REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : hygiène et sécurité industriel
Spécialité : hygiène et sécurité industriel

Recherche des défauts par la technique de la thermo vision dans le domaine électrique

Présenté par

MISSOUMI Saliha

RAHMINE Fethi

Proposé et Dirigé par

Dr. FERHAT Samira

Mr. KHELIL Cherfi Hacene

Promotion juin 2019

Remerciement

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté et la patience afin d'effectuer ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude pour notre encadreur Ms : KHELIL CHERFI HACENE qui nous à orienté et conseillé tout au long de ce travail.

Pour la promotrice Mme : FERHAT SAMIRA pour leur orientation et leur conseillé.

Nous remercions tous les professeurs qui nous ont suivis durant les années d'études à l'université yahia fares de Médéa.

Enfin, nous manifestons beaucoup gratitude pour ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je remercie Dieu de m'avoir préservé pour réaliser

Ce travail que je dédie :

Aux personnes qui sont les plus chères à mon cœur.

A mon cher papa ; que dieu le garde et le préservé

A ma chère maman, que dieu ait pitié d'elle

A mes chers frères et mes chères sœurs

A toute ma grande famille

A mes chères amies

A tous mes enseignants

A tout les mes collègues de la promotion

MISSOUMI Saliha

Dédicaces

Avec un cœur de joie je dédie ce modeste travail :

A mes parent, qui ont tout donné et tout fait pour que j'arrive la au je suis maintenant, qui ne m'ont jamais oublié dans leurs prières.

A mes chers frères, et ma chère sœur

A toute ma grande famille

A tout mes chers amis

A mes enseignants source de mes conduites

A tout ceux qui m'ont aidé, encouragé, conseillé, et tous ceux que J'aime et que je porte dans mon cœur.

RAHMINE Fethi

.

ملخص

شكلت المخاطر الصناعية، خلال العقود الماضية، مشكلة حول السيطرة الأمنية الكاملة، ومن بين هذه المخاطر تعتبر الأخطار الكهربائية هي التي تحوز على عامل خطورة شديد على العمال والمعدات في الصناعة. شهد العالم الصناعي حوادث كارثية والتي كان لها تأثير كبير على الإنسان (تأثير جسدي واجتماعي ونفسي)؛ البيئة (تلوث الهواء، تلوث المياه والأرض) والمرافق والمعدات. في هذا العمل، نحن مهتمون بدراسة عيوب الرؤية الحرارية في المجال الكهربائي لتجنب المخاطر، وتثبيت الأجهزة الوقائية.

الكلمات المفتاحية :المخاطرالصناعية، المخاطرالكهربائية، خطورة، العيوب، الرؤية الحرارية.

Abstract:

During these last decades, industrial risks have constituted a problem of total security control, among these risks, Electrical hazards are the ones that have a serious risk factor for workers and equipment in the industry. The industrial world witnessed catastrophic events that had a great impact on man (physical, social and psychological impact); Environment (air pollution, water and land pollution) facilities and equipment. In this work, we are interested in studying the defects of thermal vision in the electric field to avoid risks, and install protective devices.

Key words: industrial risks, electrical risks, gravity, defects, Thermo vision.

Résumé:

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

Le monde industriel a connu des accidents catastrophiques qui ont eu une influence considérable sur l'homme (corporel, social, psychologique) ; l'environnement (pollution atmosphérique, pollution des eaux et du sol), et les installations et équipements.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à étudier les défauts de thermo vision dans le domaine électrique pour éviter les risques, et installer les dispositifs préventifs.

Les mots clés :risques industriels, risques électriques, gravité, les défauts, thermo vision.

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tableau I.01 : effet des accidents électrique selon le domaine de tension …….. 7

Chapitre III

Tableau III.01 : Référentiels internationaux de nombre d'électrocutés par million d'habitants. 30
Tableau III.02 : intensité du courant …… 35

Chapitre IV

Tableau IV.1 relations dynamiques de cause à effet …… 54
Tableau IV.2 : échelle de gravité …… 56
Tableau IV.3 : échelle de fréquence …… 56
Tableau IV.4 : Hiérarchisation de la Gravité …….. 56
Tableau IV.5 : Nombres des accidents de travail …… 58
Tableau IV.6: pourcentage d'accidents du travail par équipe …… 58
Tableau IV.7: Equipe travail sous tension …… 60
Tableau IV.8: Equipe de maintenance des postes HTA …… 61
Tableau IV.9: Equipe du district électricité …… 62
Tableau IV.10 : Equipe petite intervention sur le réseau BTA …… 63
Tableau IV.11: Equipe recherche défaut câble souterrains …… 64
Tableau IV.12 : Equipe câblier …… 65
Tableau IV.13 : Equipe recherche défaut thermo vision …….. 66

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.01: électrocution mortelle 5
Figure I.02 : explosion d'origine électrique 6
Figure I.03 : Risque électrique 8
Figure I.04 : Risque incendie 9
Figure I.05 : Triangle du feu 9
Figure I.06 : Risque explosion 10

Chapitre II

Figure II.01 : domaine d'application 19
Figure II.02 : appareil de la mesure 22
Figure II.03: Thermo-gramme 1 27
Figure II.04 : Thermo-gramme 2 27
Figure II.05 :Thermo-gramme 3 28
Figure II.06 :Thermo-gramme 4 28
Figure II.07:Thermo-gramme 5 29
Figure II.08 : Thermo-gramme 6 29

Chapitre III

Figure III.01 : contact direct (très fréquent) 30
Figure III.02 : contact direct (fréquent) 31
Figure III.03 : contact indirect 31
Figure III.04 : contact indirect (très rare) 32
Figure III.05 : cout circuit 32
Figure III.06 : représente l'impact du courant électrique sur la palpitation du cœur 41
Figure III.07: courbe du passage du courant électrique dans l'organisme 44
Figure III.08 : trajet le courant dans le corps 45
Figure III.09: avant et après l'accident 48
Figure III.10 : relier le bâti à la terre 48

Chapitre IV

Figure IV-1 : Diagramme circulaire des accidents de travail par équipes 59

SOMMAIRE

Remerciement
Dédicace
Résumé
Liste des tableaux
Liste des figures
Liste abréviations
Quelques définitions
Introduction générale…….... 1

Chapitre I généralité sur le risque électrique

I.1 Accident de travail …….. 2
I.1.1 Définition Accident de travail …….. 2
I.1.2 Les type d'accident de travail …….. 2
I.1.3 Principales causes d'accidents ……..... 3
I.1.4 Principales sources d'accident ……..... 3
I.1.5 Conséquence d'accidents ……..... 4
I.2 Accident de travail d'origine électrique …… 4
I.2.1. Nature des accidents électriques ……..... 4
I.2.2. Les effets du courant électrique …….. 4
I.2.2.1. Effets physiologiques …… 4
I.2.2.2. Effets sur l'environnement …… 6
I.2.2.3.Effets des accidents d'origine électrique sur le corps humain …….. 6
I.2.2.4.Les effets d'accidents électriques selon le domaine de tension …… 7
I.3 Risque professionnel liés à l'activité électrique …… 8
I.3.1 Définition des risqué professionnels …… 8
I.3.2 définition des Risques électriques …… 8
I.3.3 Définition du Risque d'incendie ……..... 8
I.3.3.1 Triangle de feu …… 9
I.3.3.2 Classe des feux …….. 9
I.3.4 Risque d'explosion …… 10
I.4 Notion générales sur l'hygiène sécurité et l'environnement …… 10
I.4.1-Généralité sur HSE …….. 10
I.4.1.1-Définition …….. 10
I.4.1.2.Objectifs ……..... 11
I.4.2.Les différents outils de HFS sont ……..... 11
I.4.3. Normes et normalisation ……..... 12
I.4.4. Le système national de prévention ……..... 12
I.5. cadre réglementaire …… 13
I.5.1.Prescriptions relatives à l'hygiène et la sécurité des travailleurs ……..... 13
I.5.2.Réglementation interne …… 14

I.5.3.Organisation et fonctionnement de l'activité hygiène et sécurité ……..... 14
I.5.4.Prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages d'énergie et
Installations …… 14
I.5.5.Protection de l'environnement ……..... 15
I.5.6.Prévention des risques majeurs …… 15
I.5.7.Structure hygiène et sécurité …… 15
I.5.8.Rôle de l'ingénieur de sécurité ……..... 15

Chapitre II Recherche des défauts par thermo vision

II.1.Introduction ……..... 18
II.2.Historique de thermographie …….. 18
II.3.Définition de la thermographie …….. 18
II.4.L'inspection thermographique …… 18
II.5.Domaines de la thermographie …… 18
II.6.Préparation pour l'exécution d'une thermographie …… 19
II.7.Avantages de la thermographie …… 19
II.7.1.Sans contact direct - Grâce à la détection à distance …….. 19
II.7.2.Bidimensionnel …… 20
II.7.3.En temps réel …… 20
II.8.Thermographie thermoélectrique …… 20
II.8.1.Historique …… 20
II.8.2.Définition …… 21
II.9.Thermographie infrarouge ……..... 21
II.9.1.Historique de thermographie infrarouge ……..... 21
II.9.2.Définition de thermographie infrarouge ……..... 21
II.9.3.Principe de la thermographie infrarouge …… 22
II.9.4.Objectif des inspections par thermographie infrarouge …….. 22
II.9.5.Contrôle des installations électriques par thermographie infrarouge ……..... 23
II.10. Caméra infrarouge …….. 23
II.10.1.Définition …….. 23
II.10.2.Les détecteurs …… 24
II.10.3.Les systèmes de mesure des caméras infrarouges …… 24
II.11.Principe et méthode, cas des équipements électriques ……..... 24
II.11.1.Principe de détection ……..... 24
II.11.2.Méthode d'inspection …… 25
II.11.3.Avantages de l'analyse infrarouge des installations électriques …… 26
II.12.Applications de la thermographie infrarouge …….. 26
II.12.1.Contrôle des équipements électriques hauts et basse-tension …… 26

Chapitre III principe de la prévention

III.1. Statistiques 'accidents électriques …… 30
III.2.Causes d'accident ……..... 30

III.2.1.Par Contact direct ……..... 30
III.2.2.Contact Indirect ……..... 31
III.2.3.Court-circuit …… 32
III.3.Pourquoi l'accident électrique en basse tension est-il parfois mortel …….. 33
III.3.1.différence de potentiel D.D.P …… 33
III.3.2 Résistance du corps …… 34
III.3.3 Intensite Du Courant …….. 35
III.3.3.1 Effets du courant alternatif passant dans le corps humain pour les fréquences supérieures à 100 Hz ……..... 35
III.3.3.2 Autres effets du courant pour des fréquences supérieures à 10 000 Hz ……..... 36
III.3.3.3 Effets immédiats et secondaires du courant électrique …… 38
III.3.4 Temps de passage du courant dans le corps …….. 44
III.3.5 trajet du courant dans le corps …… 45
III.3.6 Nature du courant …….. 45
III.3.7 puissance disponible …….. 46
III.4 Mesures préventives générales contre les électrisations …… 47
III.4.1 Protection contre les risques par contact direct ……..... 47
III.4.2 Protection contre les risques par contact indirect …….. 47
III.4.3 Protection contre les risques par contact indirect par mise à la terre …… 47
III.5 La solution consiste à relier le bâti à la terre …… 49
III.5.1 Comment se protéger ……..... 49
III.6 Inventaire des risques électriques ……..... 50

Chapitre IV analyse préliminaire des risques

IV.1. Présentation et historique …… 51
IV.2. But de l'APR …… 51
IV.3. Descriptif de l'APR ……..... 51
IV.4. Démarche générale …….. 52
IV.5. Déroulement de la méthode ……..... 52
IV.6. Processus d'identification des risques ……..... 53
IV.7. Identification des risques du système et représentation …… 53
IV.8. Exemple de relations dynamiques de cause à effet ……..... 54
IV.9. APR Fonctions / APR Éléments …… 55
IV.10. Les missions de la direction de distribution d'électricité de Médéa …… 57
IV.11.Les accidents de travail année 2017 …… 58
IV.12.Plan d'action…… 67
Conclusion générale …….. 68
Référencée bibliographiques

Liste abréviations

APR : Analyse préliminaire des risques
ASTM: American society for testing material (societé American pour les essays des materiaux)
ASTM: American Society for the Testing of Materials
AFNOR : Association française de normalisation
BT: Basse-tension
BTA : Basse tension alternatif
CMD : Contrôle non distinctif
CEI : Commission électrotechnique internationale
CEN : Comité européen de normalisation
CENELEC : Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique
CNAS : Caisse nationale des Assurances sociales des Travailleurs Salariés
DDP : Différence de potentiel
DS: Détecteur ou surface élémentaire
DRT : Dérivés résiniques et terpéniques
EI : Evénement indésirable
EPI : Equipement de protection individuel :
ER : Evénement redouté
ETSI : Institut européen des normes de télécommunication
HT : Haute-tension
HSE : Hygiène et sécurité de l'environnement
HT : Haute-tension
HTA : Haute tension alternatif
IF : L'indice de fréquence
IG : L'indice de gravité
IP : Incapacité permanente
IT : Incapacités temporaires
IBN: Institut Belge de Normalisation
IGT : Inspection général de travail
INPRP : Institut de la prévention des risques professionnels
IG : Instruction générale
RP : Risque professionnel
SSC: Standards Council of Canada
TST: Travaux sous tension
TBTS : Très basse tension de sécurité
TF : Le taux de fréquence
TG : Le taux de gravité
TSLO : Traumatisme sans lésions osseuse
Uc : Tension de contact
UTI : Union internationale des télécommunications
UTE : Union technique de l'électricité
Zch : l'impédance du corps humain

Quelques définitions :

Définition d'hygiène :

L'hygiène est une combinaison d'actes et d'attitudes visant à maintenir le corps, l'organisme et le mental en bonne santé. Pour rester en bonne santé, il est impératif de conserver une bonne hygiène de vie impliquant d'éviter les substances dangereuses pour l'organisme [1].

Définition de sécurité :

Le concept de sécurité au travail appuie son existence sur un postulat de départ assez simple : toute activité professionnelle engendre des risques pour la sécurité d'un travailler, à degrés plus ou moins élevés. Encadrée par la loi, la notion de sécurité au travail ne cesse de donner naissance à des nouvelles réglementations, des nouvelles mesures, des innovations [1].

Définition d'un danger :

Une propriété intrinsèque d'une substance, d'un agent, d'une source d'énergie ou d'une situation qui peut provoquer des dommages pour les personnes, les biens et l'environnement [1].

Définition d'un risque :

Provient de la probabilité d'événement d'un dommage résultant d'une exposition à un danger .c'est le produit de deux paramètres : la probabilité et gravité.
Risque=probabilité gravité [1].

Remarque :

Le risque zéro n'existe pas puisque toute activité humaine porte en elle une part d'incertitude et de risque [1].

Définition Dommage (selon Inserm) :

Lésion et/ou atteinte la santé, aux biens, à l'environnement [2].

Définition de prévention :

Ensemble d'actions visant le non déclenchement des évènements dangereux : éviter les accidents.

- La prévention agit sur la fréquence des accidents [2].

Définition de Protection :

Ensemble d'actions visant à diminuer la gravité des lésions.

- La protection agit sur la gravité des conséquences des accidents [2].

Les Principes généraux de prévention :

1) Éviter les risques ;
2) Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
3) Combattre les risques à la source ;
4) Adapter le travail à l'homme;
5) Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
6) Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
7) Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment en ce qui concerne les risques liés au harcèlement moral;
8) Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
9) Donner les instructions appropriées aux travailleurs [3].

Consignation d'une installation :

Elle doit être réalisée en respectant les étapes suivantes

1) pré identification de l'installation,
2) séparation électrique,
3) condamnation,
4) identification,
5) vérification d'absence de tension vérification absence de tension,
6) mise à la terre et en court-circuit [4].

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Toute activité humaine, quelle que soit sa nature et le lieu où elle s'exerce, présente des dangers pour l'homme.

Ces dangers se manifestent essentiellement sous la forme d'accidents corporels, de gravités variées sont appelés risques.

Nous évitons de parler du risque, le mot fait peur, nous préférons ne pas les évoquer, Connus ou inconnus, ils menacent le corps social. Les politiques voudraient bien nier le risque, mais ce dernier est inséparable de l'action, il est partout présent dans notre vie quotidienne.

L'électricité est la forme la plus élaborée des différentes catégories de l'énergie, qui constituent une des meilleures innovations de l'humanité afin de tirer profit de son environnement, pour faciliter l'existence de l'homme et agrémenter son confort. Pour cela, nous avons choisi le thème de la thermo vision dans le domaine électrique. Cette dernière représente l'équipement constitué d'un détecteur sensible aux rayons infrarouges et d'un écran permettant de déceler des sources de chaleur.

La thermographie infrarouge lutte contre les risques d'incendies dans les installations électriques.

La cause principale des départs d'incendies d'origine électrique provient des défaillances au niveau de la connectique, qui se traduit par :

- Mauvais de serrage.
- Pas de vie détériorée.

Et pour bien éclairer notre objet d'étude, nous avons organisé la présentation de ce Mémoire en quatre chapitres :

- Chapitre I : intitulé «généralité sur le risque électrique ».
- Chapitre II : intitulé «Recherche des défauts par la thermo vision ».
- Chapitre III : intitulé « principe de la prévention ».
- Chapitre IV : intitulé « analyse préliminaire des risques ».

Nous avons conclu ce modeste travail de recherche par une articulation autour des chapitres précités.

Chapitre I

Généralité sur le risque électrique

I.1 Accident de travail :

I.1.1 Définition Accident de travail :

Est considéré comme accident de travail quel que soit la cause l'accident survenu par le fait où l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant à quelque titre ou en quelque lien qui se soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise l'accident de travail constitue une situation de « rupture », un événement brutal qui remet tout en cause ou, pour le moins, changer radicalement la situation de l'employeur et du salarie Un accident de travail est un dommage causé à tout travailleur sur son lieu de travail ou durant les trajets nécessaires pour l'exercice du travail. Il peut entraîner une incapacité temporaire ou provisoire, une incapacité permanente, ou même le décès [5].

I.1.2 Les types d'accident de travail :

Nous distinguons quatre types d'accidents du travail, correspondant chacun à des modes de réparation spécifiques :

- Les accidents du travail sans arrêt qui sont généralement bénins et qui peuvent être soignés sur place, à l'infirmerie de l'entreprise de préférence et qui ne nécessitent que quelques heures de repos ou de soins. Ces accidents ne sont pas à déclarer obligatoirement, mais doivent être consignés sur des registres spéciaux. Il s'agit de petites blessures (coupures, égratignures, chocs et traumatismes bénins), de très légères intoxications et de petites projections de produits agressifs sur la peau occasionnant des brûlures très superficielles.
- Les accidents du travail avec arrêt, de quelques jours à plusieurs mois. Il s'agit d'incapacités temporaires (IT), indemnisées en fonction de la durée de l'arrêt du travail et jusqu'à reprise totale ou partiel du travail. Ce sont des accidents plus graves, nécessitant des soins médicaux ou hospitaliers prolongés et intensifs ainsi qu'un repos de plusieurs jours au moins. Une fracture des os, une entorse, des brûlures importantes mais qui peuvent être soignées sans laisser de séquelles permanentes sont considérées comme des incapacités temporaires et réparées comme telles.
- Les accidents du travail avec incapacité permanente (IP), correspondant à des lésions définitives et des séquelles susceptibles de réduire la capacité de travail. En fonction de la gravité des dommages corporels, il existe plusieurs taux d'incapacité permanente, se traduisant par des indemnisations (rentes) suivant un barème défini par des textes réglementaires. Un droit coupé, un œil crevé, une jambe déformée, un poumon partiellement abîmé font l'objet d'indemnisation dont les montants sont variables.
- Les accidents du travail mortels avec décès immédiat ou différé, suite à des complications issues d'accidents. Dans ce cas ce sont les ayants droit qui reçoivent les rentes viagères, suivant des règles précises définies par des textes réglementaires. C'est l'employeur de la victime qui doit déclarer l'accident présumé d'origine professionnelle, à charge de vérifier ultérieurement sa recevabilité comme accident du travail.

L'accident habilité d'une activité ou d'une entreprise est un paramètre important pour lamise en place des mesures de prévention, dont les incitations financière. Ces dernières se traduisent par

les cotisations accidents du travail / maladies professionnelles que versent les employeurs à la sécurité sociale, chargée de la gestion de cette branche

L'accident habilité est défini par les deux indices et les deux taux suivants :

✓ L'indice de fréquence:

IF = nombre d'accidents avec arrêt * 1000 / nombre de salariés

✓ Le taux de fréquence :

TF = nombre d'accidents avec arrêt * 1000 000 / nombre d'heures travaillées

✓ L'indice de gravité :

IG = somme des taux d'incapacité permanentes * 1000 000 / nombre d'heures travaillées

✓ Le taux de gravité :

TG = nombre de jours arrêté * 1000 / nombre d'heures travaillées

La fréquence des accidents et leur gravité permettent de classer les activités et les entreprises sur le plan des risques professionnelles ainsi que de calculer les cotisations versées par les entreprises [6].

