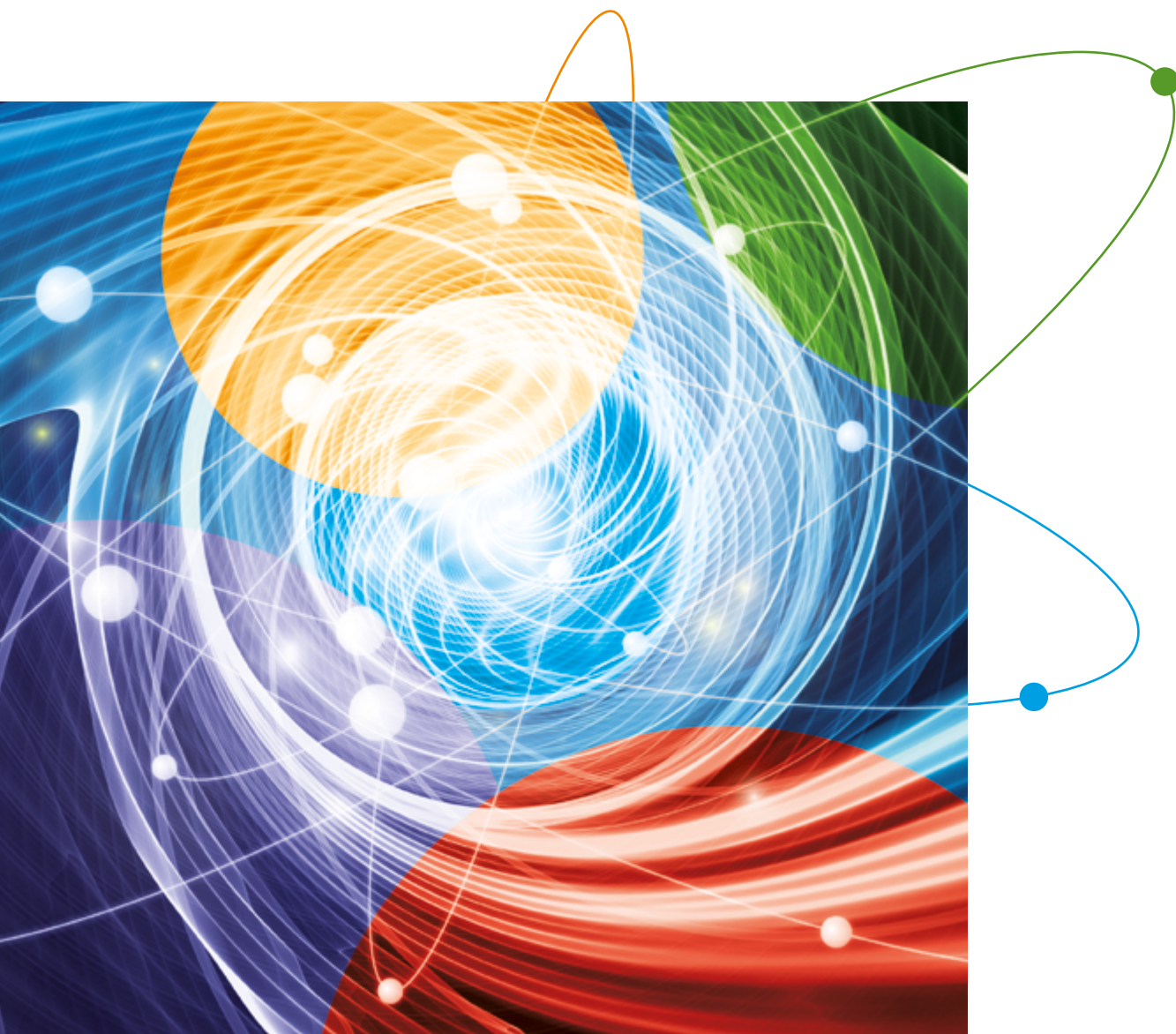




L'électricité

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la Cnam, les Carsat, Cramif, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, instances représentatives du personnel, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, sites Internet... Les publications de l'INRS sont diffusées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la Cnam et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par la Cnam sur le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2019.
Conception graphique et mise en pages : Michel Maître
Illustrations intérieures : Jean-André Deledda

L'électricité

Sandrine Hardy,
Jean-Louis Poyard, INRS

Les auteurs remercient pour leurs remarques et expertise :

- Brigitte Andéol-Aussage, David Brasselet, Jacques Gozzo, Philippe Hache, Henri Lupin, Annabel Maison, Aline Ménard, Mimoun Mjallad, Benoît Sallé (INRS) ;
- Guillaume Défossez, Franck Lombard, Pascal Thomas (Carsat) ;
- Patrick Bukisow (Consuel).

↳ Introduction.	5
-------------------------	---

1 QU'EST-CE QUE L'ÉLECTRICITÉ 7

1.1. Origine de l'électricité	7
1.2. Électricité statique et électricité dynamique	7
1.2.1. L'électricité statique	7
1.2.2. L'électricité dynamique	8
1.3. Conducteurs et isolants	8
1.3.1. Qu'est-ce qu'un matériau conducteur ?	8
1.3.2. Qu'est-ce qu'un matériau isolant ?	9
1.3.3. Câble électrique	9
1.4. Les générateurs électriques	9
1.4.1. Générateurs électrochimiques	9
1.4.2. Générateurs électromagnétiques	10
1.4.3. Générateurs photovoltaïques	10
1.5. Le circuit électrique	10
1.5.1. La tension électrique	11
1.5.2. La résistance électrique	11
1.5.3. L'intensité du courant électrique	12
1.5.4. Le lien entre tension, résistance et intensité	12
1.5.5. La puissance électrique	12

2 ÉLECTRICITÉ : LES EFFETS SUR L'ORGANISME. 13

2.1. Trajet du courant électrique dans l'organisme	13
2.2. Effets du courant électrique sur les muscles	14
2.2.1. Muscles moteurs.	14
2.2.2. Muscles de la cage thoracique	14
2.2.3. Muscle cardiaque	14
2.3. Les seuils	14
2.3.1. Le seuil de perception	14
2.3.2. Le seuil de tétanisation	15
2.3.3. Le seuil de fibrillation ventriculaire	15
2.3.4. Valeur des seuils	15
2.4. Effets thermiques.	16
2.4.1. Brûlures électrothermiques	16
2.4.2. Brûlures dues aux arcs	16

3 LES CAUSES DU RISQUE ÉLECTRIQUE 17

3.1. Contact direct avec une pièce nue sous tension	17
3.2. Contact indirect avec une pièce mise accidentellement sous tension	18
3.3. Arc électrique	18
3.4. Étincelle ou surchauffe d'origine électrique	19
3.5. Surtension	19
3.6. Risques spécifiques aux outils électroportatifs	19
3.7. Risques spécifiques à certains locaux ou emplacements	20
3.8. Perception du risque	20

4 PRÉVENTION DU RISQUE ÉLECTRIQUE 21

4.1. Les textes visant la prévention du risque électrique	21
4.1.1. La réglementation	21
4.1.2. Les normes	22
4.2. Conception et utilisation des installations	22
4.2.1. Conception des installations	22
4.2.2. Utilisation des installations	23
4.3. Protection des personnes qui utilisent les installations	23
4.3.1. Protection contre les contacts directs	24
4.3.2. Protection contre les contacts indirects	26
4.3.3. Protection par utilisation de la très basse tension	28
4.3.4. Prévention des brûlures	29
4.3.5. Prévention des incendies et des explosions d'origine électrique	29
4.3.6. Protection contre les surtensions	29
4.3.7. Le matériel électrique	30
4.4. Protection des opérateurs	33
4.4.1. L'habilitation électrique	33
4.4.2. Les prescriptions de sécurité	34
4.4.3. Les équipements de protection	34
4.5. Surveillance et vérification des installations	36
4.5.1. La surveillance des installations	36
4.5.2. Vérifications des installations	37

↳ Conclusion 39

↳ Annexes	41
Annexe 1. Résistance du corps humain	41
Annexe 2. Les domaines de tension	42

↳ Bibliographie 43



Introduction

Dans notre société, l'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée.
Facile à transporter et particulièrement aisée à transformer,
elle nous sert aujourd'hui à nous chauffer, à nous éclairer, à nous déplacer,
à communiquer...

L'électricité ne se voit pas, ne se sent pas, ne s'entend pas.
Elle est devenue tellement familière que ses risques sont souvent ignorés
ou sous-estimés. Or, pour se protéger d'un risque, il est avant tout nécessaire
de bien le connaître.

Le principal objectif de cette brochure est de répondre le plus simplement
possible aux questions que toute personne sensibilisée aux problèmes
de prévention, mais non spécialisée en électricité,
est susceptible de se poser sur les risques d'origine électrique au travail.



QU'EST-CE QUE L'ÉLECTRICITÉ

1.1. Origine de l'électricité

L'électricité trouve son origine dans la structure atomique de la matière.

Les atomes d'un même élément sont rigoureusement identiques. Ils sont composés d'un noyau constitué de protons, chargés positivement, et de neutrons, électriquement neutres. Autour du noyau gravitent des électrons, chargés négativement.

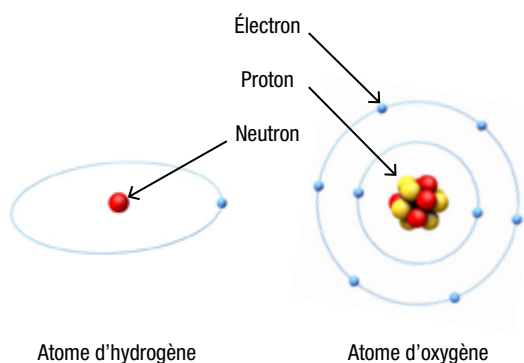


FIGURE 1. Atomes d'hydrogène et d'oxygène

Si l'atome d'hydrogène possède 1 électron et l'oxygène 8, l'atome d'aluminium en possède 13, le cuivre 29, l'or 79...

Sous l'action d'une force externe à l'atome, il est possible d'extraire un ou plusieurs électrons situés sur la couche externe de l'atome. Lorsque plusieurs atomes composant un matériau auront soit capté, soit cédé un ou plusieurs électrons, le matériau possèdera une charge électrique. Celle-ci sera proportionnelle au nombre d'électrons gagnés ou perdus.

Si le matériau a globalement perdu des électrons, on dit qu'il est chargé positivement. S'il en a gagné, il est chargé négativement.

1.2. Électricité statique et électricité dynamique

1.2.1. L'électricité statique

L'électricité statique se forme lorsqu'il y a frottement entre deux matériaux dont au moins un est isolant (voir 1.3.2). Cela peut se produire dans différentes circonstances : passage d'un liquide dans une canalisation, vidage d'un sac contenant un produit en vrac, passage d'une bande transporteuse sur une poulie de renvoi, nettoyage d'un récipient, déplacement d'une personne sur le sol... Lors de ce frottement, une partie des électrons d'un des deux matériaux quitte son atome et s'accumule à la surface de l'autre matériau. Plus un corps est isolant, plus il est propice à une accumulation locale de charges.

Ces charges, tant positives que négatives, restent immobiles à l'endroit où elles ont été formées, c'est-à-dire sur la surface des corps en présence. C'est pourquoi on les appelle charges statiques de surface. Par extension on dira que ces matériaux ont accumulé de l'électricité statique.

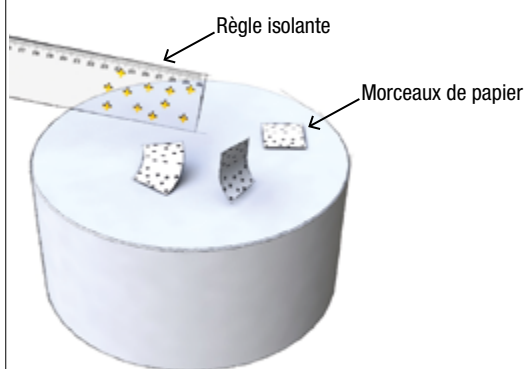
Les charges statiques demeurent sur les matériaux de quelques secondes à plusieurs mois selon les matériaux et les conditions environnementales.

EXPÉRIENCE

Il existe une expérience simple, que tout le monde peut faire, permettant de mettre en évidence la présence d'électricité statique. Pour cela :

1. disposer sur une table des petits bouts de papier ;
2. frotter une règle isolante (plastique ou verre) avec un chiffon bien sec ;
3. approcher la règle des petits bouts de papier posés sur la table.

Les papiers, qui sont électriquement neutres, se collent à la règle. Ils sont en fait attirés par les charges électriques de la règle qui a été chargée électriquement lors de l'opération 2. Cette attraction reste tant que les charges ne sont pas équilibrées entre les deux corps.



