers en encorbellement, plates-formes en surélévation, ainsi que leurs moyens d'accès (article R. 4224-5) ;
- Les puits, trappes et ouvertures de descente (article R. 4224-5) ;
- Les cuves, bassins et réservoirs (article R. 4224-7) ;
- Les toitures en matériaux réputés fragiles, en prévision des interventions futures (article R. 4224-8) ;
- Les parties vitrées, en prévision des opérations de nettoyage (article R. 4214-2) ;
- Les ouvrants en élévation ou en toiture (article R. 4214-5).

S'il subsiste des zones de danger, qu'il n'a pas été techniquement possible de protéger, l'employeur prend toutes dispositions pour que seuls les travailleurs autorisés à cet effet puissent y accéder et les signale de manière visible (articles R. 4224-4 et R. 4224-20).

Après la construction ou l'aménagement d'un bâtiment, il appartient au maître d'ouvrage de remettre au chef d'établissement un dossier de maintenance des lieux de travail, dans lequel figurent notamment les solutions retenues au regard des caractéristiques ci-dessus. La protection collective doit y être privilégiée dans tous les cas. Ce dossier peut faire partie du dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage à remettre par le coordonnateur SPS s'il y a eu pluralité d'intervenants pour les travaux nécessitant son intervention (articles R. 4532-95 et R. 4532-96).

- **Interdictions**

Par ailleurs, d'une manière générale, il est interdit :

- D'utiliser des échelles, escabeaux et marchepieds comme poste de travail. Il ne peut y être dérogé qu'en cas d'impossibilité technique de recourir à un équipement assurant la protection collective des travailleurs ou lorsque l'évaluation du risque a établi que ce risque est faible et qu'il s'agit de travaux de courte durée ne présentant pas un caractère répétitif (article R. 4323-63) ;
- De recourir aux techniques d'accès et de positionnement au moyen de cordes pour constituer un poste de travail. Il ne peut y être dérogé qu'en cas d'impossibilité technique de faire appel à des équipements assurant la protection collective des travailleurs ou après évaluation du risque dans les conditions prévues à l'article R. 4323-64. Les conditions d'utilisation sont alors strictement encadrées (articles R. 4323-89 et R. 4323-90).
- De réaliser des travaux en hauteur, quel que soit l'installation ou l'équipement, lorsque les conditions météorologiques (vent important, tempête...) ou les conditions liées à l'environnement du poste de travail sont susceptibles de compromettre la sécurité et la santé des travailleurs (article R. 4323-68).[1]

V-2-2-2. PROTECTIONS COLLECTIVES

Lorsque le *risque de chute de hauteur* ne peut être supprimé, les interventions seront réalisées en sécurité à l'aide de **moyens** installés selon un ordre de priorités :

1. Travailler à partir de postes de travail spécifiquement conçus à cet effet et équipés de protections permanentes (la surface doit être sensiblement plane et horizontale et équipée de garde-corps périphériques).

2. À défaut, des protections temporaires (garde-corps, protections périphériques et/ou dispositifs de recueil souples comme les filets en grande nappe ou les filets sur console) peuvent être utilisées.

3. Lorsqu'il n'est pas possible de disposer d'un poste de travail équipé comme tel, le recours à des équipements d'accès et de travail en hauteur doit être envisagé. Le choix de ses équipements dépend de la nature du travail à effectuer, de la hauteur d'intervention et de l'évaluation du risque. Les équipements d'accès et de travail en hauteur collectifs temporaires sont non-mécanisés (échafaudages, plates-formes individuelles roulantes) ou mécanisés (PEMP, plates-formes suspendues et plates-formes sur mât).

4. Ce n'est que lorsqu'il y a impossibilité technique de mettre en œuvre des protections collectives que le recours à des moyens de protection individuelle utilisant un système d'arrêt de chute peut être envisagé

V-2-2-2-1.EQUIPEMENTS PERMANENTS

- Les garde-corps

Les garde-corps constituent le dispositif de protection collective le plus utilisé. Ils sont destinés à éviter les chutes de hauteur et à délimiter une zone dangereuse. Les garde-corps sont rigides et fixés solidement. Ils sont conçus pour résister aux efforts statiques et dynamiques normalement engendrés par le déplacement horizontal d'une personne et leurs dimensions sont telles qu'elles constituent un obstacle physique.

Pour les lieux de travail, les caractéristiques des garde-corps sont définies dans la norme NF E 85-015. Les prescriptions des garde-corps équipant les machines sont contenues dans la norme NF EN ISO 14122-3.

- Les plates-formes

Les plates-formes sont des équipements qui permettent de répondre à l'obligation réglementaire d'opérer à partir d'un plan de travail sécurisé. Les exigences minimales à respecter pour leur conception et leur mise en œuvre sont précisées dans la norme NF E 85-014 (bâtiments) ou NF EN ISO 14122-22 (machines).

- Les escaliers

Les escaliers sont des équipements qui permettent de répondre à l'obligation réglementaire d'utiliser un accès sécurisé. Les exigences minimales à respecter pour leur conception et leur mise en œuvre sont précisées dans la norme NF E 85-015 (bâtiments) ou NF EN ISO 14122-23 (machines).

- Les échelles

Les échelles peuvent constituer un accès en cas d'impossibilité de mise en place d'un escalier. Les exigences minimales à respecter pour leur conception et leur mise en œuvre sont précisées dans la norme NF E 85-016(bâtiments) ou NF EN ISO 14122-4 (machines).

Les échelles inclinées sont à privilégier. La présence d'une crinoline est nécessaire à partir d'un dénivelé d'accès de 3 mètres. La hauteur d'une échelle à crinoline à une seule volée est limitée à 8 mètres. La hauteur des volées d'une échelle à crinoline à plusieurs volées est limitée à 6 mètres.

V-2-2-2-2. EQUIPEMENTS TEMPORAIRES NON MECANISÉS

- Les échafaudages

"Un échafaudage est un équipement de travail, composé d'éléments montés de manière temporaire en vue de constituer des postes de travail en hauteur et permettant l'accès à ces postes ainsi que l'acheminement des produits et matériaux nécessaires à la réalisation des travaux" (arrêté du 21 décembre 2004).

On peut distinguer les échafaudages fixes (de pied), des échafaudages roulants et des échafaudages en console.

- Les échafaudages de pied

Les échafaudages de pied à composants préfabriqués sont les seuls à répondre aux exigences du Code du travail. Ils doivent être utilisés en respectant la notice du fabricant et doivent pouvoir être installés, sauf contraintes particulières, en sécurisant le niveau supérieur avant d'y accéder.

Les systèmes d'échafaudages dits "MDS" (à montage et démontage en sécurité) sont conçus pour permettre cette opération avec la protection définitive. Ils sont donc préférables aux dispositifs qui sécurisent le niveau supérieur de manière temporaire avec des garde-corps provisoires mis en place pendant l'installation sur ce niveau des lisses, sous-lisses et plinthes conventionnelles.

En cas d'impossibilité technique, un équipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur peut être utilisé, à condition d'avoir à disposition un point d'ancrage sur l'ouvrage, ou, à défaut, sur l'échafaudage si le fabricant a prévu et testé cette éventualité.

- Les échafaudages roulants

Les échafaudages roulants sont appropriés pour réaliser des travaux ponctuels en plafond, mais aussi des travaux de courte durée sur façades ou parois verticales. L'échafaudage roulant est un équipement de travail qui repose au sol sur des roulettes et peut donc être facilement déplacé, sans être démonté à chaque fois. Il doit être conforme à la norme NF EN 1004 – mai 2005. Il est équipé de planchers de travail et de moyens d'accès et offre la possibilité d'atteindre 12 mètres de hauteur, en étant autostable en intérieur, et 8 mètres à l'extérieur.

Les échafaudages roulants dits de faibles hauteur sont des matériels délibérément conçus pour que la hauteur du plancher de travail ne dépasse pas 2,50 m. La particularité de leur conception réside notamment dans le fait qu'un accès extérieur doit être prévu lorsque le plateau est réglé à une hauteur du sol inférieure à 2 mètres.

Attention : quelle que soit sa hauteur, le déplacement d'un échafaudage roulant en présence de personnel sur le plancher est proscrit.

- Les échafaudages sur consoles

Les échafaudages en console sont des échafaudages à composants préfabriqués, ne comportant qu'un seul niveau de travail, installés en encorbellement sur une paroi verticale et constitués de consoles, de plateaux destinés à la constitution des planchers et de protections périphériques.

Cet échafaudage suspendu nécessite des points d'arrimage solides, une installation sérieuse et le respect des instructions du fabricant. Il arrive encore assez souvent que des couvreurs soient entraînés par la chute de ces échafaudages causée par la rupture des ancrages, des plateaux non fixés, etc.

- Les plates-formes individuelles roulantes (PIR) ou les plates-formes individuelles roulantes légères (PIRL)

Les plates-formes individuelles roulantes (PIR) sont des matériels destinés à être utilisés par un seul opérateur, pour des travaux accessibles à partir d'un plancher de travail situé à 2,50 m du sol au maximum. Elles sont qualifiées de "PIR portable" quand elles peuvent être manutentionnées par l'opérateur lui-même sans recours à un moyen de levage. Ce sont des matériels conçus pour les travaux de second œuvre et les travaux de nettoyage et d'entretien.

Les plates-formes individuelles roulantes légères (PIRL) sont des matériels légers et compacts en position repliée, conçus pour être manutentionnés et utilisés par un seul opérateur travaillant sur un plancher dont la hauteur maximale au dessus du sol est de 1 m. Les PIRL peuvent franchir les ouvertures et les escaliers.

- Les garde-corps provisoires

Les garde-corps provisoires constituent le dispositif de protection collective le plus utilisé pour la protection des rives de dalle ou des rives de toiture en pente en cours de travaux. Leur hauteur est comprise entre 1 m et 1,10 m par rapport au plancher ; la lisse supérieure rigide sert éventuellement de main courante.

Les protections périphériques temporaires pour travaux d'étanchéité en toiture

Les protections périphériques temporaires pour travaux d'étanchéité en toiture sont des matériels spécifiquement destinés à former une protection collective durant des travaux d'étanchéité en toiture (toiture terrasses ou toiture à faible pente, angle avec le plan horizontal inférieur à 10°).

Leur fonction principale est d'empêcher la chute de personnes et d'objets. Cette protection comporte un ensemble de potelets, une lisse haute située au moins à 1 m du plan de travail et un remplissage intermédiaire par filet. Si elle n'est pas fixée sur des acrotères, elle est complétée par une plinthe. La conformité de cet équipement aux exigences minimales de solidité et de sécurité peut être évaluée en référence à la norme NF P 93-355.

- Les filets de sécurité

Les filets de sécurité sont des dispositifs d'arrêt de chute : ils regroupent essentiellement les filets en grande nappe et les filets sur console. Les filets de sécurité sont adaptés aux situations dans lesquelles il n'est pas possible d'empêcher la chute par une protection collective. Ils doivent être mis en œuvre au plus près du niveau de travail pour limiter la hauteur de chute, qui ne doit en aucun cas excéder 3 mètres, et assurer l'absence de choc avec le sol ou un obstacle avant l'arrêt de la chute.

À retenir : toutes les nappes de filets de sécurité doivent être conformes à la norme NF EN 1263-1 et identifiées par une étiquette de marquage portant les indications suivantes :

- Date de fabrication et nom du fabricant ;
- Type et catégorie du filet ;
- Dimensions et forme des mailles ;
- Dimensions du filet en mètre.

Les filets de recueil peuvent être utilisés pendant un an après leur fabrication. Au-delà de cette période, ils comportent trois mailles d'essai référencées au filet. Lors du contrôle, si la maille possède la résistance voulue, le fabricant adresse un écusson d'essai avec la référence du filet concerné. Ainsi, il peut être réutilisé pendant un an. La durée totale de réutilisation des filets est de quatre années.

- Les dispositifs de protection de bas de pente

Des dispositifs peuvent être placés en couronnement d'échafaudages de pied dans leur configuration façade de base ou dans des configurations supports spécifiques, le plus souvent constituées par des sapines d'accès reliées à leur partie supérieure par des franchissements sur poutres ou en porte-à-faux. Le plancher de travail est placé en contrebas de la rive de toiture avec un dénivelé compris entre 0,50 m et 1 m pour faciliter le travail à l'égout.

Ces dispositifs n'évitent pas la glissade sur le rampant et tolèrent une légère chute de hauteur, dont les effets peuvent s'ajouter à ceux de la glissade. Les garde-corps sont surélevés par rapport à la configuration de protection des planchers courants. Ils sont équipés de lisses et d'un remplissage en treillis métallique ou en filet ayant fait l'objet d'un classement au titre de la norme NF EN 1263-1. Leur hauteur est adaptée de sorte que l'intersection de la courbe de chute considérée depuis la rive et le plan de la protection latérale se trouve en dessous de la lisse haute.

V-2-2-2-3. EQUIPENETS TEMPORAIRES MECANISÉ

Les équipements mécanisés conçus pour l'accès en hauteur constituent une alternative aux solutions non mécanisées. Le choix de ces équipements dépend de la nature des travaux à réaliser et des performances souhaitées.

À noter que le choix de l'équipement doit toujours porter sur un matériel spécialement conçu pour élever des personnes. L'utilisation d'un équipement de levage de charge est interdite pour élever des personnes.

- Les plates-formes élévatrices mobiles de personnels (PEMP)

Les PEMP sont destinées à l'élévation d'un poste de travail. Elles permettent le déplacement dans l'espace d'une ou de plusieurs personnes. La protection contre la chute est assurée par une nacelle équipée de garde-corps périphériques. Cet équipement n'est pas conçu pour que les utilisateurs puissent quitter la nacelle en élévation.

