

II.1. Introduction

Pour les accidents d'origine électrique, il faut distinguer :

- L'électrisation : mise sous tension d'une partie du corps ou de son ensemble
- L'électrocution : une électrisation dont l'issue est fatale

Les risques de contacts électriques sont de deux ordres. D'une part il y a les contacts directs où l'opérateur touche une partie sous tension avec son corps. Deux cas de figure se présentent alors : soit le courant électrique traverse le corps pour rejoindre la terre (entre une phase et la terre), soit le courant électrique traverse le corps pour faire un court-circuit (entre deux phases).

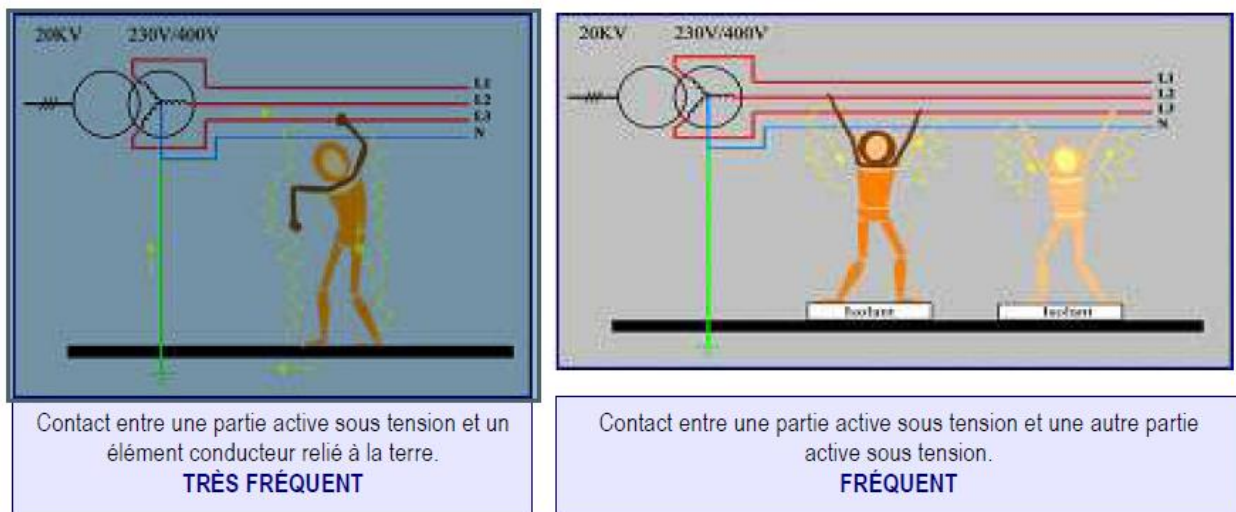


Fig. II.1 : Contact direct

D'autre part, il y a les contacts indirects, plus pernicioeux, où l'opérateur touche une masse conductrice (métallique ou autre) non reliée à la terre qui est accidentellement mise sous tension. Le courant traverse alors le corps pour rejoindre la terre.