Le papier est attiré électriquement car les charges en présence sont de signes opposés.

Le papier est électriquement neutre, c'est-à-dire il possède autant de charges positives que de charges négatives.

FIGURE 2. Expérience d'électricité statique

Les quantités d'électricité statique emmagasinée par frottement sont toujours faibles. Elles ne peuvent être utilisées industriellement que pour des applications ne nécessitant que peu d'énergie, telles que peinture, flocage, dépoussiérage...

1.2.2. L'électricité dynamique

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

Ce flux est créé artificiellement par un appareil qui oriente les électrons dans une même direction

et assure leur circulation continue : le générateur (voir 1.4). Le flux d'électrons ainsi créé sera utilisé dans un dispositif, le récepteur, capable de transformer l'énergie électrique :

- en énergie lumineuse (lampe, tube) ;
- en énergie thermique (radiateur, four) ;
- en énergie mécanique (moteur)...

Les électrons se déplacent de la borne négative vers la borne positive du générateur.

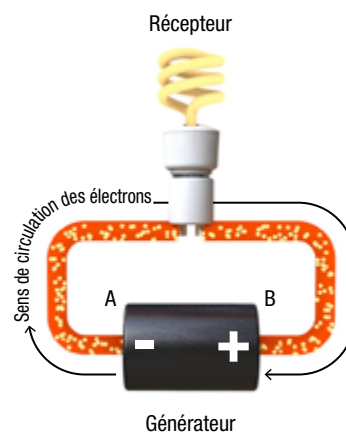


FIGURE 3. Générateur électrique relié à son récepteur

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

1.3. Conducteurs et isolants

Selon les matériaux utilisés pour relier le générateur au récepteur, il sera plus ou moins facile de faire circuler les électrons. Si le matériau rend possible la création d'un flux électrique, on dit qu'il est conducteur. À l'inverse, un matériau qui s'oppose à la circulation des électrons est dit isolant.

1.3.1. Qu'est-ce qu'un matériau conducteur ?

Un matériau conducteur de l'électricité est constitué d'atomes ayant perdu des électrons entre lesquels circulent des électrons libres.

C'est notamment le cas des métaux tels que le cuivre et l'aluminium dont sont constitués la majorité des câbles électriques. Un conducteur est caractérisé par sa nature, sa section, sa longueur et par sa résistance au passage du courant. La résistance au passage du courant est déterminée par une caractéristique intrinsèque du matériau : la résistivité (voir 1.5.2).

Le corps humain contient en solution dans le sang et dans les tissus musculaires des sels divers, par exemple les chlorures de potassium, de sodium, de magnésium, qui sont tous des conducteurs de l'électricité. Il peut être assimilé, du fait des propriétés de ses composants chimiques, à un conducteur électrique.

1.3.2. Qu'est-ce qu'un matériau isolant ?

Contrairement aux matériaux conducteurs, les atomes des isolants ne possèdent pas d'électrons libres. Il n'y a pas possibilité de transfert de charges électriques entre des atomes voisins à l'intérieur du matériau. Or ce transfert est indispensable pour donner naissance à un courant électrique. C'est la raison pour laquelle les isolants ne conduisent pas l'électricité. Parmi les isolants électriques, on peut citer : le verre, la porcelaine, le PVC (polychlorure de vinyle), le caoutchouc, le bois sec...

Un isolant est caractérisé par une résistance très élevée au passage du courant (isolation électrique), contrairement à un conducteur. Un matériau isolant peut se dégrader sous l'effet d'une tension électrique importante, de températures élevées, de l'humidité, d'effets mécaniques (torsion, cisaillement, écrasement)...

1.3.3. Câble électrique

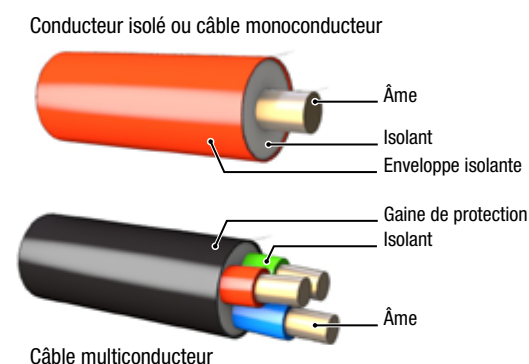


FIGURE 4. Éléments constitutifs d'un câble électrique

Un câble électrique est généralement constitué d'un matériau conducteur, appelé âme du conducteur, entouré d'un isolant. Lorsque plusieurs conducteurs isolés sont réunis dans la même gaine de protection, on parle de câble multiconducteur.

1.4. Les générateurs électriques

Un générateur électrique est un dispositif permettant de produire de l'énergie électrique à partir d'une autre forme d'énergie (chimique, mécanique, thermique, rayonnante).

Quelques exemples de générateurs :

- pile de la lampe de poche ;
- batterie de la voiture ;
- alternateur d'une centrale dont le courant, après transformations, alimente les prises électriques ;
- panneaux photovoltaïques.

1.4.1. Générateurs électrochimiques

Les plus fréquents sont la pile électrique et l'accumulateur électrique.

Pile électrique

Elle est essentiellement constituée de deux éléments conducteurs (électrodes) de nature différente qui sont plongés dans une solution chimique. Les réactions chimiques qui génèrent des charges négatives et des charges positives se produisent sans apport d'énergie extérieure et sont irréversibles. C'est pourquoi une pile n'a pas besoin d'être « chargée » préalablement et ne peut pas être rechargée.

Il existe différentes technologies de piles, par exemple alcaline, saline, lithium.

Dans les piles, les électrons circulent dans un seul sens et le courant électrique généré garde une forme constante dans le temps, on dit qu'il est continu.

Accumulateur électrique

Contrairement à la pile, l'accumulateur a besoin d'être chargé. Pendant la « charge », le courant électrique reçu amorce une réaction chimique réversible qui crée des charges positives et négatives

aux bornes de l'accumulateur. Une fois chargé, l'accumulateur se comporte comme un générateur et délivre des charges électriques jusqu'à épuisement de ses réserves d'énergie électrochimique. Ensuite il doit être rechargé.

Il existe différentes technologies et les plus utilisées sont les accumulateurs au plomb, nickel-cadmium, et lithium.

Les accumulateurs sont des générateurs de courant continu.

1.4.2. Générateurs électromagnétiques

Dans les générateurs électromagnétiques, le mouvement rapide d'aller-retour d'un conducteur électrique à proximité d'un aimant, ou inversement, provoque un déplacement des électrons libres contenus dans ce conducteur. Ceux-ci s'accumulent à l'une des extrémités du conducteur, qui devient négative alors que l'autre extrémité prend une polarité positive. Ces polarités s'inversent à la cadence du mouvement relatif entre l'aimant et le conducteur. En créant, à l'intérieur du conducteur, un déplacement d'électrons libres qui rend ses extrémités tantôt négatives, tantôt positives, on réalise un générateur à courant alternatif.

Une part importante de l'énergie électrique est produite par des générateurs électromagnétiques. Il s'agit de générateurs de courant continu (type dynamo) ou principalement des générateurs de courant alternatifs (alternateurs).

Un alternateur est une machine constituée d'une partie tournante appelée rotor (aimant) et d'une partie fixe appelée stator (bobine). De l'énergie mécanique est fournie au rotor, par exemple par une turbine hydraulique, une turbine vapeur, des pales d'éolienne, ou un moteur thermique ; elle est ensuite convertie en énergie électrique à courant alternatif recueillie aux bornes du stator.

1.4.3. Générateurs photovoltaïques

Un générateur photovoltaïque désigne un dispositif qui permet de produire de l'électricité à partir de la lumière. Il est constitué de plusieurs cellules photovoltaïques assemblées en modules ou panneaux. Chaque cellule produit un courant électrique continu lorsqu'elle est frappée par la lumière du soleil. Le courant continu produit varie en permanence en fonction de l'intensité lumineuse reçue, de la température et de la surface des cellules.

Les matériels électriques fonctionnant le plus souvent en courant alternatif, le courant continu est ensuite transformé en courant alternatif au moyen d'un dispositif appelé onduleur.

Les générateurs photovoltaïques sont souvent associés à des batteries d'accumulateurs permettant de stocker l'énergie produite lorsqu'elle n'est pas utilisée immédiatement.

1.5. Le circuit électrique

Pour réaliser un circuit électrique il faut relier un générateur à un récepteur par l'intermédiaire de conducteurs (AC et DB) comme représenté ci-après. Ce circuit électrique est caractérisé par :

- la tension du générateur (voir 1.5.1) ;
- les résistances électriques des conducteurs AC et DB, du récepteur R, du générateur G (voir 1.5.2) ;
- l'intensité du courant électrique qui parcourt l'ensemble du circuit (voir 1.5.3).

Le circuit est complété par la mise en place de dispositifs de protection, coupure, sectionnement (disjoncteur, interrupteur, sectionneur par exemple) non représentés.

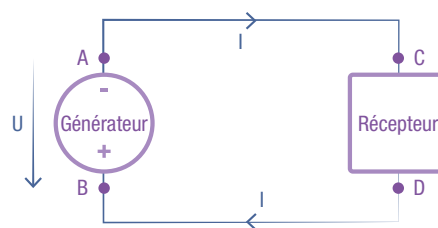


FIGURE 5. Représentation schématique d'un circuit électrique

Les récepteurs (lampe, moteur, appareil de chauffage...) sont connectés au réseau d'alimentation par des conducteurs (fils, lignes, câbles...) de façon différente suivant leur puissance ou leur tension nominale. Selon les cas, le câble d'alimentation peut comporter deux, trois ou quatre conducteurs, et en général un conducteur de protection ou de mise à la terre¹.

1. Conducteur qui relie les masses des appareils électriques soit à la terre, soit à d'autres masses.

Tous ces conducteurs n'ont pas la même fonction, ils ne sont donc pas interchangeable. Aussi, pour éviter les erreurs de connexion, ces conducteurs sont-ils repérés ou identifiés par des couleurs différentes. Une confusion ou une non-connaissance des règles de l'art en matière d'identification peut conduire à des accidents matériels ou corporels.

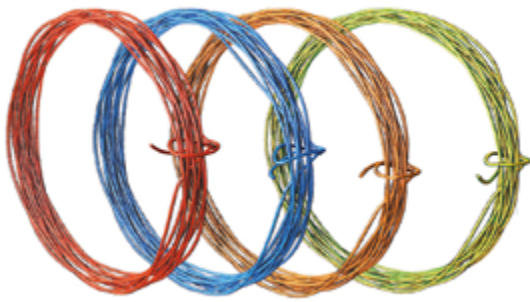


FIGURE 6. Les fils ne sont pas interchangeables

1.5.1. La tension électrique

Pour créer un courant électrique dans un circuit, on utilise un générateur. Celui-ci accumule des électrons sur sa borne négative, ce qui provoque une différence de charge entre les deux bornes. Ce déséquilibre entre les deux bornes est appelé différence de potentiel, ou tension.

La tension s'exprime en volt, symbole V. Pour les faibles valeurs de tension on utilise le millivolt, symbole mV, soit 0,001 V et pour les valeurs importantes, on utilise le kilovolt, symbole kV, soit 1000 V.

L'énergie électrique produite est proportionnelle à la tension. Cette énergie sera beaucoup plus importante si elle est issue d'un générateur dit « haute tension » que si elle est issue d'un générateur dit « basse tension » (voir annexe 2).

La majorité des installations domestiques sont alimentées sous une tension de 230 V (prise de courant, lampe, cuisinière...). Les installations industrielles sont généralement alimentées par des tensions plus importantes, par exemple 400 V pour des moteurs. Des tensions plus élevées sont également utilisées pour assurer le transport de l'énergie, par exemple jusqu'à 400 kV, ou alimenter des usines par exemple en 20 ou 63 kV. Des équipements appelés transformateurs abaissent ensuite ces tensions jusqu'à des valeurs de 230 à 400 V.

1.5.2. La résistance électrique

Tous les matériaux n'offrent pas la même opposition au déplacement des charges électriques :

- les matériaux conducteurs facilitent le déplacement des charges ;
- à l'inverse, les isolants opposent une résistance au passage des charges.

Pour caractériser ce comportement vis-à-vis du passage du courant, on utilise une grandeur appelée résistance électrique. La résistance d'un conducteur est très faible par rapport à celle d'un isolant.

L'unité utilisée pour la résistance électrique est l'ohm, symbole Ω . Pour les valeurs élevées, il est d'usage d'utiliser le k Ω (kilo-ohm soit 1000 Ω) ou le M Ω (mégohm soit 1000 000 Ω). Cette résistance varie principalement en fonction :

- de la résistivité du matériau (symbole ρ) ;
- de la longueur et de la section des conducteurs.