Pour une utilisation en sécurité des PEMP, il est nécessaire de respecter les conditions d'utilisation définies dans la notice d'instruction : vitesse du vent, résistance et planéité du sol, risque d'être heurté par un véhicule, de heurter une structure fixe avec la nacelle, d'éjection du conducteur hors de l'habitacle (port éventuel d'EPI suivant la notice du fabricant).

À noter que le choix d'un matériel dépend de la nature des travaux à réaliser et, notamment, de la possibilité de positionner le châssis porteur à la verticale de la zone de travail.

- Les plates-formes suspendues

Autrefois appelées échafaudages volants, les plates-formes suspendues sont destinées aux travaux en façade des ouvrages. Elles sont constituées d'une plate-forme suspendue par des câbles à des supports positionnés en partie haute de l'ouvrage. Cet équipement permet la mise à niveau d'un poste de travail temporaire, avec l'avantage de ne pas dépendre de la hauteur de l'ouvrage. Il facilite le transport de matériaux peu encombrants et de faible charge ; son utilisation est donc adaptée aux travaux de ravalement de façade. Les exigences minimales de conformité de l'équipement en termes de sécurité et de solidité sont fixées dans la norme NF EN 1808.

L'utilisation de plates-formes suspendues est envisageable d'une part, si l'immeuble comporte une terrasse pouvant recevoir les systèmes de suspension et, d'autre part, si les matériaux à appliquer sont légers et ne dépassent pas la charge utile de ces plates-formes. Des accidents graves de basculement sont survenus avec ces appareils à cause du poids du lest insuffisant des potences, lors du déplacement de celles-ci.

À noter que la périodicité de l'entretien des treuils est donnée par le fabricant. Déposer un treuil pour un entretien en atelier et remonter un autre treuil oblige le chef d'entreprise à faire effectuer une nouvelle vérification de remise en service pour l'ensemble de l'appareil au titre du remplacement d'un organe essentiel de l'appareil.

- Les plates-formes sur mâts

Les plates-formes sur mâts sont constituées d'une plate-forme de travail qui s'élève le long d'un ou plusieurs mâts fixés à la façade. L'équipement a une capacité d'élévation de charge importante et permet le stockage de matériaux et d'outillage. Certains sont dotés de plates-formes extensibles dans le sens de la profondeur permettant de s'ajuster au profil de la façade.

V-2-2-3. PROTECTIONS INDIVIDUELLES

Pour les travaux en hauteur, quand un système de protection collective ne peut être mis en œuvre autour d'un plan de travail, un dispositif antichute individuel peut prendre le relais. Il comprend un système de préhension du corps (le harnais antichute) et un sous-système de liaison (par exemple une longe avec absorbeur ou antichute à rappel automatique) à relier à un point d'ancrage (ancrage structurelle ou à corps-mort, ligne de vie, rail horizontal ou ancrage provisoire transportable).

Des règles strictes régissent l'utilisation des dispositifs antichute individuels au point que certaines professions comme les monteurs en charpente métallique ont revu leurs méthodes de travail en utilisant systématiquement des nacelles élévatrices.

À noter que les systèmes de retenue peuvent être confondus, à tort, avec les systèmes d'arrêt de chute car ils sont mis en œuvre avec des composants qui peuvent sembler similaires. Toutefois, le principe est totalement différent, puisqu'un système de retenue est destiné à limiter les mouvements de l'utilisateur afin de l'empêcher d'atteindre des zones où une chute pourrait se produire, mais n'est pas capable d'arrêter une chute de hauteur. [31]

- **Le point d'ancrage**

Le point d'ancrage n'est pas compris dans un système d'arrêt des chutes. Il constitue le moyen d'arrimer, à une structure solide, un équipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur. Il permet une mise en sécurité de l'opérateur lors d'interventions de courte durée ou irrégulières, ou encore lors de l'ascension de supports verticaux. Les points d'ancrage peuvent être fixés sur de nombreux supports : en façade, en sous-face, sur une charpente métallique ou bois, sur une toiture bac sec, etc.

Quel que soit son type, l'ancrage du système d'arrêt de chute doit :

- Etre suffisamment résistant pour empêcher la chute (cas des systèmes de retenue et de maintien) ;

- Garantir une capacité à arrêter puis à retenir l'opérateur en cas de chute (cas des systèmes d'arrêt de chute).

À noter que les caractéristiques des ancrages doivent correspondre, a minima, aux exigences de la norme NF EN 795. Ces prescriptions peuvent imposer, selon les cas, des calculs et/ou essais par une personne qualifiée préalablement à l'installation, puis des essais sur site du dispositif d'ancrage avant son utilisation.

- **Les harnais antichute**

Les harnais antichute sont des dispositifs de préhension du corps dans les systèmes d'arrêt de chute. Ils sont constitués de sangles, boucles et autres éléments disposés de sorte que le harnais puisse être ajusté de manière appropriée sur le corps d'une personne afin de maintenir le porteur en position verticale durant la chute et de répartir au mieux les efforts engendrés par l'arrêt de la chute.

À noter que chaque harnais et chaque élément d'un système d'arrêt de chutes doivent faire l'objet d'un marquage CE. Ils doivent être aussi accompagnés d'une notice d'instructions expliquant le fonctionnement du système et les conditions d'utilisation. Un harnais antichute et une longe, sans absorbeur d'énergie, ne doivent pas être utilisés comme système d'arrêt des chutes. [37]



Figure V.2-a : Harnais antichute



Figure V.2-b : Harnais antichute

- **La longe avec absorbeur d'énergie**

La longe avec absorbeur d'énergie est un système constitué d'une longe et de deux connecteurs. Léger, il apporte peu de gêne à son utilisateur. La longueur d'une longe pour antichute ne peut dépasser 2 mètres. Les déplacements de l'opérateur sont donc limités autour du point d'ancrage. Lorsque ce système est utilisé sur un point d'ancrage fixe, la longe utilisée doit impérativement comporter un absorbeur d'énergie. L'allongement de cet absorbeur lors de la chute nécessite de disposer d'un tirant d'air important, qui doit être vérifié avant le début de l'intervention. De même, lorsque l'ancrage est un coulisseau mobile sur un support d'assurance horizontal flexible (ligne de vie) la déflexion du câble lors de la chute, qui peut être importante, nécessite là encore de disposer d'un tirant d'air suffisant.

- **L'antichute à rappel automatique sur point d'ancrage fixe**

Dans ce système d'arrêt de chute, la liaison entre le harnais et le point d'ancrage est assurée par une **longe rétractable** enroulée sur un tambour comportant un système automatique de tension et de rappel et une fonction de blocage automatique en cas de chute.

Lorsqu'il est correctement utilisé, avec un point d'ancrage situé à la verticale au-dessus du poste de travail, l'enrouleur maintient une tension permanente de la longe qui garantit un arrêt de la chute éventuelle sur une distance très faible occasionnant un choc limité sur l'opérateur.

- **L'antichute mobile sur support d'assurance vertical**



Figure V-3 : L'antichute mobile sur support d'assurance vertical

Ce système est constitué d'un support d'assurance vertical (câble métallique, corde synthétique, rails métalliques...) sur lequel se déplace, sans intervention manuelle à la montée comme à la descente, un coulisseau mobile associé au support. Le blocage du coulisseau sur le support est automatique en cas de chute.

Ce dispositif est adapté à la protection lors de déplacements verticaux, comme la progression le long d'échelles. Il doit être utilisé à l'aplomb du point de fixation du support. Le dispositif de connexion entre le coulisseau et le harnais doit respecter les spécifications du constructeur et ne peut être modifié.[2]

V-2-2-4. SYSTEME DE RECUEIL

Ces dispositifs de recueil souple sont en fait des dispositifs d'arrêt de chutes qui sont considérés comme des protections collectives au sens du Code du travail. Ils regroupent essentiellement les filets en grandes nappes et les filets sur consoles. Ils sont adaptés aux situations dans lesquelles il n'est pas possible d'empêcher la chute par la mise en place d'un garde-corps.

Ils doivent être mis en œuvre au plus près du niveau de travail pour limiter la hauteur de chute, qui ne doit en aucun cas excéder 3 m, et assurer l'absence de choc avec le sol ou un obstacle avant l'arrêt de la chute. Les conditions de mise en œuvre de ces dispositifs sont précisées dans une norme (NF EN 1263-2). Une recommandation de la Cnam (R 446) complète les informations à connaître pour l'utilisation et l'installation des filets en grandes nappes.

La mise en place du filet de sécurité est une phase délicate qui doit être analysée avant le choix de l'équipement. Elle nécessite généralement une intervention en hauteur en dessous du plan de travail.

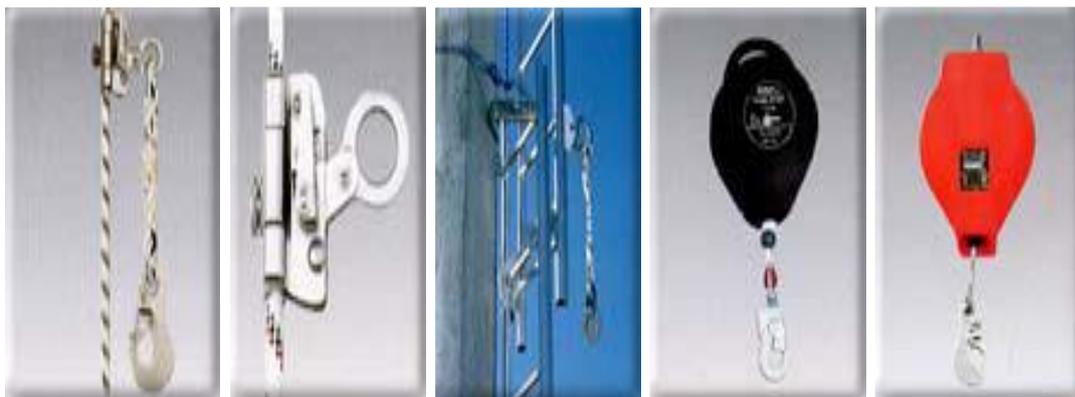


Figure V-4 : Différents dispositifs d'arrêt de chutes

V-2-2-5. ECHELLES

Au titre de la réglementation, les échelles, escabeaux et marchepieds sont à considérer comme des équipements de travail permettant un accès en hauteur (notamment pour atteindre un plan de travail), mais pas comme des équipements pour le travail en hauteur.

Le Code du travail indique ainsi qu'« il est interdit d'utiliser les échelles, escabeaux et marchepieds comme poste de travail. Toutefois, ces équipements peuvent être utilisés en cas d'impossibilité technique de recourir à un équipement assurant la protection collective des travailleurs ou lorsque l'évaluation du risque a établi que ce risque est faible et qu'il s'agit de travaux de courte durée ne présentant pas un caractère répétitif » (**article R. 4323-63**).

« Travailler sur une échelle, ça risque de vous marquer... L'échelle n'est pas un poste de travail... limitez son utilisation pour limiter les chutes »

En tant qu'équipements de travail, les échelles, escabeaux et marchepieds sont soumis à un certain nombre de prescriptions (*articles R. 4323-81 à R. 4323-88 du Code du travail*). Notamment, leurs matériaux constitutifs et leur assemblage doivent être solides, résistants, et doivent permettre une utilisation adaptée de l'équipement du point de vue ergonomique (*article R. 4323-81*). Leur stabilité doit pouvoir être assurée et les *échelons* ou marches doivent pouvoir être placés horizontalement (*article R. 4323-82*).

Les échelles fixes doivent être conçues, équipées et installées de manière à prévenir les chutes de hauteur. Des paliers de repos doivent être aménagés en fonction de la hauteur d'ascension (*article R. 4323-83*).

L'utilisation d'échelles fixes ou d'échelles portables doit se faire en respectant un certain nombre de règles (*articles R. 4323-84 à R. 4323-88*). Toutes doivent permettre à l'utilisateur de disposer d'une prise et d'un appui sûrs. Le port de charges, légères et peu encombrantes, doit rester exceptionnel (*article R. 4323-88*).



Figure V-5 : Echelles

V-2-2-6. ECHAFAUDAGES ROULANTS

Dans de nombreux cas, les **échafaudages** permettent de répondre à un objectif de sécurité lorsqu'il s'agit d'effectuer un travail en hauteur. Mais, selon la conception et/ou l'utilisation des matériels eux-mêmes, il peut subsister un risque lors du montage et du démontage. Des obligations et des règles d'utilisation en sécurité sont à respecter.

Un échafaudage est « un équipement de travail, composé d'éléments montés de manière temporaire en vue de constituer des postes de travail en hauteur et permettant l'accès à ces postes ainsi que l'acheminement des produits et matériaux nécessaires à la réalisation des travaux » (définition donnée dans l'arrêté du 21 décembre 2004 / article 1). Ces équipements sont soumis à certaines règles de conception (stabilité, charge admissible, garde-corps, planchers, moyens d'accès...) ou d'utilisation (formation des utilisateurs notamment).

On distingue habituellement les **échafaudages de pied** (fixes), les **échafaudages roulants** et les **échafaudages en console**

Les échafaudages roulants sont des matériels en éléments préfabriqués, auto-stables, permettant de travailler en hauteur, potentiellement utilisables par plusieurs personnes. Ce type d'échafaudage peut constituer une solution appropriée pour :

- Des travaux d'envergure modeste et de durée relativement courte en façade et parois verticales,
- Des travaux en « plafond » ne nécessitant pas un accès permanent à l'ensemble Delazonedetravail.