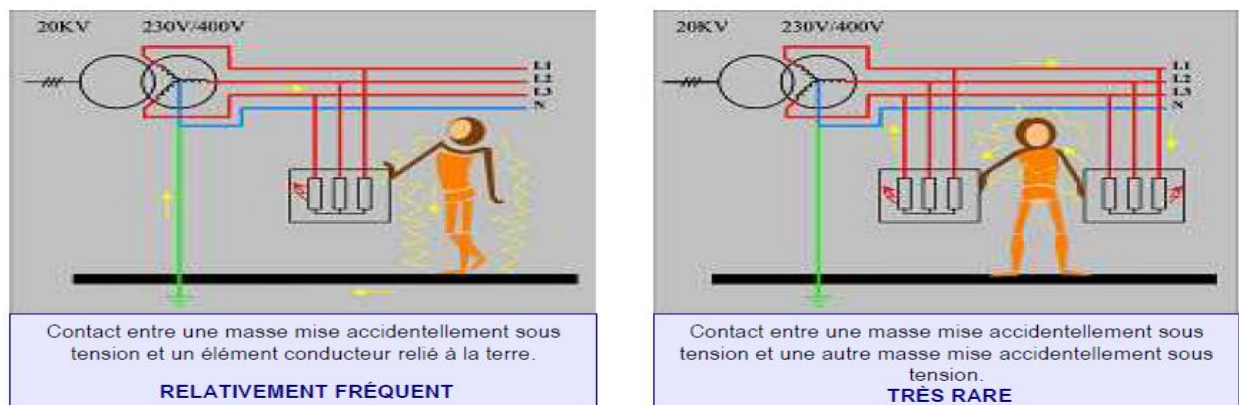


Fig. II.2 : Contact indirect

Dans les deux cas, il existe un risque d'électrisation voire d'électrocution. Les conséquences sont variables en fonction d'un certain nombre de paramètres liés, par exemple, à la présence d'humidité qui favorise le passage du courant, la nature des contacts, l'état de santé de l'opérateur et de l'intensité du courant (A : en ampères) qui traverse l'organisme ainsi que la différence de potentiel (la tension V : en volts).

Suivant les individus, les seuils de danger varient, mais on peut estimer qu'à partir de 5 mA, il peut y avoir des répercussions sur l'homme. Il s'agit le plus souvent de lésions qui touchent principalement la main, les membres supérieurs et les yeux (brûlures, contusions, commotions, plaies).

À partir de 30 mA (seuil de déclenchement des dispositifs différentiels à haute sensibilité), on assiste à une tétanisation des muscles respiratoires qui peut aboutir au bout de quelques minutes à une asphyxie.

Au delà de 30 mA, on parle de "fibrillation ventriculaire" affectant les organes vitaux, à commencer par le cœur. Le seuil de tension dangereuse s'établit, quant à lui, à 50 V (12 V en environnement humide).

➤ Les phénomènes d'amorçage

Sur des tensions élevées (haute tension), il n'y a pas besoin d'entrer en contact avec la pièce nue : dès l'approche, un amorçage peut avoir lieu ; cet amorçage permet le passage du courant. Plus la tension est élevée, plus ce phénomène est amplifié.

➤ Les chocs électriques

Les chocs électriques (le courant traverse le corps) peuvent avoir différents effets sur l'homme : électrisation, électrocution et brûlures internes et superficielles. Les brûlures internes sont le plus souvent invisibles, seules apparaissent des marques aux points de contact. Elles peuvent donc être plus graves que ce que laissent supposer les blessures extérieures. À noter : plus le courant est élevé et plus le risque de mort subite est grand. De même, plus la tension et la durée du contact sont importantes et plus les dommages ne sont graves.

➤ Les brûlures

Il existe deux types de brûlures causées par l'électricité.

Les brûlures électrothermiques sont provoquées par l'énergie dissipée par l'effet Joule tout le long du trajet du courant dans le corps. Ces brûlures aboutissent à des nécroses internes situées plus particulièrement au niveau des muscles.

Les brûlures par arc et rayonnement lumineux sont des brûlures provoquées par la projection de particules métalliques en fusion au cours de la production de l'arc électrique ou provoquées par la proximité du corps avec l'arc. La force de la lumière émise brûle les cellules oculaires.

➤ Les courts-circuits

Principaux effets :

- brûlures par projection de matière en fusion ;
- rayonnement ultraviolet intense ;
- dégagement de gaz toxiques.

➤ Les incendies d'ordre électrique

Si un incendie d'ordre électrique se déclare, celui-ci crée un risque d'électrisation pour les personnes qui viennent le combattre. C'est pourquoi, on ne peut combattre le feu que si l'on a reçu une formation adaptée et que si l'on a été désigné par son employeur afin d'éviter, par exemple, l'utilisation d'un agent d'extinction inadapté.

La personne qui constate l'incendie et qui donne l'alarme doit préciser le lieu de l'incendie et, si possible, la nature du risque électrique. De manière générale, il faut mettre hors tension, chaque fois que possible, le matériel en feu et, éventuellement, les ouvrages ou les installations voisins.

Ces opérations ne peuvent être réalisées que par une personne qualifiée et désignée par son employeur.