I.1.3 Principales causes d'accidents :

Plusieurs recherches ont été réalisées sur les accidents de travail et qui ont démontrés qu'ils n'ont pas dû à une seule cause mais à un ensemble de facteur qui est les suivants :

- Le défaut de formation technique.
- La mauvaise conception des machines ; le non-respect de norme de sécurité par les travailleurs qui négligent les règles établies.
- Le défaut d'organisation générale de travail.
- Le manque de l'information sur l'état du système.
- Catachrèse : l'utilisation d'une machine en dehors de ses limites ou de l'usage pour lequel elle est prévue.
- l'absence de cohérence et de contrôle des activités.
- l'absence de la gestion des risques. [6]

I.1.4 Principales sources d'accident :

- Piqûres (fils d'élingues)
- Coupures (par objet tranchant)
- Ignorance, 'négligence, manque d'expérience
- Non-respect des consignes de manœuvres et de sécurité
- Manipulation des charges très importantes (volumes, poids)
- Manque de visibilité (réduite par : fumée, poussière, éclairage insuffisant, vapeur..., etc.
- Chute de charge par la suite d'un mauvais équilibre, ruptures d'élingues (usées ou faible)
- Mouvement de l'appareil pendant les opérations d'entretien
- Organe de sécurité modifiés ou enlevés pour satisfaire à des travaux particuliers
- Incendie provoqué par des déchets, chiffons gras ou produit inflammable
- Brûlures [6].

I.1.5 Conséquence d'accidents :

Un accident de travail peut engendrer plusieurs conséquences que ce soit pour les salariés, employé sou pour les organismes sociaux [6] :

1. Conséquences directes :
   - ✓ Souffrance pour la victime
   - ✓ Peine de la famille : (chagrin)
   - ✓ Gêne dans la vie familiale (manque d'argent)
   - ✓ Répercussions économiques pour l'entreprise et la nation
2. Conséquences pour l'entreprise :
   - ✓ Ralentissement de la production
   - ✓ Indice financier (pour la réparation)
   - ✓ Augmentation des frais médicaux
   - ✓ Détérioration des installations et de l'ambiance de travail
   - ✓ Mauvaise réputation pour l'entreprise
3. Conséquence pour le travailleur :
   - ✓ Souffrance physique (démotiver,...)
   - ✓ Souffrance morale (choc, peine,...)
   - ✓ Incapacité (faiblesse, impossibilité, incompétence, insuffisance,...)
   - ✓ Imputation (critique)
4. Conséquence pour la famille :
   - ✓ Misère (pauvreté, besoin, malheur, ...)
   - ✓ Deuil cruel (chagrin, peine, tristesse, désolation, déchirement, manque d'affection,...)
   - ✓ Souffrance morale (dégout, fatigue, désespérer, ...)
   - ✓ Manque d'argent pour compléter les besoins de la famille [6].

I.2 Accident de travail d'origine électrique :

I.2.1 Nature des accidents électriques :

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

-Leurs actions

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

-Le domaine d'activité dans lequel ils surviennent (milieu domestique: prise du courant, cordons et fiches, milieu agricoles, l'électricité statique, la foudre –les incendies, et les explosions) [7].

I.2.2 Les effets du courant électrique :

L'électricité (énergie liée au déplacement d'électrons dans un matériau conducteur) est un fluide invisible indispensable au fonctionnement des installations, des machines, etc.[7].

I.2.2.1 Effets physiologiques :

Effets du courant électrique sur le fonctionnement de l'organisme sont:

A. L'électrisation :

L'électrisation est le passage d'un courant électrique dans le corps, provoquant des blessures plus ou moins graves. Lorsque le corps humain est soumis entre deux points à une tension Uc (tension de contact) il est traversé par un courant le qui dépend de l'impédance Zch 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) [7].

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) [7].

B. L'électrocution:

C un terme qui désigne une électrisation immédiatement mortelle [7].



Figure I.01 : électrocution mortelle **[7].**

I.2.2.2 Effets sur l'environnement :

a) Les 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 [7].

b) 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 définis dans des normes [7].



Figure I.02 : explosion d'origine électrique[7].

I.2.2.3 Effets des accidents d'origine électrique sur le corps humain :

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**(pouvantêtremortelle).
- **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 **brulures par arc**: dermiques, oculaires (coup d'arc), électrothermiques profondes, thromboses, œdèmes, nécroses, etc.. [7].

I.2.2.4 Les effets d'accidents électriques selon le domaine de tension :

Tableau I.01 : effet des accidents électrique selon le domaine de tension

DOMAINE DE TENSION	COURANT ALTERNATIF	COURNT CONTINU
TBT	$U \leq 50$ V	$U \leq 120$ V
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

- **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) [7]
- **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 [7].

I.3 Risque professionnel liés à l'activité électrique:

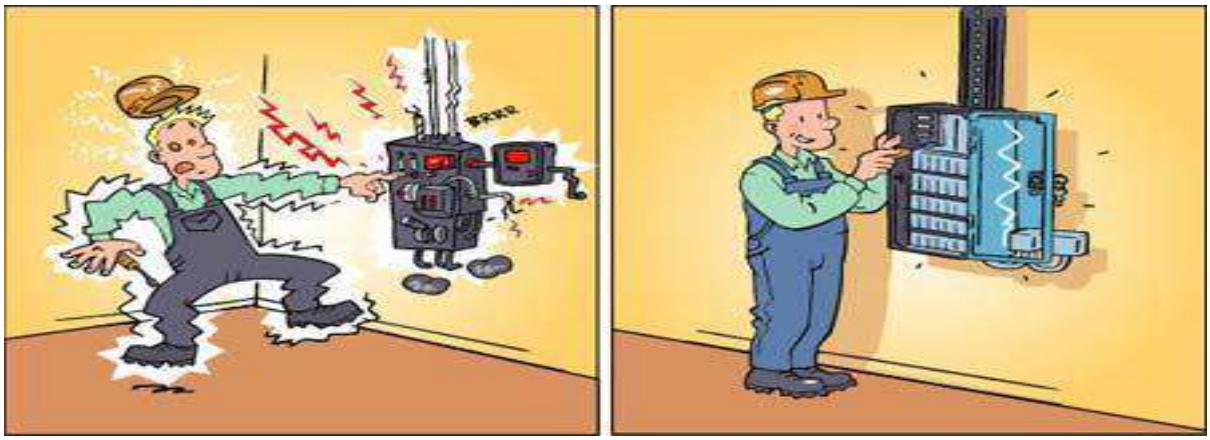
I.3.1 Définition du risque professionnel :

Tout activité humaine, quelle que soit sa nature et le lieu où elle s'exerce, présent des dangers pour l'homme, autrement dit, des atteintes possible à sa santé et à l'intégrité de son corps. Ces dangers qui se manifestent essentiellement sous la forme d'accident corporels et de maladie de gravités variées, sont appelés risque.

Par RP, il faut entendre tout risque ayant pour origine l'activité professionnelle, c'est-à-dire le travail rémunéré, indispensable pour vivre de nos jours. Tout phénomène, tout événement qui apparait en milieu de travail et qui présent un danger pour l'homme est appelé risque professionnel. Il n'est pas indispensable que l'atteinte à la santé ait lieu obligatoire dans les locaux et pendant les horaires de travail, comme c'est le cas de certaines maladies professionnelles qui se manifeste souvent plusieurs années, voire quelques décennies après l'exposition (cas de certains cancers de l'amiante) [8].

I.3.2 définition des Risques électriques :

Le courant électrique est une énergie qui circuit dans un circuit électrique, entre le central qui la génère l'endroit ou en l'utilise .elle provient de la propagation à grande vitesse du choc produit entre deux électrons.(Décret exécutif n 01-342) [9].



FigureI.03 : Risque électrique[9].

I.3.3 Définition du Risque d'incendie :

Un incendie est l'ensemble des phénomènes produits par en combustion incontrôlée ; et qui est source de dégâts. (Décret n 76-36) [9].



Figure I.04. Risque incendie[10].

I.3.3.1 Triangle de feu :

La combustion est une réaction chimique d'oxygène entre :

- Combustible (solvant, papier …, etc.).
- Comburant : l'oxygène de l'air.
- Quantité de chaleur : source d'inflammation (étincelle, court-circuit, électricité statique, flamme…, etc.) [9].



Figure I.05 : Triangle du feu[11].

I.3.3.2Classe des feux :

- Classe « A » : feux secs (bois, tissus, plastiques, déchets).
- Classe « B » : feux gras, solide liquéfiable hydrocarbures (essence, fioul, pétrole), alcool, graisses.
- Classe « C » : feux gazeux (propane, butane, gaz naturel ou méthane).
- Classe « D » : feux de métaux. (phosphore, poudre, sodium, titane) [9].

Différents types d'extincteurs :

- L'eau,

- poudre,

- l'anhydride

- carbonique CO2,

- la mousse [9].

I.3.4 Risque d'explosion :

Il distingue deux types d'explosion :
Le premier est une explosion résultant d'une combustion à vitesse élevée. Elle peut se produire, soit au sein même d'un produit ou engin explosif, soit au sein du mélange d'un gaz ou d'inflammables avec l'air.
Un autre type d'explosion est un éclatement pneumatique, ex-éclatement d'un réservoir clos (typiquement un réacteur), dû à l'augmentation excessive de la pression des gaz qu'il contient ou à l'affaiblissement localisé de la résistance de ses parois. (Décrets n 90-198) [9].



Figure I.06 : Risque explosion[12].

I.4 Notion générales sur l'hygiène sécurité et l'environnement :

I.4.1 Généralité sur HSE :

I.4.1.1 Définition : C'est une politique internationale de gestion destinée à mettre en œuvre les conditions et les dispositions d'hygiène, de sécurité et de l'environnement dans le milieu de travail [1].

I.4.1.2 Objectifs :

- Fournir un lieu de travail sain et sans danger pour tous les employés.
- Minimiser l'impact des activités, des produits et des services sur l'environnement.
- Application des réglementations de l'environnement, l'hygiène et la sécurité par intégration dans l'ensemble des pratique de travail.
- Amélioration continue de fonctionnement de l'entrepris [1].

I.4.2 Les différents outils de HFS sont :

A .Stratégies /Structure:

- Une politique de prévention et de gestion des risques professionnels.
- Les stratégies générales à développer (responsabilités, vois de communication, contrôle, etc..)[1].

B .Technique :

Le matériel, les machines, les outils de travail, les installations, les appareils et les instruments choisis et sélectionnes, en fonction de :

- Leurs performances.
- Leurs qualités techniques.
- La sécurité intrinsèque de leur utilisation.
- En mettant en place des règles en la matière (les procédures du travail, claires et détaillées.),pour que la technique soit sous contrôle, dans les conditions de déroulement des opérations
- Normales.
- Anormales(pannes, arrêts d'urgence, dysfonctionnement…)
- Particulières (essais, réglages, maintenance, mises hors service...)[1].

C .Organisation :

On doit prêter attention a :

✓ **La maitrise des changements** : concernant :

- Les personnes (changement provisoire du poste de travail sans être forme)
- Les locaux adaptent
- Les installations (modification douteuse des machines)
- Les procédures (modification incertain des procédures)

✓ **La qualité totale :**

Intègrent l'entreprise dans la standardisation ou la normalisation afin d'assurer une qualité des poste de travail et de l'environnement professionnel [1].

D. Personnel :

✓ **L'embauche :**

Le choix des travailleurs pour occuper leurs taches constitue une étape importante dont on aura besoin d'un médecin de travail et d'un psychologue du travail pour les franchir correctement.

✓ **La formation et l'information :**

- La formation fondamentale qui va être mise à jour par la formation continue.
- L'information en matière des risques et dangers qui doivent être bien détaillée, approfondie et mis à jour.

✓ **La motivation / sensibilisation :**

Motiver le personnel à tous les niveaux de la hiérarchie, par une bonne communication commençant par la sensibilisation du rôle (aide professionnel) et de la responsabilité de chaque acteur ans l'entreprise [1].

I.4.3 Normes et normalisation :

➢ **Les normes :**

Les normes sont des règles techniques non obligatoires et différentes des textes législatifs et réglementaires issus des codes et des pouvoir publics. Cependant, certaines normes peuvent être rendues obligatoires par des décrets et arrêtes [1].

Toutes les normes sont :

- Conformes à la législation et à la réglementation
- Non obligatoire pour leur mise en place.

Les normes sont élaborées par des organismes dont les plus connus sont au niveau : International :

- Organisation internationale de normalisation (ISO)
- Commission électrotechnique internationale (CEI)
- Union internationale des télécommunications (UIT)

Européen :

- Comité européen de normalisation (CEN)
- Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique(CENELEC)
- Institut européen des normes de télécommunication (ETSI)

Français :

- Association française de normalisation (AFNOR)
- Union technique de l'électricité (UTE)

Des pays estrangers :

- Standards Council of Canada (SSC)
- Institut Belge de Normalisation (IBN)
- American Society for the Testing of Materials (ASTM) [1].

I.4.4 Le système national de prévention :

A .Organisation du système national de prévention des risques professionnels:

Les enjeux de la prévention des risques professionnels :

✓ **Sanitaires** : le travail est une détermination de sante publique.

- ✓ **Economiques** : effets négatifs :
- Couts directes (cotisation CNAS)
- Couts indirectes (perte de production, climat social, remplacement du salarié, effets positive, compétitive)
- ✓ **Sociaux** : réduction de défiance vis-à-vis les risque professionnels, Impact des risque industriels sur l'environnement.
- ✓ **Humains** : réduction des accidents du travail et des maladies professionnelles.
- ✓ **Technique** : optimisation des moyens, des méthodes et des processus mis en œuvre
- ✓ **Juridiques** : Evolution du code pénal au regard des responsabilités des employeurs, de l'évaluation et de la maitrise des risque [1].

B. Acteurs et organes de prévention :

En Algérie, la prévention des risques professionnels est placée sous la responsabilité de :

- ➢ **Les acteurs externes :**
- Inspection général de travail (IGT)
- Dérivés résiniques et terpéniques (DRT)
- Organisme de prévention des risques professionnels dans les activités du BTPH (OPREBAT)
- Caisse nationale des Assurances sociales des Travailleurs Salariés (CNAS)
- Institut de la prévention des risques professionnels (INPRP).
- Du conseil national en hygiène et sécurité
- Du ministère de la sante publique et de la recherche scientifique
- Du ministre de l'environnement
- Le ministre de l'intérieure (pompier)
- Le ministre de l'habitat pour le risque tellurique [1].

I.5 cadre réglementaire :

Loi n° 88-07 du 26 Janvier 1988 relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine du travail

1. Édicte un certain nombre de règles générales en matière :
- d'hygiène et de sécurité en milieu de travail,
- de médecine du travail,
- de formation et d'information.

2. Prévoit des dispositions relatives a :
- l'organisation des mesures de prévention,
- le financement des activités de prévention,
- le contrôle et l'application des dispositions réglementaires,
- les sanctions en cas d'infraction.

I.5.1 Prescriptions relatives à l'hygiène et la sécurité des travailleurs :

Décret n° 91-05 du 19 Janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu du travail

Décret n° 01-342 du 28 octobre 2001, relatif aux prescriptions particulières de protection et de sécurité des travailleurs contre les risques électriques au sein des organismes employeurs.

I.5.2 Réglementation interne :

Documents Opérationnels :

- Carnets de prescriptions au personnel sur les risques électriques, gaz.
- Consignes générales et particulières d'exploitation
- Code de manœuvres et de travaux (hors tension)
- Instruction générale des travaux sous tension (IG/TST)

Directives :

- Directive n°5 du 19 Avril 2004 listant les règles de sécurité relatives aux manœuvres et travaux sur les ouvrages.
- Directive n°18 du 4 Août 2005 portant sur la charte des obligations légales en matière de relations de travail opposables aux entreprises de sous - traitante

I.5.3 Organisation et fonctionnement de l'activité hygiène et sécurité :

- Décret exécutif n°05-09 du 8 janvier 2005 relatif aux commissions paritaires et aux préposés à l'hygiène et sécurité,
- Décret exécutif n° 05-11 du 8 janvier 2005 fixant les conditions de création, d'organisation et de fonctionnement du service d'hygiène et de sécurité ainsi que ses attributions.
- Décret n° 02-427 du 07 décembre 2002 relatif aux conditions d'organisation de l'instruction, de l'information et de la formation des travailleurs dans le domaine de la prévention des risques professionnels
- Décret n° 96-98 du 06 Mars 1996 déterminant la liste et le contenu des livres spéciaux obligatoires pour les employeurs

I.5.4 Prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages d'énergie et installations :

- Décrets n° 90.245 et n° 90.246 du 18 Août 1990 portant réglementation des APG et APV
- Arrêté interministériel du 02 décembre 1998 portant approbation du règlement technique et de sécurité des ouvrages de distribution d'énergie électrique,
- Arrêté interministériel du 14 Juillet 1999 portant approbation du règlement technique et de sécurité des ouvrages publique de gaz.
- Décret exécutif n°10-331 du 29 décembre 2010 fixant les limites du périmètre de protection autour des installations et infrastructures de transport et de distribution d'hydrocarbures, d'électricité et de gaz.
- Arrêté interministériel du 14 Juin 2011 fixant les limites, les conditions et les modalités d'occupation du périmètre de protection autour des installations et infrastructures de transport et de distribution d'électricité et de gaz**.**

I.5.5 Protection de l'environnement :

- La Loi n° 03-10 du 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable,
- Décret n° 05-315 du 10 Septembre 2005 fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux,
- Décret n° 87-182 du 18 Août 1987 relatif aux huiles à base de PCB, aux équipements électriques qui en contiennent et aux matériaux contaminés par ce produit
- Décret n° 93-161 du 10 Juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel
- Décret n° 93-184 du 27 Juillet 1993 réglementant l'émission du bruit.

I.5.6 Prévention des risques majeurs :

- Décret n° 90-78 du 27 février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement
- La Loi n° 04-10 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
- Décret exécutif n° 09-335 du 20 octobre 2009 fixant les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des plans internes d'intervention par les exploitants des installations industrielles

I.5.7 Structure hygiène et sécurité :

- **Décret exécutif n°05-11 du 08 janvier 2005 :**

- L'organisme employeur est tenu de créer une structure hygiène et sécurité lorsque le nombre de travailleurs employés est supérieur à 50 travailleurs.
- L'organisme employeur est tenu de créer une structure hygiène et sécurité lorsqu'il exerce une des activités relevant du secteur de l'industrie, toutes branches confondues ou des secteurs du bâtiment, des travaux public et de l'hydraulique
- L'employeur veille à ce que la structure hygiène et sécurité soit placé sous la responsabilité et le contrôle d'un personnel ayant les qualifications et l'expérience requises en matière d'hygiène et de sécurité.
- L'organisme employeur doit mettre à la disposition de la structure hygiène et sécurité les moyens humains et matériels nécessaires à son fonctionnement

I.5.8 Rôle de l'ingénieur de sécurité :

- **Missions et Attributions :**

- Développer le sens du risque professionnel et l'esprit de sécurité au sein des travailleurs,
- Identifier les dangers, évaluer les risques associés et établir les programmes de prévention,
- Assurer la diffusion des règles de sécurité et veiller à l'application des prescriptions prévues par la législation et la réglementation en vigueur,
- S'assurer du bon fonctionnement des moyens de prévention dont dispose l'unité,

- S'assurer de l'existence de bonnes conditions d'hygiène et de salubrité,
- Veiller sur l'amélioration du système de gestion de la prévention**.**

➢ **Ses tâches**

A. En matière d'accidentologie :

- Effectuer des enquêtes relatives aux accidents du travail,
- Diffuser l'information sur les accidents survenus pour en tirer les enseignements aux fins de prévention,
- Etablir les statistiques se rapportant aux accidents de travail et d'en informer l'inspecteur de travail territorialement compétent.

B. En matière de CHS :

- Etablir un programme de travail pour les réunions CHS unité,
- Organiser les réunions de travail de la CHS unité,
- Préparer et animer les réunions de la CHS unité,
- Suivre l'application des décisions de la CHS,
- Participer aux visites de sécurité avec la CHS en matière des conditions du travail,
- Etablir le rapport annuel des réunions CHS.

C. En matière de contrôles et inspections :

- Inspecter en liaison avec la CHS unité les lieux et postes de travail,
- Mettre en œuvre le programme de contrôles et inspections,
- Veiller à ce que les travailleurs portent les équipements de protection et respectent les prescriptions de sécurité,
- Veiller au bon fonctionnement des moyens de prévention dont dispose l'unité,
- S'assurer du bon fonctionnement des équipements et qu'ils ne présentent aucun risque sur le personnel, tiers et l'environnement,
- Arrêter les insuffisances constatées à l'issue de ces contrôles et dégagées les mesures préconisées.

D. En matière de formation, information et de sensibilisation :

- Etablir en liaison avec la CHS unité le programme de formation et de perfectionnement du personnel,
- Mettre en œuvre un programme de formation sur les risques liés à l'activité,
- Informer et sensibiliser les travailleurs sur les risques professionnels,
- Animer les journées de sensibilisation dédiées au public sur les risques liés à l'utilisation de l'électricité et du gaz.