La conformité des échafaudages roulants aux exigences minimales de solidité, de stabilité et de sécurité s'évalue en référence à 2 normes (NF EN 1004 et NF P 93-520). Les échafaudages roulants entrent dans le champ d'application de la marque NF Équipements de chantier. Les prescriptions complémentaires du référentiel comportent l'exigence que les modèles certifiés se montent et se démontent en sécurité. Elles permettent en outre d'évaluer les matériels susceptibles d'offrir un plancher de travail à plus de 12 m de hauteur.

La recommandation de la CNAMTS « Prévention des risques liés au montage, à l'utilisation et au démontage des échafaudages roulants » (R 457) propose un référentiel de compétence pour les différents intervenants concernés, adapté à la spécificité de ces matériels par rapport aux échafaudages de pied.

Les échafaudages ne peuvent être montés, démontés ou sensiblement modifiés que sous la direction d'une personne compétente et par des travailleurs qui ont reçu une formation adéquate et spécifique aux opérations envisagées.

La formation comporte notamment (article R. 4323-69 du Code du travail) :

- La compréhension du plan de montage, de démontage ou de transformation de l'échafaudage,
- La sécurité lors du montage, du démontage ou de la transformation de l'échafaudage,
- Les mesures de prévention des risques de chute de personnes ou d'objets,
- Les mesures de sécurité en cas de changement des conditions météorologiques qui pourraient être préjudiciable aux personnes en affectant la sécurité de l'échafaudage,
- Les conditions en matière d'efforts de structure admissibles,
- Tout autre risque que les opérations de montage, de démontage et de transformation précitées peuvent comporter.[1]



Figure V.6 : Échafaudage roulants

V-2-3. INTERVENTION EN CAS DE DEBUT INCENDIE

V-2-3-1. EXTINCTEURS

Les extincteurs sont de plusieurs types : tout dépend de l'agent extincteur qu'ils contiennent (eau, poudre, dioxyde de carbone...) et de leur poids (portatif ou mobiles sur roues...).

Ils doivent être placés sur des piliers ou sur les murs, à des endroits bien dégagés, de préférence à l'entrée des ateliers ou des locaux. Ils sont soit visibles de loin soit signalés par une inscription visible de loin.



Figure V.7 : Extincteurs portatifs

Les extincteurs portatifs doivent être conformes à la série de normes NF EN 3 relatives à l'aptitude, à la fonction et à l'emploi (aujourd'hui regroupées dans la norme NF EN 3-7+A1) et leur conformité certifiée par un organisme accrédité. La marque « NF extincteurs » constitue une présomption de preuve de cette conformité, ainsi que la conformité à des spécifications complémentaires concernant le produit et l'organisation qualité du fabricant ou du revendeur. Ils doivent être fabriqués, éprouvés, ré-évalués et chargés selon les prescriptions réglementaires en la matière. [36]

Pour intervenir efficacement sur un début d'incendie, *il faut adapter le choix de l'agent d'extinction à la nature du feu* (classe).

Les extincteurs pouvant être employés sur des appareils ou des conducteurs sous tension électrique inférieure à 1000 volts portent une mention spécifique. Il faut cependant prêter une attention particulière à l'eau de ruissellement pouvant être conductrice.

Rappelons que les fumées d'incendie sont souvent toxiques ou corrosives. Il importera donc de ne pas s'exposer à celles-ci et, si besoin, d'intervenir avec des appareils de protection respiratoire adaptés.

V-2-3-2. CLASSMENT DE FEU

Voici un tableau donné à titre indicatif, établi à partir des classes de feu définies par la normalisation européenne (normes NF EN 2 et NF EN 2/A).[1]

Tableau V.1 : Classes de feu

CLASSE	NATURE DE FEU	AGENTS EXTINCTEUR PRÉCONISÉ
A	Feux de matériaux solides, généralement de nature organique, dont la combustion se fait normalement avec formation de braises (bois, papier, carton...)	Eau en jet pulvérisé Eau avec additif en jet pulvérisé Poudre ABC ou polyvalente
B	Feux de liquides ou de solides liquéfiables (alcool, white-spirit, caoutchouc, la plupart des matières plastiques)	Eau avec additif en jet pulvérisé Mousse Poudre BC Poudre ABC ou polyvalente Dioxyde de carbone (CO ₂) Hydrocarbures halogénés
C	Feux de gaz* (méthane, butane, propane...)	Poudre BC Poudre ABC ou polyvalente Dioxyde de carbone (CO ₂) Hydrocarbures halogénés
D	Feux de métaux	Poudres spéciales (spécifiques à chaque métal)
E	Feux liés aux auxiliaires de cuisson (huiles et graisse végétales ou animales) sur les appareils de cuisson	Eau avec additif en jet pulvérisé Mousse

V-2-3-3. EXTINCTEURS UTILISABLES SUR LES FEU D'ORIGINE ELECTRIQUE

- **Le feu « électrique » n'existe pas.** L'électricité n'est pas un combustible, mais peut fournir l'énergie d'activation (Court-circuit, échauffement de sur intensité) pour faire démarrer un feu, ou simplement être présente sous la forme d'un conducteur dénudé encore sous tension dans un bâtiment incendié par exemple.

Pour cette raison, il n'existe pas dans la norme européenne de classe de « feu électrique », l'électricité pouvant être présente avec toutes les classes (A, B, C, D, F).

- **Le feu d'appareil électrique :** Il se déclare généralement lorsqu'il y a un défaut de l'appareil combiné à un défaut des organes de sécurité (Disjoncteur, fusible, mise à la terre, isolation), et l'appareil peut conserver une charge électrique même alimentation électrique « coupée » (Condensateur, bobinage, batterie d'accumulateurs, etc.).

Pour cette raison, il faut toujours penser qu'il peut rester une tension électrique, même si le courant a été « coupé » (circuit ouvert).

Après avoir prévenu (secours, poste de sécurité, etc.) on ne peut intervenir que la tête hors de la fumée et que si l'évacuation reste possible en cas d'insuccès.

On évitera de toucher l'appareil avec une partie de son corps, et on utilisera un outil isolé en rapport avec la tension de l'appareil, pour entrouvrir la porte d'une armoire électrique, et y envoyer l'agent extincteur s'il n'y a pas de bouche d'aération utilisable pour cela. (Pince isolée 1000 volts pour manœuvrer la clef, gaffe en fibre de verre, manche en bois sec, etc.)

Les agents extincteurs (Les extincteurs portent généralement la mention « utilisable sur tension inférieure à 1000 volts, tenir le diffuseur à plus d'un mètre » Norme Européenne 3-7)

Le CO₂ = Une distance d'attaque supérieure à 1 mètre (1,10 mètre est correct, plus loin rendrait l'extinction aléatoire) est à garder entre le diffuseur et un conducteur électrique (EN 3-7) Adapté aux feux de classe B (les feux d'appareil électriques sont généralement des feux de solides liquéfiables à base de matières plastiques), non conducteur en basse tension, et non salissant, le CO₂ est à privilégier sur les appareils électriques en basse tension.

L'eau pulvérisée (avec ou sans additif) = **Distance d'attaque 3 mètres** (Garder toujours plus d'un mètre de toute façon entre le diffuseur et un conducteur électrique). Elle est très efficace et le courant ne remonte pas entre les gouttes en basse tension, mais présente un risque de par son ruissellement qui peut conduire du courant à vos pieds. Donc faire très attention.

La poudre (BC et ABC) = **Distance d'attaque 4 mètres** (Garder toujours plus d'un mètre entre le diffuseur et un conducteur électrique). Elle est efficace et non conductrice en basse tension, mais extrêmement salissante et ne devra être utilisée que par défaut.

Remarque :

- Il est fortement conseillé de « couper » le courant en amont (ouvrir le circuit) avant toute attaque de feu en présence de courant électrique ;
- L'attaque d'un appareil électrique en feu ne peut se faire par une personne non spécialisée que sur les appareils alimentés en 230 volts et 400 volts. En tout cas toujours inférieurs à 1000 volts comme précisé sur les extincteurs utilisables ;
- Attention, certains extincteurs à mousse ou à eau (généralement à jet bâton) ne portent pas cette mention d'utilisation (appareils surtout employés à l'étranger). Il faut connaître les mentions figurant sur vos extincteurs ;
- Il existe des Robinets d'Incendie Armés spéciaux, utilisables même sur de la Haute tension A (1001 à 50000 volts en courant alternatif). Ce type de matériel ne fait pas de jet bâton et doit être manipulé par des équipes entraînées ;
- L'attaque de feux en présence de tension supérieure à 1000 volts ne peut être que le fait d'équipes spécialement formées, équipées et entraînées.
- L'antichute mobile sur support d'assurage vertical

Attention dans la cour de votre entreprise, avec l'utilisation de jet d'eau (nettoyage) ou de RIA pour l'incendie. Il n'est pas rare qu'une ligne électrique aérienne de 20 000 volts (haute tension A) passe à 8 ou 10 mètres au-dessus de vous. Un jet bâton d'eau devient alors un conducteur électrique s'il l'atteint.[3]

En récapitulatif : Les extincteurs utilisables sur feu d'origine électrique :

- Eau pulvérisée : En BT seulement (attention à l'écoulement !)
- Poudre : Pour feux B et C
- Poudre polyvalente : Pour feux A, B et C
- Anhydride carbonique : Pour feux B et C
- Dioxyde de carbone CO₂ : (Température de sortie à - 78°C)

V-2-3-4. INTERVENTION SUR DEBUT DE FEU

Toute personne apercevant un début d'incendie doit donner l'alarme et mettre en œuvre les moyens dits de première intervention (extincteurs, robinets d'incendie armés (RIA)) sans attendre l'arrivée du personnel spécialement désigné. Il est ainsi essentiel que l'ensemble du personnel soit formé à la manipulation des extincteurs et des RIA lorsqu'ils sont présents.

Au-delà de cette formation permettant d'acquérir les bons réflexes, des personnes sont spécifiquement formées afin de pouvoir, de manière coordonnée venir en renfort ; ce sont les équipiers de première intervention (EPI).

Sur des sites industriels présentant des risques spécifiques ou éloignés d'un centre d'incendie et de secours, l'action des EPI doit être renforcée par celle des équipiers de seconde intervention (ESI) mettant en œuvre des moyens d'extinction plus importants. Ils sont appelés « pompiers d'entreprise » lorsque leur activité est uniquement dédiée à cette fonction. [38]

La mise en sécurité des installations lors du déclenchement de l'alarme (coupure de l'alimentation en gaz, du chauffage, de la ventilation, arrêts des machines...) est une étape clef pour la sécurité des personnes en cours d'évacuation et pour les équipes d'intervention. Associés à la lutte contre le feu, des équipiers d'intervention technique (EIT) sont spécifiquement formés à cette mise en sécurité nécessitant des habilitations/autorisations particulières (électriques, fluidiques...). Sauf disposition propre à l'entreprise, les EIT n'ont pas vocation à réaliser des interventions d'extinction.

La prévention et la lutte contre l'incendie ne s'improvisent pas. Il est essentiel que l'ensemble des personnes soit formé à l'organisation de la lutte contre l'incendie et dispose des consignes propres à l'établissement dans lequel elles se trouvent.

Ces consignes de sécurité incendie comprennent trois parties :

- Les consignes générales concernant la totalité de l'établissement et s'appliquant à l'ensemble des personnes : organisation de l'évacuation et de l'intervention, localisation du matériel d'intervention...
- Les consignes spéciales destinées à certains personnels : accueil/standard, PC sécurité, EPI/ESI/EIT, équipiers d'évacuation...
- Les consignes particulières spécifiques à certains travaux (travaux par points chauds, dans ou à proximité d'une zone ATEX...) ou à certains locaux (atelier, entrepôts, zone de stockage...).

Les consignes de sécurité incendie sont affichées de manière apparente et visibles notamment dans chaque local ou dans chaque dégagement desservant un groupe de locaux.[1]

- Démarche d'intervention à suivre

Si possible, couper l'alimentation électrique,

- Alerter correctement ;
- Enfiler un masque... s'il y en a !
- Fermer fenêtres et portes ;
- Ouvrir les exutoires de fumées... s'il y en a !

- Mettre des gants isolants... s'il y en a !
- Respecter une distance d'approche d'au moins :
 - 0,5 m en BT ($\leq 1000V$) ;
 - 1 m de 1000 à 20 000 V ;
 - 2 m de 20 000 à 50 000V
 - Au delà de 50 kV, Pas lieu d'intervenir
- Choisir l'extincteur et attaquer le feu.



Figure V.8 : intervention sur un feu d'origine électrique

V-2-4. INTERVENTION SUR LES ELECTRISES

Bien qu'une telle intervention relève d'un personnel formé au secourisme, quelques éléments permettant, le cas échéant, de faciliter l'intervention des secours. Les éléments à prendre en compte :

Pour une approche positive et efficace, en attendant les secours

- Caractéristiques communes à tous les accidentés :

Il faut savoir :

- 1- Perte du sens de l'humour ;
- 2-Tendance à la fuite physique ou psychique (coma, fixation..)
- 3-Tendance à vomir ;
- 4-Grande déperdition calorifique

- L'accidenté n'est plus en contact avec les pièces électriques sous tension :

Situation possible : l'accidenté est allongé – il bouge ou il geint :

- 1- Faire **ALERTER**;
- 2- Faciliter sa respiration ;
- 3- Si l'accidenté est inconscient et s'il y a certitude du bon état de la colonne vertébrale. Alors le mettre en **PLSA** (POSITION LATÉRALE DE SECURITE ET D'ATTENTE) ;
- 4- Couvrir l'accidenté ;

5- Réconforter l'accidenté – Etablir un dialogue afin de le maintenir conscient.