L'intensité représente le débit de courant dans un conducteur, exprimé en ampère (A). La tension représente la différence de potentiel entre deux pôles soit phases (cas du triphasé) ou entre phase et neutre ou phase et terre, exprimée en volt (V). Ces deux grandeurs sont liées par la loi d'Ohm $U = RI$, R étant la résistance du circuit exprimée en Ohms (Ω).

II.2. Origine des risques électriques

Les risques sont différents suivant :

- ✓ Les caractéristiques du courant,
- ✓ Les conditions d'humidité,
- ✓ Le temps de passage,
- ✓ Le trajet du courant dans le corps,
- ✓ L'état physiologique de la personne.
- ✓ paramètres électriques.

Il est clair que l'intensité du courant est la cause essentielle du danger :

La résistance du corps humain est définie suivant des valeurs conventionnelles :

- Local ou emplacement non mouillé : 5000 ohms
- Local ou emplacement mouillé : 2500 ohms
- Local ou emplacement immergé : 1200 ohms

Cette résistance peut être augmentée par le port de vêtements, de gants et de chaussures.

Le courant est dangereux à partir de : 10 mA en courant alternatif 40 mA en courant continu.

- En milieu sec, en courant alternatif, la tension de contact dangereuse est de :
 $U = R \times I = 5000 \times 0.01$ donc $U = 50$ Volts.
- En milieu mouillé, en courant alternatif, la tension de contact dangereuse est de :
 $U = R \times I = 2500 \times 0.01$ donc $U = 25$ Volts.
- En milieu immergé, en courant alternatif, la tension de contact dangereuse est de :
 $U = R \times I = 1200 \times 0.01$ donc $U = 12$ Volts.

La résistance varie selon plusieurs paramètres :

La peau qui est le principal obstacle au déplacement des électrons dans le corps a une résistance évaluée entre 600 et 6000 Ω . (selon les études internationales).

La résistance de la peau varie en fonction :

- De la surface de contact : plus la surface augmente, plus la résistance diminue,
- De la pression : plus la pression augmente, plus la résistance diminue,
- De l'épaisseur : peau épaisse des talons, surface calleuse, peau mince du nourrisson...
- De la sudation : chaleur, absorption d'alcool, boissons chaudes, médicaments,...
- De la présence d'humidité : la résistance d'une peau sèche est nettement plus importante que celle d'une peau humide,
- De la durée de contact : lorsque le temps de contact augmente, la résistance diminue,
- De la tension de contact : plus cette tension est élevée, plus la résistance diminue.