E. En plus des tâches citées plus haut, l'ingénieur de sécurité est tenu de :

- Contribuer aux prévisions et au choix des EPI,
- Procéder à l'habilitation des agents conformément à la procédure en vigueur,

- Assurer l'établissement et la mise à jour des plans d'intervention,
- Assurer la tenue et la mise à jour des registres réglementaires,
- Veiller à l'application des consignes de prévention, extinction de feu, évacuation du personnel et de secourisme en cas d'incendie,
- Veiller au contrôle du matériel de lutte contre l'incendie et d'intervention,
- Réaliser des exercices de simulation d'incendie au profit des travailleurs,
- Etablir la déclaration annuelle des déchets solides et des émissions des gaz à effets de serre « Méthane et SF6 ».

Chapitre II

Recherche des défauts par la thermo vision

II.1 Introduction :

Aussi loin que l'on remonte dans l'histoire pour protéger sa vie et ses biens, l'homme tente toujours d'opposer un moyen de protection et de détection d'une anomalie qui peut intervenir dans une installation, ou d'un procédé de fabrication, dans la plupart des cas ces moyens sont aménagés de façon à détecter et éliminer l'anomalie puisque il n'a pas le pouvoir de détériorer son système, ou équipement.

Il est à noter que les méthodes appliquées pour faire face à une anomalie qui détériore une installation ne sont pas les mêmes aujourd'hui surtout quand il s'agit d'objet ou de site exposés aux dangers (par exemple un champ gazier).

Notre projet consiste à étudier une nouvelle méthode de détection des anomalies dite la thermographie infrarouge et les éviter avant qu'elles interviennent ce qui la place dans le domaine de maintenance prédictive, et cette nouvelle technique est mis en Œuvre pour protégé un site gazier, ce dernier est exposé aux risques des défauts qui peuvent causer des dangers (incendie, détérioration des instruments par des défauts thermique [14].

II.2 Historique de thermographie :

C'est durant les années 1970 que la thermographie a connue une très grande expansion. La thermo graphie par mesures de rayonnement infrarouge est devenue tout simplement la Thermographie; on dit aussi télé thermographie ou thermographie sans contact. Le vocable Thermo vision est la marque déposée par le premier concepteur et fabricant de systèmes industriels de mesure par thermographie infrarouge, vers les années soixante [15].

II.3 Définition de la thermographie :

La thermographie est une technique de mesure qui réalise à distance une image thermique ou de chaleur de la surface d'un objet qui doit être inspecté, p. ex. une habitation ou une installation électrique. L'image thermique indique la répartition des températures à la surface de l'objet. La thermographie mesure donc en fait la température d'un objet sans qu'il y ait de contact entre cet objet et l'appareil de mesure [16].

II.4 L'inspection thermographique :

Lors de la thermographie d'une installation électrique, on vérifie les points suivants:

- Contrôle visuel de l'installation électrique générale.
- Les tableaux électriques sont scannés.
- Pendant la thermographie, les « points chauds » sont inspectés très soigneusement, étant donné qu'ils peuvent donner lieu à un incendie.

Le rapport de la thermographie comprend une description claire de l'installation électrique, une photo thermique et une photo visuelle du point chaud.
Si la thermographie constate des infractions, celles-ci sont mentionnées dans le rapport. Enfin, le rapport de la thermographie comprend encore une conclusion [17].

II.5 domaines de la thermographie :

La thermographie est une technologie d'une telle hétérogénéité qu'elle fait appel à des connaissances et à des compétences dans de nombreux domaines. Le seul fait de savoir

comment prendre une image thermique ne vous mènera pas bien loin. Vous devez être capable d'analyser l'image et d'en tirer les enseignements nécessaires pour votre observation. Ce qui sous-entend au moins la connaissance des sujets suivants :

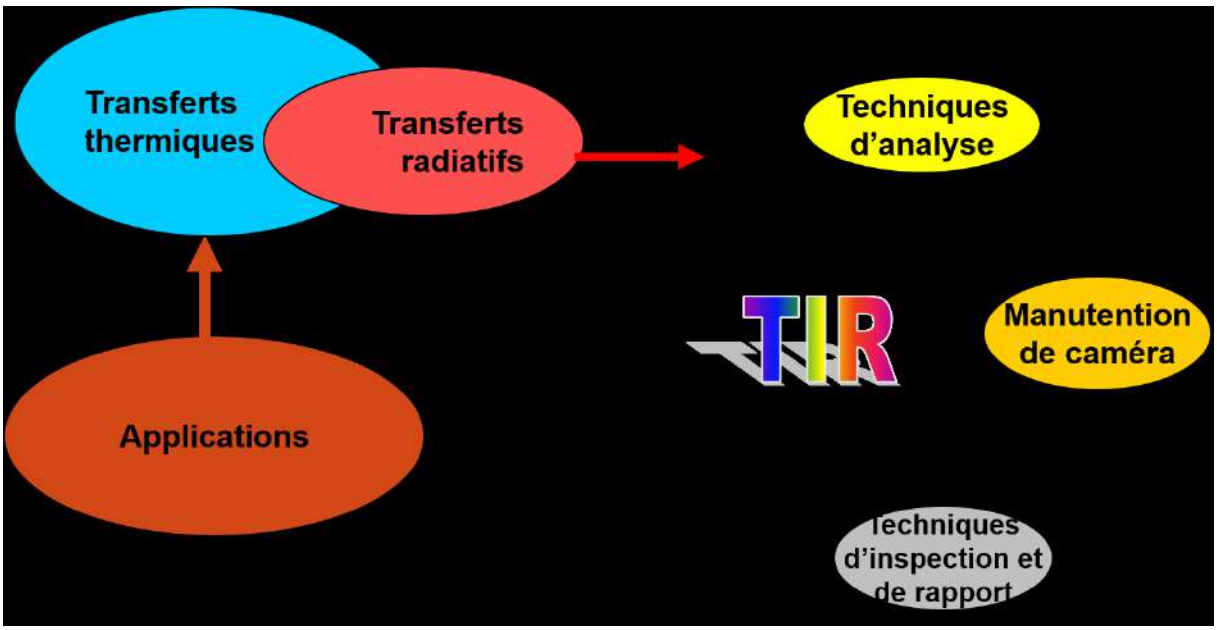


Figure II.01 domaine d'application [17].

Dans ce manuel, nous nous efforcerons de décrire l'ensemble des domaines présentés dans la figure ci-dessus, de façon plus ou moins approfondie selon le domaine en question. Grâce aux travaux pratiques et à l'expérience acquise, vous engrangerez plus de connaissances à ce sujet [17].

II.6 Préparation pour l'exécution d'une thermographie :

Une caméra thermographique ne peut pas « voir » à travers des matériaux durs. Voilà pourquoi l'inspection thermographique exige de prendre quelques préparatifs. La caméra ne peut pas voir à travers le panneau de protection d'un tableau électrique. Pour la thermographie, ce panneau doit donc être retiré. Pour déposer ce panneau de protection, l'installation doit être mise hors service. Attention, pour l'inspection même, l'installation doit être enclenchée. La mise hors service de l'installation électrique n'est pas évidente pendant les heures de travail.

Une bonne préparation de la thermographie est donc très importante. On peut le planifier comme suit du point de vue pratique : mettre l'installation hors service et déposer le panneau de protection le jour avant l'inspection, et remonter le panneau le lendemain de l'inspection. Le panneau de protection peut ainsi être déposé et remonté en toute sécurité. Et l'installation peut rester en service pendant l'inspection thermographique et pendant les heures de travail. Wijzigen [17].

II.7 Avantages de la thermographie :

Trois facteurs rendent la thermographie infrarouge unique et utile [18].

II.7.1 Sans contact direct - Grâce à la détection à distance :

Cette dernière a de nombreux avantages ; deux points notamment méritent d'être cités ici. Premièrement, l'utilisateur n'est pas directement exposé à un danger. La maintenance électrique est un exemple d'application pratique dans lequel la thermographie infrarouge joue un rôle important : le contact avec les câbles sous-tensions est tout simplement impossible. En outre si ces derniers sont mis hors tension, l'augmentation de température ne pourra pas être mesurée. La distance et l'accessibilité sont d'autres problèmes aisément surmontables, tout comme la prise de mesures pour des objets en mouvement ou en rotation.
Deuxièmement, la thermographie n'affecte pas l'activité de l'objet cible. Effectivement, seul le rayonnement émis naturellement est observé, et ce, sans intervention du thermo graphiste. Voilà en effet une condition importante pour de nombreuses applications [18].

II.7.2 Bidimensionnel :

La comparaison entre différentes zones cible est possible : vous pouvez mesurer et comparer la température en deux ou cents points d'une même image.
L'image permet d'obtenir un excellent aperçu de l'ensemble de l'objet cible. Grâce à elle, vous pouvez repérer les endroits qui posent problème et les points qui représentent un intérêt particulier.

Il n'est pas nécessaire de savoir exactement à l'avance où la mesure doit être prise ; grâce à l'image, vous pourrez prendre vos décisions en toute connaissance de cause. L'analyse de zones thermiques ne peut être effectuée sans image. La thermographie permet de visualiser les images thermiques pour que l'analyse puisse être effectuée [18].

II.7.3 En temps réel :

L'imagerie en temps réel permet le balayage ultra rapide d'objets cibles stationnaires. Imaginez un instant qu'une pellicule photo classique soit utilisée en thermographie et qu'il faille attendre plusieurs jours avant de pouvoir voir le résultat. Bon nombre de situations dangereuses ne seraient pas découvertes à temps ! Même le fait de devoir attendre que l'image s'affiche sur des caméras infrarouges plus lentes, affichant uniquement des images fixes, rend le travail plus pénible.
Nous travaillons à la vitesse de la lumière ! Aucun objet cible ne peut échapper à son propre rayonnement, et grâce aux instruments de mesure sophistiqués actuels, même les plus rapides peuvent être captés.

La mesure de la température de contact s'effectue toujours à l'aide d'une constante de temps intégrée qui entraîne un certain temps de retard dans la réaction. Le caractère temps-réel de la thermographie infrarouge permet d'acquérir les images thermiques en évolution rapide sans pour autant modifier la manière dont elles sont amenées à évoluer naturellement [18].

II.8 Thermographie thermoélectrique:

II.8.1 Historique :

Découvert puis compris au cours du XIXe siècle grâce aux travaux de Seebeck, Peltier ou encore Lord Kelvin, l'effet thermoélectrique est un phénomène physique présent dans certains matériaux : il y lie le flux de chaleur qui les traverse au courant électrique qui les parcourt. Un matériau thermoélectrique va permettre de transformer directement de la chaleur en électricité, ou de déplacer des calories par l'application d'un courant électrique. Un grand nombre des matériaux possédant des propriétés thermoélectriques intéressantes ont été

découverts au cours des décennies 1950 et 1960. C'est notamment le cas du tellurure. De bismuth (Bi_2Te_3). la thermographie par thermoélectricité a commencé à être utilisée sérieusement à partir des années1960 [19].

II.8.2 Définition :

La thermographie par utilisation de la thermoélectricité est une méthode de thermographie avec contact. La chaleur transmise au matériau détecteur en contact est directement
Convertit en courant électrique. L'inconvénient de cette méthode est, qu'elle ne peut pas fournir une image réaliste de la cible [19].

II.9 Thermographie infrarouge :

II.9.1 Historique de thermographie infrarouge :

L'utilisation de la thermographie infrarouge en mécanique est assez récente, en 1800, l'astronome William Herschel est le premier découvrir que la lumière n'est pas toujours visible l'œil nu. Au cours d'une expérience d'optique, Herschel fait passer de la lumière solaire blanche à travers un prisme de façon à la décomposer en rayons lumineux de différentes couleurs.

À l'aide d'un thermomètre, il mesure ensuite la température de chacune des couleurs produites et constate que celle-ci augmente du bleu vers le rouge. Poussant plus loin son expérience, l'astronome a alors l'idée de placer son thermomètre juste après les rayons de couleur rouge, où aucune lumière n'est visible.

À sa grande surprise, il mesure alors la température la plus élevée. Il vient ainsi de prouver qu'il existe de la lumière qui ne peut être vue par les yeux juste au-delà de la lumière rouge : c'est la lumière infrarouge.

En 1880, le chimiste William de Wiveleslie Abney est le premier à prendre une
Photographie infrarouge. Sachant que l'atmosphère terrestre absorbe une partie de la lumière infrarouge provenant de l'espace, certains astronomes (amateurs et professionnels) commencent dans les années 1930, à collecter des données en vol.

En 1942, la compagnie Eastman Kodak brevette la première pellicule sensible à
L'infrarouge produisant des photos en « fausses couleurs ». La première caméra
Infrarouge pour usage industriel est, quant à elle, mise en marché en 1968 par la
Compagnie suédoise AGA; on l'utilise pour trouver des défauts dans les lignes électriques. Aujourd'hui, les évolutions technologiques des caméras, permettent de réaliser des clichés infrarouges hautes définition, grâce aux caméras infrarouges d'une extrême définition et sensibilité [20].

II.9.2 Définition de thermographie infrarouge :

La thermographie infrarouge est la science de l'acquisition et de l'analyse d'informations thermiques à l'aide de dispositifs d'imagerie thermique à distance.

La thermographie infrarouge est utilisée dans le domaine de la surveillance conditionnelle de fonctionnement pour optimiser les tâches de maintenance sans interrompre le flux de production, et réduire au maximum les coûts d'entretien.

La thermographie est basée sur la mesure de la température par émissivité. L'évaluation est faite sur la base d'une comparaison des températures de différents points de l'équipement contrôlé.

La thermographie infrarouge assure une maintenance préventive pour viser les zéro pannes dans l'industrie: échauffement anormal (pièces en mouvement, motoréducteurs, roulements…), problèmes de connectique (armoires électriques et composants), perte de frigorie, défauts de calorifugeage, contrôle de l'encrassement des tuyauteries de fluides [21].

II.9.3 Principe de la thermographie infrarouge :

Lorsqu'un matériau est sollicité thermiquement (ex. réchauffement de façon naturelle par le soleil), la chaleur diffuse dans le matériau. La présence d'un défaut au sein du matériau (ex. une fissure) agit comme un isolant thermique et ralenti cette diffusion. Il s'ensuit l'apparition d'une zone plus chaude en surface par rapport au matériau voisin dépourvu d'anomalie.
Les relevés de thermographie permettent, justement, d'obtenir, au moyen d'une caméra sensible aux rayonnements infrarouges, une image 2D mettant en évidence les variations de la température à la surface du béton. Celles-ci peuvent être causées par des variations de la porosité du béton (défauts étendus) et/ou par la présence de vides au sein du béton (défauts localisés).Pour qu'une anomalie puisse être détectée par thermographie, le contraste de température entre les zones saines et la zone problématique doit être idéalement d'au moins 0,5 ºC. D'autre part, si le diamètre du défaut est faible et sa profondeur est grande, la chaleur diffuse autour du défaut en le contournant. Le contraste de température en surface entre la zone problématique et la zone saine est dans ce cas réduit, ce qui rend difficile la détection du défaut par thermographie. De façon générale, la dimension latérale d'un défaut détectable doit être au moins trois à quatre fois sa profondeur. Ainsi, la détection d'un vide de 9 cm de diamètre n'est fiable que lorsque ce vide est situé à une profondeur inférieure à 3 cm.
L'essai de thermographie infrarouge est normalisé. La norme exist ante (ASTM D4788-88 «Detecting Delamination in Bridge Decks Using Infrared Thermography») concerne toutefois. Les conditions d'utilisation de cette technique pour la détection de la d'élimination dans les dalles .Des tabliers de ponts. Il y est notamment précisé que la surface doit être exempte de tout débris et que les mesures doivent être effectuées par un ciel dégagé au moins 24 h après des précipitations [22].

II.9.4 Objectif des inspections par thermographie infrarouge :



Figure II.02 : appareil de la mesure [23].

Technique de contrôle sans contact, la thermographie infrarouge trouve des applications dans de nombreux domaines : électricité, mécanique, métallurgie, bâtiment

Cette technique est utilisée en maintenance préventive, mais également en production ou bien en recherche et développement.
Applications dans le domaine électrique : visualisation d'un déséquilibre de charges, recherche de points anormalement chauds, de mauvaises connexions dans une armoire électrique pouvant être à l'origine d'un incendie ou d'un arrêt de service [23].

II.9.5 Contrôle des installations électriques par thermographie infrarouge :

Une méthode performante pour déceler les échauffements anormaux et anticiper leurs conséquences. L'électricité est une des premières causes d'incident dans les entreprises. Les dégradations de matériels, les arrêts de production et les incendies d'origine électrique peuvent avoir de lourdes conséquences économiques, sanitaires et écologiques. La maintenance des installations électriques doit permettre de prévenir ces risques, de garantir la sécurité des personnes et d'optimiser le fonctionnement de l'appareil productif.
La réglementation (Décret du 14 novembre 1988) impose une vérification et un contrôle visuel des raccordements, des dispositifs de protection, de l'état de vos installations et de leur maintien dans le temps. Cependant, certaines anomalies qui peuvent générer des pannes et des incidents coûteux restent invisibles à l'œil nu.
La thermographie infrarouge permet la mesure de températures de surface et leurs variations temporelles et spatiales. Cette technique de contrôle non destructif réalisé sur des installations en service, reconnue et approuvé par le FFSA, vous permet de déceler les anomalies et les échauffements anormaux (mauvaises connexions, surcharges, déséquilibre de phases, contacts défaillants, sous calibrage…) et ainsi, de prévoir les interventions correctives et les éventuels travaux.
• Recherche des points anormalement chauds pouvant être à l'origine d'un incendie ou d'un arrêt de la production.
• Recherche des disparités thermiques sur les lignes de production pour identifier les causes de dysfonctionnement.
• Analyse des origines d'échauffement.
• Préconisation des éventuelles mesures correctives et préventives à mettre en place
Sur demande des assureurs, délivrance du certificat Q19 (déclaration de contrôle d'une Installation électrique par thermographie infrarouge), dans les conditions prévues par le Centre National de Prévention et de Protection [24].

II.10 Caméra infrarouge :

II.10.1 Définition :

Une caméra infrarouge est un appareil sans contact qui détecte l'énergie infrarouge (chaleur) et la convertit en un signal électronique qui est ensuite traité pour produire une image thermique sur un écran vidéo et effectuer des calculs de température. La chaleur détectée par une caméra infrarouge peut être très précisément quantifiée ou mesurée ce qui vous permet non seulement de contrôler les performances thermiques mais également de vérifier et d'évaluer le degré de sévérité des problèmes liés à la chaleur.
Les dernières innovations, en particulier la technologie de détection, l'incorporation de l'imagerie visuelle intégrée, les fonctionnalités automatiques et le développement de logiciels infrarouges, offrent des solutions d'analyse thermique plus rentable que jamais [24].

II.10.2 Les détecteurs :

Il existe 2 types de détecteurs :

• Les détecteurs thermiques : ceux-ci sont basés sur la détection d'une augmentation de température au niveau du détecteur. La variation de température fait varier l'une des propriétés physiques du matériau détecteur (résistance électrique par exemple) et provoque une variation du signal délivré. Ce type de détecteur a un temps de réponse relativement long. On utilise entre-autre cette technique dans la fabrication de tubes pyro-électriques.

• Les détecteurs quantiques : ceux-ci sont constitués de semi-conducteurs où l'absorption d'un photon (particule d'énergie lumineuse) provoque la libération ou le transfert d'électrons. Ce type de détecteur à une sensibilité élevée et un temps de réponse extrêmement faible.

L'utilisation de ces détecteurs au maximum de leur sensibilité nécessite leur refroidissement à des températures très basses :

• système refroidi par de l'azote liquide : - 196 °C

• refroidisseur thermoélectrique à effet Peltier : -70 °C

• refroidisseur "Stirling" à mini compresseur : -196 °C

On utilise principalement les détecteurs quantiques dans les appareils de thermographie, Ceux-là travaillent dans les bandes spectrales 2 à 5µm et 8 à 13µm (pour les raisons définies préalablement) [24].

II.10.3 Les systèmes de mesure des caméras infrarouges :

Il existe deux systèmes de mesure des flux électromagnétiques ou luminances :

• La caméra à mono détecteur ou système à balayage spatial : comme le nom l'indique, L'appareil est muni d'un détecteur unique couplé à un système photomécanique à Balayage horizontal (ligne) et à balayage vertical (trame). L'addition des deux balayages à des fréquences spécifiques autorise l'analyse d'une scène thermique par l'image successive du détecteur ou de la surface élémentaire {DS}.

•La caméra à plan focal : celle-ci est équipée d'une matrice de détecteurs. L'image de
Chaque détecteur couvre de façon permanente une surface élémentaire dans le champ
Scanner. La scène thermique est ainsi quadrillée et analysée simultanément en tout point par le "détecteur matriciel".

On peut trouver sur le marché des caméras à plan focal avec une matrice de 240x320
Éléments détecteurs [24].

II.11 Principe et méthode, cas des équipements électriques :

II.11.1 Principe de détection :

Tout équipement conducteur parcouru par un courant électrique s'échauffe : c'est l'effet Joule (Physicien anglais (1818-1889) qui étudia la chaleur dégagée par les courants électriques dans les conducteurs), Dans un équipement conducteur parcouru par un courant, la quantité d'énergie calorifique, Dissipée par échauffement est proportionnelle à la résistance électrique de l'équipement Au carré du courant et au temps pendant lequel passe ce courant.

Une installation électrique est composée de nombreux appareillages par lesquels transitent des courants, ces appareils sont reliés entre-deux par des éléments conducteurs l'ensemble, des liaisons génèrent des milliers de connexions [24].