- L'accidenté est tétanisé, collé aux pièces sous tension :

1) Couper le courant

2) Faire ALERTER et procéder comme ci-dessus.

SOINS AUX ELECTRISES
ne perdez pas une seconde

PROTEGER

Soustraire la victime aux effets du courant par mise hors tension.
Si la mise hors tension n'est pas possible par le sauveteur, prévenir le distributeur.
TOUTE INTERVENTION IMPRUDENTE DU SAUVETEUR RISQUE DE
L'ACCIDENTER LUI-MEME.

SECOURIR

Assurer la respiration.

La victime est inanimée et ne répond pas. Thorax et abdomen sont immobiles



Basculer prudemment la tête en arrière et soulever le menton



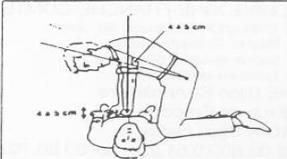
Observer écouter apprécier le souffle



Insuffler si arrêt ventilatoire



Evacuation éventuelle de corps étrangers en position latérale de sécurité



Massage cardiaque si nécessaire par sauveteur formé et entraîné

ALERTER

Suivant consigne préétablie.




Ne jamais abandonner les soins avant l'arrivée des secours spécialisés.

Figure V. 9 : Démarche à suivre

Troisième Partie : ÉTUDE DE CAS

***Chapitre I : Etude de cas : Accident survenue
dans l'entreprise RICHARD GARRETT Electrique
Inc.***

Chapitre I : Etude de cas : Accident survenu dans l'entreprise RICHARD GARRETT Electrique Inc.

I-1. ORGANISATION DU TRAVAIL

I-1-1. STRUCTURE GENERALE DU CHANTIER

I-1-1-1. CONSTRUCTION « GENFOR LTÉE »

Construction GENFOR LTÉE est une entreprise œuvrant comme entrepreneur général sur des chantiers de construction.

L'entreprise a reçu du propriétaire, Ville de Montréal, le mandat d'effectuer l'ensemble des travaux liés à la rénovation et à l'agrandissement du Pavillon de la Savane et à l'aménagement des jardins communautaires du parc de la Savane.

Construction GENFOR LTÉE est responsable de l'exécution de l'ensemble des travaux et donne les contrats à tous les sous-traitants. *Construction GENFOR LTÉE* est le maître d'œuvre du chantier (rapport RAP1290821) qui a débuté à l'automne 2018.

L'entreprise ne compte aucun travailleur de la construction. Elle emploie des chargés de projets, des surintendants et du personnel administratif, soit une vingtaine de personnes.

I-1-1-2. RICHARD GARRETT ELECTRIQUE INC.

RICHARD GARRETT Electrique Inc. est une entreprise spécialisée en travaux d'électricité.

Construction GENFOR LTÉE lui a donné le contrat des travaux d'électricité. Elle emploie des chargés de projet, du personnel administratif, un coursier, des électriciens compagnons et des apprentis électriciens.

Au moment de l'évènement, l'entreprise compte environ 15 travailleurs.

M. [H] (accidenté), est électricien compagnon pour l'entreprise *Richard GARRETT Electrique Inc.* Il est responsable de la réalisation des installations électriques. Il était sous la responsabilité de M. [B].

Le jour de l'accident, les travailleurs de l'entreprise *RICHARD GARRETT Electrique Inc.* étaient présents au chantier.

I-1-2. ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL

I-1-2-1. MECANISMES DE PARTICIPATION

❖ CONSTRUCTION « GENFOR LTÉE »

[I] donne une séance d'accueil lors de l'arrivée des travailleurs au chantier. La séance d'accueil traite des sujets importants et spécifiques selon les métiers. Pour les électriciens, le cadenassage est abordé. Cette section s'intitule : « Cadenassage : procédures nécessaires selon la tâche ». Après avoir assisté à cette séance, le formulaire d'accueil est signé par les travailleurs.

❖ **RICHARD GARRETT ÉLECTRIQUE INC.**

Une séance d'accueil, relative à la santé et à la sécurité, est effectuée lors de l'embauche des travailleurs.

Il n'y a pas de mécanisme formel de participation relativement à la santé et la sécurité du travail.

I-1-2-2. GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ

Construction « GENFOR LTÉE » possède un programme de prévention pour les chantiers élaboré par M. [J]. Celui-ci a été mis à jour au mois d'août 2016. Selon le programme de prévention, la direction et [I] sont responsables de son application. Les sous-traitants doivent s'engager par écrit à le faire respecter.

Construction « GENFOR LTÉE » confie le mandat de la gestion de la santé et de la sécurité au [J]. Pour l'ensemble des chantiers, [...] prévoit annuellement, quatre heures de formation, quatre heures d'animation des comités de chantier et deux visites de chantier par mois. Chaque visite représente trois heures sur le chantier et une heure de rédaction de rapport.

RICHARD GARRETT Electrique Inc. possède un programme de prévention qui a été soumis au maître d'œuvre. Il traite des risques pouvant être omniprésents sur le chantier et des mesures préventives à mettre en application.

La responsabilité de l'application du programme de prévention incombe à la direction, [I] et [K] de l'entreprise *RICHARD GARRETT Electrique Inc.*

Les deux programmes de prévention identifient le risque de décharge électrique et présentent une section portant sur le cadenassage.

Le programme de prévention de l'entreprise *Construction «GENFOR LTÉE»* prévoit notamment :

- Analyse sécuritaire des tâches : L'analyse sécuritaire des tâches doit être effectuée par l'employeur ou par une personne compétente avant le début de chaque phase des travaux et lors de tous changements apportés aux méthodes de travail, procédés, équipements, etc. Le surintendant ou le contremaître doit préalablement vérifier et approuver la présente analyse. Par la suite, l'employeur doit en informer les travailleurs concernés.

- Grille d'inspection/ Travaux d'électricité hors tension : Cette grille d'inspection s'applique aux installations, travaux de réparation, modifications et entretien d'installations électriques, d'éclairage, de chauffage, de force motrice, de systèmes de sécurité, y compris les travaux d'installations de fils, câbles, conduits accessoires, dispositifs et autres appareils électriques de raccordement.
- Cadenassage et maîtrise des énergies dangereuses : L'objet de cette procédure est de prévenir les blessures infligées aux employés par le démarrage intempestif, l'alimentation ou le dégagement d'énergie accumulée dans le cadre des travaux de réparation ou d'entretien des machines, des équipements et des processus.
- Méthodes de contrôle d'énergie : Un employeur ou un travailleur autonome doit obtenir une autorisation écrite du maître-d'œuvre avant d'entreprendre un travail dans la zone dangereuse d'une machine. Le maître-d'œuvre doit s'assurer qu'il appliquera une méthode de contrôle des énergies conforme à la présente sous-section. (CSTC art 2.20.9)

Le programme de prévention reprend plusieurs articles de la sous-section 2.20 du Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC). De plus, une fiche de cadenassage à compléter par l'employeur ou le responsable du cadenassage avant le début des travaux y est présente.

Le programme de prévention de l'entreprise ***RICHARD GARRETT Electrique Inc.*** prévoit entre autres que:

- Cette procédure de cadenassage doit être appliquée dans tous les cas où il est requis de couper une ou des sources d'énergie susceptibles de créer un danger dans l'accomplissement des tâches d'un travailleur.
- Ces sources d'énergie peuvent être du type électrique, pneumatique, hydraulique ou mécanique.
- De façon à assurer la bonne marche de la procédure, il faut désigner pour chacun des chantiers, un responsable du cadenassage. Ce sera le contremaître du chantier ou une personne nommée par celui-ci. Ce responsable du cadenassage aura en sa possession une quantité suffisante de cadenas à clé unique, des verrous multiplex, des étiquettes de cadenassage et un registre de cadenassage.
- Le supérieur immédiat d'un travailleur doit aviser ce dernier que la procédure de cadenassage sera nécessaire pour l'exécution sécuritaire de son travail. Il doit alors, en compagnie du responsable du cadenassage et du travailleur, identifier toute source d'énergie à cadenasser pour éliminer les risques d'accident.
- Une fois que les sources d'énergie à cadenasser ont été identifiées et que les points de coupure ont été localisés, le travailleur doit rencontrer le responsable du cadenassage, qui fera remplir au travailleur son ou ses étiquette(s) de cadenassage, lui remettra le ou les cadenas requis et remplira le registre de cadenassage.

I-2. DESCRIPTION DU TRAVAIL

I-2-1. DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL

Le chantier consiste en la mise aux normes et à l'agrandissement du Pavillon et la création de jardins communautaires du parc de la Savane (figure 1), dans l'arrondissement Côte-Des-Neiges- Notre-Dame-De-Grace à Montréal.

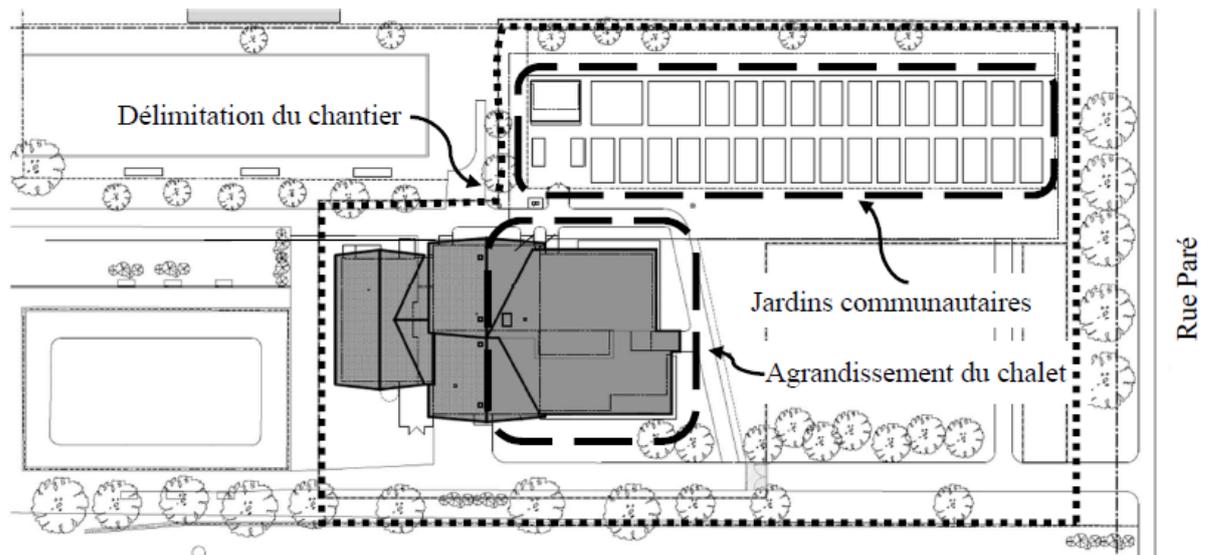


Figure I.1 : Plan du chantier du parc de la Savan

Le bâtiment agrandi comporte une salle polyvalente, une salle de rencontre pour les adolescents, des locaux administratifs, un gymnase, une salle de classe, une cuisine communautaire, un vestiaire et des toilettes.

Le jour de l'accident, outre les travaux d'électricité, des travaux de plomberie, de peinture, d'ébénisterie, de terrassement et de toiture sont en cours.
L'accident se produit dans le local 028 (voir figure I.2).

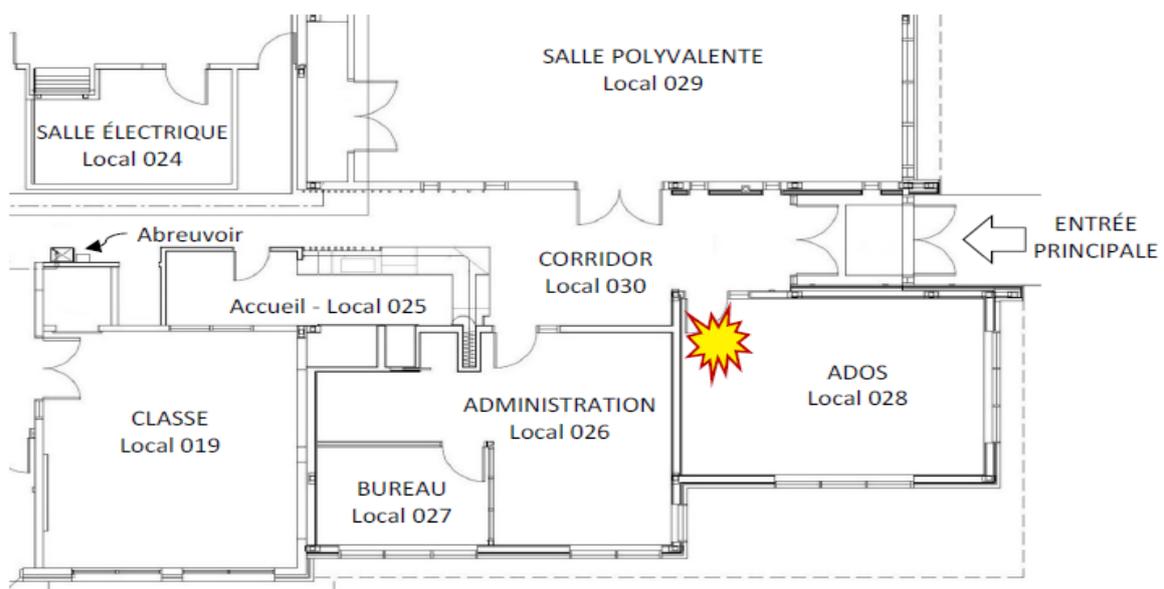


Figure I-2 : Lieu de l'accident sur un extrait du plan du Pavillon de la Savane

Dans le local 028, le système d'éclairage est composé de deux luminaires suspendus (figure I.3) contrôlés par un interrupteur-gradateur situé sur le mur et d'un système de détecteur de mouvement.