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

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

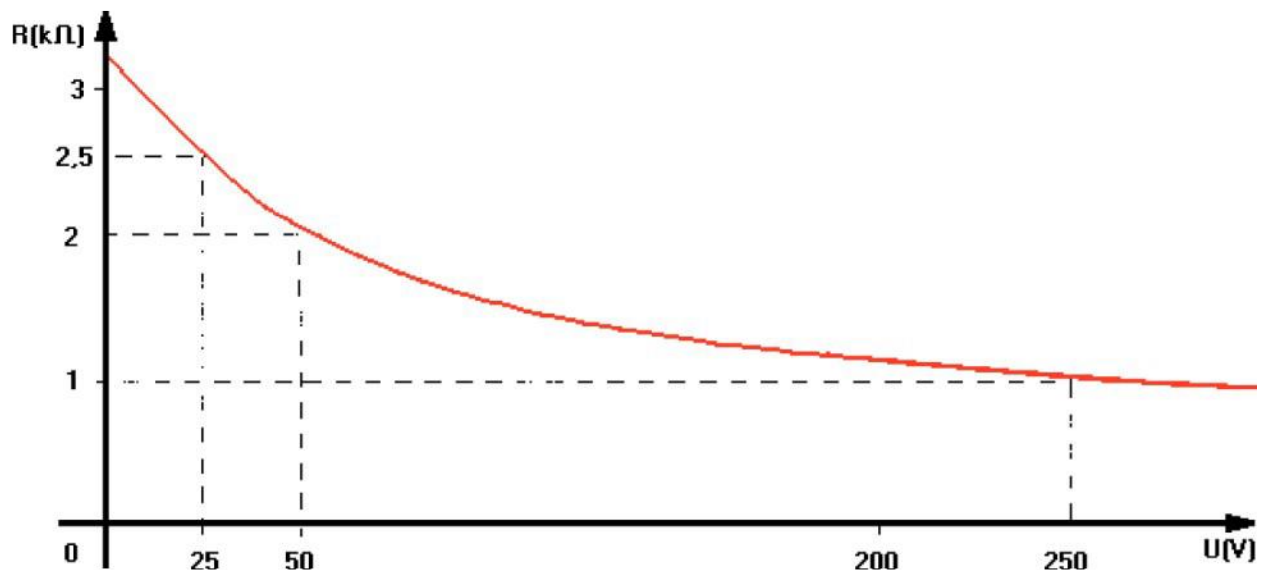


Fig. II.3 : Evolution de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact.

II.3. Nature des risques électriques





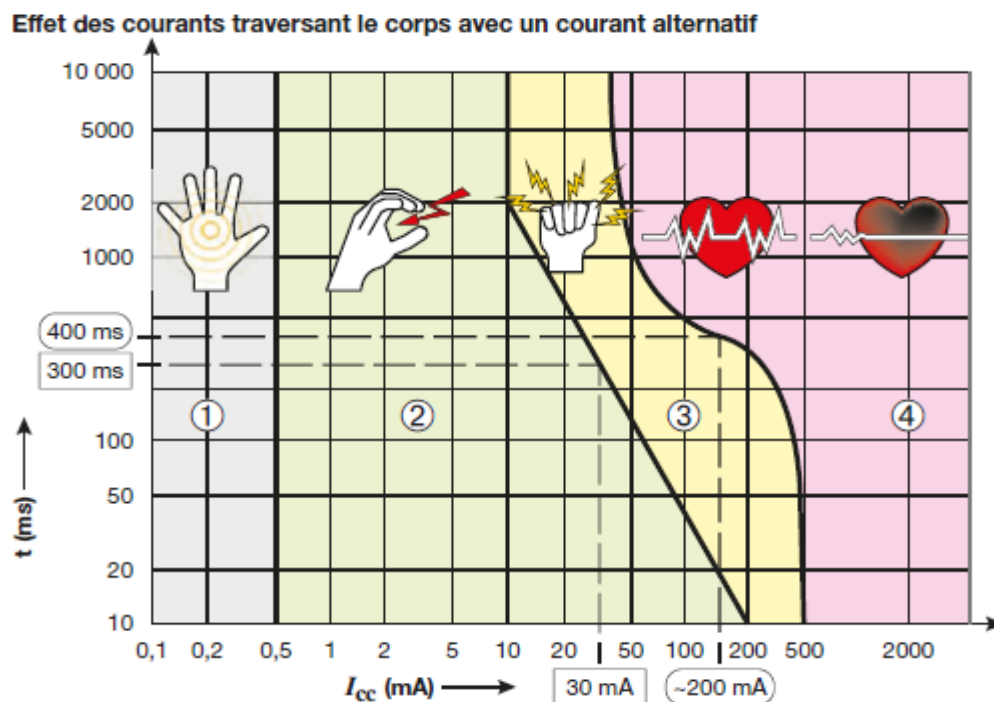
Depuis quelques années, le nombre d'accidents du travail, ainsi que les accidents graves dus à l'électricité diminuent régulièrement. Toutefois, ces derniers restent particulièrement graves. Chaque année, une dizaine de travailleurs meurent électrocutés. Les premières minutes qui suivent un accident sont très importantes pour les chances de survie : il faut agir très vite, d'une part en coupant le courant sans toucher au corps de la victime, d'autre part en prévenant immédiatement les secours. De plus, les accidents liés à l'électricité peuvent être à l'origine d'incendies ou d'explosions.

Les accidents d'origine électrique se produisent surtout lors d'opérations sur des installations fixes basse tension (armoires, coffrets, prises de courant...) au cours de l'utilisation de machines-outils portatives, ou lors d'interventions sur ou au voisinage de lignes aériennes, de postes de transformation et de canalisations enterrées.

Les paramètres qu'il faut tenir compte dans l'évolution des risques d'ordre électriques sont :

- Courant qui circule dans le corps humain
- Tension appliquée au corps humain
- Résistance du corps humain
- Temps de passage du courant dans le corps humain

L'effet physiologique d'un courant traversant notre corps dépend de l'intensité et de la durée. Dès l'apparition de contractions musculaires, on doit pouvoir compter sur la coupure de l'appareillage de protection sélectif avant que ne se présente une fibrillation ventriculaire.