D'autres facteurs, qui ne sont pas développés ci-après, ont également une influence comme la température du matériau et la fréquence du courant parcourant le matériau.

La résistance d'un conducteur est donnée par la formule suivante :

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

R est la résistance, exprimée en ohms (Ω).

ρ est la résistivité, exprimée en ohms mètres ($\Omega \cdot m$).

l est la longueur, exprimée en mètres (m).

s est la section, exprimée en mètres carrés (m^2).

Exemple :

La résistance d'un conducteur en cuivre (résistivité de $17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$) de section 16 mm^2 et de longueur 50 m vaut :

$$R = 17 \cdot 10^{-9} \times \frac{50}{16 \cdot 10^{-6}} = 0,053 \Omega \text{ ou } 53 \text{ m}\Omega \text{ (milliohms)}$$

Un conducteur électrique a une valeur de résistance très faible c'est-à-dire inférieure à l'ohm, alors qu'un isolant peut avoir une résistance de plusieurs mégohms.

Remarque : En courant alternatif, la notion de résistance est remplacée par la notion d'impédance, symbole Z, dont la définition sort du cadre de ce document.

1.5.3. L'intensité du courant électrique

Le courant électrique ne peut exister que si le circuit qu'il parcourt est relié, de part et d'autre, aux bornes d'un générateur de façon à réaliser une boucle fermée. S'il y a une discontinuité dans le circuit, la boucle est ouverte et le courant électrique cesse de circuler.

L'intensité du courant électrique est le nombre de charges – ou la quantité d'électricité – débitées chaque seconde par le générateur électrique. L'unité est l'ampère, symbole A. Pour les faibles valeurs d'intensité on utilise le milliampère, symbole mA, soit 0,001 A, et pour les valeurs importantes, lors d'un court-circuit par exemple, on utilise le kiloampère, symbole kA, soit 1 000 A.

Dans un conducteur de longueur et de section donnée soumis à une tension électrique, la vitesse des électrons libres dépend de l'intensité du courant qui circule dans ce conducteur. Au-delà d'une certaine vitesse, ces électrons en mouvement perdent beaucoup d'énergie par frottements, heurts... Ceci se manifeste par une élévation de la température du conducteur. Ce phénomène est utilisé pour certaines applications, comme le radiateur électrique.

1.5.4. Le lien entre tension, résistance et intensité

La tension aux bornes d'un circuit est égale à l'intensité qui passe dans ce dernier multipliée par la résistance de l'ensemble du circuit.

Ainsi, plus la résistance est faible, plus l'intensité du courant qui peut circuler est importante.

La loi qui lie les trois grandeurs U , R et I est la loi d'Ohm.

$$U = R \times I$$

U est la tension, exprimée en volts (V).

R est la résistance, exprimée en ohms (Ω).

I est l'intensité exprimée en ampères (A).

1.5.5. La puissance électrique

La puissance électrique (**P**) d'un générateur ou d'un récepteur est la quantité d'énergie délivrée ou consommée par unité de temps. Elle est exprimée en watt, symbole W, et est égale au produit de la tension par l'intensité.

$$P = U \times I$$

P est la puissance, exprimée en watts (W).

U est la tension, exprimée en volts (V).

I est l'intensité exprimée en ampères (A).

Remarque: Cette formule s'applique en courant continu. Elle diffère en courant alternatif et selon le nombre de phases.

Pour les faibles valeurs de puissance, on utilise le milliwatt, symbole mW, soit 0,001 W, et pour les valeurs importantes, on utilise le kilowatt, symbole kW, soit 1000 W.

- Exemples :
- – Dans une lampe de 15 W sous 230 V circule un
- courant de $15/230 = 65 \text{ mA}$.
- – Dans une lampe de 100 W sous 230 V circule
- un courant de 0,4 A.
- – Dans un moteur courant continu de 5 kW sous
- 110 V circule un courant de 45,5 A.

ÉLECTRICITÉ : LES EFFETS SUR L'ORGANISME

Lorsqu'un courant électrique traverse le corps humain, les dommages provoqués sont fonction de plusieurs facteurs :

- le trajet du courant dans l'organisme (par exemple, entre deux mains ou entre une main et un pied) ;
- la valeur de l'intensité du courant électrique ;
- la durée de passage du courant électrique ;
- la nature du courant : fréquence (continu, alternatif, haute fréquence...) et forme (sinusoïdal, impulsionnel...);
- la vulnérabilité particulière de la personne vis-à-vis du courant électrique (caractéristiques physiologiques).

Un courant électrique traversant le corps humain provoque une électrisation ayant des conséquences multiples. L'électrocution est une électrisation qui conduit au décès de la victime.

L'électrisation peut provoquer :

- des effets sur les muscles :
 - effets tétanisant (contractions musculaires),
 - effets respiratoires et circulatoires (paralysie respiratoire),
 - effets cardiaques (fibrillation ventriculaire, perturbation transitoires du rythme cardiaque...);
- des effets thermiques (brûlures);
- d'autres effets : picotements, atteintes neurologiques, atteintes des vaisseaux sanguins, fractures des os...

2.1. Trajet du courant électrique dans l'organisme

Pour qu'un courant électrique circule dans le corps humain celui-ci doit être soumis à une tension entre deux parties du corps. Il peut s'agir par exemple de deux mains, d'une main et un pied...

Dans l'organisme, le courant électrique suit des trajets préférentiels qui passent par les organes offrant la moindre résistance dont le cœur et les muscles.

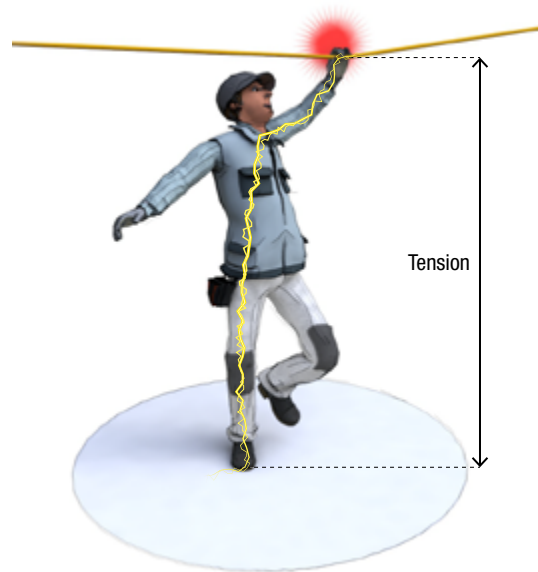


FIGURE 7. Le courant dans le corps humain

Des contacts établis entre deux doigts d'une même main n'offriront qu'un court trajet limité à la main, alors qu'une liaison établie entre chacune des deux mains intéressera la totalité du thorax, c'est-à-dire le cœur et les poumons.

Le trajet du courant électrique détermine les conséquences des accidents. Leur gravité augmente si le courant électrique affecte les organes vitaux.

2.2. Effets du courant électrique sur les muscles

Le passage du courant dans le corps humain peut stimuler les muscles ou les nerfs qui les innervent : on parle d'effets excito-moteurs.



FIGURE 8. Les muscles parcourus par le courant se contractent.

2.2.1. Muscles moteurs

Les muscles moteurs assurent les mouvements du corps. Lorsqu'un courant électrique traverse un muscle moteur, il peut provoquer de violentes contractions générant des mouvements involontaires. Cela se traduit notamment par l'impossibilité de lâcher ou par la répulsion de l'objet à l'origine du contact électrique, selon la nature du muscle sollicité (fléchisseur ou extenseur). Les muscles

fléchisseurs (qui serrent) étant plus puissants que les extenseurs, il peut se produire un serrage quand ces deux types de muscles sont parcourus simultanément par le courant.

2.2.2. Muscles de la cage thoracique

Les muscles de la cage thoracique fonctionnent automatiquement sous le contrôle du tronc cérébral et permettent les mouvements respiratoires. Le courant électrique peut ainsi provoquer une asphyxie d'origine respiratoire en agissant sur :

- les muscles thoraciques en provoquant la tétanisation de ces derniers ;
- le tronc cérébral entraînant l'arrêt des muscles respiratoires.

2.2.3. Muscle cardiaque

Le muscle cardiaque, comme les autres muscles, est excitable par un courant électrique, il possède son propre système de commande automatique. Au cours du cycle cardiaque, d'une durée de 0,75 s environ, il existe une phase critique couvrant environ 30 % du cycle. C'est durant cette phase que le cœur est le plus vulnérable. Si un courant d'origine externe traverse le cœur, il peut en résulter un fonctionnement désordonné, appelé fibrillation ventriculaire, pouvant provoquer un arrêt cardiaque.

2.3. Les seuils

Concernant la sécurité des personnes, il existe principalement trois seuils : perception, tétanisation, fibrillation ventriculaire.

La valeur de ces seuils dépend de la nature du courant (alternatif ou continu) et de la durée de passage du courant dans le corps humain.

2.3.1. Le seuil de perception

Il dépend de la surface de la partie du corps humain en contact, des conditions de contact (sécheresse, humidité, pression, température), ainsi que des caractéristiques physiologiques de l'individu. Ce seuil est également variable en fonction des différents

tissus. Il se caractérise par un léger picotement peu agréable, voire un choc léger, mais sans danger pour la personne. Ce phénomène s'arrête dès que cesse le passage du courant. Le courant continu n'est perceptible qu'à son établissement ou à son interruption.

2.3.2. Le seuil de tétanisation

Il dépend de la surface de la partie du corps humain en contact, de la forme et des dimensions des surfaces de contact ainsi que des caractéristiques physiologiques de la personne. Le seuil de tétanisation se caractérise par une contraction musculaire provoquant :

- pour les muscles respiratoires : un arrêt respiratoire pouvant aller jusqu'à l'asphyxie ;
- pour les muscles fléchisseurs : une incapacité de lâcher prise empêchant, même si la personne le désire, tout dégagement volontaire tant que le courant électrique persiste.

De plus, cette tétanisation musculaire entraîne une sidération totale de l'accidenté qui se trouve dans l'impossibilité d'appeler à l'aide. Comme pour le seuil de perception, ce phénomène s'arrête dès que cesse le passage du courant.

En courant continu, à la différence du courant alternatif, il n'est pas possible de définir un seuil de non-lâcher. Seuls l'établissement et l'interruption du courant provoquent des douleurs et des contractions musculaires.

2.3.3. Le seuil de fibrillation ventriculaire

Il dépend autant de paramètres physiologiques (anatomie du corps, état des fonctions cardiaques) que de paramètres électriques. En courant alternatif, le seuil de fibrillation décroît considérablement si la durée de passage du courant est prolongée au-delà d'un cycle cardiaque.

La fibrillation ventriculaire est un trouble grave du rythme cardiaque. Elle se caractérise par la disparition des contractions coordonnées des ventricules, au profit de contractions anarchiques et inefficaces. Le cœur ne remplit plus son rôle de « pompe », la circulation sanguine s'arrête, ce qui peut rapidement entraîner la mort. Si le passage du courant est prolongé, le phénomène de fibrillation persiste même lorsque cesse le passage du courant. Pour

arrêter cette fibrillation, un choc électrique externe, à l'aide d'un défibrillateur, doit être réalisé dans les meilleurs délais.

Un **défibrillateur** fonctionne en règle générale sur batteries afin d'être mobile. Il est constitué au minimum :

- d'un bloc électrique permettant de délivrer un courant électrique dont le signal est calibré en durée, en forme et en intensité ;
- d'un moyen de transmission de l'influx électrique vers le patient, soit deux palettes conductrices reliées au bloc électrique par un câble, soit deux électrodes larges et plates, recouvertes d'un gel conducteur.



FIGURE 9. Défibrillateur

Pour mémoire, un travailleur électrisé qui ne répond pas et ne respire pas est à considérer comme étant en arrêt cardiaque. Le premier témoin doit débiter immédiatement le massage cardiaque externe, faire alerter les secours (dont le sauveteur secouriste du travail) et réclamer un défibrillateur automatisé externe.

2.3.4. Valeur des seuils

Ces seuils ont des valeurs différentes suivant que le courant qui traverse le corps humain est de type alternatif ou continu. Cette différence provient du fait que les excitations musculaires, provoquées par le courant (effets excito-moteurs), sont liées aux variations d'intensité. De ce fait, pour produire les mêmes effets, les intensités en courant continu sont généralement de deux à quatre fois supérieures à celles du courant alternatif.

Dans tous les cas, les effets sur l'homme dépendent de la valeur du courant mais aussi du temps de passage dans le corps humain.



FIGURE 10. Le temps de passage du courant dans le corps humain : un facteur important. Par exemple, au delà de 2 s, un courant de 10 mA est dangereux.