Les luminaires sont suspendus par des câbles métalliques (ci-après nommés câbles de suspension), reliés à des ancrages fixés au plafond de bois. Ils sont suspendus à une hauteur de 2,96 mètres du sol (Figure I.3).

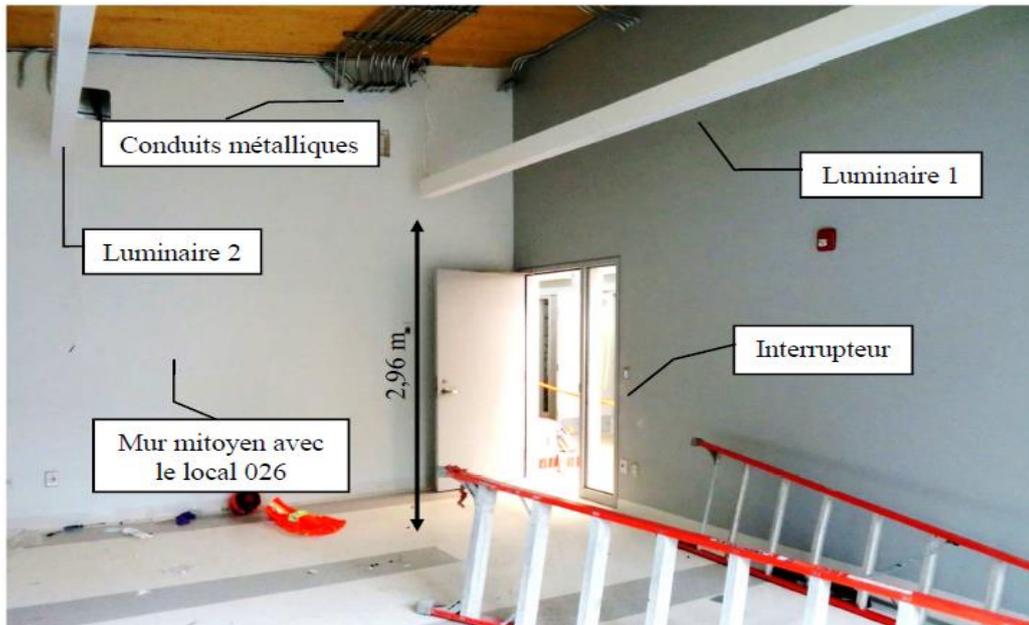


Figure I.3. Local 028

Des conduits métalliques sont installés au plafond, au-dessus du luminaire 1. Les conduits métalliques servent notamment au passage des câbles électriques du bâtiment et des câbles de contrôle de l'intensité des luminaires.

Chaque luminaire est composé de trois sections de long, soit deux sections de 2,4 mètres et une de 1,2 mètres assemblées bout à bout. La longueur totale de chaque luminaire est de 6 mètres (voir figure I.4).

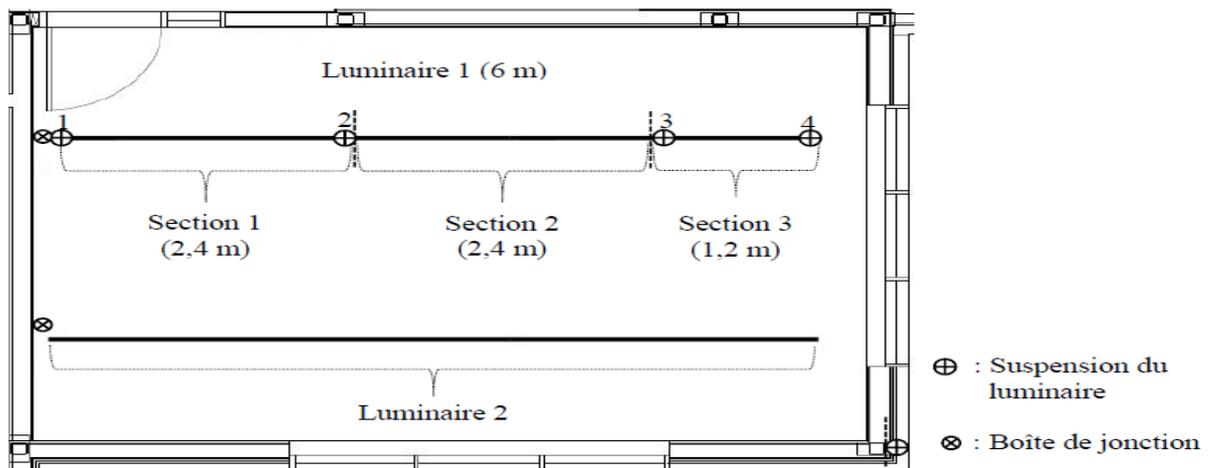


Figure I.4 : Plan du local 028

I-2-2 DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER

Dans la semaine du 12 août 2019, les travaux d'électricité dans le local 028 consistent en l'installation de deux luminaires suspendus au plafond (voir figure I.3).

Les travaux sont effectués par [...] travailleurs au moyen d'escabeaux. L'installation d'un luminaire se fait comme suit :

- Les suspensions du luminaire sont installées : Quatre ancrages sont installés au plafond et quatre câbles de suspension y sont attachés (figure 4 et 5) ;

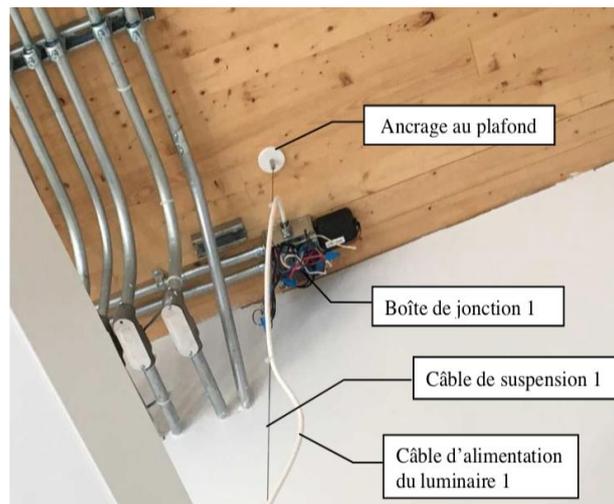


Figure I.5 : Ancrage et câble métallique de suspension du luminaire 1

- La section 1 du luminaire est fixée par deux câbles de suspension reliés à son bâti (voir figure I-6);

-

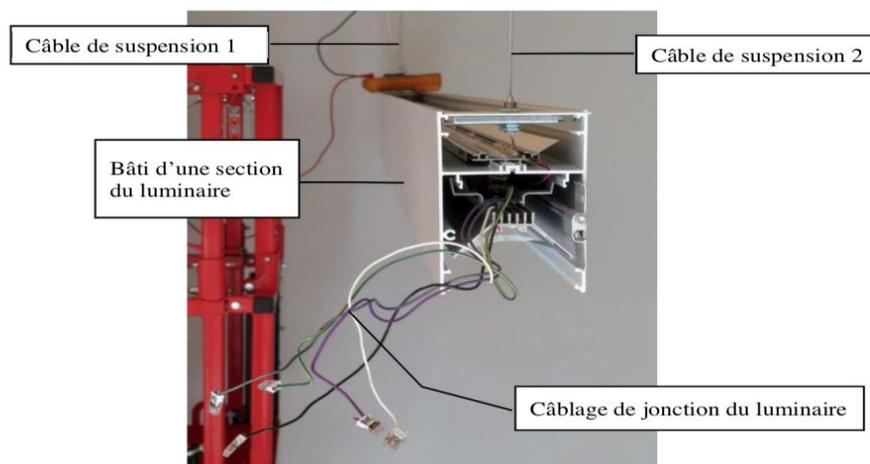


Figure I.6 : Bâti du luminaire relié au câble de suspension et câblage de jonction du luminaire

1. La section 2 du luminaire est déposée sur des escabeaux. Le câblage de jonction des sections 1 et 2 du luminaire est raccordé avec des connecteurs, à l'extérieur du bâti (voir figure I.7);

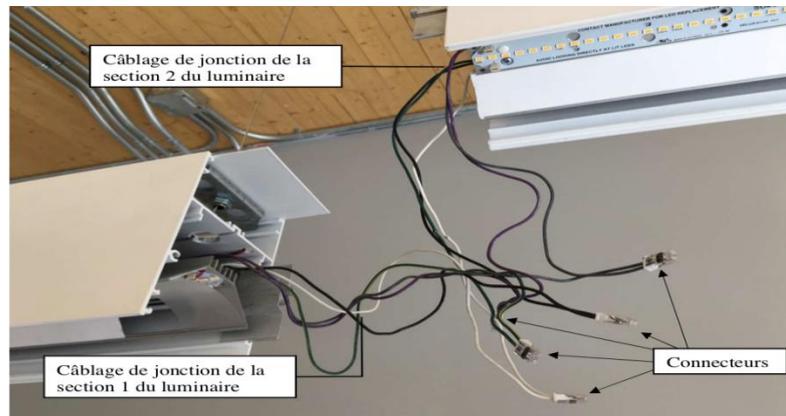


Figure I.7 : Câblage de jonction des sections 1 et 2 du luminaire

4. Le câblage de jonction est remis à l'intérieur des luminaires. Les sections 1 et 2 du luminaire sont emboîtées et vissées ensemble;
5. La section 2 du luminaire demeure déposée sur un escabeau, le luminaire 3 est suspendu tel que décrit à l'étape 2;
6. Les étapes 3 et 4 sont répétées pour les sections 2 et 3 du luminaire. Le luminaire est ainsi suspendu;
7. Le câble d'alimentation du luminaire est inséré dans la boîte de jonction et les fils sont raccordés.

Le raccordement de l'alimentation électrique consiste en trois fils soit : (voir figure I.8) :

- Le fil noir du luminaire est relié au fil rouge du câble d'alimentation du bâtiment (vivant);
- Le fil blanc du luminaire est relié au fil blanc du câble d'alimentation du bâtiment (neutre);
- Le fil vert du luminaire est relié au fil vert du câble d'alimentation du bâtiment (mise à la terre - continuité des masses).

Le raccordement des signaux de contrôle de l'intensité du luminaire comprend deux fils (le fil gris (0 volt) et mauve (+10 volts) du luminaire) qui sont reliés aux fils bruns du gradateur.

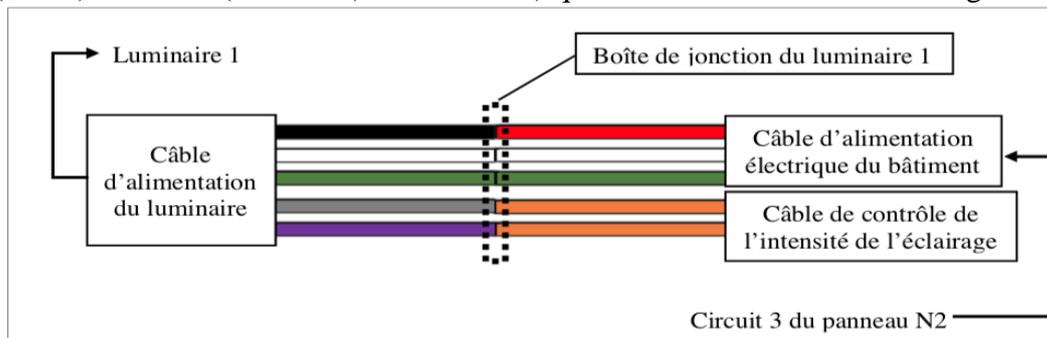


Figure I.8 : Schéma du raccordement du luminaire 1

Le plan d'installation prévoit que le raccordement de l'alimentation électrique des luminaires du local 028 soit relié au circuit 3 du panneau N2 situé dans le local 024. Or, lors de l'installation, le branchement s'est plutôt fait sur le circuit 5.

I-3. ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

I-3.1 CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT

Le Mercredi 14 août 2019, le travailleur accidenté ainsi que M. [M], M. [N] et M. [O] sont présents au chantier.

M. [N] et M. [M] installent les deux luminaires dans le local 028 sans vérifier leur fonctionnement.

Le 15 août 2019, le travailleur accidenté ainsi que M. [P] et M. [M] sont présents au chantier.

M. [P] et M. [M] installent les luminaires sur les murs du corridor. Certains luminaires sont raccordés au même circuit que les luminaires du local 028. Une fois l'installation terminée, ces luminaires sont allumés pour vérifier leur fonctionnement. Ce circuit est laissé sous tension.

Le 16 août 2019, le travailleur accidenté et M. [P] sont présents au chantier. Ils débutent leur journée en installant des unités de chauffage dans la salle polyvalente du local 029. Vers 10 h 30, M. [P] quitte le chantier. Le travailleur accidenté continue les travaux dans la salle polyvalente.

Vers 12 h 45, à l'intérieur du local 028, le travailleur accidenté œuvre dans un escabeau près de la boîte de jonction du luminaire 1. Il touche simultanément le câble de suspension 1 du luminaire 1 et une composante de la mise à la terre, telles les canalisations métalliques situées au plafond. Le travailleur accidenté reçoit une décharge électrique. Il chute au sol et l'escabeau se renverse. Lors de sa chute, il heurte le mur mitoyen au local 026.