Légende

- ① En général pas d'effet.
- ② En général pas d'effets physiologiques nuisibles.
- ③ Effets physiologiques. En général augmentation de la pression artérielle, contraction musculaire et dyspnée. Danger minime de fibrillation ventriculaire.
- ④ Effets physiologiques renforcés avec risque élevé de fibrillation ventriculaire à partir d'env. 200 mA et une durée d'application de 400 ms.

Val. indicatives

- jusqu'à 1 mA
- 5 mA
- 15 mA
- 50 mA
- à partir de 80 mA

Effet

- Seuil de perception. Le courant n'est pratiquement pas perceptible.
- Fourmillement, picotement. Il est encore possible de relâcher la pièce sous tension par ses propres moyens.
- Seuil de contraction. Contractions musculaires et téτανisation des muscles respiratoires sont possibles. Le seuil de relâchement est éventuellement déjà dépassé. La téτανisation des muscles respiratoires peut, dans certains cas très rares, entraîner la mort par asphyxie.
- Seuil d'alarme. Difficultés respiratoires, évtl. arrêt cardiaque ou fibrillation ventriculaire après une courte durée. Sans aide immédiate, la mort s'ensuit après quelques minutes.
- Seuil mortel. Effet mortel (fibrillation ventriculaire) probable après 0,3 à 1 s.

II.4. Les différents types de défaut

Une augmentation ou une diminution anormale des grandeurs nominales dans un circuit électrique constitue un défaut ou une perturbation. Ce sont le plus souvent les variations anormales de la tension, de l'intensité et de la fréquence qui sont à l'origine de ces perturbations.

Les défauts les plus courants sont :

- Surintensité par surcharge.
- Surintensité par court-circuit.
- Surtension.
- Baisse ou manque de tension.

II.4. 1. La surcharge

C'est une surintensité circulant en l'absence de défaut électrique dans un circuit. Elle est due à un

sous-dimensionnement de la canalisation pour la charge alimentée (ou réciproquement à une charge trop importante pour la canalisation).

Des dispositifs de protection doivent être prévus pour interrompre tout courant de surcharge avant que l'échauffement du conducteur ne nuise à son isolation, à ses connexions et aux matériaux environnants. L'intensité de surcharge est de l'ordre de 1 à 3 I_n elle est jamais dépassée 10 I_n d'un circuit due par exemple à une surabondance momentanée des récepteurs en service.

Moyens de protection

La protection contre les surcharges peut être assurée par des fusibles (type gG), des disjoncteurs avec relais thermique, des disjoncteurs avec relais électronique, des contacteurs avec relais de mesure.

Les fusibles aM ne protègent pas contre les surcharges.

Les dispositifs de protection des circuits de l'installation ne sont pas prévus pour assurer la protection des circuits internes des appareils ni celle des conducteurs souples (câbles d'alimentation d'appareils mobiles) connectés sur des prises de courant. L'étude de protections indépendantes et adaptées peut être nécessaire si le risque de surintensités le nécessite (surcharge sur moteurs par exemple).

II.4. 2. Le court-circuit

C'est une surintensité produite par un défaut d'impédance négligeable entre conducteurs de potentiel différent. Il est d'origine accidentelle et peut être dû à une maladresse (chute d'outil, coupure d'un câble) ou à une défaillance du matériel.

Des dispositifs de protection doivent être prévus pour limiter et couper les courants de courts-circuits avant que leurs effets thermiques (échauffement des conducteurs, arc électrique) et mécaniques (efforts électrodynamiques) ne soient nuisibles et dangereux.

L'élévation brutale de l'intensité est de 10 à 1000 I_n dans un circuit due à une liaison accidentelle de deux points de potentiel différents (PH et N).

L'arc électrique et ses conséquences est susceptible d'apparaître lorsque il y a un court-circuit. En effet, sous l'influence de la tension électrique créée entre les extrémités des conducteurs que l'on sépare ou que l'on approche, les électrons libres sortent du métal et heurtent violemment les molécules d'air de l'espace interstitiel. Cela a pour conséquence d'arracher des électrons aux atomes de l'air et de le rendre subitement conducteur. Ce phénomène s'accompagne d'une projection de particules métalliques en fusion (plus de 3 000°C). C'est l'arc électrique.