II.11.2 Méthode d'inspection :

L'opérateur est muni d'une caméra infrarouge classique, portable, avec une résolution thermique faible afin de mettre en évidence de faibles écarts de température.
Les installations électriques doivent impérativement fonctionner en régime permanent
Sans nécessairement disposer de la pleine charge : tout le système doit-être en équilibre thermodynamique.
Les équipements uniquement sous tension sont incontrôlables par thermographie : seuls les courants génèrent les échauffements à analyser.
L'inspecteur analyse les composants des cellules haute-tension (HT), basse-tension (BT), Coffrets et tableaux électriques divers.
Le contrôle par infrarouge est réalisé en trois temps :

1) La visualisation du comportement thermique global des éléments d'un même tableau : Celle-ci met en évidence des points dont les températures sont plus élevées.

2) L'opérateur doit interpréter la scène thermique afin de différencier les échauffements normaux (bobines de contacteurs, résistances, selfs, transformateurs) des échauffements anormaux : ces derniers sont facilement identifiables par comparaison entre composants identiques fonctionnant dans des conditions similaires (mêmes charges transi tantes). Cette opération implique une connaissance "certaine" de l'appareillage électrique ainsi que de bonnes notions pratiques dans l'application de la thermographie infrarouge :beaucoup de composants électriques ont une émissivité faible (cuivre, aluminium, ...),donc un pouvoir réfléchissant très élevé. L'opérateur ne doit pas confondre un point anormalement chaud avec "un point chaud fantôme" résultant de la réflexion d'une source de chaleur environnante, voir l'image thermique de l'analyste sur le composant.
Le technicien doit assurer constamment son interprétation en éliminant au maximum
Les phénomènes de réflexion par modification de l'angle d'observation de la caméra
Infrarouge ou par masquage des sources de chaleur environnantes.

3) La quantification des températures des points chauds. L'opérateur cherchera toujours à réaliser la mesure des points chauds sur des parties de bonne émissivité (boulons oxydés, isolant conducteur, ...) afin d'éliminer la prise en compte des rayonnements perturbateurs réfléchis et ainsi diminuer les temps d'analyse.
Les mesures dans ce cas sont dites "relatives" : la mise en évidence d'un point chaud se fera par comparaison des températures mesurées sur l'élément défectueux et sur un élément similaire fonctionnant Dans des conditions identiques (élément de référence). C'est la différence de Température ou ddt° qui caractérise le défaut thermique : si l'émissivité intégrée n'est pas tout à fait correcte, l'erreur de mesure se vérifie à la fois pour le point chaud et pour le point référentiel, leur différence reste sensiblement la même. Dans le cas où le technicien analyste ne peut comparer deux éléments, il doit réaliser des mesures dites "absolues" : cette technique nécessite la prise en compte de toutes les grandeurs d'influence en vue de la quantification des températures réelles ou vraies. Cette méthode s'applique généralement sur des équipements fonctionnant au-dessus de leurs limites nominales définies par les fabricants d'équipements électriques (appareillage sous-calibré, installation non ventilée, ...) [24].

II.11.3.Avantages de l'analyse infrarouge des installations électriques :

- Contrôle Non Destructif (CND).
- Technique de contrôle "on Stream" : les installations fonctionnent normalement pour la réalisation de la thermographie.
- Analyse sans contact sur des équipements soumis à des contraintes non maximales.
- Rapidité & Précision du diagnostic des installations.
- Mesures fiables de par la précision des scanners IR modernes : sensibilités accrues.
- Sécurité d'analyse : visualisation et quantification des températures avec respect des distances de sécurité.
- Maintenance prédictive : interventions uniquement sur les éléments défectueux repérés, Par l'analyse infrarouge [24].

Conséquences :

- diminution des frais directs d'entretien.
- augmentation de la fiabilité des installations.
- Maintenance préventive : prévention d'anomalie potentielle avec optimalisation de, L'évaluation de la gravité des défauts par adaptation de la fréquence d'analyse (Suivis évolutifs, préventions des dégradations, ...).
- D'arrêt de production) [24].

II.12 Applications de la thermographie infrarouge :

Le sujet. Chaque utilisateur de caméra infrarouge ou autres systèmes radiométriques [24].

II.12.1 Contrôle des équipements électriques hauts et basse-tension :

La thermographie infrarouge classique est principalement utilisée dans l'industrie en tant Que maintenance. Son avantage décisif est de permettre l'estimation de la qualité d'un Équipement ou d'une installation en exploitation normale, et de prévenir les irrégularités, De fonctionnement bien avant les pannes effectives, La thermographie infrarouge peut-être également utilisée dans des applications R&D, pour le contrôle de procédés de fabrication, pour la surveillance, Continue de systèmes. Dans ces applications, la thermographie n'est plus classique, Mais bien spécifique celle-ci conduit à la mise en œuvre d'appareillages plus adaptés, Aux conditions d'analyse, donc requière des connaissances bien plus approfondies sur le sujet.

Chaque utilisateur de caméra infrarouge ou autres systèmes radiométriques de Mesure de températures doit connaître impérativement les limites physiques de son Matériel ainsi que les limites de ses connaissances afin de préserver au mieux sa crédibilité
À l'égard d'une clientèle de plus en plus avertie. Il n'est pas honteux de reconnaître, Une "certaine incompétence" face à une demande spécifique qui nécessitera l'intervention D'un spécialiste garanti [24].

a) Ligne 380kV : conducteurs pour le transport d'énergie :

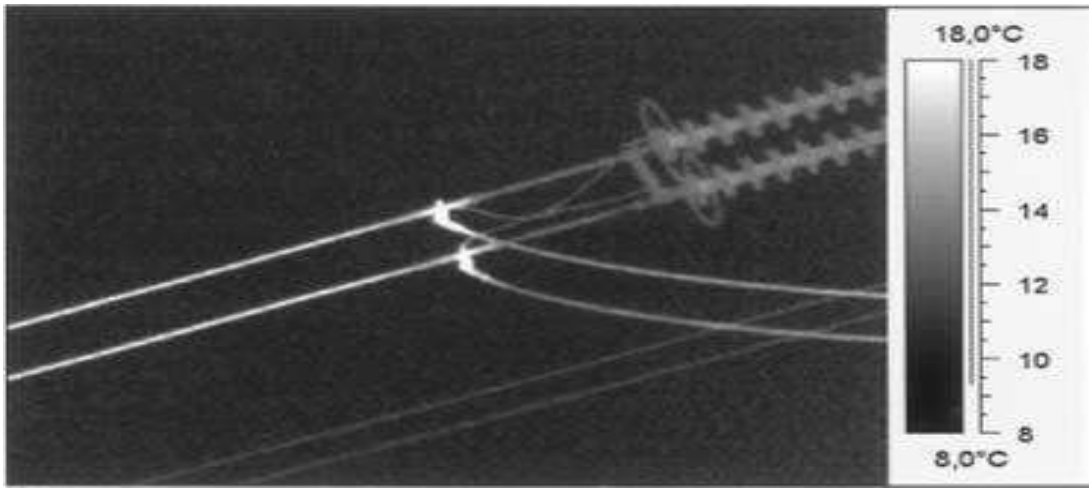


Figure II.03 Thermo-gramme 1 [24].

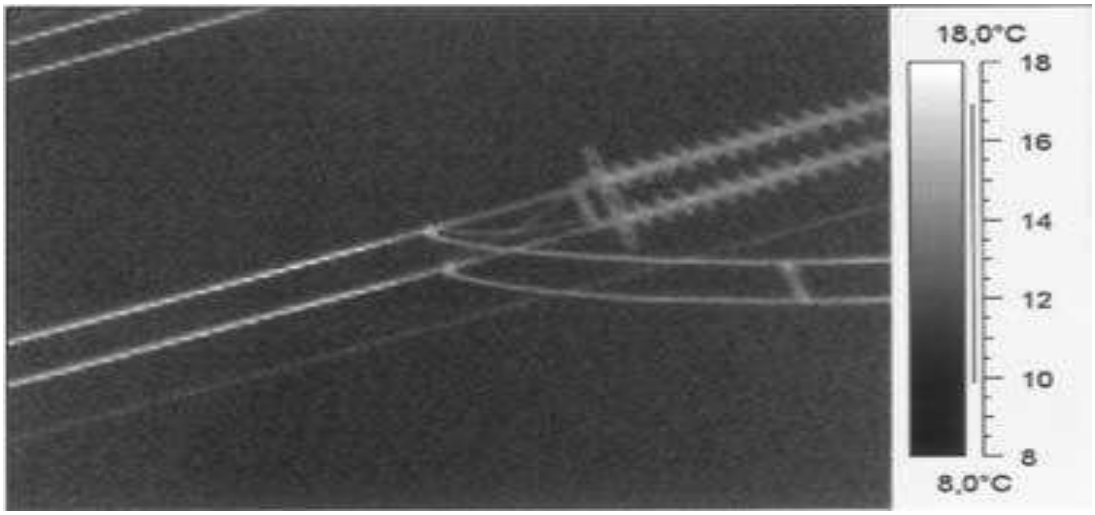


Figure II.04 Thermo-gramme 2[24].

Les thermo-grammes 1 & 2 identifient des composants électriques haute-tension soumis, À des conditions d'exploitation similaires : il s'agit de conducteurs raccordés à un support, (Pylône) par un encrage isolant. Ce type de fixation est identique en amont et en aval.
Support : les conducteurs sont reliés entre-deux par une "bretelle" de raccordement, fixée, Par boulonnage sur des raccords "T" de descente.
L'ensemble des raccords en série avec chaque conducteur est étudié de manière à uniformiser, Le comportement thermique de la ligne : normalement, tous ces composants, Fonctionnant dans de mêmes conditions doivent s'échauffer quasi uniformément.
Dans notre exemple, on distingue par comparaison entre éléments des échauffements
Sur le thermo-gramme 1.Ces points chauds se situent au niveau des plages de contact sur, Des raccords "T" de descente : il s'agit de problèmes liés à des pressions insuffisantes de, Contact ou à une oxydation des contacts: cet état est anormal à l'égard de la conception, Initiale de l'installation [24].

b) Circuits BT 380V :

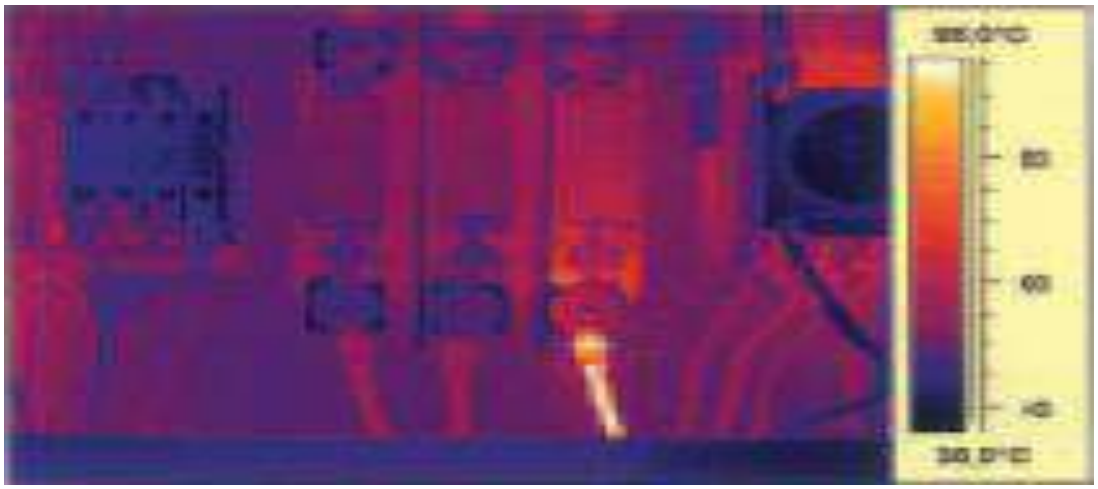


Figure II.05 Thermo-gramme 3[24].

Fusibles BT : Échauffement anormal au niveauD'une cosse de raccordement entre leConducteur et la borne du fusible.
Cause : Sertissage défectueux de la cosse.

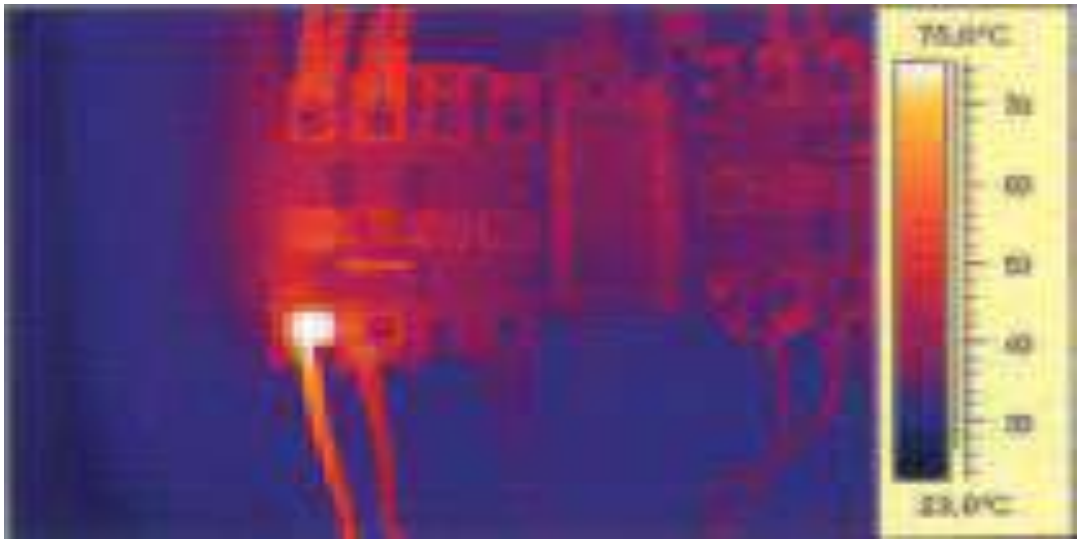


Figure II.06 Thermo-gramme 4[24].

Contacteur BT :
Échauffement anormal au niveau, D'une borne.
Cause :
Pression de serrage insuffisante.

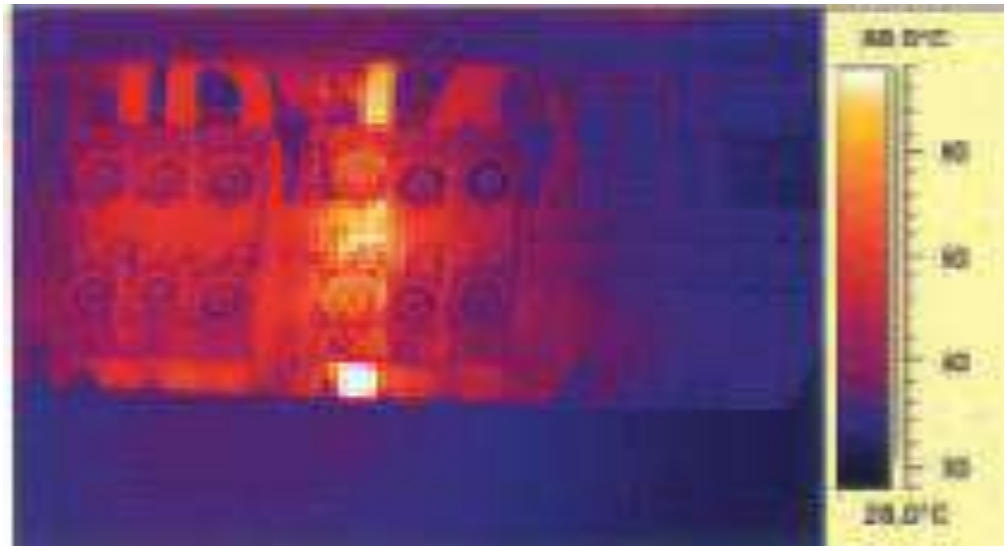


Figure II.07 Thermo-gramme 5[24].

Borniers BT:
Échauffements anormaux au niveau, De conducteurs.
Cause :
Pression de serrage insuffisante.

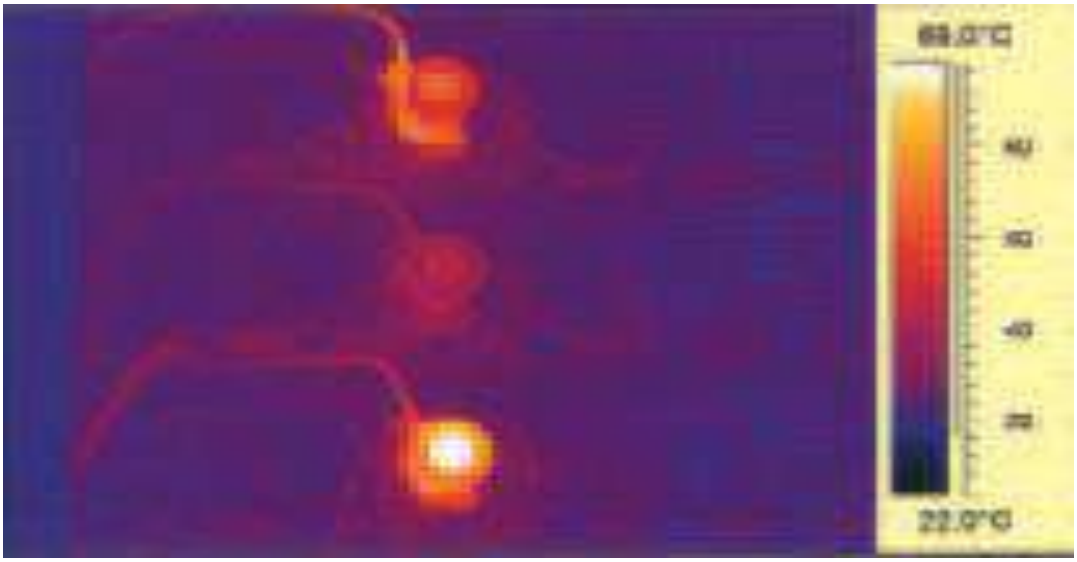


Figure II.08Thermo-gramme 6[24]

Fusibles de type DZ :
Échauffements anormaux au niveau, Des cartouches fusibles.
Cause : Contacts internes perlés ou oxydés.

Chapitre III
Principe de la prévention

III.1 Statistiques des accidents électriques :

Tableau III.01 : Référentiels internationaux de nombre d'électrocutés par million d'habitants

Estimation par an	Électrocutions	Electrisations très graves
En milieu professional	10	60
En milieu domestique	1Électrocutépar jour	200

- ALGERIE : 10
- U.S.A : 2.9
- France : 2
- ALLEMAGNE: 1.6
- JAPON: 0.9
- SUEDE: 0.6

III.2 Causes d'accident :

L'origine de l'accident dépend des types de contact entre la personne et l'élément sous tension. Ces types de contact sont de deux sortes [9].

III.2.1 Par Contact direct :

1 mer cas :

Contact d'une personne avec une partie active d'un circuit électrique sous tension et le sol. Ce type de contact est très fréquent comme le montre la fig. (1) [9]

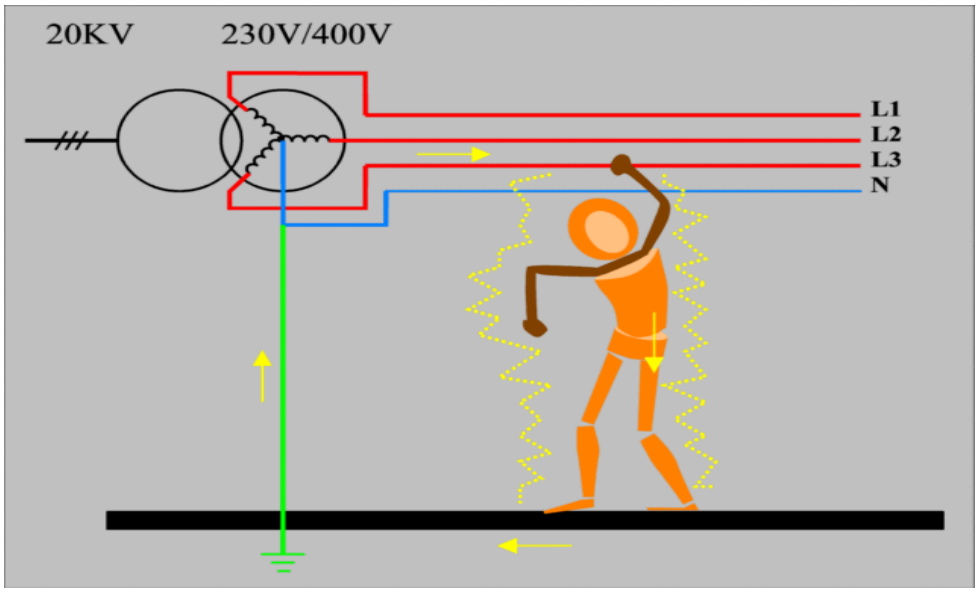


Figure III.01 : contact direct (très fréquent)[9].

2 eme cas :

Contact entre une partie active sous tension et une autre partie active sous tension “Phase et /ou Neutre». CE type de contact est fréquent comme le montre la fig. (2) [9].