[...] travailleurs entendent un bruit provenant du local 028. Ils sont respectivement situés à l'abreuvoir et à l'intérieur du local 026. Un des travailleurs se dirige vers le local 028 et voit le travailleur accidenté au sol en convulsions. Il interpelle [...] qui sont situés près des jardins communautaires. Ils portent secours au travailleur accidenté. Après un appel au Centre d'urgence 911, les ambulanciers arrivent sur les lieux et transportent le travailleur accidenté à l'hôpital, où son décès est constaté.

I-3.2. CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES

I-3-2-1. ÉLÉMENTS RELATIFS AU TRAVAILLEUR ACCIDENTÉ

Les éléments relatifs au travailleur accidenté sont :

- Il œuvre comme électricien depuis [...].
- En [...], il est embauché à titre d'électricien compagnon par l'entreprise **RICHARD GARRETT Electrique Inc.**
- Il est responsable de réaliser l'installation électrique sur le chantier depuis [...].

- Il est sous la responsabilité du [B], pour ce chantier.
- Il a notamment reçu les formations suivantes de l'Association sectorielle paritaire du secteur de la Construction (ASP Construction) :
 - [...] : « Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction (SSGCC) » ;
 - [...] : « Travailler hors tension » ;
 - [...] : « SIMDUT2015 ».
- Il n'a pas signé le registre attestant qu'il a suivi la séance d'accueil au chantier;
- Le jour de l'accident, il porte un jeans, un t-shirt et des bottes de construction. Il n'a aucun autre équipement de protection individuelle.

M. [B] est un employé de l'entreprise **RICHARD GARRETT Electrique Inc.**

I-3-2-2. ÉLÉMENTS RELATIFS À L'EMBAUCHE ET À LA FORMATION DES TRAVAILLEURS

La démarche d'embauche d'un nouveau travailleur pour l'entreprise **RICHARD GARRETT Electrique Inc.** est décrite comme suit :

- Le nouveau travailleur est accueilli dans l'entreprise et les règles de l'entreprise lui sont expliquées de manière informelle ;
- Si le nouveau travailleur est apprenti, il doit œuvrer sous la supervision de différents électriciens compagnons et sa formation s'effectue par compagnonnage ;
- Si le nouveau travailleur est compagnon, il œuvre de manière autonome sans accompagnement ou formation formel.

Les directives quant aux méthodes et techniques de travail sont transmises verbalement aux travailleurs.

Des formations sont données à l'occasion par **l'ASP Construction** aux travailleurs.

I-3-2-3. ÉLÉMENTS RELATIFS À L'ENTREPRISE CONSTRUCTION GENFOR LTÉE

Les éléments relatifs à l'entreprise *construction* « **GENFOR LTÉE** » sont :

- L'entreprise **Construction** « **GENFOR LTÉE** », à titre de maître d'œuvre du chantier, est responsable de l'application du programme de prévention et des mesures de santé et de sécurité générales sur le chantier ;
- M. [J], a effectué une seule visite sur le chantier du Pavillon de la Savane, qui a eu lieu le 28 mai 2019 ;
- Le 4 mars 2016, M. [I] et M. [Q] ont assisté à une présentation donnée [...] aux surintendants et aux chargés de projet. Une des sections traite du cadénassage sans faire référence à la sous-section 2.20 du CSTC en vigueur à cette date ;

- Il n'y a aucune procédure de cadenassage mise en application. Aucune autorisation écrite n'est donnée pour effectuer les travaux électriques nécessitant du cadenassage et aucune fiche ou registre de cadenassage n'est utilisé sur place. M. [I] considère que l'élaboration et la mise en application de la procédure de cadenassage relève de l'entreprise **RICHARD GARRETT Electrique Inc.** Les surintendants ne sont pas informés de ce volet du programme de prévention, ni de comment ils doivent en superviser l'application ;
- Il n'y a pas d'analyse sécuritaire de tâches, ni de grille d'inspection pour les travaux d'électricité, contrairement à ce qui est prévu au programme de prévention.

I-3-2-4. ÉLÉMENTS RELATIFS À L'ENTREPRISE RICHARD GARRETT ÉLECTRIQUE INC.

Les éléments relatifs à l'entreprise *RICHARD GARRETT Electrique Inc.* sont :

- Il n'y a pas de personne en autorité à temps plein au chantier. [B], est présent au chantier lorsqu'il y a un besoin ;
- L'employeur n'a pas établi de méthodes de travail sécuritaires spécifiques pour les travaux électriques sur ce chantier. L'employeur se fie sur l'expérience des travailleurs.
- Le matériel de cadenassage est fourni à la demande des travailleurs. Les travailleurs fournissent eux-mêmes leurs cadenas.
- Le programme de prévention n'identifie aucun responsable du cadenassage pour le chantier. Les formulaires et registres relatifs au cadenassage prévus au programme de prévention ne sont pas remplis.
- Le programme de prévention de l'employeur a été transmis au maître d'œuvre. Il n'est pas disponible au chantier et M. [I], n'en a pas pris connaissance.
- En août 2018, un accident similaire a eu lieu sur un chantier de la région de Longueuil, où, à la suite d'une électrification lors de travaux sur un luminaire 347 volts, un travailleur de l'entreprise Richard Garrett Électrique inc. a chuté d'un escabeau.

I-3-2-5. ÉLÉMENTS RELATIFS AUX OUTILS DE TRAVAIL

Les éléments relatifs aux outils de travail sont :

- Deux pinces et un tournevis ont été retrouvés dans le local 028. Les deux pinces présentent une dégradation de la partie coupante (figure 9). Le tournevis présente le même type de dégradation.



Figure I.9 : Outils présents dans le local 028

- Quatre autres pinces présentant une dégradation ont été retrouvées dans le sac à outils du travailleur accidenté, dans le local 029. Les initiales du travailleur accidenté sont gravées sur certaines pinces.

I-3-2-6. ÉLÉMENTS RELATIFS À L'ÉTAT DES LIEUX

Les éléments relatifs à l'état des lieux sont :

- Le travailleur accidenté est retrouvé au sol près du mur mitoyen du local 026 ;
- Il présente deux marques linéaires situées à l'intérieur de son bras droit. Il présente aussi des marques à l'intérieur de la main gauche ;
- Le mur mitoyen du local 026 a été peint environ deux heures avant l'accident. On y note des marques de frottement en hauteur et de choc au bas du mur ;
- Le luminaire 1 se balance à l'arrivée des secours ;
- Le bâti de la section 1 du luminaire 1 présente des marques grises ;
- Prés de la boîte de jonction 1, le câble de suspension 1 (voir figure I.12) présente des traces de brûlure qui correspondent aux marques sur le bras du travailleur ;
- Un escabeau de 10 pieds et un escabeau de 12 pieds sont présents dans le local 028.
- L'escabeau de 12 pieds utilisé par le travailleur lors de l'accident a les caractéristiques suivantes :
 - Il est de marque Louisville, modèle FS1512;
 - Il est non conducteur de courant et fait de fibre de verre;
 - Il a été retrouvé au sol avec ses montants déployés;
 - Il présente des marques de peinture blanche sur certains rivets.



Figure I.10 : Position de l'escabeau au moment de l'accident

En fonction de ces informations, la seule position de l'escabeau qui permet d'accéder sans entrave à la boîte de jonction 1 est face à la porte avec ses deux montants déployés. Dans cette position, l'escabeau fait contact avec la section 1 du luminaire 1 et le déplace vers la porte. Cette position est confirmée par le fait que les marques blanches sur les rivets de l'escabeau s'alignent avec les marques grises présentes sur le luminaire 1. Les marques de frottement sur le mur, combinées à celles sur le bras du travailleur et celles sur le câble de suspension, permettent de confirmer la position du travailleur dans l'échelle et le contact de son bras droit avec le câble de suspension.

Les deux luminaires présents dans le local 028 sont de marque Selux, série M100, modèle Type : K. Les bâtis sont en aluminium et requièrent une tension de 347 volts. Il s'agit d'un type de luminaire linéaire suspendu à diodes électroluminescentes (DEL).

Le raccordement du luminaire 1 est dans cet état à la boîte de jonction 1 :

- Son câble d'alimentation est inséré dans la boîte de jonction (figure 11);
- Le fil noir (vivant) est raccordé;
- Le fil blanc (neutre) et vert (mise à la terre) sont dénudés à leur extrémité, mais non raccordés;
- Le fil gris (0 volt) et mauve (+10 volts) contrôlant l'intensité de l'éclairage sont raccordés;
- Les fils du câble d'alimentation du luminaire 1 sortent de la boîte de jonction 1 d'environ 15 cm.

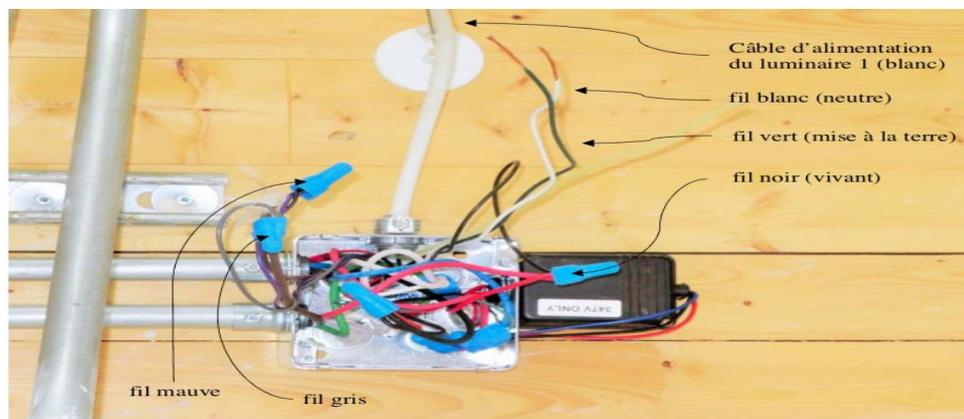


Figure I.11 : Raccordements du luminaire 1 dans la boîte de jonction

I-3-2-7. ÉLÉMENTS RELATIFS AU CIRCUIT ÉLECTRIQUE ALIMENTANT LES LUMINAIRES DU LOCAL 028

Le panneau N2 situé dans le local 024 alimente les luminaires du local 028 et certains luminaires du corridor via le circuit 5. Ce circuit est relié à un disjoncteur de 347 volts d'une capacité de 15 ampères qui est à la position fermée (« ON »). Le circuit est donc sous tension. Le circuit 3, identifié au plan d'installation pour ces luminaires, est également sous tension.

Une expertise du circuit électrique réalisée par le maître électricien **M. Daniel Mercier** de l'entreprise Nadeau Ultra Tech révèle les éléments suivants :

- De la boîte de jonction 1 du luminaire 1, une tension de 347 volts est mesurée sur le fil noir par rapport à la mise à la terre. La **murette** de cette jonction est serrée adéquatement ;
- Le fil blanc (neutre) et vert (mise à la terre) du câble d'alimentation du luminaire, le bâti et les câbles de suspension du luminaire sont reliés électriquement et présentent une tension de 342 volts par rapport à la mise à la terre ;
- Les boîtes de jonction et conduits métalliques sont tous mis à la terre ;

Par ailleurs, pour la jonction des sections 1 et 2 du luminaire 1, il est observé que :

- Le fil blanc (neutre) et vert (mise à la terre) entre les sections 1 et 2 ont été coincés entre les bâtis lors de l'installation des deux sections. Des marques laissées sur les bâtis en font état (voir figure I.12).
- Le coincement a altéré les gaines isolantes, mettant ainsi en contact avec le boîtier les fils de cuivre du neutre (blanc) et de la mise à terre (vert).



Figure I.12 : Fils pinces et dénudés entre les sections 1 et 2 du luminaire lors de l'assemblage

I-3-2-8. ÉLÉMENTS RELATIFS AU CIRCUIT ÉLECTRONIQUE INTERNE DU LUMINAIRE 1

Le luminaire 1 est composé de 10 blocs d'alimentation qui permettent de convertir le voltage d'alimentation du bâtiment en un voltage approprié pour alimenter les diodes électroluminescentes (DEL).

Selon les vérifications effectuées par M. Daniel Mercier, les 10 blocs d'alimentation sont branchés adéquatement.

Une expertise est réalisée² par **M. Éric Deschênes**, ingénieur électricien, afin de comprendre comment le bâti du luminaire a pu devenir énergisé.

L'ingénieur **Des chênes** identifie notamment que :

- Seul le fil noir (vivant) du luminaire 1 est raccordé au câble d'alimentation du bâtiment. Le fil blanc (neutre) et le fil vert (MALT) ne sont pas raccordés;
- Le fil noir (vivant) alimente les trois sections de luminaire, donc les 10 blocs d'alimentation;
- Le fil neutre à l'intérieur du luminaire fait contact avec le bâti du luminaire à la suite de son coincement durant l'assemblage des sections;
- Le bâti du luminaire est relié mécaniquement et électriquement aux câbles de suspension du luminaire;
- Le bâti n'est pas mis à la terre par la continuité des masses.

Compte tenu de l'état du luminaire, l'ingénieur *Deschênes* précise que : Le travailleur en touchant au câble de suspension avec son bras droit en même temps que sa main gauche touche à un élément conducteur mis à la terre par continuité des masses, ferme la boucle du circuit et permet ainsi au courant de passer par le cœur de l'électricien (choc bras-main) et de retourner à sa source.