Un courant alternatif de 40 mA, soit le 1/10^e du courant qui circule dans une lampe électrique de 100 W peut tuer un homme.

EFFETS DU COURANT ÉLECTRIQUE SUR L'HOMME

Effets	Intensités en courant alternatif en mA	Intensités en courant continu en mA
Perception cutanée	0,5	2
Contracture entraînant une incapacité de lâcher-prise	5 à 10	25
Fibrillation ventriculaire	40 (6,8 s)	140 (6,8 s)
Fibrillation ventriculaire	260 (0,2 s)	260 (0,2 s)
Fibrillation ventriculaire	500 (0,01 s)	500 (0,01 s)

Source : IEC TR 60479-5:2007

Le courant continu est relativement moins dangereux que le courant alternatif pour des faibles intensités. Un générateur susceptible de débiter en permanence dans l'organisme un courant d'intensité supérieure à 10 mA, doit être considéré comme dangereux pour l'homme. Pratiquement, c'est le cas de la plupart des générateurs utilisés.

2.4. Effets thermiques

Les effets thermiques sont de deux types. Les brûlures électrothermiques et les brûlures dues aux arcs électriques.

2.4.1. Brûlures électrothermiques

L'altération de la peau, en cas de contact accidentel avec une pièce nue sous tension, est fonction de la densité de courant exprimée en mA/mm² et de la durée du passage de courant.

En dessous de 10 mA/mm², en général aucune altération de la peau n'est observée, sauf si le contact dure plus de 10 secondes environ. Pour des valeurs plus importantes de densité de courant, on constate des rougissements de la peau ou des marques qui peuvent aller jusqu'à la carbonisation de celle-ci.

Lorsque des courants de plusieurs ampères circulent dans le corps humain pendant plusieurs secondes, des brûlures profondes et d'autres blessures internes peuvent apparaître.

2.4.2. Brûlures dues aux arcs

Un arc électrique (*voir 3.3*) s'accompagne de plusieurs phénomènes :

- élévation de la température dans l'environnement de l'arc ;
- projection de particules métalliques en fusion ; il est à noter que les projections d'aluminium sont les plus dangereuses ;
- rayonnement infrarouge (IR) ;
- rayonnement ultraviolet (UV), qui peut également entraîner des lésions oculaires, appelé communément le « coup d'arc » pour les soudeurs.

L'ensemble de ces phénomènes, parfois appelé « flash électrique », provoque des brûlures pouvant entraîner le décès des personnes exposées.

Remarque : Un arc électrique a parfois en outre des effets acoustiques qui peuvent entraîner des lésions aux tympans.



LES CAUSES DU RISQUE ÉLECTRIQUE

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

Les accidents électriques trouvent leur origine dans la conception, la réalisation, l'utilisation ou l'entretien des installations. Ils surviennent majoritairement sur :

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

Les accidents électriques peuvent être provoqués par :

- un **contact direct** : contact avec une pièce nue sous tension ;
- un **contact indirect** : contact avec une pièce mise accidentellement sous tension ;

- une surintensité (surcharge ou court-circuit) ;
- un arc électrique pouvant engendrer une brûlure ;
- une étincelle ou surchauffe pouvant être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion ;
- une surtension pouvant endommager les installations et être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion.

3.1. Contact direct avec une pièce nue sous tension

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

Ce contact va soumettre le corps de la personne à une tension, appelée aussi différence de potentiel, entre le point de contact avec la pièce nue sous tension et la partie du corps en liaison avec la terre, et provoquer la circulation d'un courant entre ces deux points de contact².

Risques pour la personne : électrisation, électrocution, brûlure

Risque pour l'installation : aucun

2. La circulation ou non d'un courant de défaut dépend en fait du type de schémas des liaisons à la terre (schémas : TT, TN et IT), schémas non développés dans le présent document. Pour en savoir plus, se reporter à la norme NF C 15-100 : « Installations électriques basse tension ».

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



FIGURE 11. Contact direct avec le corps

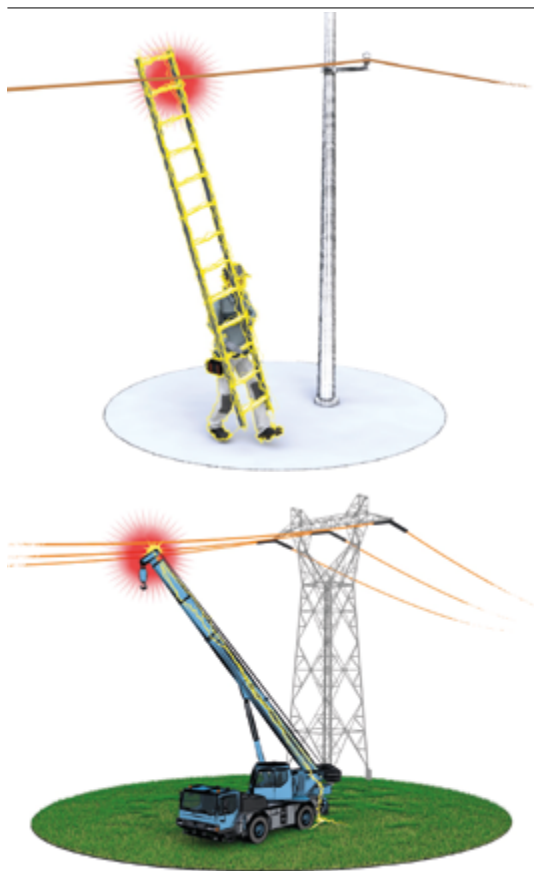


FIGURE 12. Contact direct par l'intermédiaire d'une échelle métallique ou d'un engin

3.2. Contact indirect avec une pièce mise accidentellement sous tension

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

Risques pour la personne : électrisation, électrocution, brûlure

Risque pour l'installation : aucun

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

3.3. Arc électrique

Un arc électrique est susceptible d'apparaître lorsque l'on ouvre ou que l'on ferme un circuit, par exemple lorsque l'on manœuvre un sectionneur en charge. Sous l'influence de la tension électrique présente entre les extrémités des conducteurs que l'on sépare ou que l'on approche, les électrons libres sortent en effet 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 : c'est ce que l'on appelle le phénomène d'ionisation de l'air. Il s'accompagne d'une projection de particules métalliques en fusion (plus de 3 000 °C). C'est l'arc électrique.

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). Dans les installations électriques,

un court-circuit provoque un arc pouvant avoir des conséquences importantes.

Les éclairs que l'on observe pendant les orages sont des arcs d'électricité statique entre deux nuages ou entre un nuage et la Terre.

Risques pour la personne : brûlures, lésions oculaires

Risque pour l'installation : destruction de matériel par les surtensions, incendie ou explosion

3.4. Étincelle ou surchauffe d'origine électrique

Une étincelle ou une surchauffe peut être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion.

25 % des incendies, selon l'ONSE (Observatoire national de la sécurité électrique), seraient de source 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 ;
- des contacts défectueux (de type connexion mal serrée ou oxydée) augmentant la résistance de contact, provoquant un échauffement.

Pour qu'une explosion se produise, six conditions sont à réunir simultanément :

- la présence d'un comburant (en général l'oxygène de l'air) ;
- la présence d'un combustible (essence, hydrogène, bois, papier...) ;
- la présence d'une source d'inflammation (flammes, surfaces chaudes, étincelles...) ;
- l'état particulier du combustible (sous forme de gaz/vapeurs, de brouillard ou de poussières en suspension) ;
- l'obtention d'un domaine d'explosivité (domaine de concentration du combustible dans l'air à l'intérieur duquel les explosions sont possibles) ;
- un confinement suffisant.

L'énergie électrique peut constituer la source d'inflammation :

- sous forme d'étincelle électrique provenant soit d'une décharge d'électricité statique (même de très faible énergie), soit du fonctionnement normal de

l'appareillage (production d'une étincelle lors de la fermeture ou ouverture d'un circuit) ;

- sous forme d'arc électrique lors de l'apparition d'un court-circuit ;
- via la surface chaude d'un matériel (câble, moteur, appareillage...) résultant de son fonctionnement normal ou apparaissant lors d'une surcharge ou d'un court-circuit.

Risques pour la personne : brûlure, effets liés à la surpression (surdité, acouphènes, blast, décès...)

Risque pour l'installation : destruction de matériel, incendie, explosion

3.5. Surtension

Les surtensions susceptibles d'apparaître sur les installations électriques peuvent avoir pour origine :

- un défaut d'isolement entre des installations de tensions différentes ;
- des courants induits à la suite de décharges atmosphériques (foudre) sur un ouvrage ou une installation électrique comme des lignes aériennes ;
- des manœuvres d'appareillage (disjoncteur ou sectionneur)...

Ces surtensions ont des durées variables allant de quelques dizaines de microsecondes à plusieurs secondes.

Risques pour la personne : fonction de la valeur de la surtension et de sa durée

Risque pour l'installation : destruction de matériel, incendie, explosion

3.6. Risques spécifiques aux outils électroportatifs

Les outils électroportatifs sont utilisés dans de nombreuses entreprises et chantiers et souvent dans des conditions environnementales sévères du fait, entre autres, de la présence d'eau, de poussières... Ces influences externes peuvent avoir pour conséquence une diminution progressive de leur isolement, des échauffements...

Les cordons d'alimentation des outils peuvent être facilement endommagés s'ils sont coincés, écrasés, en contact avec des arêtes vives ou des éléments en mouvement, lorsqu'ils sont exposés à de hautes températures, ou lorsque certains utilisateurs tirent sur le câble d'alimentation afin de débrancher l'appareil. Enfin, alors que la rupture de l'un des conducteurs d'alimentation est le plus souvent mise en évidence par l'arrêt de l'appareil, la rupture du conducteur de terre (protection) peut passer inaperçue car elle n'affecte pas le fonctionnement de l'outil mais empêchera le bon fonctionnement du dispositif de protection. En cas de défaut d'isolement, la carcasse (enveloppe) métallique d'un outil peut se retrouver sous tension.



FIGURE 13. Ne jamais tirer sur le câble pour débrancher l'appareil !

Toutes ces raisons font que les appareils électriques portatifs deviennent particulièrement dangereux lorsqu'ils sont maltraités ou mal entretenus.

3.7. Risques spécifiques à certains locaux ou emplacements

La gravité des dommages corporels liés à l'électricité est accrue quand le sol ou les parois du local où exerce le travailleur sont constitués de parties métalliques non isolées de la terre ou lorsque le sol est humide ou mouillé. Cela concerne par exemple

les blanchisseries, teintureries, laiteries, chantiers de BTP..., mais également les enceintes exigües type cuves métalliques, vides sanitaires...

3.8. Perception du risque

Dans la genèse d'un accident, le comportement humain est généralement non déterminant, mais il peut le devenir lorsqu'il est associé à un autre événement déclencheur d'ordre matériel. Ce comportement peut être la conséquence de :

- la mauvaise perception du risque car l'électricité est non visible, souvent silencieuse et difficile à détecter ;
- la minimisation du risque encouru, l'appellation « basse tension » étant parfois considérée à tort comme une garantie de non-exposition aux dangers électriques ;
- la méconnaissance du risque par manque d'information sur le risque lui-même ou sur le déroulement du travail ;
- la mauvaise compréhension des instructions de travail ;
- l'utilisation d'un outillage non adapté...

De fausses idées reçues viennent renforcer ces comportements, par exemple :

- un travail à proximité d'une pièce nue sous tension peut être effectué sans prendre de précautions particulières si celui-ci est de courte durée ;
- une intervention « mineure » peut être réalisée par une personne non formée.



PRÉVENTION DU RISQUE ÉLECTRIQUE

Le nombre d'accidents imputés au risque électrique par la Caisse nationale de l'assurance maladie (Cnam) pour le régime général reste faible. Cependant, la gravité de ces accidents est plus importante que la moyenne des autres accidents.

La prévention du risque électrique repose simultanément sur :

- la mise en sécurité des installations et des matériels électriques par le respect des règles de conception et d'installation ainsi qu'une maintenance adaptée ;
- le respect des règles de sécurité lors de l'utilisation ou lors des opérations sur ou à proximité des installations électriques :
 - privilégier les opérations hors tension en intervenant sur une installation consignée,
 - respecter les distances de voisinage,
 - confier la réalisation des opérations à des travailleurs formés et habilités.

Il est à souligner que même si l'électricité statique ne présente pas de risque physiologique important pour les personnes, elle peut être à l'origine d'accidents graves (incendies, explosions, chutes...).

4.1. Les textes visant la prévention du risque électrique

Les mesures de prévention du risque électrique font l'objet de prescriptions réglementaires codifiées ainsi que de normes associées, visant aussi bien la conception que l'utilisation des installations électriques.