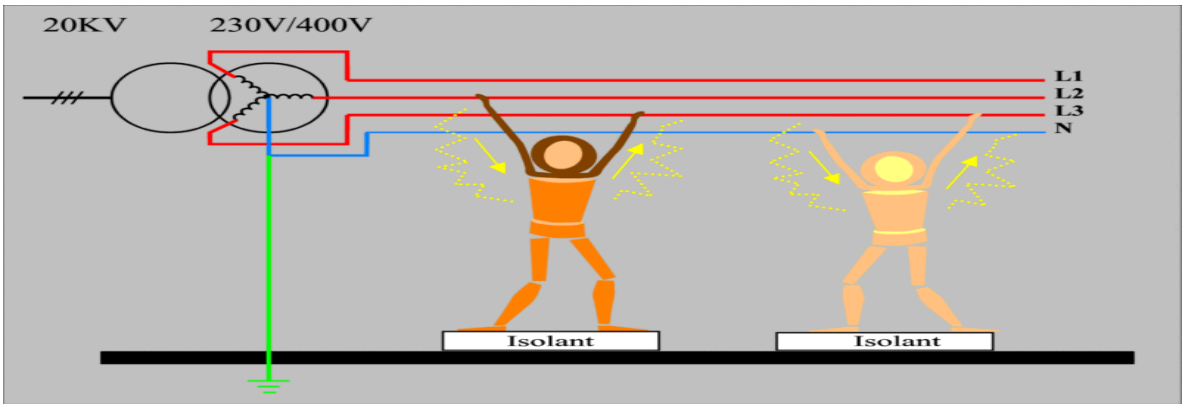


Figure III.02 : contact direct (fréquent) [9].

III.2.2 Contact Indirect :

C’est le cas d’une personne, non isolée de la terre, est en contact avec des pièces métalliques normalement hors tension et qui sont d’une façon temporaire ou accidentellement à une certain potentiel suite à défaut d’isolement tel que [9].

1 èrecas :

- Desserrage d’un conducteur sous tension venant toucher la masse d’un récepteur.
- Détérioration de l’isolant d’un conducteur sous tension venant également en contact avec une masse Fig. (3) [9].

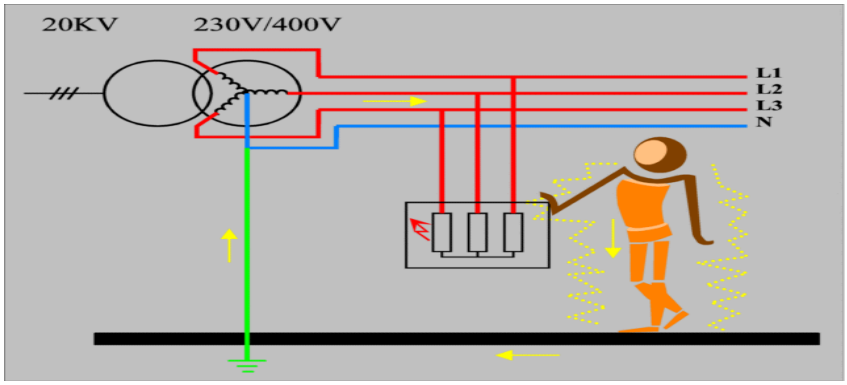


Figure III.03 : contact indirect [9]

2 eme cas :

Contact entre une masse mise accidentellement sous tension et une autre masse mise accidentellement sous tension. Ce type de contact est très rare [9].

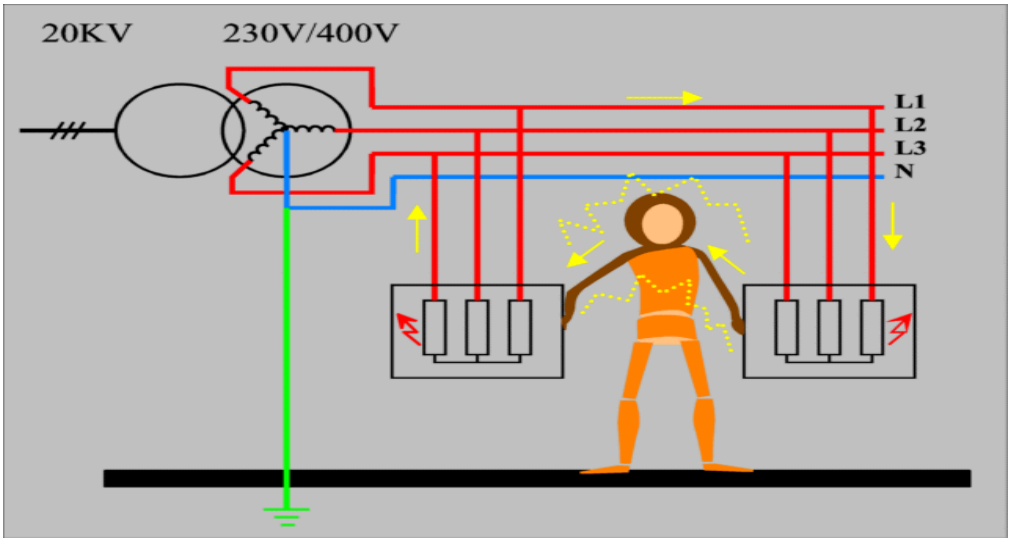


Figure III.04 : contact indirect (très rare) [9].

Parfois il n'est pas nécessaire d'établir un contact physique pour causer un accident.

III.2.3 Court-circuit :

Contact réalisé par un objet métallique entre une masse et une partie active sous tension où entre deux parties actives sous tension. Ce type de contact est fréquent [9].

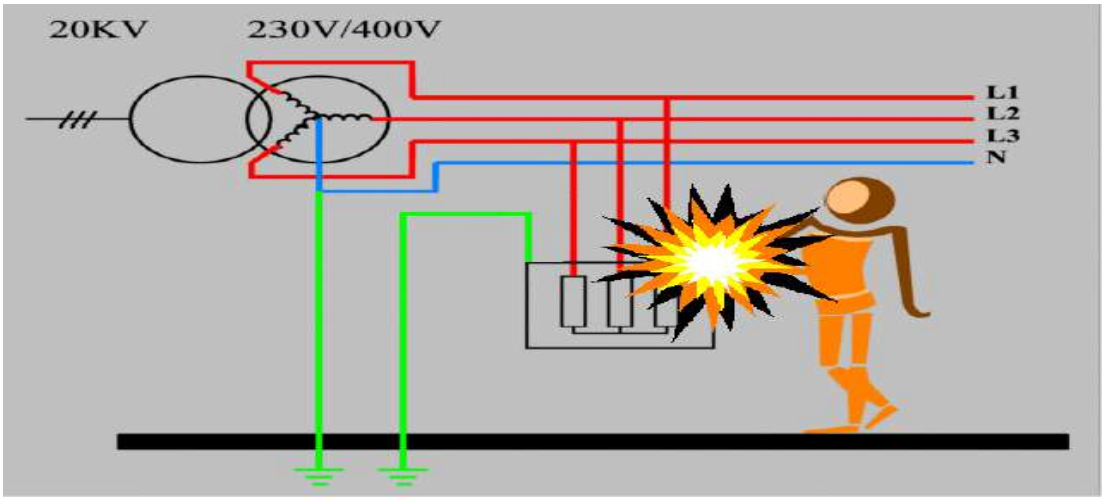


Figure III.05 : cout circuit[9].

III.3 Pourquoi l'accident électrique en basse tension est-il parfois mort?

Il est à priori, étonnant de constater que le même sujet qui a subi plusieurs fois sans conséquence une secousse électrique banale par contact accidentel avec des conductrices basses tensions va un jour brusquement être mortellement atteint par le même courant qui paraissait d'habitude inoffensif.

L'explication de cette éventualité est donnée par les analyses des paramètres physico physiologiques qui conditionnent les troubles déterminés par le passage des courants électriques dans le corps humain. Ces paramètres sont :

1. Différence de potentiel
2. Résistance du corps
3. Intensité du courant
4. Temps de passage
5. Trajet du courant
6. Nature Du Courant
7. Puissance disponible

On dit que la tension brûle et l'intensité tue, dans la réalité ce n'est pas aussi simple que cela. Lequel de ces (7) sept paramètres est tueur [9] ?

III.3.1 différence de potentiel D.D.P :

Tension limite conventionnelle de contact :

a. Conditions BB1 :

Condition BB1 **(**article 322.2 NF C 15-100)

La peau est sèche, le sol présente une résistance importante, y compris la présence de chaussures, et les personnes se trouvant dans des locaux (ou emplacements) secs ou humides (conditions d'influences externes) [9].

T.L.C de contact est 50 V

b. Conditions BB2 :

Condition BB2 (article 322.2 NF C 15-100)

La peau est mouillée, le sol présente une résistance faible, et les personnes se trouvant dans des locaux (ou emplacements) mouillés (conditions d'influences externes) [9].

T.L.C de contact est 25 V

c. Conditions BB3 :

Condition BB3 (article 322.2 NF C 15-100)

La peau est immergée dans l'eau, il existe une infinité de points de contact et la résistance totale du corps humain se réduit à la résistance interne.

La tension limite conventionnelle de contact n'est pas définie. L'alimentation de l'installation est réalisée en TBTS (12 V) [9].

III.3.2 Résistance du corps :

Le corps humain par sa richesse en eau et en sels minéraux constitue un bon conducteur. Sa résistance globale est de l'ordre du millier d'ohms .mais c'est un conducteur complexe car il n'est pas homogène, certaines régions sont moins résistantes que d'autre et on doit plutôt le considérer comme un ensemble de conducteur en parallèle doué de résistance et même d'impédance passablement différentes, favorisant sur certains trajets le passage de tel type de courant [9].

❖ **LA RESISTANCE DU CORPS VARIE SELON :**

- **L'AGE** du sujet (enfant ou adulte)
- **Sexe** (masculine ou féminin)
- **POINTS CONTACT** (mince au niveau des doigts et très épaisse au niveau du talon)**.**
- **PROFESSION** (terrassier : main calleuse).
- **FATIGUE**
- **D.D.P**
- **HYDRATATION**
- **FAIM/SOIF**
- **PSYCHIQUE**
- **EMOTIVE**

❖ **Quelques valeurs de résistance d'élément du corps humain :**

- Résistance des tissus internes : **500 Ω**
- Résistance des poumons : **4000Ω**
- Résistance des os : **300 000 Ω**
- Résistance des cartilages : **50 000 Ω**
- Résistance thorax : **60 Ω**
- Résistance du corps immergé **:** **325 Ω**

En résumé, il faut retenir que la résistance du corps peut variée de **1 000** à **10 000Ω**[9].

Valeurréférentielle1 000 Ω

III.3.3 Intensité du courant :

Le courant pénètre par les pores de la peau, d'où l'importance de la sudation.

Il ne peut y avoir d'électrocution sans le passage du courant dans les organes vitaux du corps [9].

Tableau III.02 : intensité du courant [9].

Intensité	Perception des effets	Temps
8 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
10 mA	Contraction des muscles des membres crispations durables	
20 mA	Début de tétanisation de la cage thoracique	**60 sec**
30 mA	Paralysie ventilatoire	**30 sec**
40 mA	Fibrillation ventriculaire	**3 sec**
75 mA	fibrillation ventriculaire	**1 sec**
300 mA	Paralysie ventilatoire	**110 ms**
500 mA	Fibrillation ventriculaire	**100 ms**
1000 mA	Arrêt cardiaque	**25 ms**
1000 mA	Centres nerveux attaints	**Instantané**

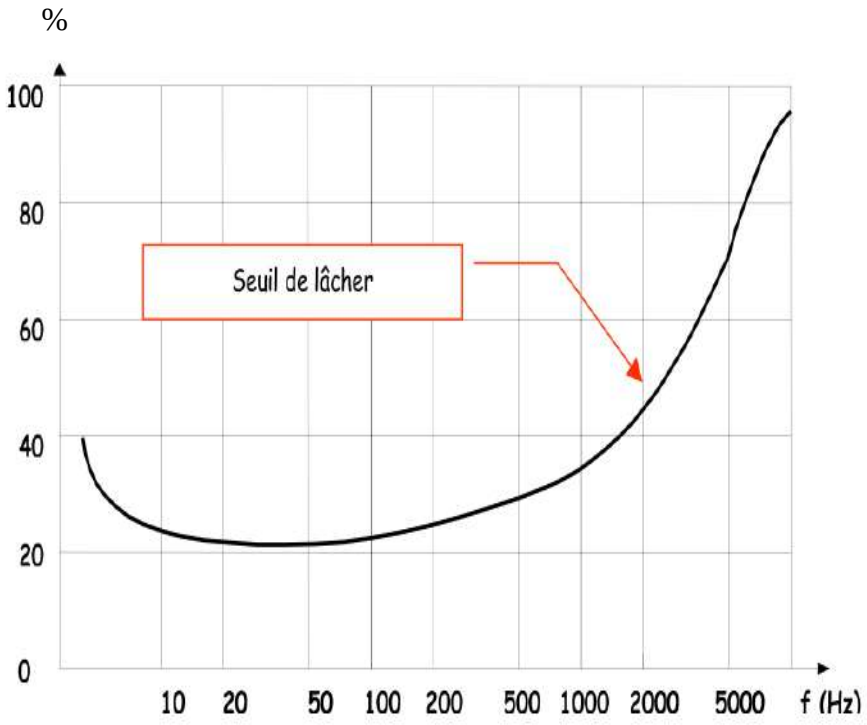
III.3.3.1 Effets du courant alternatif passant dans le corps humain pour les fréquences supérieures à 100 Hz :

- fréquence supérieure à 50/60 Hz est de plus en plus utilisée dans les matériels électriques modernes :
- Aviation (400 Hz),
- Les outils portatifs et le soudage électrique (100, 200, 300 Hz et jusqu'à 450 Hz),
- L'électrothérapie (quelques kHz),
- Les alimentations de puissance de 20 kHz à 1 GHz [9].

III.3.3.2 Autres effets du courant pour des fréquences supérieures à 10 000 Hz :

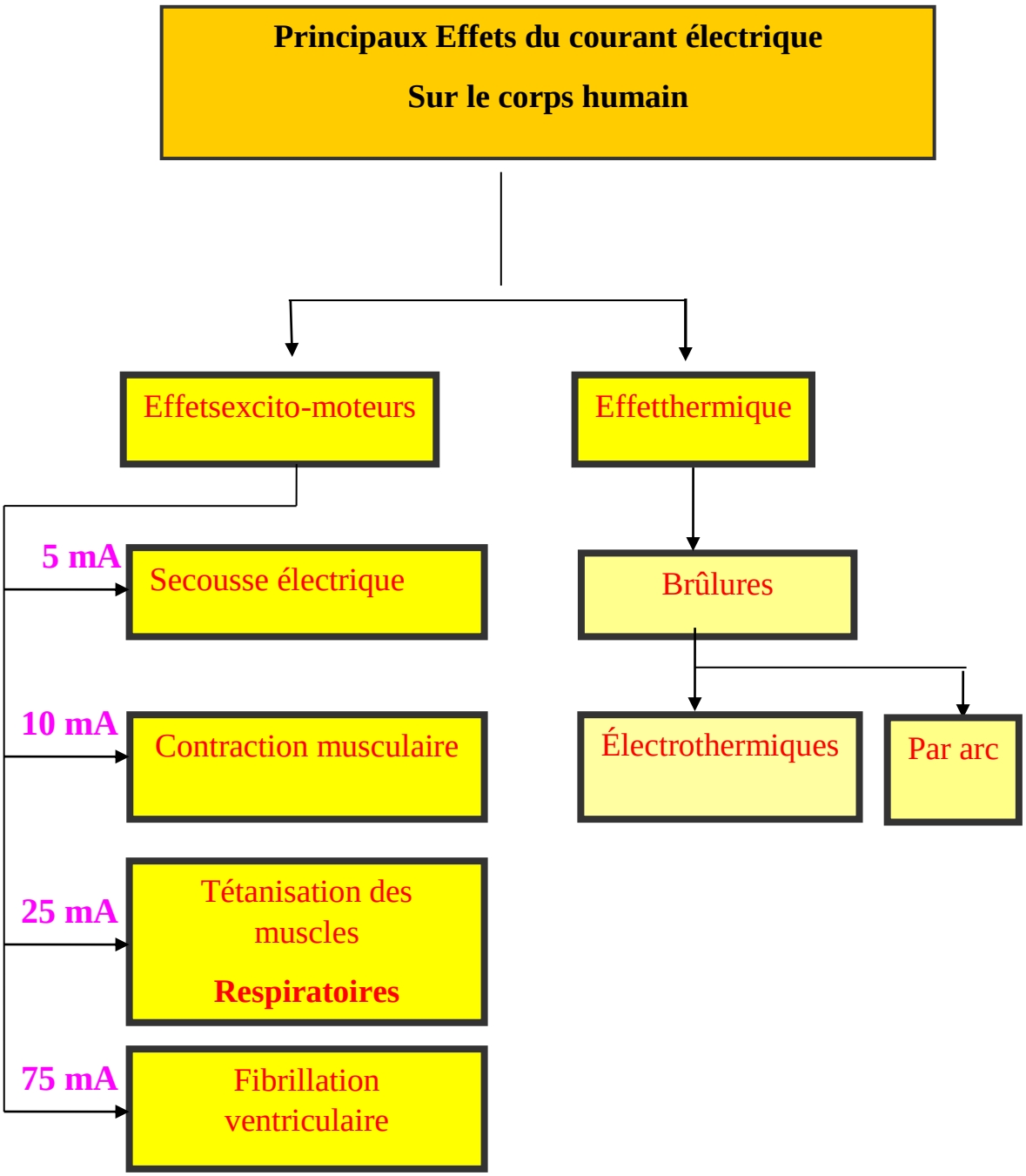
- Pour des fréquences comprises entre 10 kHz et 100 kHz, le seuil de perception s'élève approximativement de 10 mA à 100 mA.
- A des fréquences supérieures à 100 kHz, une sensation de chaleur au lieu de picotement caractérise le seuil de perception pour des courants de quelques centaines de milliampères.
- Avec des courants de quelques ampères, l'apparition de brûlures est probable en fonction du temps de passage du courant [9]

Seuil de lâcher en fonction de l'intensité et de la fréquence du courant.



Courbe III.01 : Seuil de lâcher en fonction de l'intensité et de la fréquence du courant.

Pour des fréquences supérieures à 50 Hz les courants deviennent moins dangereux, ce qui ne veut pas dire que le danger disparaît (moins de risque de fibrillation, plus de brûlures profondes) [9].



Effet du courant électrique sur le corps humain

III.3.3.3 Effets immédiats et secondaires du courant électrique :

A. EFFETS IMMEDIATS :

Dans l'effet immédiat on va examiner :

1. l'action de stimulation du courant sur les muscles ou sur les nerfs qui intervient c'est le cas de la secousse électrique, la contraction musculaire, la tétanisation des muscles respiratoire et la fibrillation ventriculaire.

Lorsque le courant qui traverse le corps humain est de l'ordre de :

1 à 10 mA : une secousse électrique peut se produire mais à faible intensité, on parle de seuil de perception avec sensation de fourmillement.

S'il résulte un mouvement de réflexe, il peut entraîner des dangers secondaires pour la victime telle que le lâcher d'un outil ou la chute d'une échelle.

10 à 25 mA : tétanisation musculaire qui est un phénomène de contraction des muscles, de la main, du bras.

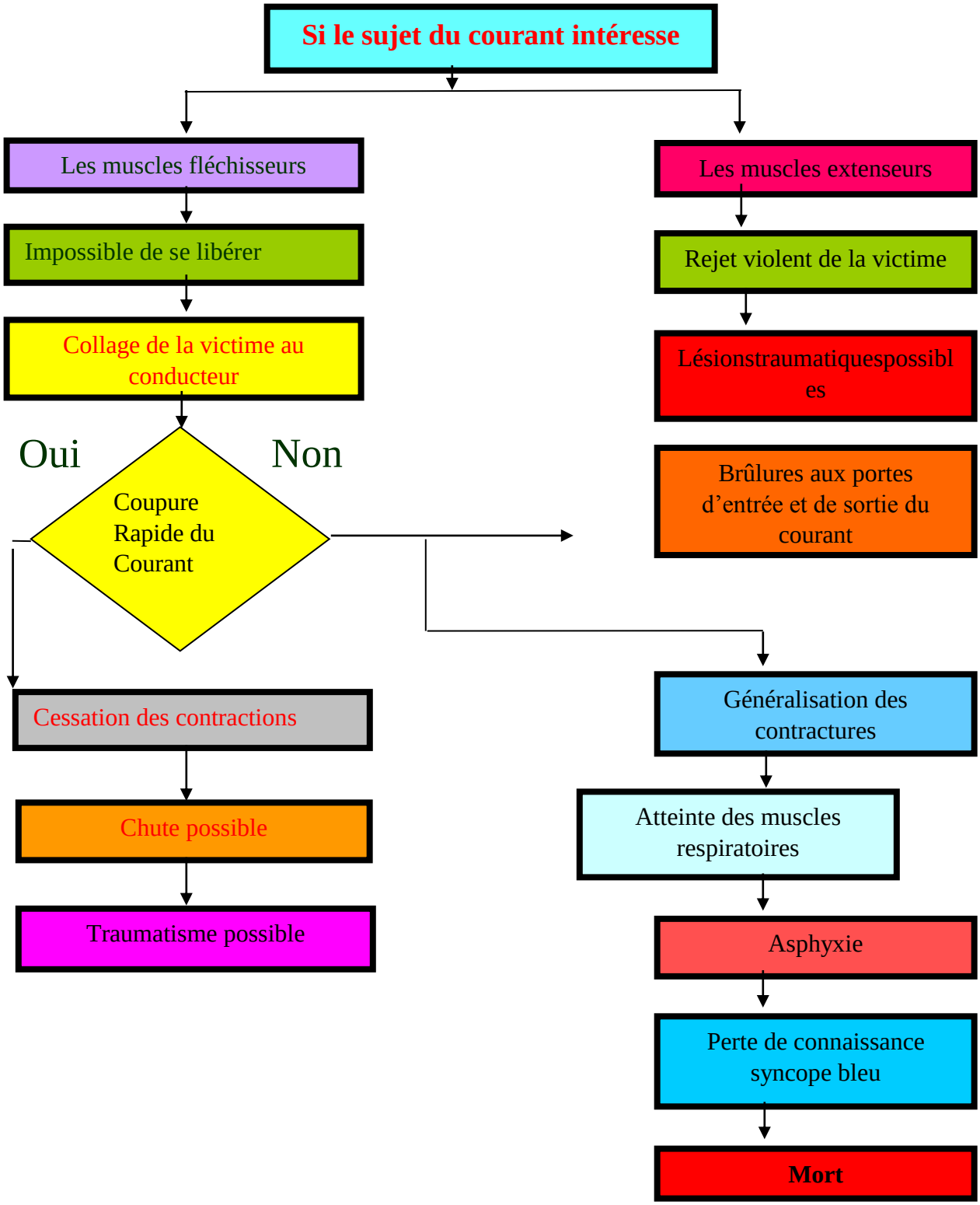
Selon que le trajet de courant intéresse les muscles fléchisseurs ou extenseurs, nous aurons des conséquences différentes.