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

Dans les installations électriques, un court-circuit provoque un arc pouvant avoir des conséquences importantes.

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

Moyens de protection

La protection contre les courts-circuits peut être assurée par des fusibles (type gG ou aM), par des disjoncteurs avec relais magnétique, par des disjoncteurs avec relais électronique (maximum de courant).

Leur pouvoir de coupure et leur temps d'ouverture du circuit doivent être adaptés au circuit protégé.

Par principe, toutes les lignes doivent être protégées contre les courts-circuits.

Des associations d'appareils sont autorisées pour augmenter le pouvoir de coupure. Des dispenses de protection sont également possibles dans certains cas. La protection de conducteurs en parallèle pour un même circuit, doit faire l'objet de précautions de câblage particulières.

II.4. 3. La surtension

On distingue :

II.4. 3.1. Surtension par défaut d'isolement avec des installations à tension plus élevée

En règle générale, les surtensions de ce type ne sont considérées que pour des défauts entre la haute tension et les masses du poste HT/BT. La nature de la liaison entre ces dernières et la haute tension est déterminée par un schéma particulier.

Comme conséquences on peut citer : Claquage des isolants avec pour conséquence des courts-circuits éventuels.

II.4. 3.2. Surtension de manœuvre

Pratiquement toutes les commutations sur les réseaux industriels, et particulièrement celles de forte puissance, produisent des surtensions.

Elles sont provoquées par la rupture brusque du courant. Les lignes et les transformateurs se comportent alors comme des self-inductions. L'énergie mise en œuvre sous forme de transitoires dépend des caractéristiques du circuit commuté. Le temps de montée est de l'ordre de quelques dizaines de microsecondes et la valeur de quelques kV.

II.4. 3.3. Surtension d'origine atmosphérique

Elles prennent trois formes :

- les surtensions propagées sur les lignes d'alimentation
- les surtensions par élévation du potentiel de référence (remontées de terre)
- les surtensions induites dans l'installation par le champ magnétique de la décharge de foudre (éclair ou descente de paratonnerre).

Moyens de protection

La protection contre la surtension peut être assurée par : limiteur de surtension, relais de surtension, parafoudre.

L'installation de parafoudres destinés à protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique (foudre) permet en général de se prémunir contre les surtensions de manœuvre.

II.4. 4. La baisse ou le manque de tension

C'est une chute de tension, trop importante dans un réseau, déséquilibre d'un réseau triphasé de distribution.

Comme conséquences on peut citer : Mauvais fonctionnement des récepteurs.

Moyens de protection

La protection contre la baisse ou le manque de tension peut être assurée par : Relais à minimum de tension, alimentation autonome.

II.5. Conclusion

Le courant électrique reste dangereux par son caractère invisible. Les effets sur l'homme en sont aujourd'hui suffisamment bien connus pour s'en protéger efficacement.

Les risques pouvant affectés l'installation elle-même et les biens qui l'entourent doivent faire l'objet d'une analyse conduisant à l'adoption des solutions de protections les mieux adaptées.

Les accidents électriques provoquent une centaine de victimes par an, professionnelles et non professionnelles. Environ la moitié de ces accidents est liée aux installations basse tension intérieures. L'autre moitié a des causes diverses dont le contact avec des lignes aériennes ou la foudre. Le passage du courant électrique dans le corps a pour effet de "coller" la victime (tétanisation des mains sur la zone de contact) ou au contraire de créer une détente des muscles qui va la rejeter avec le risque de traumatisme associé (chute d'échelle...). Des accidents sont liés à l'imprudence mais le plus souvent c'est le mauvais état d'installations ou d'appareils qui provoque un choc électrique inattendu. Le respect des obligations légales de protection (norme, matériel agréé) est un gage de sécurité sous réserve que la maintenance et la mise à niveau soit parfaitement assurées; ce que ne garantit aucune obligation légale à ce jour.

D'où l'importance de la sensibilisation des utilisateurs que nous sommes tous.