4.1.1. La réglementation

La réglementation relative à la prévention du risque électrique figure dans le Code du travail. Ces règles de prévention s'imposent aux maîtres d'ouvrage pour la conception et la réalisation des installations électriques ainsi qu'aux employeurs qui utilisent ces installations, en assurant les vérifications et en effectuant des opérations sur ou à proximité de ces installations.

Les mesures de prévention du risque électrique portent sur les installations électriques permanentes comme sur les installations temporaires (chantiers du bâtiment ou des travaux publics, cirques et lieux d'expositions ou de spectacle, marchés, stands situés sur des champs de foire...). Elles concernent l'ensemble des matériels électriques destinés à la production, à la conversion, à la distribution ou à l'utilisation de l'énergie électrique.

Pour le matériel électrique basse tension, le texte de référence est la directive dite « Basse tension ». Cette directive a été transposée en droit français.

PRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU CONTENU
DES ARTICLES DU CODE DU TRAVAILCONCEPTION [1]³:

- Obligations du maître d'ouvrage
- Règles techniques de conception

UTILISATION [2]:

- Maintien en conformité et maintenance des installations
- Locaux à risques spécifiques électriques
- ...

VÉRIFICATIONS [3]

OPÉRATIONS [4]:

- Formation, habilitation
- Obligations générales (travaux hors tension, au voisinage, sous tension)

Pour chacune de ces thématiques, la brochure de l'INRS ED 6187 *Prévention du risque électrique – Textes réglementaires relevant du Code du travail* regroupe :

- les dispositions du Code du travail ;
- les arrêtés pris pour leur application ;
- des extraits des circulaires du ministère du Travail.

Des diagrammes et des commentaires de l'INRS les accompagnent pour en faciliter la compréhension.

4.1.2. Les normes

Les normes visant les installations électriques et les matériels constituent un complément technique et pratique des textes réglementaires.

Pour les matériels électriques, le respect des normes européennes dont les références ont été publiées au *Journal officiel de l'Union européenne (JOUE)*, appelées normes harmonisées, donne présomption de conformité de ces matériels aux textes réglementaires européens (comme la directive « Basse tension »).

Concernant la conception des installations, le ministère chargé du travail a publié par arrêté une liste de normes françaises homologuées dont le respect fait présumer la conformité des installations aux règles techniques de conception prévues par le Code du travail.

3. Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

Sur le plan national, c'est l'Afnor (Association française de normalisation) qui a en charge l'élaboration et la diffusion des normes.

D'une façon générale, les normes constituent la meilleure expression des règles de l'art à un instant donné. Elles portent entre autres sur :

- les installations électriques ;
- les récepteurs électriques et leurs composants ;
- les appareils de commandes et de protection ;
- les conducteurs et systèmes de connexion.

4.2. Conception et utilisation des installations

Les règles du Code du travail fixent les objectifs à atteindre pour garantir la sécurité et protéger la santé des travailleurs lors de la conception et de l'utilisation des installations électriques. Pour l'application pratique de ces objectifs, elles renvoient à des arrêtés. De plus, le respect des normes d'installation publiées par l'Afnor et des guides associés confère à ces installations une présomption de conformité aux prescriptions réglementaires. Par ailleurs, les installations électriques peuvent être soumises à d'autres dispositions que celles du ministère chargé du Travail qui tiennent compte des spécificités de certains types d'établissements. C'est le cas, par exemple, du ministère de l'Intérieur pour les établissements recevant du public (ERP) ou les immeubles de grande hauteur (IGH) ou encore du ministère en charge de l'Environnement pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Dans le présent document, seules les installations alimentées en courant alternatif du domaine basse tension sont prises en compte, car la plupart des travailleurs ne sont confrontés qu'à ce type d'installation.

4.2.1 Conception des installations

La conception des installations électriques doit prendre en compte la prévention des risques de choc électrique, par contact direct ou indirect, des risques de brûlure et des risques d'incendie ou d'explosion d'origine électrique.

Cette obligation incombe aux maîtres d'ouvrage dès la construction d'un bâtiment destiné à recevoir des travailleurs ou lors du réaménagement d'un bâtiment existant, avec ou sans permis de construire.

Les prescriptions techniques contenues dans les différents articles du Code du travail concernent :

- la protection des pièces nues sous tension, des prescriptions particulières sont données pour les locaux ou emplacements à risques particuliers de choc électrique (*voir 4.3.1*) ;
- l'absence de tension dangereuse entre deux masses même en cas de défaut d'isolement ;
- la protection contre le risque de brûlure suite à une élévation de température des matériels électriques ;
- l'adaptation du matériel et des canalisations aux surintensités, à la tension d'utilisation et aux influences externes (chocs mécaniques, présence d'eau, corrosion, risque d'incendie ou d'explosion...) auxquels ils peuvent être exposés ;
- la séparation des sources d'énergie et la coupure d'urgence ;
- l'identification des circuits et des appareillages ;
- l'éclairage de sécurité.

4.2.2. Utilisation des installations

Les employeurs qui utilisent des installations électriques sur les lieux de travail doivent respecter certaines dispositions et en particulier celles concernant :

- le maintien de l'installation en conformité avec les dispositions constructives applicables à la date de sa mise en service ;
- la surveillance et la maintenance de l'installation ;
- les mesures propres aux locaux ou emplacements à risques spécifiques :
 - d'incendie,
 - d'explosion,
 - de choc électrique (locaux de production, conversion et distribution d'énergie électrique, installations de galvanoplastie et d'électrolyse, fours à arc et laboratoires d'essais) ;
- les installations de soudage électrique ;
- l'utilisation et le raccordement des appareils électriques amovibles ;
- l'éclairage de sécurité (conception, mise en œuvre, exploitation et maintenance).

Lorsque l'employeur réalise une installation nouvelle ou en modifie une existante, il doit respecter

les règles et dispositions applicables aux maîtres d'ouvrage. Ces opérations doivent être réalisées par des professionnels qualifiés.



FIGURE 14. À chacun son métier

4.3. Protection des personnes qui utilisent les installations

Les risques lors de l'utilisation d'une installation électrique sont de différentes natures. Il s'agit principalement des risques d'électrisation, d'électrocution et de brûlure. Ces risques ont pour origine des contacts directs ou indirects, des surintensités, des surtensions et des arcs électriques. Ils peuvent se manifester sur les installations de distribution de l'énergie mais également sur les matériels raccordés à ces dernières.

La prévention contre les chocs électriques nécessite de prendre en compte, d'une part, la protection contre les contacts directs en fonctionnement normal, et, d'autre part, la protection contre les contacts indirects en cas de défaut.

L'association de ces deux dispositions de protection constitue une mesure de protection contre les chocs électriques.



TABLEAU DE SYNTHÈSE DES MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CHOCS ÉLECTRIQUES

Mesure de protection	Disposition contre les contacts directs	Disposition contre les contacts indirects	Commentaire, remarque, limites
Protection par coupure automatique de l'alimentation	Isolation principale ou Protection par barrière ou enveloppes	Mise à la terre des masses et coupure automatique	Utilisation de DDR (voir 4.3.1) ou utilisation de protection contre les surintensités
Protection par isolation double ou renforcée	Isolation principale Isolation renforcée	Isolation supplémentaire	Utilisation de matériel de classe II (voir 4.3.5)
Protection par séparation	Isolation principale ou Protection par barrière ou enveloppes	Séparation de protection entre le circuit séparé et les autres circuits	Limitée à l'utilisation d'un seul matériel électrique, utilisation d'un transformateur de séparation
Protection par utilisation de la très basse tension	Non obligatoire en TBTS pour $U < 25$ V c.a. ou 60 V c.c. Non obligatoire en TBTP pour $U < 12$ V c.a. ou 30 V c.c.	Non nécessaire	TBTP ou TBTS (voir 4.3.1) La TBTF n'est pas une mesure de protection.

DDR: Dispositif à courant différentiel-résiduel | c.a.: Courant alternatif | c.c.: Courant continu

TBTS: Très basse tension de sécurité | TBTP: Très basse tension de protection | TBTF: Très basse tension fonctionnelle

4.3.1. Protection contre les contacts directs

Pour les installations électriques⁴, la protection qui permet d'éviter un contact direct avec une pièce nue sous tension est assurée par l'un des moyens suivants :

- éloignement ;
- pose d'obstacle ;
- barrières ou enveloppes ;
- isolation ;
- emploi de la très basse tension (voir plus loin).

La protection par éloignement ou par pose d'obstacle doit parfois être associée à des mesures compensatoires telles que la surveillance ou l'habilitation des travailleurs.

L'usage d'un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) haute sensibilité ($\leq$ à 30 mA) est seulement destiné à compléter d'autres mesures de protection contre les contacts directs en cas de défaillance de celles-ci ou d'imprudence des personnes mais ne constitue pas une protection efficace à elle seule.

Éloignement

Ce mode de protection consiste à prévoir, entre les parties nues sous tension et les personnes, une

distance telle qu'un contact fortuit soit impossible directement ou indirectement par l'intermédiaire d'objets ou d'équipements de travail conducteurs (perches, barres, échelles métalliques, PEMP, pompe à béton...).

La distance d'éloignement dépend de l'environnement (chantier, locaux réservés à la production...) et de la valeur de tension.

Pour les chantiers cette distance est de **3 m pour une tension au plus égale à 50 kV** et de **5 m pour une tension supérieure à 50 kV**.

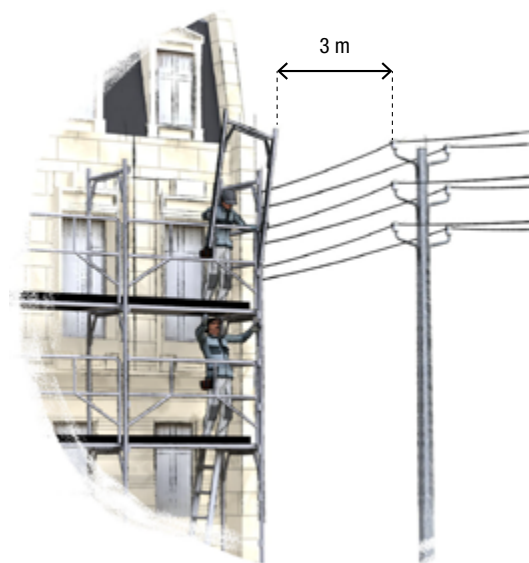


FIGURE 15. Respecter les distances de sécurité.

4. Les installations électriques comprennent l'ensemble des matériels électriques mis en œuvre pour la production, la conversion, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique.

Obstacle

La mise hors de portée par obstacle consiste à placer un obstacle (écran, rambarde...) entre les pièces nues sous tension et les personnes. Les obstacles doivent empêcher :

- soit une approche physique non intentionnelle des parties actives ;
- soit les contacts non intentionnels avec les parties actives lors d'interventions sur des matériels sous tension en cours d'exploitation.

Les obstacles permettent d'empêcher un contact direct fortuit mais ne s'opposent pas à un contact direct par une action délibérée. Leur enlèvement ne doit être possible que par une action volontaire, bien qu'ils puissent être démontables sans l'aide d'outil ou d'une clé.

Protection par barrières ou enveloppes

La protection par barrières ou enveloppes consiste à placer les pièces nues sous tension derrière des barrières ou à l'intérieur d'une enceinte (écran, boîtier, armoire...) de façon à empêcher tout contact par les personnes, dans toute direction habituelle d'accès (barrière) ou dans toutes les directions (enveloppe). Les barrières ou enveloppes peuvent être constituées de parois pleines, percées de trous ou des grillages, sous réserve que la dimension des ouvertures n'en compromette pas l'efficacité.

Pour assurer la protection des personnes, elles doivent posséder un degré de protection minimal de **IP2X ou IPXXB en basse tension** et **IP3X ou IPXXC en haute tension**. Elles ne doivent pouvoir être ouvertes qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil.

- Exemple d'enveloppe : armoire électrique (portes fermées)

Isolation

Cette mesure consiste à recouvrir les conducteurs et les parties actives par une isolation appropriée. Cette isolation doit être adaptée à la tension, et il doit être tenu compte dans son choix des dégradations éventuelles auxquelles elle peut être soumise. L'isolation peut être rapportée dans le cas de chantier ou permanente, par exemple sur les câbles d'alimentation de matériel fixe ou portatif. Dans ce cas, l'isolant recouvre les parties actives et ne peut être enlevé que par destruction.

L'aptitude d'une isolation à assurer sa fonction s'appelle l'isolement.

Il existe plusieurs types d'isolation.