Dans le cas des muscles fléchisseurs des avant-bras, le point de contact étant situé à l'intérieur de la main, on constate la crispation du sujet qui devient incapable de se libérer du contact. Cette contracture ne cèdera qu'avec la coupure du courant .en ce moment-là il y a possibilité de chute du sujet qu'il importe de prévoir.

Dans le cas des muscles extenseurs, le sujet peut être projeté par la contraction brutale pouvant entraîner un risque de lésion traumatique.

Dans le cas particulier des muscles extenseurs du dos et des reins, il peut t y avoir par conséquence " un saut de carpe " entraînant la chute [9].

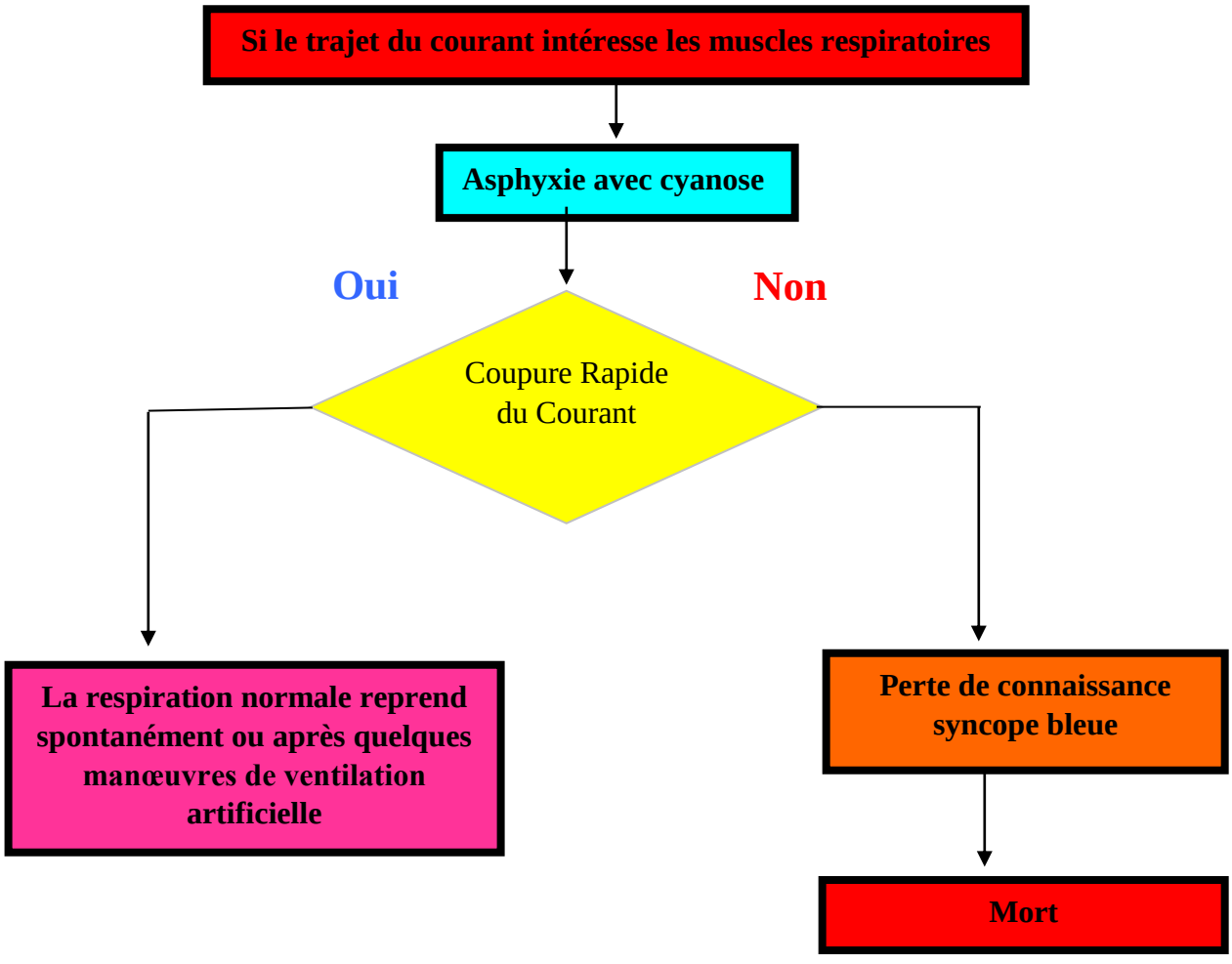
Les effets de la contraction sont schématisés dans l'organigramme suivant :



25 à 30 mA :la tétanisation s'étend aux muscles de la cage thoracique, c'est-à-dire que le trajet du courant intéresse les muscles respiratoires.

Dans ce cas, il peut se produire une asphyxie ventilateur avec cyanose (syncope bleu).

Si l'on coupe rapidement le courant, la respiration reprend immédiatement. Dans le cas contraire, la perte de connaissance et la mort peuvent survenir en quelques minutes à moins que la réanimation soit pratiquée à temps et avec succès. Ces effets sont schématisés par l'organigramme suivant: [9]



Conclusion fondamentale : l'accident électrique est possible lorsqu'une intensité qui approche 30 mA circule à travers le corps humain pendant au moins trois minutes.

75 à 80 mA : Risque de fibrillation du cœur c'est-à-dire que la fibrillation ventriculaire peut s'observer lorsque le sujet du courant passe par le muscle cardiaque (muscle rythmiquement programmé).il s'agit d'une désorganisation du rythme cardiaque qui peut aboutir à un arrêt circulatoire et à des lésions anoxiques en aval, plus particulièrement au niveau du cerveau qui est entièrement sensible au manque d'O_2. [9].

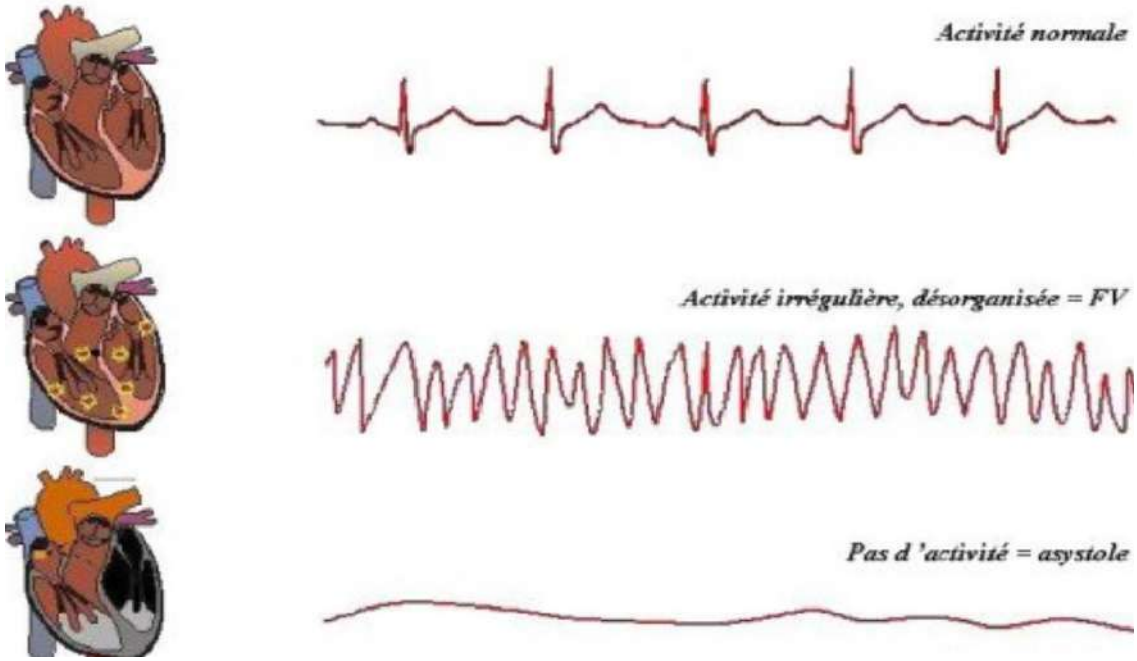
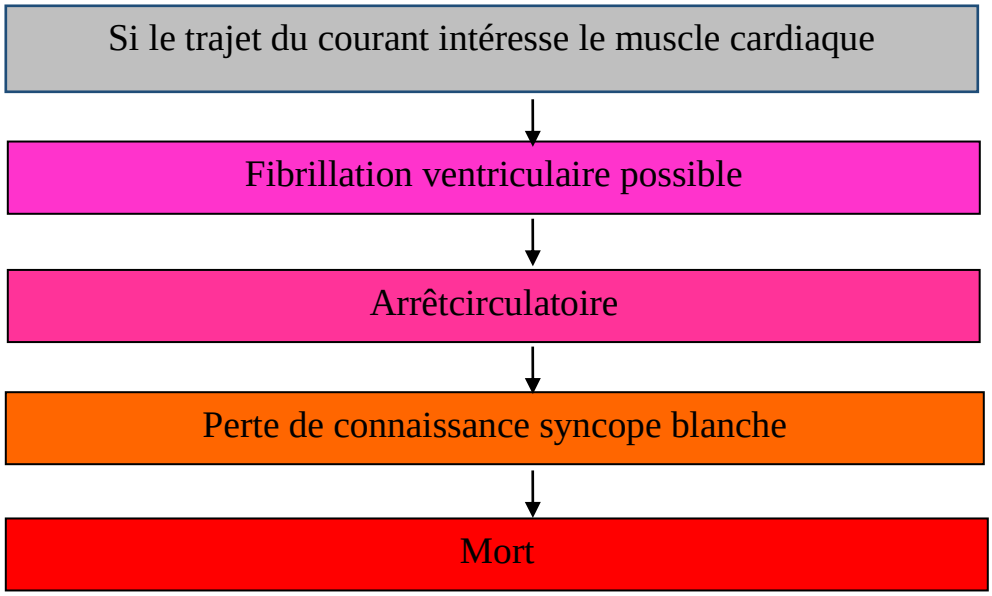


Figure III.06 : représente l'impact du courant éléctrique sur la palpitation du cœur [9].

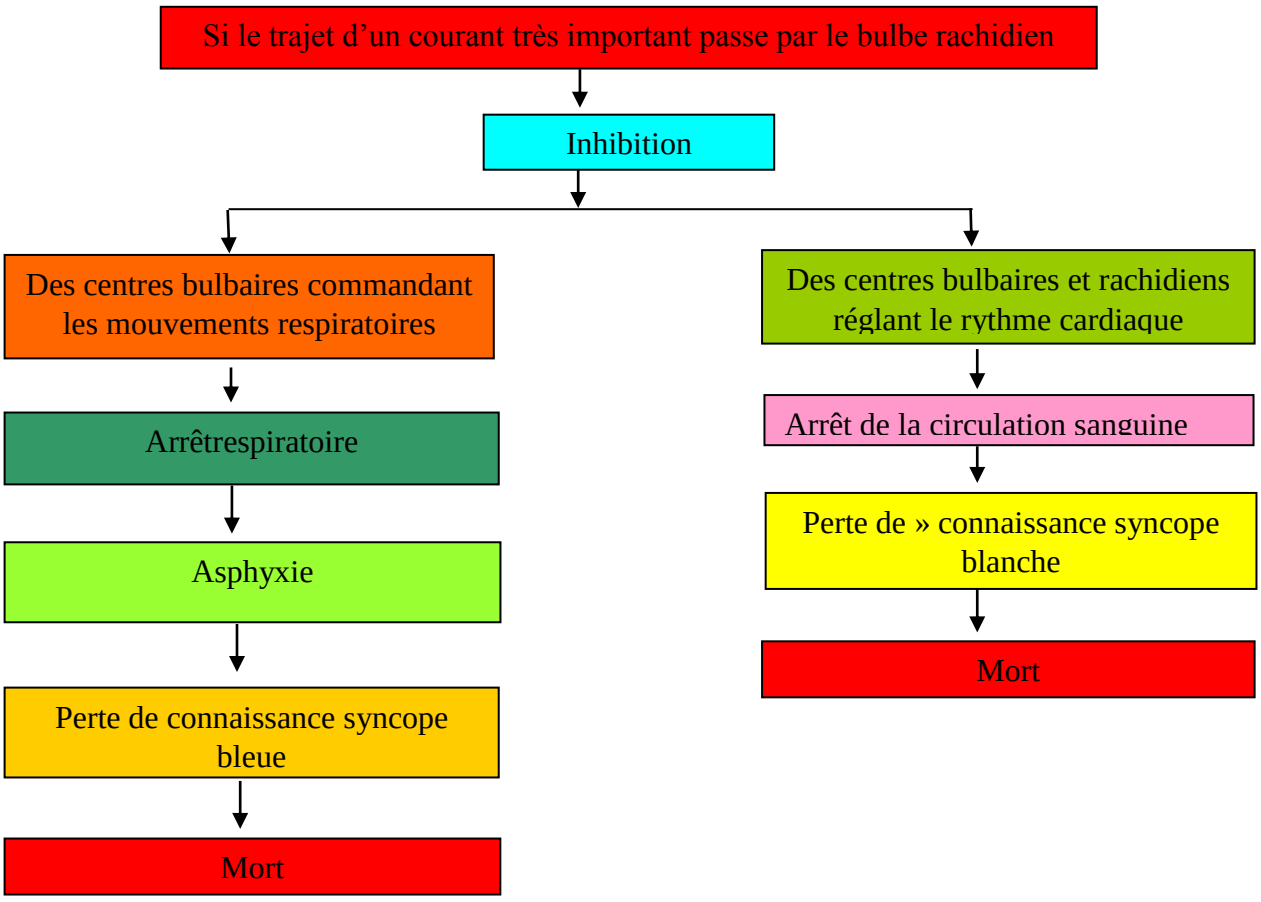
.



- **Sidération des centres nerveux :**
- **Inhibition des centres nerveux :**

Le passage d'une forte intensité de l'ordre de 2 A dans l'encéphale provoque au niveau du nerf un blocage, perte d'excitabilité et de conductibilité du nerf traversé par le courant, il se produit une paralysie.

Lorsque la région bulbaire est atteinte (entre le centre et la moelle épinière) on observe un arrêt respiratoire et ensuite un arrêt circulatoire.
Cette inhibition bulbaire est généralement temporaire et si des manœuvres de réanimation sont très promptement et correctement appliquées, il est possible de faire disparaître cette inhibition et permettre une reprise normale des activités respiratoires et circulatoire [9].



,

- **Les effets thermiques :**
- **Brûlures par arc :**

Les brûlures provoquées par le passage du courant dans l'organisme se distinguent
Des brûlures thermiques surtout par la difficulté d'en apprécier, la localisation et la profondeur.
Par arc sont dues à l'intense chaleur dégagée par effet Joule au cours de la production de l'arc électrique ainsi qu'aux projections de particules métalliques en fusion, l'origine de brûlures de vêtement, de la peau, de cornée et peuvent entraîner des conjonctivites. Ce sont le plus fréquent tant en basse tension, qu'en haute tension. En basse tension elles sont localisées aux parties découvertes (mains et faces) [9].

- **Brûlures électrothermiques :**

Les brûlures électrothermiques sont provoquées par l'énergie dissipée par effet Joule tout le long du trajet du courant.
Ces brûlures sont toujours plus étendues qu'elles n'apparaissent lors d'un premier examen, car aux brûlures superficielles s'associent des brûlures profondes, le long du trajet du courant, et en particulier au niveau des masses musculaires.
Dans les heures qui suivent ce type de brûlure, un blocage temporaire des reins (parfois mortel) peut apparaître dû à de la libération dans le sang de myoglobine, libération causée par la brûlure des tissus musculaires internes [9].

En considérant la loi de joule :

$$QC=0.24\ UIt$$

On remarque que la tension U est le facteur susceptible d'atteindre les valeurs les plus grand .Ce sera donc avec les tensions les plus élevées que l'on aura les brûlés graves (H.T)

B. Effets secondaires :

En plus des effets immédiats que nous venons de voir, le passage du courant dans le corps humain peut avoir des effets secondaires sur ce dernier, c'est le cas des complications suivantes :

- Complication cardio-vasculaire.
- Complications rénales.
- Complications neurologiques (trouble psychique et organique).
- Pertes fonctionnelles et sensorielles.
- Faiblesses musculaires [9].

III.3.4 Temps de passage du courant dans le corps :

Il traduit la quantité d'électricité qui est dangereuse pour le corps humain, dans certain cas, le passage de courant à travers le cœur durant un temps supérieur à 2/10s, provoque une fibrillation ventriculaire (défaillance cardiaque) [9].

Seuils mortels par:

Tétanisation	U = 30 V I = 30 mA T = 3 mn
FibrillaU = 2000 V	U = 80 V I = 30 mA T = 0.2 S
Sidération des centresnerveux	U = 2000 V I = 2 A T = 3 mn

Valeursréférentielles	0.2 à 3 mn

Courbe représentant le pourcentage de destruction des cellules du cerveau suite à un passage du courant dans l'organisme

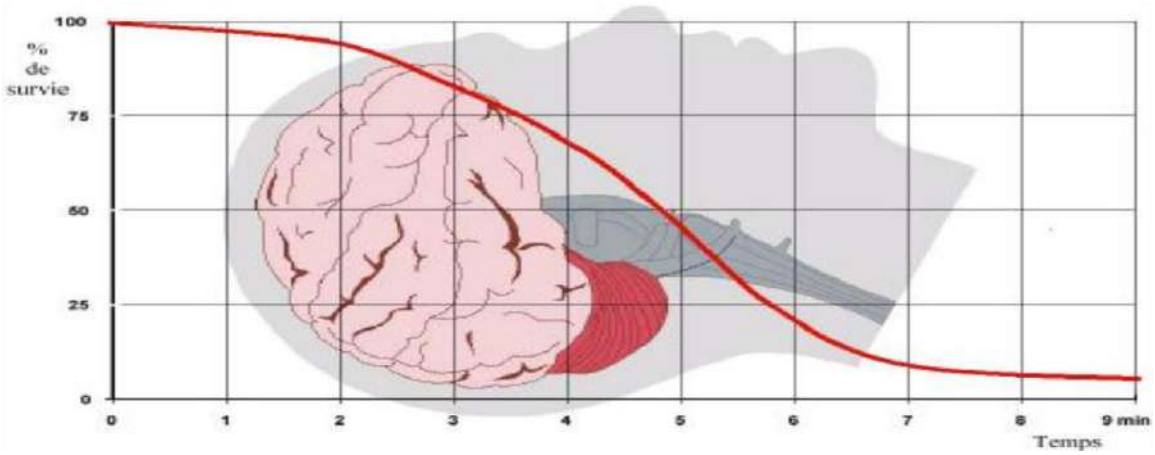


Figure III.07: courbe du passage du courant électrique dans l'organisme [9].

III.3.5 trajet du courant dans le corps :

Le courant électrique suit des trajets préférentiels (trajet le plus court entre le point d'entrée et le point de sortie) qui passent par les organes offrant la moindre résistance: **le cœur, les poumons, les reins** [9].