L'ingénieur *Deschênes* tire la conclusion suivante :

Le travail en présence de tension combiné au branchement du fil vivant (600v), au contact du neutre avec le boîtier métallique et à ce qu'aucune liaison de continuité des masses provenant de l'alimentation principale soit établie, a permis d'énergiser le boîtier ainsi que les câbles de suspension du luminaire. Le scénario d'électrocution retenue fait en sorte que le bras droit du travailleur fait contact au câble de suspension métallique en même temps que sa main gauche touche à une composante mise à la terre telle que : la boîte de jonction ou une des canalisations métalliques présentes au plafond. Selon mes calculs, un courant approximatif de 168ma est passé par le travailleur. En prenant pour acquis qu'un courant moyen de 80ma appliqué pendant une seconde peut provoquer un arrêt cardiaque (IEC-60479-1), on comprend que le travailleur n'a eu aucune chance de survivre à ce choc.

I-3-2-9. RÉFÉRENCES NORMATIVES, GUIDES DU FABRICANT ET AUTRES DOCUMENTS D'INFORMATION

I-3-2-9-1. INFORMATIONS DU FABRICANT DU LUMINAIRE

Le fabricant SELUX précise que même sans le coincement d'un fil à l'intérieur de ce type de luminaire, un luminaire de 6 mètres de long comprenant 10 blocs d'alimentation, peut causer des lésions graves lorsqu'il est installé sous tension et dans l'état observé du branchement.

Le pictogramme et la mention suivante sont présents sur chacune des pages du manuel d'installation du fabricant :

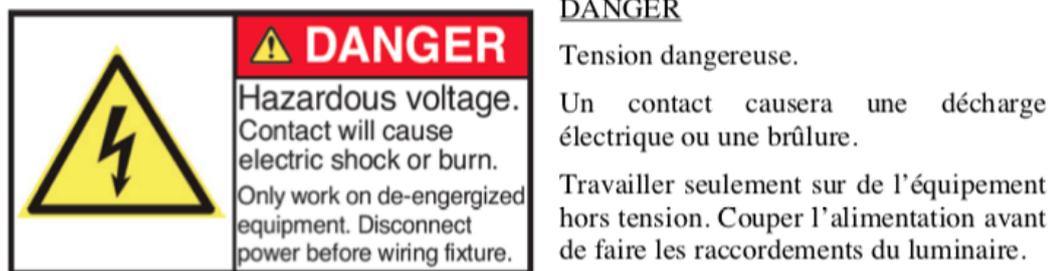


Figure I.13 : Avertissements du fabricant du luminaire concernant le branchement

I-3-2-9-2. CONSÉQUENCES SUR LA SANTÉ

Divers facteurs influencent la gravité des lésions engendrées par une décharge électrique qui traverse le corps humain. Parmi ces facteurs, il y a le trajet emprunté par le courant dans le corps, la tension du courant exprimé en volts (V), l'intensité du courant exprimé en ampères (A) et la résistance du corps humain exprimé en Ohm (Ω).

Selon la littérature, un courant d'une intensité de 80 milliampères (mA) est suffisant pour entraîner une fibrillation ventriculaire pouvant mener à un arrêt cardiaque.

I-3-2-9. ASPECT RÉGLEMENTAIRE

La Loi sur la santé et la sécurité du travail (S-2.1) (LSST) prévoit notamment, aux articles 51 et 196, que: LSST, article 51

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Il doit notamment :

[...]: 3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;

[...]: 5° utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur;

[...]: 9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriées afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié;

[...] LSST, article 196 : Le maître d'œuvre doit respecter au même titre que l'employeur les obligations imposées à l'employeur par la présente loi et les règlements notamment prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur de la construction.

LSST, article 202 : Le maître d'œuvre doit faire en sorte qu'un employeur œuvrant sur un chantier de construction où un programme de prévention est mis en application s'engage par écrit à le faire respecter.

La sous-section 2.20 du CSTC prévoit notamment les articles suivants :

[...]: 2.20.2. Avant d'entreprendre dans la zone dangereuse d'une machine tout travail, notamment de montage, d'installation, d'ajustement, d'inspection, de décoinçage, de réglage, de mise hors d'usage, d'entretien, de désassemblage, de nettoyage, de maintenance, de remise à neuf, de réparation, de modification ou de déblocage, le cadenassage ou, à défaut, toute autre méthode qui assure une sécurité équivalente doit être appliqué conformément à la présente sous-section.

[...] : 2.20.3. Le cadenassage doit être effectué par chacune des personnes ayant accès à la zone dangereuse d'une machine.

[...] : 2.20.5. Le maître d'œuvre doit, pour chaque machine située sur le chantier de construction, s'assurer qu'une ou plusieurs procédures décrivant la méthode de contrôle des énergies soient élaborées et appliquées.

Les procédures doivent être facilement accessibles sur les lieux où les travaux s'effectuent dans une transcription intelligible à toute personne ayant accès à la zone dangereuse d'une machine.

[...] : 2.20.8. Avant d'appliquer une méthode de contrôle des énergies, le maître d'œuvre doit s'assurer que les personnes ayant accès à la zone dangereuse de la machine sont formées et informées sur les risques pour la santé et la sécurité liés aux travaux effectués sur la machine et sur les mesures de prévention spécifiques à la méthode de contrôle des énergies appliquée.

[...] : 2.20.9. Un employeur ou un travailleur autonome doit obtenir une autorisation écrite du maître d'œuvre avant d'entreprendre un travail dans la zone dangereuse d'une machine. Le maître d'œuvre doit s'assurer qu'il appliquera une méthode de contrôle des énergies conforme à la présente sous-section.

[...] : 2.20.11. Le maître d'œuvre doit fournir le matériel de cadenassage dont les cadenas à clé à usage unique, sauf si un employeur ou un travailleur autonome en est responsable.

[...] : 2.20.14. La présente sous-section s'applique, compte tenu des adaptations nécessaires, à tout travail sur une installation électrique.

I-3-3. ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES

1. le travailleur entre en contact avec une pièce sous tension lors de travaux de raccordement d'un luminaire et reçoit un choc mortel de 347 volts :

Le 14 août 2019, [...] travailleurs de l'entreprise Richard Garrett Électrique Inc. effectuent l'installation de luminaires suspendus au plafond du local 028. Les luminaires comportent trois sections qui doivent être assemblées bout à bout. Lors de l'assemblage des deux premières sections du luminaire 1, les travailleurs effectuent les raccordements entre les sections, poussent les fils à l'intérieur du luminaire et fixent les sections ensemble en serrant les vis d'assemblage. Ce faisant, les fils du neutre et de la mise à la terre (blanc et vert) se coincent entre les sections du bâti en aluminium. Les gaines isolantes sont endommagées et les fils de cuivre sont mis en contact avec le bâti du luminaire.

Le 16 août 2019, vers 12 h 45, le travailleur accidenté accède, à l'aide d'un escabeau en fibre de verre isolé, à la boîte de jonction au plafond du local 028 pour y compléter le raccordement du premier luminaire. Il est vêtu d'un t-shirt et ne porte pas d'équipement de protection individuelle outre des bottes de sécurité.

Les travaux se déroulent alors que le circuit qui alimente la boîte de jonction du luminaire 1 est sous tension et présente un voltage de 347 volts.

Au moment de l'accident, le fil vivant (noir) du câble d'alimentation du luminaire est raccordé au câble d'alimentation du bâtiment. Le fil du neutre (blanc) et de la mise à la terre (vert) n'y sont pas raccordés. Ce faisant, le coincement du fil du neutre (blanc) et de la mise à la terre (vert) à la jonction des sections 1 et 2 met le bâti sous tension. De plus, le câble de suspension 1 étant relié au bâti du luminaire, se trouve également sous tension.

Dans cette situation, le travailleur accidenté touche simultanément au câble de suspension avec son bras droit ainsi qu'à un élément conducteur mis à la terre par continuité des masses, tels les conduits métalliques, avec sa main gauche. De cette façon, le travailleur ferme la boucle du circuit et permet au courant de passer par son cœur et de retourner à sa source.

Selon les calculs de l'ingénieur Deschenes, un courant électrique d'une intensité estimée à 168 milliampères traverse le corps du travailleur.

En tenant pour acquis qu'un courant moyen de 80 milliampères appliqué pendant une seconde peut provoquer un arrêt cardiaque, le courant auquel est exposé le travailleur provoque son électrocution.

Cette cause a été retenue.

2. Le maître d'œuvre et l'employeur ne s'assurent pas que les travaux électriques sont effectués de manière sécuritaire.

Conformément aux articles 2.20.14 et 2.20.2 du CSTC, avant d'entreprendre un travail sur une installation électrique, le cadenassage ou, à défaut, toute autre méthode qui assure une sécurité équivalente doit être appliquée.

Ainsi, selon l'article 2.20.5 du CSTC, le maître d'œuvre doit, pour chaque installation électrique située sur le chantier de construction, s'assurer qu'une ou plusieurs procédures décrivant la méthode de contrôle des énergies soient élaborées et appliquées.

Ces obligations spécifiques s'ajoutent aux obligations générales auxquelles l'employeur et le maître d'œuvre sont tenus en vertu des articles 196 et 51 de la LSST. Rappelons également que le programme de prévention est le principal outil de prévention prévu par la LSST et qu'il est obligatoire dans le secteur de la construction.

Les programmes de prévention des entreprises *Construction « GENFOR LTÉE »* et *RICHARD GARRETT Electrique Inc.* identifient le risque d'électrisation et d'électrocution. Ils comportent différentes sections applicables aux travaux électriques. Lors des travaux de raccordement et d'installation de systèmes électriques, il y est prévu de s'assurer qu'aucune tension n'est présente dans les conducteurs, de couper l'alimentation à la source et de cadenasser.

Les deux programmes prévoient donc une méthode de travail sécuritaire soit le cadenassage. On y indique également qu'il faut compléter une fiche de cadenassage avant le début des travaux.

Or, au moment de l'accident, aucune procédure de cadenassage n'est mise en application, aucune fiche de cadenassage n'est complétée et il n'y a aucun responsable du cadenassage. Le maître d'œuvre ne fournit pas le matériel de cadenassage, ni ne désigne un employeur responsable, tel que le prévoit l'article 2.20.11 du CSTC. Aucun cadenassage n'est effectué et il en résulte que le travailleur s'expose à une décharge électrique alors qu'il œuvre à proximité d'une boîte de jonction présentant des éléments sous tension. De plus, considérant l'état du luminaire, le travailleur, de même que toute personne œuvrant à proximité, s'expose à ce même risque.

Bien que son programme de prévention reprenne plusieurs articles de la sous-section 2.20 du CSTC, le maître d'œuvre ne s'assure pas de son application. Ce qui y est prévu n'est pas connu et appliqué par son personnel en autorité au chantier et par les travailleurs de l'entreprise **RICHARD GARRETT Electrique Inc.** Il en est de même chez ce dernier, et ce, malgré un accident similaire survenu au mois d'août 2018. De plus, les informations obtenues sur le chantier du parc de la Savane ainsi que la détérioration observée sur les outils du travailleur accidenté suggèrent que l'absence de cadenassage et le travail sous tension n'étaient pas inhabituels.

En plus du cadenassage, le programme de prévention de l'entreprise **Construction « GENFOR LTÉE »** prévoit qu'une analyse sécuritaire de tâches doit être effectuée avant le début de chaque phase des travaux et lors de tous changements apportés aux méthodes de travail, procédés, équipements, etc.

Une grille d'inspection est également prévue pour les travaux d'électricité hors tension, tels les travaux d'installation d'éclairage. Elle prévoit, entre autres, de vérifier la formation et l'information transmise, les procédures et méthodes de travail, l'exécution des travaux hors tension et le contrôle des travaux. Bien que ces mesures soient prévues, aucune analyse sécuritaire de tâches n'a été effectuée pour les travaux électriques exécutés le jour de l'accident et aucune grille d'inspection n'a été complétée. Ces moyens auraient permis d'identifier le risque et de mettre en application les mesures correctives appropriées.

En ce qui a trait à la formation des travailleurs, l'article 2.20.8 du CSTC prévoit que le maître d'œuvre doit notamment s'assurer que les travailleurs soient formés et informés sur les risques liés aux travaux électriques et sur la méthode de contrôle des énergies appliquée. Ces obligations s'ajoutent à celles prévues à l'article 51(9) de la LSST qui prévoient que l'employeur doit informer et former les travailleurs sur les risques reliés à leur travail et assurer la supervision appropriée.

Il est prévu que [I] donne une séance d'accueil lors de l'arrivée des travailleurs au chantier. Pour les électriciens un des sujets de l'accueil est le cadenassage. La semaine de l'accident, des [...] travailleurs qui effectuent les travaux d'installation électrique, [...] a signé le formulaire attestant qu'il a reçu sa séance d'accueil, [...].

L'entreprise **Construction « GENFOR LTÉE »** affirme confier la gestion de la santé et de la sécurité du travail pour l'ensemble de ses chantiers au [J]. Selon le mandat qui lui est confié, il a effectué une seule visite au chantier, soit le 28 mai 2019.

Par ailleurs, le jour de l'accident, aucun [...] de l'entreprise *Construction « GENFOR LTÉE »* n'est présent. [...]. Ceux-ci ne sont pas informés des mesures prévues au programme de prévention concernant le cadenassage, ni de comment ils doivent en assurer l'application. D'ailleurs, [I] considère que l'élaboration et la mise en application d'une procédure de cadenassage est la responsabilité des électriciens et ne s'assure pas que le cadenassage soit appliqué. De plus, le maître d'œuvre n'émet aucun écrit autorisant l'entreprise *RICHARD GARRETT Electrique Inc.* à entreprendre tout travail nécessitant le contrôle de l'énergie sur l'installation électrique, et ce, contrairement à ce qui est prévu à l'article 2.20.9 du CSTC.