CAS PARTICULIER DES LOCAUX OU EMPLACEMENTS À RISQUES PARTICULIERS DE CHOC ÉLECTRIQUE

Les locaux ou emplacements présentant des risques particuliers de choc électrique sont :

- les locaux ou emplacements où la présence de parties actives dangereuses résulte d'une nécessité technique inhérente au fonctionnement des matériels (par exemple les installations de galvanoplastie ou les ateliers d'essais électriques) ;
 - les locaux ou emplacements réservés à la production, la conversion ou la distribution d'électricité lorsque :
 - la protection contre les contacts directs est assurée par obstacle ou par éloignement (ces modes de protection pouvant être rendus inopérants par une personne ignorant le risque),
 - en basse tension, si la protection contre les contacts directs n'est pas assurée (cela est autorisé en TBTS inférieure à 25 V c.a. ou 60 V c.c. ou en TBTP inférieure à 12 V c.a. ou 30 V c.c.).
- La protection contre les contacts directs peut ne pas être assurée dans ces locaux, mais des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (signalisation et matérialisation des locaux, porte d'accès maintenue fermée et accès réservé aux personnes habilitées ou sous surveillance).

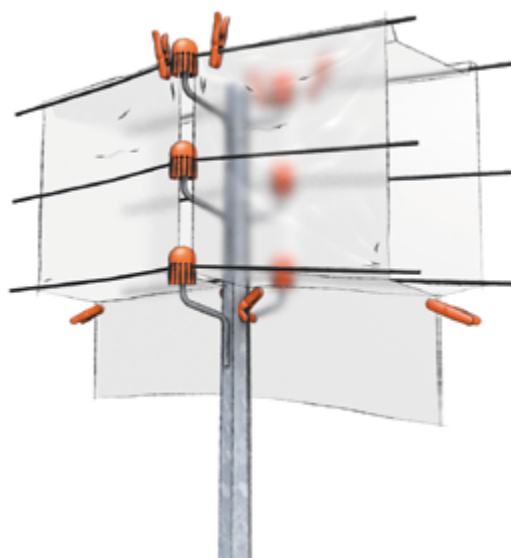


FIGURE 16. L'isolation rapportée

4.3.2. Protection contre les contacts indirects

Pour les installations électriques, la protection contre les chocs électriques suite à un contact indirect avec une pièce mise accidentellement sous tension est assurée :

- soit par une mise à la terre des masses⁵ associée à des dispositifs de coupure de l'installation, disposition la plus utilisée dans les installations électriques ;
- soit par des mesures de protection ne nécessitant pas la mise à la terre des masses, ces mesures étant destinées à des parties d'installation d'étendue limitée.

Les autres mesures de protection qui ne nécessitent pas de mise à la terre des masses sont principalement :

- protection par séparation électrique des circuits ;
- emploi de la très basse tension ;
- utilisation de matériel électrique de classe II.

Mise à la terre des masses

La mise à la terre des masses repose sur les principes suivants :

- l'installation dispose d'une prise de terre ou d'un ensemble de prises de terre interconnectées entre elles ;
- les masses électriques simultanément accessibles sont réunies entre elles et à la même prise de terre ;
- les éléments conducteurs étrangers à l'installation électrique présents dans le bâtiment (canalisations, rails, bâtis métalliques...) sont reliés à la prise de terre par un conducteur d'équipotentialité ;
- un dispositif de protection met l'installation hors tension en cas d'apparition d'un défaut ou d'une accumulation de défauts dangereux pour les personnes. La prise de terre doit avoir une résistance telle que le potentiel, atteint par la masse en cas de défaut, ne puisse être maintenu à une valeur dangereuse pour une personne.

Exemples :

- – Dans une usine alimentée en haute tension et possédant un ensemble de prises de terre interconnectées, la valeur de la résistance de la prise de terre est inférieure à 1Ω .

5. La masse d'un appareil électrique est constituée par la partie conductrice d'un matériel, susceptible d'être touchée, et qui n'est pas normalement sous tension, mais peut le devenir lorsque l'isolation principale est défaillante, telle la carcasse d'un moteur par exemple.

- – Pour une maison, la valeur de la prise de terre ne doit pas excéder 100Ω et le produit entre cette valeur et la sensibilité du dispositif différentiel en tête d'installation (500 mA) ne doit pas dépasser la valeur de 50 V ($U = RI$).

L'interconnexion des masses empêche la création d'une tension dangereuse entre elles en cas de défaut d'isolement. Par exemple, sur un chantier ou dans un bureau, les masses des machines fixes ou mobiles, des matériels électroportatifs sont réunies à un conducteur dit « conducteur de protection » lui-même relié à une prise de terre. Ce conducteur de protection intervient en cas de mise sous tension accidentelle de l'enveloppe métallique externe des récepteurs, soit à la suite d'un échauffement important ou de contraintes mécaniques ayant affecté l'isolation principale des appareils.

Coupure automatique de l'alimentation

La protection par coupure automatique de l'alimentation consiste à empêcher qu'à la suite d'un défaut d'isolement, une personne puisse se trouver soumise à une tension dangereuse (50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu). Pour cela, on utilise un dispositif qui sépare automatiquement le circuit ou le matériel concerné par le défaut d'isolement, de la source d'alimentation, dans un temps maximal donné. Ce dispositif peut être un dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR) ou un dispositif de protection contre les surintensités.

↳ Dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR)

Ce dispositif est utilisé pour assurer la coupure automatique en cas de défaut d'isolement par rapport à la terre. Il est placé à l'origine de l'installation électrique ou des départs principaux et divisionnaires, et en amont des appareils d'utilisation.

Le seuil de déclenchement du DDR dépend de sa sensibilité, c'est-à-dire de la valeur maximale du courant de défaut à la terre (courant différentiel résiduel nominal) pour lequel le dispositif assure la mise hors tension. Exemple de sensibilité des DDR couramment utilisés : 500 mA, 300 mA, 30 mA.

Lorsqu'un appareil assure uniquement l'ouverture du circuit (mise hors tension), il s'agit d'un **interrupteur différentiel**. Si l'appareil assure également la protection contre les surintensités, il est appelé **disjoncteur différentiel**.

L'emploi de DDR à « haute sensibilité » (≤ 30 mA) est recommandé chaque fois que les appareils électriques, alimentés par câbles souples, sont utilisés dans des conditions sévères, c'est-à-dire lorsqu'il y a risque de rupture du conducteur de protection ou lorsque l'humidité, ou toute autre cause, peut nuire au maintien de la bonne isolation de ces appareils. L'emploi de dispositif à haute sensibilité (≤ 30 mA) est obligatoire dans les cas suivants :

- prises de courant assigné inférieur ou égal à 32 A ;
- prises de courant installées dans les locaux mouillés quel que soit le courant ;
- installations temporaires (chantiers, foires, expositions...);
- salle d'eau (luminaires, appareils de chauffage...);
- installation électrique des logements d'immeubles d'habitation et maisons individuelles.

↳ Dispositifs de protection contre les surintensités

Une surintensité est une augmentation dangereuse du courant électrique. Il en existe deux types :

- les surcharges qui résultent de l'augmentation de la charge due par exemple à des branchements de matériels supplémentaires sur une canalisation ;
- les courts-circuits.

La protection contre les surintensités peut être assurée par :

- **des relais thermiques** : ils assurent la protection contre les surcharges. Leur utilisation principale est la protection des moteurs et ils sont souvent associés à un contacteur et à des fusibles. Les relais thermiques sont réglables ;
- **des disjoncteurs** : ils assurent la protection contre les surcharges et les courts-circuits. Leur utilisation principale est la protection des canalisations. Leurs caractéristiques principales sont l'intensité nominale et le pouvoir de coupure. Certains disjoncteurs sont réglables ;
- **des fusibles** : ils assurent la protection contre les courts-circuits et certains assurent également la protection contre les surcharges. Leurs caractéristiques principales sont l'intensité nominale et le pouvoir de coupure. Dans le domaine industriel, il est fait usage de cartouches fusibles gG et aM : les fusibles gG, de couleur noire, assurent la protection des canalisations contre les surcharges et les courts-circuits ; les fusibles aM, de couleur verte, assurent la protection uniquement contre les courts-circuits et sont principalement utilisés en amont d'un moteur, en association avec un relais thermique.

Protection par séparation électrique des circuits

La mesure de protection par séparation électrique consiste à séparer le circuit d'utilisation du circuit d'alimentation de telle sorte qu'en cas de défaut d'isolement dans le circuit séparé, aucune tension de contact dangereuse ne puisse apparaître.

Pour cela, l'alimentation du circuit est assurée par un transformateur de séparation (ou une source de courant assurant une sécurité équivalente, comme une batterie).

TRANSFORMATEUR DE SÉPARATION

Le transformateur de séparation permet d'alimenter un récepteur en le séparant du générateur. Ce type de transformateur est identifié par le symbole :



On parle de séparation galvanique, car un courant qui circule dans le bobinage primaire ne se retrouve pas dans le bobinage secondaire.

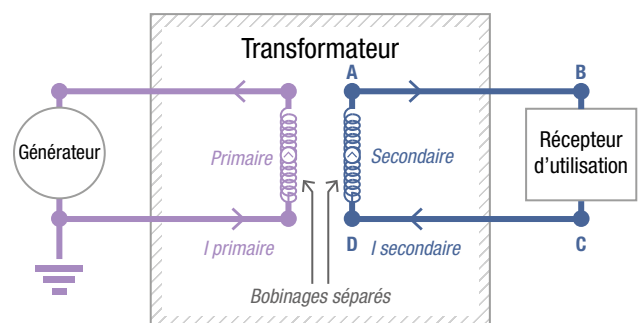


FIGURE 17. Protection par séparation des circuits

Suivant le principe des générateurs électriques, toute charge issue d'une extrémité du bobinage secondaire est réinjectée à l'autre extrémité afin d'assurer ainsi une circulation continue des charges dans le circuit fermé ABCDA.

Les deux extrémités du bobinage secondaire étant isolées du sol, les charges portées en A ne peuvent rejoindre celles portées en D que par le conducteur CD lorsque le récepteur est connecté entre B et C. En cas de contact accidentel entre une personne avec l'un des conducteurs AB ou DC, les charges électriques ne peuvent pas utiliser le sol comme conducteur occasionnel. Tout danger d'électrisation est donc écarté. L'efficacité de la protection par séparation nécessite qu'aucun point du circuit secondaire ne soit relié à

la terre. Il y a lieu de vérifier périodiquement l'isolement de ce circuit.

Cette mesure de protection est limitée à l'alimentation d'un seul matériel d'utilisation à partir d'une source séparée isolée de la terre. Les dispositions techniques relatives à la séparation de circuit font l'objet du paragraphe 413 de la norme NF C 15-100.

4.3.3. Protection par utilisation de la très basse tension

La protection par très basse tension (TBT) n'empêche pas le contact (direct ou indirect) avec les pièces sous tension mais utilise une tension suffisamment faible et donc sans danger si elle est appliquée au corps humain.

La TBT est limitée à 50 V en courant alternatif et à 120 V en courant continu.

Dans certains cas, la valeur de la très basse tension est limitée à des valeurs inférieures, comme pour les salles d'eau où la TBTS, lorsqu'elle est autorisée, est limitée à 12 V en alternatif et 30 V en continu.

La normalisation définit trois types de TBT :

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

Les conditions d'obtention de ces tensions sont précisées dans la norme NF C 15-100.

Seules la TBTS et la TBTP constituent des mesures de protection, la TBTF est exclusivement utilisée pour des raisons fonctionnelles.

La TBTS et la TBTP peuvent être utilisées :

- dans les locaux et sur les emplacements de travail où les influences externes (humidité par exemple) font qu'il n'est pas possible de maintenir l'installation électrique à un bon niveau d'isolement ;
- pour les travaux effectués à l'aide d'appareils portatifs à main à l'intérieur d'enceintes conductrices exiguës (réservoirs, cuves, gaines, etc. de faibles dimensions) où la résistance de contact entre le travailleur et la paroi de l'enceinte est très faible. Les circuits en TBTS et TBTP doivent répondre à des prescriptions précises telles que :

- alimentation par un transformateur de sécurité ou une batterie ;
- séparation entre leurs parties actives et celle des autres circuits ;
- isolation des parties actives des matériels de celles de toute autre installation ;
- absence de liaison à la terre ou à des conducteurs de protection d'autres installations (TBTS uniquement).

TRANSFORMATEUR DE SÉCURITÉ

Les transformateurs de sécurité sont identifiables soit par la mention « Transformateur de sécurité » sur la plaque signalétique, soit la mention de conformité à la norme (NF EN61558-2-6), soit par le symbole :



Dans le cas où ils ne comportent aucune de ces indications, l'installation alimentée doit être considérée comme une installation TBTF.