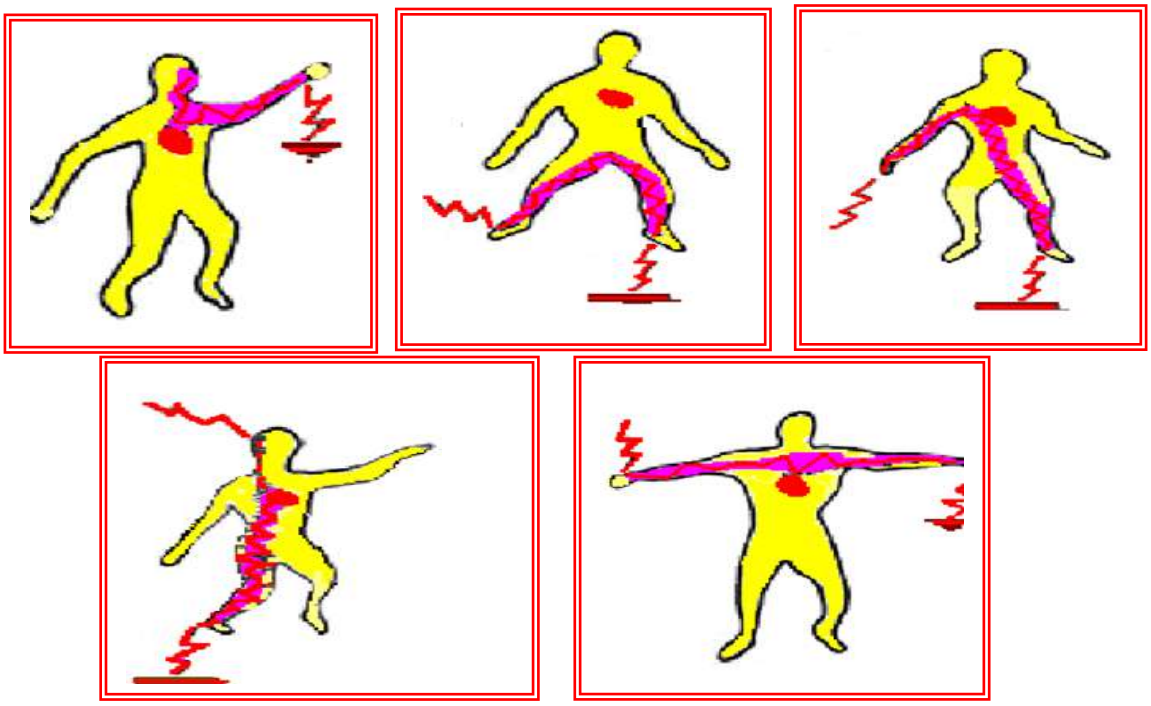


Figure III.08 : trajet le courant dans le corps

III.3.6 Nature du courant :

Forme du courant :

Le courant alternative:

- Des violentes contractions musculaires
- Une contraction musculaire entraînant l'arrêt du cœur, l'asphyxie ou des paralysies localisées temporaires.
- Perte de sensibilisation des nerfs.
- Brûlures sèches [9].

Le courant continu provoque :

- physiologiques Une électrolyse du sang et la destruction des cellules.
- Des brûlures profondes et longues à guérir.
- Des perturbations longues à disparition.



Rôle de la fréquence : l'effet pelliculaire (ou kelvin) qui rejette le courant vers la périphérie des conducteurs s'accentuent avec l'augmentation de la fréquence rend les courants à haute fréquence moins dangereux.

Dans le cas du corps humain, les organes vitaux ne sont plus sur le passage du courant (le courant transitant par la peau) à partir de 5000 Hz. Ces courants sont utilisés en médecine. [9]

Le courant alternatif est 3 à 5 fois plus dangereux que Le courant continu.

III.3.7 puissance disponible :

L'intensité dans certains cas peut être limitée par la puissance disponible, le courant le courant accidentel ne détermine pas une intensité dangereuse, mais la sensation reste très désagréable [9].

Exemple:

- THT téléviseur,
- allumage véhicules,
- pistolet paralysent (Taser).

Application:

Circuit d'allumage des moteurs à explosion
Puissance de la bobine d'allumage = 72 watts
Tension bougie d'allumage = 10 000 v

$$I = \frac{P}{U} = \frac{72}{10\,000} = 0.0072\ A$$

Soit 7.2 mA intensité non mortelle.

Valeur référentielle: 0.9 w

Conclusion :

Dans la genèse de l'électrisation, les différents paramètres traités dans ce document n'agissent jamais indépendamment mais en étroite interaction, finalement c'est l'énergie qui tue [9].

III.4 Mesures préventives générales contre les électrisations :

Pour se préserver des dangers d'électrocutions, il y a différentes méthodes.

La protection doit porter sur le conducteur, y compris le neutre et le conducteur de mise à la terre du neutre.

Cette protection peut être réalisée pour les contacts par :

- Mise hors de portée par éloignement
- Mise hors de portée au moyen d'obstacles
- Mise hors de portée par isolation [9].

III.4.1 Protection contre les risques par contact direct :

- **Mise hors de portée par éloignement :**

L'éloignement est considéré comme suffisant pour assurer la protection s'il interdit tout contact ou tout rapprochement dangereux [9].

- **Mise hors de portée au moyen d'obstacles :**

Ces obstacles doivent être constitués par des parois pleines ou percés de trous ou par des grillages. La suppression de l'efficacité des obstacles doit être précédée surtout HTA, HTB de la mise hors tension des parties protégées correspondantes [9].

- **Mise hors de portée par isolation :**

L'isolation des conducteurs et pièces sous tension doit être adaptée à la tension en jeu et aux risques de dégradation [9].

III.4.2 Protection contre les risques par contact indirect :

Cette protection peut être réalisée pour les contacts indirects par :

- Mise à la terre
- Emplois de la T.B.T.S ……..**"** transformateur de sécurité**"**
- Utilisation de disjoncteur différentiel……. sensibilité 300mA
- Double isolation [9]

III.4.3 Protection contre les risques par contact indirect par mise à la terre :

Dans le système de distribution d'électricité il n'y a aucune tension entre le neutre et la terre, ils sont tous les deux au même potentiel (système équilibré).
Autrement dit, le fil du neutre est relie à la terre .il en résulte qu'entre la terre et la phase, la tension est de 220 v dans le cas (220/380) [9].

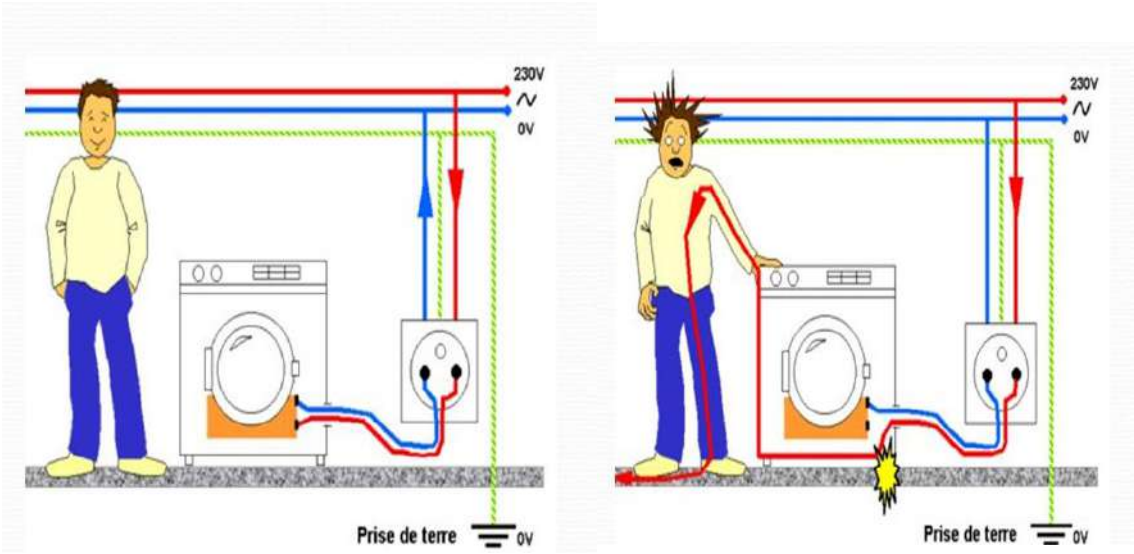


Figure III.09 : avant et après l'accident [9]

D'après la figure (9) la personne touche le bâti, s'il est dans un local humide, risque d'avoir son corps traversé par un courant de :

0.27 A ≈ 0.30 A (I = 220/800 = 0.27)

D'où l'électrocution si R n'est pas nettement supérieure à 800 Ω.[6]

Conclusion : Pour assurer la sécurité des personnes, il ne faut en aucun cas qu'il y ait entre le bâti et la terre une tension surexistence à 24 volts afin que $I \leq 0.03A$.

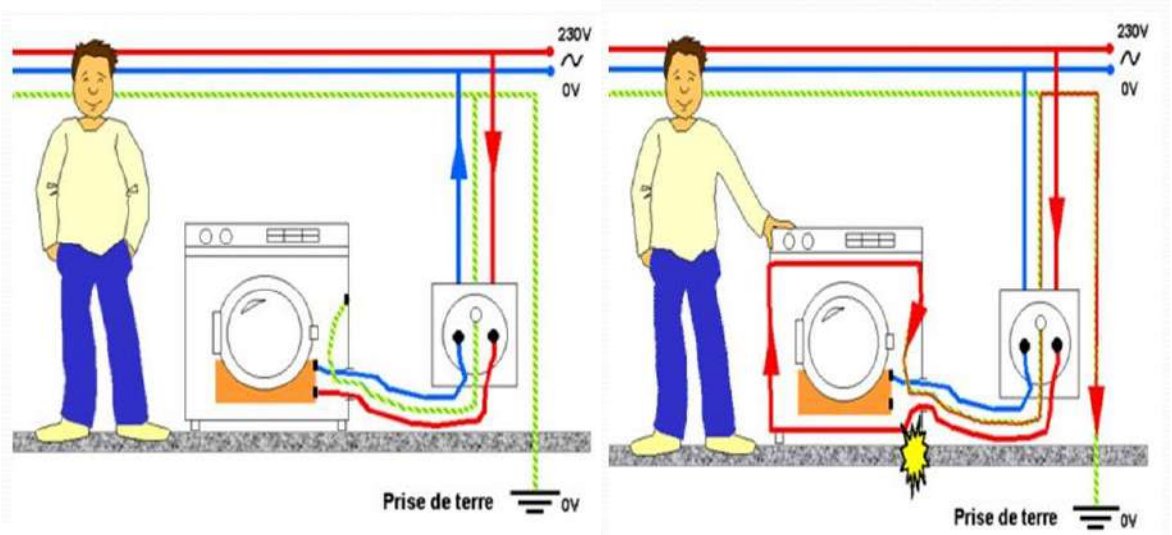


Figure III.10 : relier le bâti à la terre [9]

III.5 La solution consiste à relier le bâti à la terre :

- La sécurité dans l'emploi des courants nécessite, lors d'une distribution avec neutre à la terre, que toutes les masses qui risquent accidentellement d'être soumises à un potentiel soient reliées à la terre.
- Mais cette protection s'avère insuffisante, s'il n'y a pas un appareil qui coupe le circuit lorsqu'une tension supérieure à 24 V apparaît entre le bâti est la terre.
- la liaison bâtie terre présente toujours une certaine résistance due à la prise de terre.

Pour maintenir 24 v avec diverses résistances ou prise de terre il convient de limiter le courant de fuite I :

D'après la loi d'ohm

Si RT = 60 Ω, il faut limiter I à 24/60 = 0.4 A

Si RT = 800 Ω, il faut limiter I à 24/800 = 0.03 A

Pour limiter le courant de fuite à la terre, on utilise un disjoncteur différentiel [9]

III.5.1 Comment se protéger :

- **Agir sur le paramètre D.D.P :**
  - coupez le courant avant toute intervention (D.D.P =0).ainsi vous supprimer (6) des paramètres d'électrisation,
  - En cas de travail avec présence de tension, n'intervenez que sur un seul potentiel à la fois,
  - Rappelez-vous que le sol est au potentiel du neutre protégez-vous en conséquence,
  - Assurez les liaisons équipotentielles salle de bain,
  - Alimentation de la salle de bain (24v),
  - Aucun jouet électrique ne doit être alimenté en 220v.
- **Agir sur le paramètre résistance :**
  - Ne jamais touchez un appareil électrique les mains mouillées et/ou les pieds nus
  - Vérifiez l'isolement de votre installation 1000 Ω/v. 250 000 Ω/220v, 400 000Ω/400v
  - Vérifiez l'isolement de vos appareils électriques.
  - Evitez d'installer le lave-linge ou un radiateur dans la salle de bain (s'il se trouve dans la salle de bain ne pas l'utilisez après des bains (condensation de la vapeur d'eau)
  - Ne posez pas d'appareils électriques sur le rebord de la baignoire [9].
- **Agir sur le paramètre intensité :**
  - Protégez votre installation par un disjoncteur différentiel principal de 300 mA (attention à la contrefaçon)
  - Protection par DDS divisionnaires adaptés:
    - Salle de bains 30 mA
    - Lave-linge 30 mA
    - Prises cuisine 30 mA
    - Radiateurs électriques 30 mA

- Autres utilisations 300 mA

➢ **Agir sur le paramètre trajet :**

- Remplacez toutes vos prises sans terre et cela quel que soit leur positionnement
- Vérifiez que tous vos appareils sont équipés d'une prise avec terre.
- Débranchez vos appareils à la fin de chaque opération (séparation du circuit de terre).
- Vérifiez la valeur normative de votre prise de terre.
- En milieu de professionnel encadrez votre poste de travail par des dispositifs de mise à la terre [9].

III. 6 Inventaire des risqué électriques :

- Installations réalisées par des non professionnels,
- Appareillage mal fixé,
- Appareillage bas de gamme,
- Protection non différentielle
- Protection surdimensionnées et non sélectives,
- Absence de circuit de terre,
- Equipement électrique non mis à la terre,
- Surcharges des prises de courant,
- Equipement électrique salle de bain non conforme,
- Rallonge électrique de fortune,
- Utilisation de douilles métalliques,
- Intervention (dépannage),
- Rétrocession,
- Fraude au niveau comptage,
- Intervention sur les antennes T V,
- Utilisation du lave-linge dans les salles de bain,
- Evacuation d'eau de ménage par les colonnes montantes [9].

Chapitre IV

analyse préliminaire des risques

IV. Analyse préliminaire des risques APR :

IV.1 Présentation et historique :

- **But :**

Mettre en évidence des Événements Indésirables (EI) et/ou Redoutés (ER) c'est-à-dire des EI à impact sur la sécurité [25].

- **Origine de la méthode :**

1960

Industrie aéronautique spatial, armement, chimie, transport.

- **Définition :**

APD : Analyse préliminaire des dangers
Évaluation de la probabilité d'occurrence
APR : Analyse préliminaire des risques [25].

IV.2. But de l'APR :

- Mettre en évidence et étudier les dysfonctionnements susceptibles d'apparaître du fait de l'existence de fonctions ou/et d'éléments dangereux du système :
  - Identifier les fonctions et éléments potentiellement à risques, et les EI/ER associés (effet système).
  - Caractériser et hiérarchiser ces EI/ER en termes de scénario d'apparition et de gravité.
  - Déterminer les modes de traitement adaptés à chaque EI/ER.

L'APR permet également de :

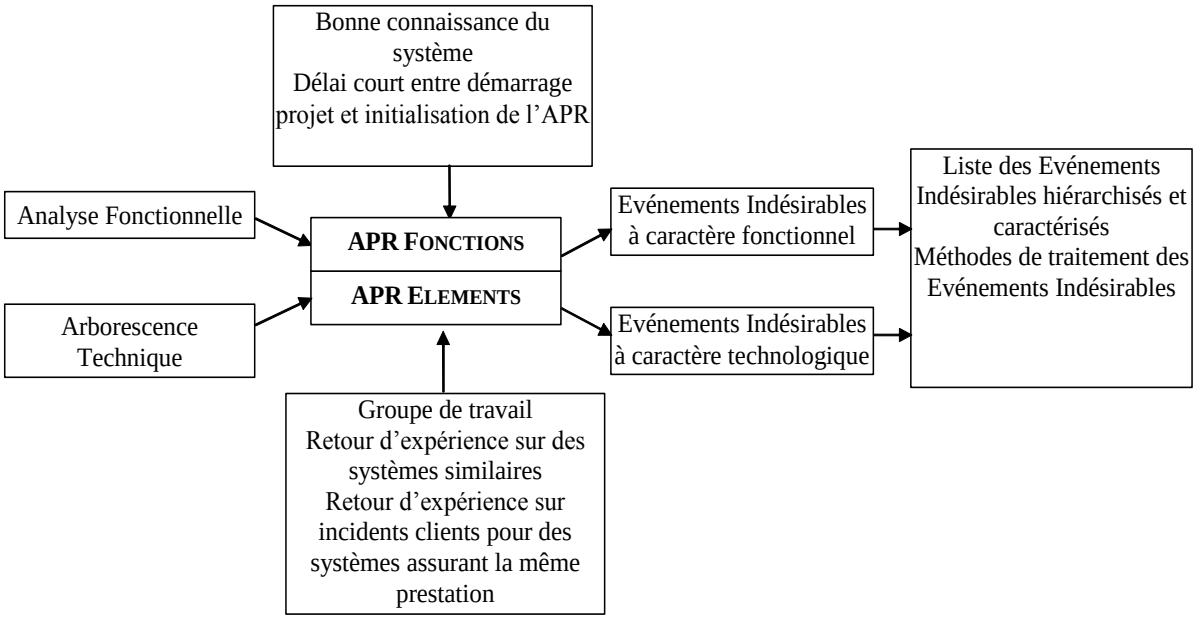
- Décliner des EI/ER système au niveau sous système**.**
- Déterminer les sous-systèmes contribuant à l'apparition des EI/ER [25].

IV.3 Descriptif de l'APR :

- L'APR peut s'effectuer dès la phase exploratoire :

- Dès que l'on connaît les fonctions à remplir par le système.
- Dès que l'on connaît les grands choix technologiques.
  - Elle est effectuée en groupe de travail (ne pas hésiter à faire appel à des spécialistes métier, de la réglementation pour mieux identifier et caractériser un risque).
  - Connaissances nécessaires ?
- Les fonctions à remplir par le système (Analyse Fonctionnelle).
- Comment le système va vivre, être utilisé (Profil de mission / vie).
- La description et la délimitation du système (Arborescence Technique, Organisation Industrielle et schéma d'architecture et des interfaces) [25].

IV.4 Démarche générale :



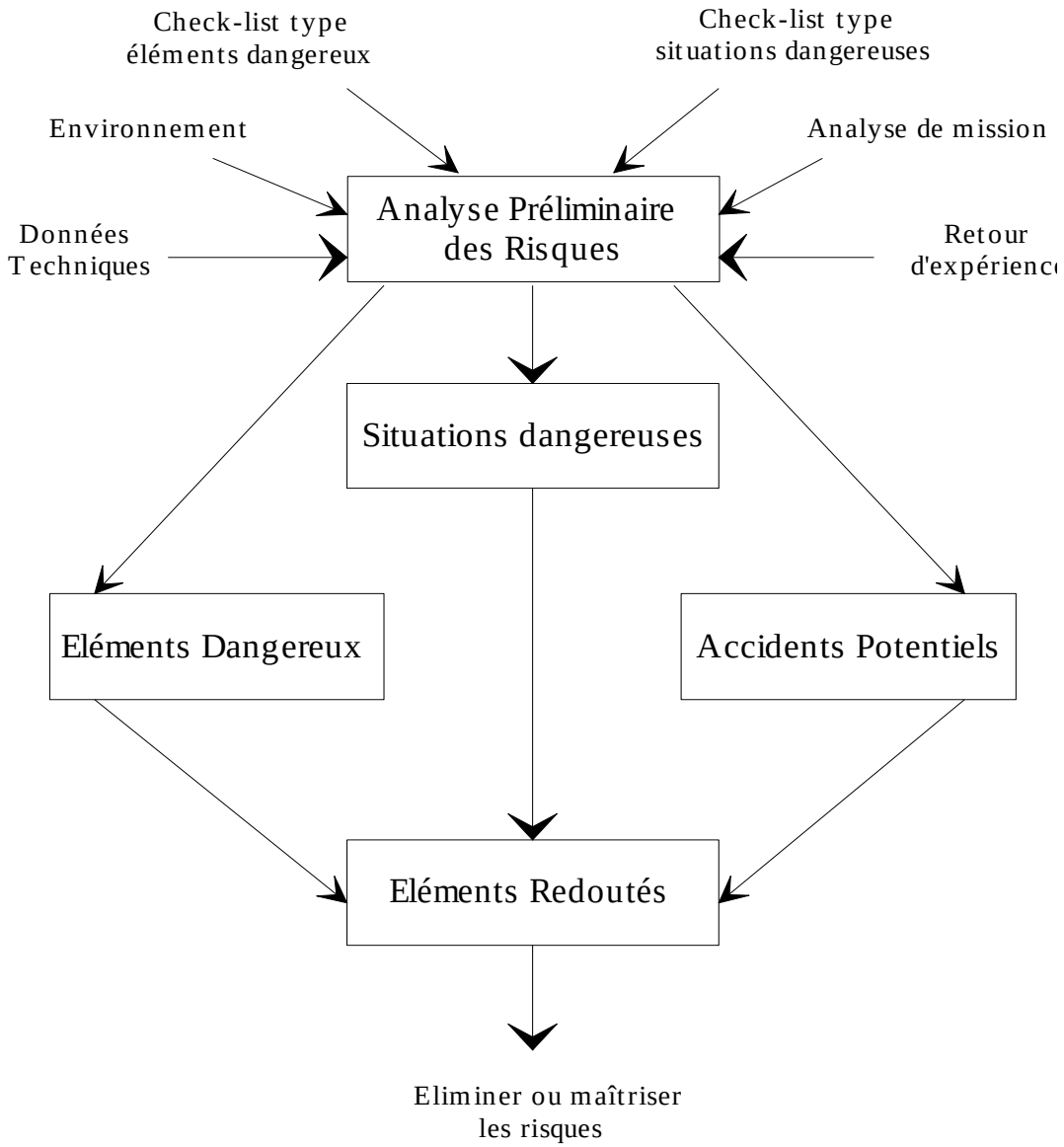
Démarche générale

IV.5 Déroulement de la méthode :

- **Principales étapes :**

1) Identification des risques du système (Tableaux d'APR Fonctions / APR Éléments).
2) Détermination de la gravité des conséquences (et éventuellement de la probabilité).
3) Synthèse des APR et définition des mesures en réduction de risques [25].