Pour l'entreprise *RICHARD GARRETT Electrique Inc.*, M. [B] [...]. Pour l'ensemble des chantiers de l'entreprise, il fait des rappels aux travailleurs de manière informelle et sporadique sur l'importance de cadenasser. Toutefois, celui-ci n'est présent au chantier que lorsqu'il y a un besoin. Le jour de l'accident, aucune personne en autorité de l'employeur n'est présente.

En identifiant inadéquatement les risques liés à la tâche d'installation d'un luminaire, en n'appliquant aucune des procédures de cadenassage prévues aux programmes de prévention et en n'assurant pas la supervision et la formation nécessaire, le maître d'œuvre et l'employeur ne s'assurent pas que les travaux électriques soient effectués de manière sécuritaire.

Cette cause a été retenue.

I-4. CONCLUSION

Sur les causes de l'accident

Les Causes de l'accident retenues sont :

- Le travailleur entre en contact avec une pièce sous tension lors de travaux de raccordement d'un luminaire et reçoit un choc mortel de 347 volts.
- Le maître d'œuvre et l'employeur ne s'assurent pas que les travaux électriques soient effectués de manière sécuritaire.

Autres documents émis lors de l'enquête

Le rapport RAP1290821 de l'intervention du 16 août 2019 informe l'employeur, *RICHARD GARRETT électrique Inc.*, et le maître d'œuvre, *Construction « GENFOR LTÉE »*, de l'interdiction d'accès dans le bâtiment du Pavillon de la Savane dans le but de garder les lieux inchangés le temps de l'enquête des inspecteurs de la CNESST et pour protéger les travailleurs étant donné la présence d'autres zones de danger de décharge électrique. Les parties doivent élaborer une procédure de travail sécuritaire permettant le contrôle des énergies dangereuses (cadenassage) et assurer la formation de leurs travailleurs.

Le rapport RAP1291701 de l'intervention du 30 août 2019 informe l'employeur, **RICHARD GARRETT Électrique Inc.**, et le maître d'œuvre, **Construction « GENFOR LTÉE »**, de l'interdiction d'accès dans le local 028 du bâtiment du Pavillon de la Savane dans le but de garder les lieux inchangés le temps de l'enquête des inspecteurs de la CNESST. L'autorisation d'accès dans le reste du bâtiment est rendue, car une procédure de cadenassage est mise en application puis l'installation électrique du reste du bâtiment est sécurisée par M. [B] et [Q]. Les circuits 3 et 5 du panneau électrique N2 qui contrôlent l'éclairage du local 028 sont ainsi cadenassés et un scellé de la CNESST y est appliqué. Le même rapport informe les parties de la saisie des deux premières sections du luminaire 1 et des pinces du travailleur accidenté aux fins d'enquête.

Le rapport RAP1291754 de l'intervention du 19 septembre 2019 rappelle au maître d'œuvre, **Construction « GENFOR LTÉE »**, l'interdiction d'accès dans le local 028 du bâtiment du Pavillon de la Savane dans le but de garder les lieux inchangés le temps de l'enquête des inspecteurs de la CNESST, alors que des travaux ont cours dans le local 028 et que, de ce fait, les lieux soient modifiés par le maître d'œuvre. Le maître d'œuvre verrouille alors le local et appose une affiche qui diffuse l'interdiction à toutes les parties sur place.

Le rapport RAP1291796 de l'intervention du 16 octobre 2019 informe l'employeur, **RICHARD GARRETT Électrique Inc.**, et le maître d'œuvre, **Construction « GENFOR LTÉE »**, de l'autorisation d'accès au local 028 du bâtiment du Pavillon de la Savane. Le scellé sur les circuits 3 et 5 du panneau électrique N2 est retiré puisque les boîtes de jonction de raccordement des luminaires du local 028 sont débranchées et fermées par un couvercle par M. [B].

Suivi de l'enquête

Pour éviter qu'un tel accident se reproduise, la CNESST demandera à la Corporation des maîtres électriciens d'informer leurs membres des conclusions de l'enquête. La CNESST rappellera la nécessité de travailler hors tension notamment lors de branchement d'appareillage électrique.

De plus, le ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, dans le cadre de son partenariat avec la CNESST visant l'intégration de la santé et de la sécurité dans la formation professionnelle et technique, diffusera, à titre informatif et à des fins pédagogiques, le rapport d'enquête dans les établissements de formation offrant le programme d'études en Électricité. L'objectif de cette démarche est de supporter les établissements de formation et les enseignants dans leurs actions pédagogiques destinées à informer leurs étudiants sur les risques auxquels ils seront exposés et sur les mesures de prévention qui s'y rattachent.

Conclusion générale et Recommandations

CONCLUSION GENERALE

Bien que la réglementation soit très exigeante en matière de sécurité électrique et malgré l'application intégrale des mesures de sécurité relatives aux travaux hors tension, sous tension et au voisinage, les accidents électriques n'ont pas été restreints comme on pouvait l'espérer ; cela est dû, d'un côté, à la complexité du grand nombre de mesures, 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 lors des travaux hors tension, sous tension et au voisinage, dont il faut absolument respecter les prescriptions.

RECOMMANDATIONS

Quelques recommandations à prendre en considération :

- 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 travaille 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

BIBLIOGRAPHIE

- [1] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Histoire-de-l-electricite.html>
- [2] B JérémY , MD Thibault «TECHNOLOGIE HISTOIRE DES SOLUTIONS : COMMENT PRODUIRE DE L'ELECTRICITE ? »
- [3] http://www.techmania.fr/edf_ecole_energie/accessibilite/mod2_chap2.htm [en ligne]
- [4] Grégoire Wallenborn (CEDD/IGEAT – ULB) ,Catherine Rousseau, Héléne Aupaix (CRIOC) Karine Thollier, Pascal Simus (ICEDD) «RAPPORT FINAL : DETERMINATION DE PROFILS DE MENAGES POUR UNE UTILISATION PLUS RATIONNELLE DE L'ENERGIE CP/50» Août 2006
- [5] <https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectricit%C3%A9#Nature>
- [6] <https://www.connaissancedesenergies.org>
- [7] <https://www.greenfacts.org/>
- [8] <https://www.alloprof.qc.ca>
- [9] <http://uel.unisciel.fr>
- [10] Document "manuel de prévention des risques" édité en juin 1998. Ce document a été réalisé par des ingénieurs hygiène et sécurité des établissements d'enseignement supérieur.
- [11] D. FOLLIOT, "Les accidents dus à l'électricité ", Encyclopédie médicochirurgicale, Intoxications, pathologies du travail, maladies par agents physiques, Éditions techniques, 1991
- [12] F. GUILLON, D. FOLLIOT et coll., "Risque électrique ", PROPHYL Santé n°18, pp. 6-35, 2000
- [13] SANDRINE HARDY, JEAN-LUIS POYARD ; « L'électricité » INRS novembre 2019
- [14] www.inrs.fr/risques/electriques.html
- [15] www.inrs.fr/risques/travail-ecran
- [16] Fichier "évaluation des risques : notions de bases et méthodologie "; <http://www.intefp-sstfp.travail.gouv.fr/>
- [17] Agence européenne pour la sécurité et la sante au travail ; <https://www.oiraproject.eu/fr/purpose-risk-assessment.com>;
- [18] Document " Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique - Prévention du risque électrique" Editée et diffusée par l'Union Technique de l'Electricité (UTE) ; 2012. Internet : <http://www.ute-fr.com/>
- [19] LP Arago - NANTES - BEP Systèmes Electroniques Industriels et Domestiques

- [20] R. AUBER, C. ATLANI, "Prévention des accidents électriques", Les Techniques de l'ingénieur, Génie électrique D 5100 et D 5101, 39 p, 1996
- [21] <https://www.comite-tst.com/le-comite-des-tst>
- [22] R. AUBER et C. RÉMOND, "Installations électriques à basse tension. Choix et mise en oeuvre des matériels", Technique de l'ingénieur, Traité Génie électrique D 5 034 – D 5 035, 1993
- [23] Jacques TONNER ; conception prévention des risques professionnels ; réalisation chaîne graphique; 2-ème édition 2004
- [24] Saadi S., 1997, Méthodologie d'intervention pour l'étude de la sûreté de fonctionnement des ouvrages d'épuration et de la sécurité de l'environnement. Mémoire de Magister soutenu à l'Institut IUH&S de l'Université de Batna, Algérie.
- [25] HOMBERGER, E., Les dangers de l'électricité, cahiers suisses de la sécurité de travail, caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, 1986.
- [26] [http://www.inma.fr/Equipement de protection collective électrique](http://www.inma.fr/Equipement%20de%20protection%20collective%20électrique)
- [27] <http://pamelard.electro.pagespersoorange.fr/fichier%20pdf/habilitation/Les%20risques%20électriques.pdf>
- [28] ROGER CADIERGUES « La Sécurité Electrique » (Guide RefCad : nR22.a)
- [29] Jean-Michel DELBARRE , Postes à haute et très haute tension, Technique de l'Ingénieur (D4 570).
- [30] <https://www.seton.fr/prevention-risques-electriques.html>
- [31] [http://www.beswic.be/Equipement de protection collective et individuelle](http://www.beswic.be/Equipement%20de%20protection%20collective%20et%20individuelle)
- [32] Travaux encadrés d'alternants réalisés dans le cadre du module « Facteurs de risques et Prévention » Master IS-PRNT – Année 2017/2018 ; Campus temon Marseille.
- [33] : Michel Aguet et Jean-Jacques Morf, Energie Electrique, Traite d'électricité, Volume XII, presses polytechniques et universitaires romandes, 2008.
- [34] <http://www.inrs.fr/risques/electriques/prevention-risque-electrique>
- [35] Patrick ABATI « sécurité électrique – habilitation » 2001
- [36] Brion, Jean-Pierre. 1992. « Protection individuelle ou facteur de risque? ». Maîtriser le risque au poste de travail, p. 363-367.
- [37] Arteau, Jean, Yves Beauchamp, Ian Langlais et Frédéric Vachon. 2002. « Harnais pour élagueur ». Commission de la santé et de la sécurité du travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail.
- [38] Villemeur A., 1988, Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels ; Fiabilité, Facteurs Humains, Informatisation, Editions Eyrolle, Paris (France).

- [39] Tayeb, BELLOULA, La Réparation Des Accidents Du Travail et Des Maladies Professionnelles, édition DAHLAR, 1993.
- [40] Michel, BERTHET et Anne-Marie, GAUTIER, L'expression aux risques professionnels, éd Liaison, 2000.
- [41] Caby, B., et al., Feature extraction and selection for objective gait analysis and fall risk assessment by accelerometry. *BioMedical Engineering Online*, 2011. 10(1): p. 1.
- [42] Sabrina AUDUBERTEAU et Karine GAVINO, la prévention des risques professionnels :Hygiène et sécurité au travail, édition afnor, 2003.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE 01 : Titre d'habilitation N° 01

Nom : DUPONT		Employeur : Entreprise Electrique du Sud-ouest		
Prénom : Jacques		Affectation : Direction Régionale de Toulouse		
Fonction : Chef d'équipe				
Personnel	Symbole d'habilitation et attribut	Champ d'application		
		Domaine de tension ou tensions concernées	Ouvrages ou installations concernés	Indications supplémentaires
Travaux d'ordre non électrique				
Exécutant				
Chargé de chantier				
Opérations d'ordre électrique				
Exécutant				
Chargé de travaux	B2	TBT et BT	Toutes les installations des supermarchés clients de la Direction régionale	Sauf les postes d'alimentation
Chargé d'intervention	BR	Tensions limitées à 500 V	Supermarché de Toulouse Installations d'éclairage	
Chargé de consignation	BC	TBT et BT	Supermarché de Toulouse - installations frigorifiques	Doit disposer d'une IPS particulière pour chaque installation concernée
Chargé d'opérations				
Habilité spécial				
Document supplémentaire : <input checked="" type="checkbox"/> Oui - Non				
Le Titulaire :		L'employeur :		Date : 01 mars 2010
Signature : <i>J Dupont</i>		Nom et prénom : CHADRI Francis		Validité :
		Fonction : Chef de division.....		
		Signature : <i>F Chadri</i>		

Exemple de titre d'habilitation N° 02

Nom : DELARUE		Employeur : Orléans-expertise		
Prénom : André		Affectation : Région centre		
Fonction : Diagnostiqueur				
Personnel	Symbole d'habilitation et attribut	Champ d'application		
		Domaine de tension ou tensions concernées	Ouvrages ou installations concernés	Indications supplémentaires
Travaux d'ordre non électrique				
Exécutant				
Chargé de chantier				
Opérations d'ordre électrique				
Exécutant				
Chargé de travaux				
Chargé d'intervention				
Chargé de consignation				
Chargé d'opérations	BE Vérification	TBT et BT	Toutes installations domestiques	Est autorisé à établir un diagnostic sur les installations photovoltaïques et éoliennes
Habilité spécial				
Document supplémentaire : <input checked="" type="checkbox"/> Oui – Non				
Le Titulaire :		L'employeur :		Date : 20 février 2010
Signature : A. Delarue		Nom et prénom : DUMORTIER Pierre Fonction : Chef d'agence Signature : P. Dumortier		Validité : ..