Les installations alimentées en TBTS et de tension inférieure ou égale à 25 V en courant alternatif (c.a.) et 60 V en courant continu (c.c.), sont dispensées de satisfaire aux prescriptions concernant les contacts directs et les contacts indirects. Celles de tension supérieure à 25 V en c.a. et 60 V en c.c. ne sont dispensées que des mesures de protection contre les contacts indirects.

Les installations alimentées en TBTP et de tension inférieure ou égale à 12 V en courant alternatif (c.a.) et 30 V en courant continu (c.c.), sont dispensées de satisfaire aux prescriptions concernant les contacts directs et les contacts indirects. Celles de tension supérieure à 12 V en c.a. et 30 V en c.c. ne sont dispensées que des mesures de protection contre les contacts indirects.

CAS PARTICULIER DES LAMPES BALADEUSES UTILISÉES DANS LES ENCEINTES CONDUCTRICES EXIGUËS

Les lampes baladeuses utilisées dans les enceintes conductrices exiguës doivent être alimentées en TBTS. Le transformateur doit être placé à l'extérieur de l'enceinte sauf s'il s'agit de transformateur de type fixe faisant partie intégrante de l'installation électrique à demeure dans l'enceinte.

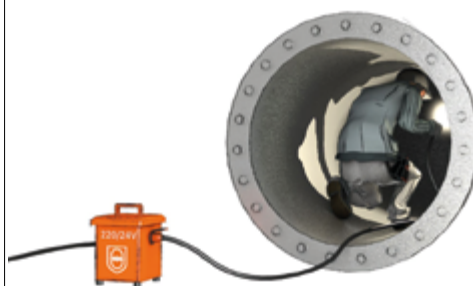


FIGURE 18. La protection par TBTS doit être utilisée dans les enceintes conductrices exiguës.

4.3.4. Prévention des brûlures

Les parties accessibles des matériels qui composent une installation ne doivent pas atteindre des températures de surface à l'origine de brûlure. La norme NF C 15-100 indique les températures maximales en service normal des parties accessibles.

TABEAU 42 A (norme NF C 15-100 : « Installations électriques à basse tension »). Températures maximales en service normal des parties accessibles des matériels électriques à l'intérieur du volume d'accessibilité au toucher

Parties accessibles	Matières des parties accessibles	Températures maximales (°C)
Organes de commande manuelle	Métallique	55
	Non métallique	65
Prévues pour être touchées mais non destinées à être tenues à la main	Métallique	70
	Non métallique	80
Non destinées à être touchées en service normal	Métallique	80
	Non métallique	90

Les normes de conception des matériels électriques fixent également des limites de température dans les conditions normales afin d'éviter le risque de brûlure pour les travailleurs. Il existe d'autres risques de brûlure en lien avec les installations électriques et ayant pour origine les arcs électriques (voir 3.3).

4.3.5. Prévention des incendies et des explosions d'origine électrique

La conception des installations électriques dans des locaux présentant des risques d'incendie ou d'explosion fait l'objet de la partie 4-42 de la norme NF C 15-100. Nous invitons le lecteur à se reporter à cette norme et à celles citées par cette dernière.

Incendie

Les prescriptions applicables aux installations électriques des locaux présentant des risques d'incendie sont contenues dans les articles 421 et 422 de la norme NF C 15-100.

- Exemples :
- La température externe en fonctionnement normale des matériels électriques ne doit pas présenter de dangers d'incendie pour les matériaux voisins.

- Les canalisations électriques doivent être de type non propagateur de la flamme.
- Les installations doivent être limitées à celles nécessaires à l'exploitation des locaux sauf dispositions particulières (protection amont contre les surintensités, absence de connexion sur les canalisations traversant le local...).
- Les conducteurs nus ne sont pas admis.

Voir aussi la brochure INRS ED 990 *Incendie et lieu de travail. Prévention et lutte contre le feu.*

Explosion

Les prescriptions applicables aux installations électriques des emplacements présentant des risques d'explosion sont contenues dans l'article 424 de la norme NF C 15-100.

- Exemples :
- Les installations doivent être limitées à celles nécessaires à l'exploitation des emplacements à risques d'explosion.
- Les canalisations ne doivent pas pouvoir être la cause d'une inflammation de l'atmosphère explosive ou de propagation de la flamme.
- Le matériel mis en œuvre doit être adapté à l'occurrence de l'atmosphère explosive (ATEX) et à la nature de celle-ci (gazeuse ou poussières et caractéristiques d'inflammabilité du produit générant cette ATEX).
- Les canalisations doivent être protégées en amont contre les surintensités.
- Les conducteurs nus ne sont pas admis.

Voir aussi la brochure INRS ED 945 *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique.*

4.3.6. Protection contre les surtensions

Il existe plusieurs types de surtensions, les surtensions temporaires de durée relativement longue et les surtensions transitoires consistant en une élévation de tension de courte durée (quelques millisecondes) par rapport à la tension nominale. Les surtensions temporaires ont habituellement pour origine un défaut à la terre d'une phase ou le délestage brusque d'une charge. Les surtensions transitoires sont dues à des manœuvres d'appareillage (interrupteur, disjoncteur...) ou produites par un impact direct ou indirect de la foudre.

Les règles pour la protection contre les effets des perturbations font l'objet de la partie 4-44 de la norme NF C 15-100. L'article 442 est applicable aux surtensions temporaires et l'article 443 est relatif aux surtensions transitoires.

Parafoudres

Les conditions de mise en œuvre des parafoudres sont résumées dans le tableau suivant extrait de la norme NF C 15-100. Il fait intervenir deux notions :

- le niveau kéraunique (Nk) qui exprime la sévérité orageuse par le nombre de jours par an où le tonnerre est entendu en un lieu donné. En France ce niveau est compris entre 10 et 36 pour certaines régions fortement foudroyées ;
- la densité de foudroiement (Ng) représente le nombre de coups de foudre par km² et par an en un lieu donné⁶.

EXTRAIT DU TABLEAU 44 B de la norme NF C 15-100.
CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DES PARAFOUDRES

Caractéristiques et alimentation du bâtiment	Densité de foudroiement (Ng) Niveau kéraunique (Nk)	
	Ng ≤ 2,5 Nk ≤ 25	Ng > 2,5 Nk > 25
Bâtiment équipé d'un paratonnerre	Obligatoire	Obligatoire
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne	Non obligatoire	Obligatoire
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Non obligatoire	Non obligatoire
L'indisponibilité de l'installation et/ou des matériels concerne la sécurité des personnes	Selon analyse du risque	Obligatoire

Remarque : L'utilisation d'un autotransformateur peut être à l'origine d'une surtension en cas de défaut d'isolement d'une phase par rapport à la terre. Un autotransformateur est un transformateur dont au moins deux enroulements (primaire et secondaire) ont une partie commune. Lorsque le neutre n'est pas relié directement à la terre, un dispositif à courant différentiel résiduel doit être installé immédiatement en amont ou en aval de l'autotransformateur afin d'éviter le risque de surtension.

6. Conformément au guide UTE C 15-443, 25 jours d'orage par an sont équivalents à une valeur de 2,5 coups par km² et par an.

4.3.7. Le matériel électrique

Le matériel et l'appareillage comportent intérieurement des conducteurs électriques le plus souvent isolés et inaccessibles. Il importe que cette inaccessibilité et cet isolement ne soient pas compromis par :

- un échauffement exagéré du fait d'une inadaptation du matériel au travail à effectuer ou à la tension d'alimentation ;
- des actions mécaniques comme les chocs, les chutes sur le sol, la traction sur les câbles d'alimentation ;
- l'introduction à l'intérieur de ces récepteurs de produits solides (poussières) ou liquides ;
- une action humaine de type bricolage ou réparation de fortune.

Les défauts d'isolement, qui peuvent se produire sur un grand nombre de récepteurs, constituent sans doute le danger le plus sournois du fait de l'apparence totalement inoffensive des appareils qui en sont affectés. En effet, lorsque qu'un contact électrique s'établit entre une phase et l'enveloppe externe métallique, celle-ci est portée au potentiel du réseau d'alimentation et il y a risque d'électrisation ou d'électrocution par contact indirect pour la personne qui viendrait à toucher l'appareil.

De plus, il ne faut pas que l'utilisation de ce matériel et de cet appareillage soit une cause d'inflammation possible de l'atmosphère lorsque celle-ci est explosive. Il est donc nécessaire de respecter les limites d'emploi (fonction du type d'isolation, de la classe, du degré de protection ainsi que du mode de protection lorsqu'il s'agit de matériels appelés à fonctionner en atmosphère explosive).

Une ou plusieurs des mesures ci-dessous apportent une protection contre les risques électriques dus aux matériels.

Protection contre les chocs électriques

La protection, contre les chocs électriques, relative aux installations et aux matériels fait l'objet de la norme NF EN 61140.

Elle est applicable à la protection des personnes et des animaux contre les chocs électriques sans limite de tension. Cette protection est généralement réalisée par isolation qui est l'ensemble des isolants entrant dans la construction d'un matériel électrique pour isoler ses parties actives dangereuses.

Il existe plusieurs types d'isolation :

- isolation principale : isolation des parties actives dangereuses dont la défaillance peut entraîner un risque de choc électrique ;
- isolation renforcée : isolation des parties actives dangereuses assurant une protection contre les chocs électriques, équivalente à celle procurée par une double isolation ;
- isolation supplémentaire : isolation indépendante prévue en plus de l'isolation principale en vue d'assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'isolation principale ;
- double isolation : isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire.

Ces différentes isolations sont mises en œuvre en fonction de la classe de matériel.

Classes de matériel

Il existe quatre classes de matériel numérotées de 0 à III.

↳ Classe 0 (zéro)

La protection contre les chocs électriques repose sur l'isolation principale. Aucune disposition n'est prévue pour raccorder les parties conductrices accessibles à un conducteur de protection. Comme la protection en cas de défaut de l'isolation principale repose uniquement sur l'environnement, cette classe est maintenant proscrite.

↳ Classe I (un)

La protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale. Les parties conductrices accessibles sont mises à la terre par un conducteur de protection incorporé au câble d'alimentation. Ce conducteur est repéré par la double coloration vert/jaune. Lorsque l'alimentation du matériel est réalisée à l'aide d'une fiche, celle-ci comporte un contact de mise à la terre. Ce mode de protection est souvent utilisé pour les machines fixes.

Symbole classe I :



↳ Classe II (deux)

La protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale mais comporte des mesures supplémentaires de sécurité, telles que la double isolation ou l'isolation renforcée. Si des parties métalliques sont accessibles, elles ne doivent pas être reliées à la terre. Ce mode de

protection est utilisé essentiellement pour les machines portatives.

Symbole classe II :



Remarque : Le fait d'utiliser du matériel de classe II n'est pas suffisant pour assurer la sécurité des personnes. À titre d'exemple, un matériel utilisé sur un chantier du BTP où les conditions environnementales telles que la poussière, l'humidité et les contraintes mécaniques sont sévères, doit posséder également les degrés de protection minimaux IP44 et IK08.

↳ Classe III (trois)

La protection contre les chocs électriques repose sur les caractéristiques de la source d'alimentation, celle-ci doit être en très basse tension de sécurité (TBTS) ou très basse tension de protection (TBTP). La tension d'alimentation est notée sur la plaque signalétique du matériel. Ce mode de protection est utilisé pour les appareils portatifs non fixes en milieu confiné humide ou mouillé, ou certains jouets (trains électriques par exemple).

Symbole classe III :



Degré de protection

La protection procurée par une enveloppe de matériel électrique contre l'accès aux parties dangereuses et contre la pénétration de corps solides étrangers ou celle d'eau est caractérisée par les degrés de protection.

Les symboles utilisés pour définir les degrés de protection procurés par les enveloppes des appareils électriques sont constitués par les lettres IP (international protection) suivies de deux chiffres caractéristiques.

Le premier chiffre, 0 à 6, désigne le degré de protection, tant en ce qui concerne les personnes que le matériel contenu dans l'enveloppe, contre les contacts avec les parties sous tension et la pénétration de corps solides étrangers.

Le deuxième chiffre, 0 à 8, désigne le degré de protection contre la pénétration de l'eau avec effets nuisibles.

Une ou deux lettres peuvent, en option, compléter ces chiffres caractéristiques :

- A, B, C ou D contre l'accès aux parties dangereuses avec le dos de la main, le doigt, l'outil ou le fil ;

- H, M, S, W information supplémentaire spécifique. Concernant la tenue des enveloppes de matériel électrique aux impacts mécaniques externes nuisibles, un code IK (protection mécanique internationale), défini dans la norme NF EN 62262 et complété par un groupe de chiffres caractéristiques de 00 à 10, est utilisé.