IV.6. Processus d'identification des risques



IV.7 Identification des risques du système et représentation :

- Identification des risques d'après :
  - Retour d'expérience sur des systèmes analogues.
  - Utilisation de check-lists types ou listes guides d'éléments et situations dangereuses.
  - Première analyse de mission.
  - Données techniques du système étudié.
  - Description des environnements (naturel ou induit par le système).
- Mises en évidence entre les éléments dangereux et les conséquences d'un accident potentiel par des relations dynamiques de cause à effet.
- Représentation des résultats dans des tableaux à colonnes[25].

IV.8 Exemple de relations dynamiques de cause à effet :

Tableau IV-1 relations dynamiques de cause à effet [25].

ENTITE DANGEREUSE	EVENEMENT PROVOQUANT UNE SITUATION DANGEREUSE
Matériaux et équipements combustibles, bagages, vêtements Caoutchouc, huile, graisse Huile, graisse Batterie Pompe, réservoir ou élément sous pression (air, huile) Objet susceptible de tomber, de se déplacer ou d'être catapulté Système de chauffage Système de ventilation Ressorts tendus Ventilateurs, hélices, machines soufflantes, tournantes, ... Vitre, élément en verre Machines, équipements électriques et connectique	Agent initiateur entraînant le feu et la combustion des matériaux, équipements, bagages ou vêtements Élévation anormale de la température Rupture d'un système matériel contenant ou conduisant de l'huile. Huile sur piste ou équipement Feu, explosion, projection d'objet, défaillance conduisant à perte d'acide Défaillance conduisant à projection d'objet ou de fluide sur piste ou sur équipement Défaillance interne ou des interfaces entraînant la chute ou la projection d'objets Défaillance mécanique ou électrique entraînant une température anormale, le feu ou l'électrocution Défaillance mécanique ou électrique entraînant un renouvellement insuffisant de l'air, le feu, l'électrocution Défaillance, rupture conduisant à projection de pièces Défaillance entraînant le feu, l'électrocution ou rupture conduisant à projection d'objets Défaillance ou accident conduisant à projection d'objets coupants Défaillance entraînant le feu ou l'électrocution

IV.9 APR Fonctions / APR Éléments :

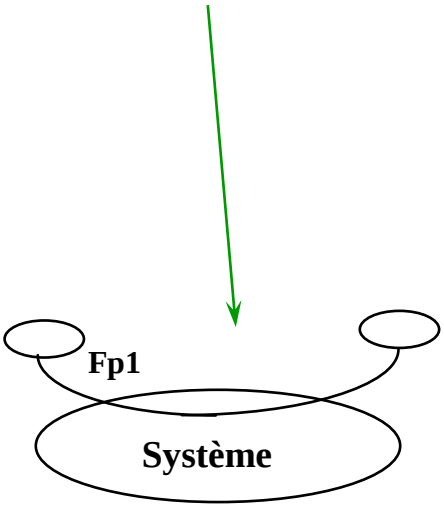
Analyse fonctionnelle arborescence technique



Liste des Événements Indésirables caractérisés

APR Fonctions

Pour chaque fonction de chaque phase du cycle de vie, on étudie les modes de défaillances**:**



- ❑ Pas de fonction ?
- ❑ Perte de fonction ?
- ❑ Fonction intempestive ?
- ❑ Fonction dégradée ?
- ❑ Fonction mal interprétée ?

EVENEMENT INDESIRABLE

➢ L'échelle de gravité :

Tableau IV-2 : échelle de gravité

Gravité	Caractérisation de la gravité
G4 Conséquences extérieures majeures hors établissement	Accident mortel et/ou irréversible d'une partie importante du personnel et/ou de la population et/ou conséquences majeures sur les ressources
G3 Conséquences extérieures graves hors établissement	Accident mortel et/ou irréversible d'une partie limitée du personnel et/ou de la population et/ou conséquence graves sur les ressources
G2 Conséquences limitées à l'établissement et/ou légères hors établissement	Accident corporel avec une incapacité permanente moyenne ou faible
G1 Conséquences limitées à une installation de l'établissement et/ou légères dans l'établissement	Accident corporel avec arrêt de travail

➢ Echelle de fréquence :

Tableau IV-3 : échelle de fréquence

Fréquence	Evaluation qualitative
F4	Possible
F3	Rare
F2	Extrêmement rare
F1	Improbable

➢ Hiérarchisation de la Gravité :

Tableau IV-4 : Hiérarchisation de la Gravité.

Gravité 4	**4/1**	**4/2**	**4/3**	**4/4**
Gravité 3	**3/1**	**3/2**	**3/3**	**3/4**
Gravité 2	**2/1**	**2/2**	**2/3**	**2/4**
Gravité1	**1/1**	**½**	**1/3**	**1/4**
	Fréquence 1	**Fréquence 2**	**Fréquence 3**	**Fréquence 4**

	Zone autorisée sans spécification particulière
	Zone dite acceptable dans laquelle le risque est toléré
	Zone critique dans laquelle le risque est qualifié d'inacceptable

Sont jugés inacceptables, les événements redoutés appartenant à une case grisée. L'objectif est de chercher à les render acceptables:

- Soit en diminuant la gravité, par la mise en place de moyens techniques, humains, organisationnels de protection.
- Soit en diminuant la fréquence d'apparition, toujours à l'aide des barrières mais cette fois de prévention.[5]

IV.10 Les missions de la direction de distribution d'électricité de Médéa :

- **L'équipe des travaux sous tension en HTA:**
  - Entretien de l'appareillage sous tension.
  - Modification d'installations existantes.
  - Réparation d'un appareillage sous tension.
- **Equipe de maintenance des postes HTA :**
  - Entretien des postes de transformation.
  - Réparation et modification selon demande.
  - Contrôle et remise en état.
  - Diagnostic des installations.
- **Equipe du district électricité :**
  - Entretien des postes transformateurs.
  - Entretien des lignes basse tension.
  - Entretien des appareils de coupure disjoncteurs.
  - Entretien des lignes hautes tension hors tension.
- **Equipe petite intervention :**
  - Réalisation d'un nouveau branchement.
  - Intervenir d'un branchement existant.
  - Rétablir la courante électrique basse tension.
  - Changer ou maintenir le connecteur.
- **Equipe recherche défaut câble souterrain :**
  - Détecter et lancer l'emplacement de défaut.
- **Equipecâblier :**
  - Réparation d'un câblesouterrain.
  - Faire des boites de jonction.

IV.11 Les accidents de travail année 2017 :

Tableau IV-5 : Nombres des accidents de travail.

Equipes	**Identité d'accident**	**Nombre des accidents en 2017**
l'équipe des travaux sous tension	Chut de plein pied	1
Equipe de maintenance des postes HTA	Choc contre objet	2
Equipe du district électricité	Court-circuit dans un disjoncteur	4
Equipe petite intervention.	Agression par une tierce personne	3
	Chut de hauteur	1
Equipe recherché défaut cables ou terrain	Circulation routier	1accident qui a engendré deux accidentés
Equipecâblier	Circulation routier	1qui a engendré quatre accidentés
		13

Tableau IV-6: pourcentage d'accidents du travail par équipe

Equipes	Equipe TST	Equipe de maintenance des postes HTA	Equipe du district électricité	Equipe petite interventio n	Equipe recherché défaut cables ou terrain	*Equipe câblier*
Pourcentage	7.70%	15.38%	30.76%	30.76%	7.70%	7.70%
Angle	27.72°	55.36°	110.74°	110.74°	27.72°	27.72°

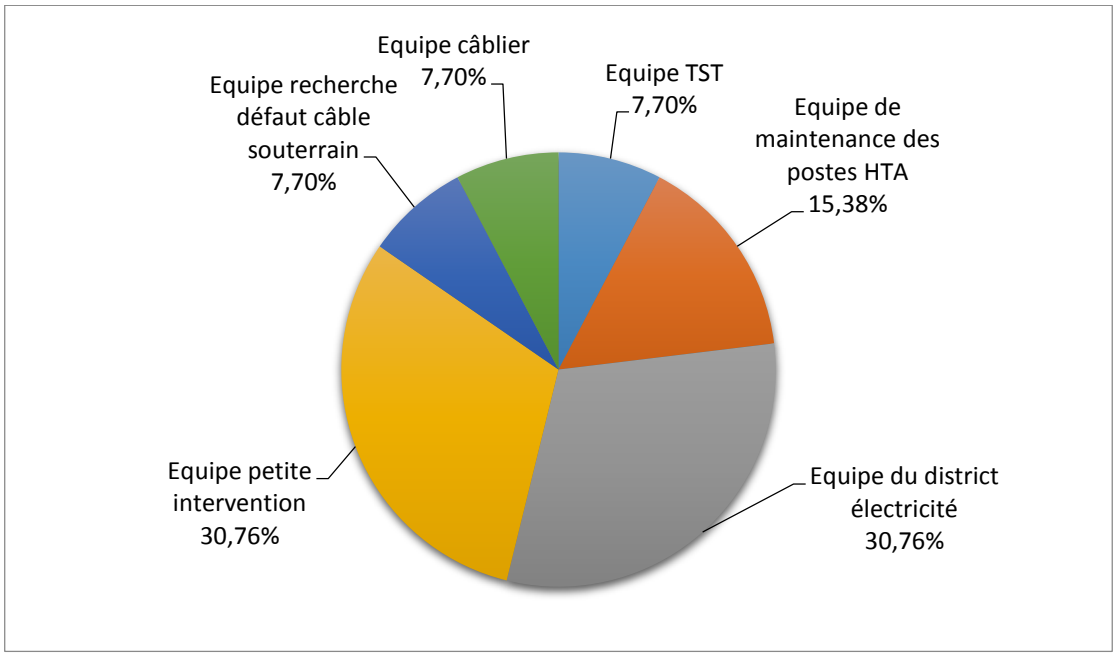


Figure IV-1 : Diagramme circulaire des accidents de travail par équipes

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : l'équipe de travaux sous-tension

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prévention**	**Gravité/ Fréquence**
-Entretien de l'appareillage sous tension -Modification d'installations existantes -Réparation d'un appareillage sous tension	-Contact direct -Arc électrique -Chute de hauteur -Chute plein pied -Manutention manuelle -Agression par chien -Agression par une tierce personne -Accident routier	-Electrocution -Electrisation -Arrêt cardiaque -Brûlure -Traumatisme -TSLO -Blessure	-Les EPI -Le régime spécial d'exploitation -Organisation des travaux -Panneaux d'avertissement -Balisage -Formation et l'information	G2/F2

Tableau IV-7:Equipe travail sous tension

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : Equipe de maintenance des postes HTA.

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prévention**	**Gravité/ Fréquence**
-Entretien des postes de transformation. -Réparation et modification selon demande. -Contrôle et remise en état. -Diagnostic des installations.	-Contact direct -Contact indirect -Chute de hauteur -Accident routier -Manutention manuelle -Agression par chien -Agression par une tierce personne -Choc contre objet	-Electrisation -Electrocution -Brûlure -Traumatisme -TSLO -Blessure	-Les EPI -Formation et l'information -Panneau d'avertissement -Balisage -VAT	G2/F3

Tableau IV-8: Equipe de maintenance des postes HTA

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : Equipe du district électricité

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prévention**	**Gravité/ Fréquence**
-Entretien des postes transformateurs -Entretien des lignes BT -Entretien des appareils de coupure. -Entretien des lignes HT hors tension	-Contact direct -Contact indirect -Court-circuit -Chute de hauteur -Manutention manuelle -Accident routier -Agression par chiens -Agression par une tierce personne	-Electrisation -Electrocution -Brûlure -Traumatisme -TSLO -Blessure	-Les EPI -La formation et l'information -Organisation des travaux -Balisage -Panneau d'avertissement	G2/F4

Tableau IV-9: Equipe du district électricité

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : Equipe de petite intervention sur le réseau BTA.

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prévention**	**Gravité/ Fréquence**
-Réalisation d'un nouveau branchement -Intervenir d'un branchement existant -Rétablir le courant électrique basse tension -Changer ou maintenir le connecteur	-Contact direct -Contact indirect -Court circuit -Arc électrique -Chute de hauteur -Chute de plein pied -Manutention manuelle -Agression par chien -Agression par des personnes -Accident routier	-Electrisation -Electrocution -Arrêt cardiaque -Traumatisme -TSLO -Brûlure -Blessures	-Les EPI -Organisation des travaux -La formation et l'information -Balisages -Panneau d'avertissement	G1/F4

Tableau IV-10 : Equipe petite intervention sur le réseau BTA

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : Equipe recherche défaut câble souterrain

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prévention**	**Gravité/ Fréquence**
-Détecter et lancer l'emplacement de défaut	-Contact direct -Contact indirect -Accident routier -Agression par chiens -Agression par une tierce personne -Manutention manuelle	-Electrisation -Electrocution -Brûlure -Blessure -TSLO	-Les EPI -La formation et l'information -Organisation des travaux -Balisage -Panneau d'avertissement	G1/F3

Tableau IV-11: Equipe recherche défaut câble souterrains

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : Equipe câblier

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prévention**	**Mesures de prévention**
-Réparation d'un câble sous terrain -Faire des boites de jonction	-Contact direct -Contact indirect -Chute de hauteur -Chute de plein pied -Manutention manuelle -Accident routier -Agression par chiens	-Electrisation -Electrocution -Arrêt cardiaque -Traumatisme -TSLO -Blessure	-Les EPI -Organisation des travaux -Balisage -Panneau d'avertissement -La formation et l'information	G2/F3

Tableau IV-12 : Equipe câblier

Grille Des risques professionnels

Direction : la direction de distribution
Service : Equipe recherche des défaut par thermo vision

Activité	**Situation dangereuse**	**Conséquence**	**Mesures de prevention**	**Gravité/ Fréquence**
-vérification de liaison au niveau du poste HTA/BTA -vérification des points chauds ou niveau -coffreT -tableau GARDY -vérification oux niveau des lignes HTA et BTA	-Contact direct -Contact indirect -Chute de hauteur -Chute de plein pied -Manutention manuelle -Accident routier -Agression par chiens	-Electrisation -Electrocution -Arrêt cardiaque -Traumatisme -TSLO -Blessure	-Les EPI -Organisation des travaux -Balisage -Panneau d'avertissement -La formation et l'information	G2/F3

Tableau IV-13 : Equipe recherche des défaut par thermo vision

Le plan d'action HSE pour L'exercice 2018 :

Cause d'accident	Action à engager	Population visée		Objectif à atteindre	Délai de réalisation	Structure responsable de la réalisation de l'action
		Catégorie	Nombre			
1-électrisation Ou électrocution	Animation des séances d'information des agents sur : • CDP électricité. • Equipement de protection individuel et collectif. • Sensibilisation des agents.	-district électricité -agence commerciale	01 Séance/service	12	Chaque trimestre	-Ingénieur de sécurité -Chefs d'équipe PI
	• Visites de sécurité aux chantiers d'exploitation et d'intervention électricité.	-district électricité -agence commerciale	Visite /service	25	Exercice 2018	-Ingénieur de sécurité
2-Chute de hauteur	• Sensibilisation des exploitantes sur les risques de travaux en hauteur. • Equipement de protection individuel et collectif	Tous les services techniques	Séance/service	5	1er trimestre	-Ingénieur de sécurité
3-Chute de plain pied	• Sensibilisation des exploitantes sur les risques de chute de plein pied. • L'hygiène des locaux. • L'organisation des travaux. • Panneaux de signalisation.	Tous les services techniques	Séance/service	20	1er trimestre	-Ingénieur de sécurité
4-accident routier	• Sensibilisation des agents sur les risques des accidents routiers. • L'entretien des véhicules du service.	Tous les agents ayant un permis de conduire	Séance/site	9	3éme trimestre	-Ingénieur de sécurité
5-Agression par chien Ou par une tierce personne.	• Sensibilisation des agents sur les risques des agressions.	Tous les services techniques Et agent commerciale	Séance/service	5	1er trimestre	-Ingénieur de sécurité

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

La sécurité au travail constitue un des principaux leviers de progression dans le cadre de la prévention des risques professionnels et un moyen essentiel de préserver la santé et la sécurité des travailleurs.

Actuellement, les risques professionnels ne cessent de se multiplier et de se diversifier ; leurs effets pèsent lourdement sur la société ce qui rend leur prévention indispensable.

Les risques électriques liés au non-respect des règles de sécurité des installations électriques, peuvent présenter de réels dangers pour la vie des personnes et des biens matériels, car une personne soumise à une tension électrique subit, selon l'importance de celle-ci, des effets plus ou moins graves pouvant aller jusqu'à la mort.

L'homme tente toujours d'opposer un moyen de protection et de détection d'une anomalie qui peut intervenir dans une installation, ou d'un procédé de fabrication, Notre mémoire consiste à étudier une nouvelle méthode de détection des anomalies dite la thermographie infrarouge**,** ce dernier est exposé aux risques des défauts qui peuvent causer des dangers
.
La prévention des risques électriques joue un rôle très important pour sauvegarder et garantir la sécurité des personnes, et minimiser l'influence des risques.

L'analyse préliminaire des risques contribue à l'amélioration de l'hygiène et la réduction des risques, d'accidents en basant sur l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet.

Références bibliographiques

1. la thèse de l'ingénieur KHELIL CHERFI Hacene. Les risques professionnels lies à l'activité électrique ou niveau de la direction de distribution d'électricité et gaz Médéa. Année: 2015-2016
2. www.occitaniepyrenees.inserm.fr/var/.../8aaf9268dfe5e1f0e94b47c19801187d.pdf 23/06/2019 09 :08
3. https://ssti33.org/pdf/LES%209%20PRINCIPES%20DE%20PREVENTION.pdf 23/06/2019 09 :11
4. meidoyen.openelement.fr/Files/Other/etapes%20consignation.pdf 23/06/2019 09 :21
5. https://www.atousante.com/accidents-travail/definition-accident-travail-trajet/ 23/06/2019 08:56
6. BOUZERIA Nawel. Identification et évaluation des risques de l'activité de la manutention au sein de l'entreprise portuaire de Bejaïa (EPB) Année2012-2013
7. SAHKI MED RAOUF. Amélioration de la prévention contre les risques électriques et choix des appareils de protection. université Badji Mokhtar Annaba, Année: 2017
8. IDIR Hakima, MESSALI Salma. Les risques professionnels et la sécurité au travail
9. M.KHELIL CHERFI HACENE. Document de la direction de distribution (E /G) Médéa. Ingénieure de sécurité
10. https://www.centrepresseaveyron.fr/2015/07/14/un-incendie-sur-un-site-petrochimique-dans-les-bouches-du-rhone-pas-de-blesse,3953662.php 23/06/2019 09 :34
11. http://lyc89-vauban.ac-dijon.fr/securite/triangle.html 23/06/2019 09:36
12. https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/la-roche-sur-yon-85000/la-roche-sur-yon-camion-brule-un-vrai-risque-d-explosion-6116197 23/06/2019 09 :40
13. http://www.inrs.fr/risques/mecaniques/exposition-au-risque.html 23/06/2019 09:46
14. dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/3859/1/msgm7.pdf 22/06/2019 21.05
15. www.batitherm.ch/thermographie-histoire.html 22/06/2019 21.06
16. www-iut.univlille1.fr/LP_VI/projets/rapport_thermo_2010.pdf 22/06/2019 21.09
17. https://www.ocb.be/thermographie.html 22/06/2019 21.11
18. http://fit-solutions.fr/diagnostic-thermographie-infrarouge/ 22/06/2019 21.25
19. https://docplayer.fr/18384301-Lp-gpvi-la-thermographie.html 22/06/2019 21:31
20. https://www.pourlascience.fr/sd/physique/herschel-et-lenigme-de-linfrarouge-7111.php 22/06/2019 21:45

21. http://iso-thermik.com/portfolio-item/thermographie-infrarouge 22/06/2019 22.12
22. www.bv.transports.gouv.qc.ca/.../17_Aptitude_radar_thermographie_infrarouge_dete... 22/06/2019 22 :13
23. https://www.chauvin-arnoux.com/fr/prestations-inspections/controle-electrique-thermographie-infrarouge 22/06/2019 22.20
24. http://wenertech.com/thermographie/ 22/06/2019 22.25
25. https://moodle.utc.fr/pluginfile.php/17132/mod_folder/content/0/6-APR.ppt?...1 23/06/2019 09 :01