FIGURE 19. Degrés de protection

UN IP PARTICULIER EN BASSE TENSION : L'IP2X

Le chiffre 2 indique que le matériel est protégé contre la pénétration d'un corps solide de diamètre supérieur à 12,5 mm, ce qui correspond au diamètre normalisé d'un doigt d'un adulte humain. La lettre X indique que le deuxième chiffre n'est pas précisé car il n'intervient pas dans la protection des personnes contre le risque de contact direct.

L'indication IP2X peut être remplacée par IPXXB qui procure le même niveau de protection car la lettre B indique que le matériel est protégé contre l'accès aux parties dangereuses avec le doigt.

Matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives

Dans les zones présentant des atmosphères explosives, le matériel doit être choisi en fonction de l'origine du risque : il doit être adapté soit à une atmosphère explosive gaz/vapeurs, soit à une atmosphère explosive poussières.

À titre d'exemple, les modes de protection du matériel électrique utilisé en atmosphère explosive gaz/vapeurs sont rappelés dans le tableau ci-dessous.

	Mode de protection	Symbole
Suppression de l'atmosphère explosive	Suppression interne	p
	Immersion dans l'huile	o
	Encapsulation	m
Suppression de la source d'inflammation	Sécurité augmentée	e
	Sécurité intrinsèque	i
	Non étincelant	n
Non-propagation de l'inflammation	Enveloppe antidéflagrante	d
	Remplissage pulvérulent	q

D'autres caractéristiques du matériel doivent être prises en compte, comme la température maximale de surface.

Pour plus d'information, voir la brochure INRS ED 945 *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique*.

De plus, les zones présentant des risques d'explosion doivent être signalées par pictogramme (voir figure 20). Il ne faut en aucun cas entrer dans un local présentant une atmosphère explosive avec un appareil électrique non adapté.



FIGURE 20. Pictogramme pour signaler les zones ATEX

Le marquage

Il existe plusieurs marquages pour le matériel électrique. Un marquage réglementaire CE (voir figure 21) et des marquages volontaires.

↳ Le marquage CE

Le marquage a un caractère réglementaire obligatoire. Il fait présumer de la conformité du produit aux règles techniques européennes qui lui étaient applicables lors de sa mise sur le marché et confère aux produits concernés le droit de libre circulation sur l'ensemble du territoire de l'Union européenne.



FIGURE 21. Pictogramme de marquage CE

Dans le domaine de l'électricité, les installations ne sont pas soumises au marquage CE contrairement au matériel électrique du domaine basse tension. Les socles de prise de courant domestique ne sont pas visés par le marquage CE. En France, les socles de prise de courant de type domestique doivent être conformes à la norme NF C 61-314.

Pour le matériel utilisé en atmosphère explosive, il existe un marquage spécifique qui permet d'identifier ces matériels et leurs caractéristiques.

Pour plus d'information, voir la brochure INRS ED 945 *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique.*

↳ Autres marques

Il existe d'autres marques (type NF, GS, HAR...) qui ne sont pas à caractère réglementaire et qui sont choisies volontairement par les entreprises qui souscrivent à une démarche de certification, contrairement au marquage CE obligatoire. Par exemple : « La marque NF est une marque collective de certification. Elle garantit la qualité et la sécurité des produits et services certifiés. La marque NF garantit non seulement la conformité aux normes en vigueur, mais aussi à des critères de qualité supplémentaires correspondant aux besoins des consommateurs. » (*site www.marque-nf.com*)

4.4. Protection des opérateurs

La protection des personnes réalisant des opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage repose sur la mise en œuvre, par l'employeur, des mesures prévues par le Code du travail sur le fondement des principes généraux de prévention.

Pour cela, l'employeur a l'obligation de supprimer le risque d'origine électrique ou, à défaut, de le réduire autant qu'il est possible.

Les mesures de prévention vis-à-vis du risque électrique reposent sur les principes suivants :

- 1. la priorité est donnée aux travaux hors tension ;**
- 2. les travaux au voisinage de pièces nues sous tension sont strictement limités.**

Lorsque des travaux sous tension sont nécessaires, par obligation ou impossibilité technique de travailler hors tension (travail sur batterie par exemple), le chef d'établissement, responsable de leur exécution en sécurité, établit un ordre écrit avec justification de la nécessité de travailler sous tension.

Lorsqu'une personne est amenée à réaliser une opération sur ou au voisinage d'une installation électrique, elle doit être habilitée.

Les dimensions de la zone de voisinage autour de pièces nues sous tension sont définies par un arrêté du ministère en charge du travail et par les normes relatives aux opérations sur les ouvrages ou installations (NF C 18-510 et NF C 18-550).

À l'extérieur des locaux, les distances d'éloignement sont respectivement de 3 m pour les lignes aériennes de tension efficace inférieure à 50 kV et de 5 m pour les lignes aériennes de tension efficace égale ou supérieure à 50 kV.

Remarque : Pour les véhicules automobiles et les engins automoteurs à motorisation thermique, électrique ou hybride ayant une énergie électrique embarquée, la notion de voisinage fait l'objet de dispositions différentes des installations pour les tensions du domaine BT.

4.4.1. L'habilitation électrique

Les travailleurs, appelés par leurs fonctions à utiliser une installation électrique, doivent être informés du risque électrique et des mesures de prévention associées. Ceux réalisant des opérations d'ordre électrique ou non (travaux, dépannages, mesures, essais...) sur les installations électriques ou dans leur voisinage doivent être habilités conformément au Code du travail. Les normes NF C 18-510 et NF C 18-550 définissent les modalités d'habilitation des personnes et indiquent les prescriptions de sécurité pour l'exécution de ces opérations.

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

La brochure INRS ED 6127 *L'habilitation électrique* présente à l'ensemble des acteurs concernés (employeurs, personnes habilitées, organismes de formation) les principes et le processus de l'habilitation électrique afin qu'ils puissent connaître leurs droits et obligations. Elle aborde entre autres la place de l'habilitation dans la prévention du risque électrique, les symboles, la démarche d'habilitation ainsi que le contenu des formations préparatoires à l'habilitation électrique.

Dans tous les cas, lors d'une opération, il y a lieu de s'assurer que les personnes :

- possèdent un titre d'habilitation en adéquation avec l'opération à réaliser ;
- possèdent les équipements de travail et les équipements de protection individuelle (EPI) adéquats ;
- ont connaissance des instructions de sécurité à appliquer.

Le terme « opération » est un terme générique qui comprend les travaux et les interventions.

DÉFINITIONS

Opération : Activité exercée sur ou au voisinage d'une installation électrique. Elle peut être de deux natures : d'ordre électrique ou non électrique.

Travail : Opération dont le but est de réaliser, de modifier ou de maintenir une installation électrique. Elle peut être réalisée sur des installations des domaines basse et haute tension.

Intervention : Opération simple, de courte durée, effectuée sur un matériel électrique (moteur par exemple) ou une faible étendue de l'installation (coffret par exemple). Elle ne peut être réalisée que sur des installations du domaine basse tension (tension inférieure ou égale à 1000 V en courant alternatif).

4.4.2. Les prescriptions de sécurité

En application des principes généraux de prévention, l'employeur doit donner aux travailleurs les

instructions nécessaires à l'exécution du travail en sécurité. Les travailleurs habilités doivent être en possession d'un carnet de prescriptions de sécurité établi sur la base des prescriptions pertinentes des normes NF C 18-510 ou NF C 18-550 et complété, si nécessaire, par des instructions de sécurité particulières au travail effectué.

Aucun formalisme n'étant exigé, l'employeur peut établir lui-même ce document ou se le procurer auprès d'un prestataire de services en l'adaptant aux spécificités de son entreprise. À titre d'exemple, certains manuels proposés dans le commerce contiennent les informations suivantes :

- rappel de la réglementation ;
- rappel de notions de base en électricité et accidentologie ;
- environnement des installations électriques ;
- définition, rôle et responsabilité des différents acteurs ;
- titres d'habilitation ;
- pour le travailleur habilité :
 - limites du niveau d'habilitation : opérations autorisées,
 - analyse des risques liés aux opérations autorisées,
 - autorisation d'accès et procédures de suivi et de contrôle,
 - déroulement de l'opération avec les prescriptions de sécurité associées,
 - équipements de protection collective et individuelle,
 - conduite à tenir en cas d'incendie ou d'accident.

4.4.3. Les équipements de protection

Les équipements de protection contre le risque électrique comprennent les équipements de protection individuelle et les autres équipements de protection.

Les équipements de protection individuelle

Les équipements de protection individuelle (EPI) sont destinés à protéger le travailleur contre un ou plusieurs risques professionnels. Leur utilisation ne doit être envisagée qu'en complément des autres mesures d'élimination ou de réduction des risques. Les conditions de mise en œuvre, le choix et l'utilisation des EPI sont définis par l'employeur après analyse du risque, en suivant les principes généraux de prévention.

Les EPI les plus utilisés vis-à-vis du risque électrique sont :

- le casque isolant pour protéger la tête contre les risques de contacts directs avec des pièces nues sous tension ;
- l'équipement de protection oculaire et faciale pour protéger les yeux et la face contre les projections de particules solides, les arcs électriques et l'émission d'UV ;
- les gants isolants pour protéger les mains contre les risques de contact direct avec des pièces nues sous tension ;
- les chaussures isolantes pour isoler l'opérateur du sol afin qu'il ne soit pas traversé par un courant électrique venant d'un retour à la terre par les pieds, en cas de contact direct ou indirect.



FIGURE 22. Casque isolant avec écran facial



FIGURE 23. Gants isolants

Ils font l'objet d'un marquage réglementaire CE en application de la réglementation européenne. Certains EPI font également l'objet d'un marquage normatif.

Les vêtements de travail pour électriciens ne sont pas considérés comme des EPI. Ils sont destinés à atténuer les conséquences des effets de l'arc

électrique et pour cette raison ils ne doivent être ni propagateur de la flamme ni comporter de pièces conductrices.

Les autres équipements de protection

Contrairement aux EPI, les autres équipements de protection ne font pas l'objet d'un marquage réglementaire CE mais certains d'un marquage normatif. Les plus utilisés sont :

- le tapis isolant pour isoler l'opérateur du sol afin qu'il ne soit pas traversé par un courant électrique, en cas de contact avec une pièce nue sous tension ;
- la nappe isolante pour isoler l'opérateur d'un contact fortuit dangereux avec une pièce nue sous tension ;
- les outillages isolants pour ne pas mettre l'utilisateur en contact avec une partie conductrice et pour empêcher la formation d'arc électrique lors des opérations électriques ;
- le dispositif de vérification d'absence de tension pour vérifier l'absence de tension nominale. Il s'agit d'un détecteur de tension spécifiquement conçu pour assurer cette fonction.

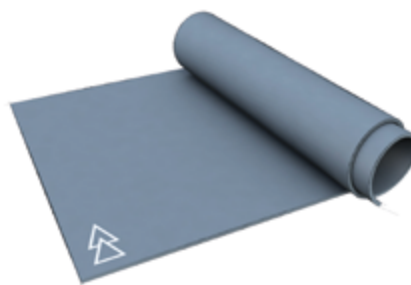


FIGURE 24. Tapis isolant

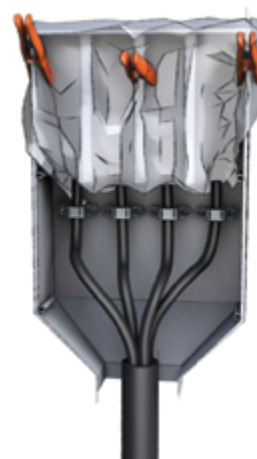


FIGURE 25. Nappe isolante



FIGURE 26. Exemple d'outil isolant



FIGURE 27. Vérificateur d'absence de tension

4.5. Surveillance et vérification des installations

Il ne faut pas confondre la surveillance des installations, qui doit être aussi fréquente que de besoin, avec les vérifications qui doivent être effectuées lors de la mise en service, après modifications puis ensuite périodiquement tous les ans ou tous les deux ans.

4.5.1. La surveillance des installations

Si l'électricité est invisible et pratiquement imperceptible, la présence d'un défaut électrique dans l'installation ou d'anomalies de fonctionnement peut souvent être détectée, par exemple par :

- l'odeur caractéristique des isolants surchauffés lors d'un défaut d'isolement ou d'une surcharge électrique ;
- le bruit de grésillements significatifs des amorçages à l'extérieur ou à l'intérieur d'un appareil électrique ;
- l'élévation de température détectée au toucher lorsque la prise de courant chauffe du fait d'un mauvais contact entre les bornes mâles et femelles ou en cas de surcharge ;
- la vue de câbles souples dont la gaine isolante est abîmée ou réparée sommairement ;
- la vue de prises de courant, interrupteurs, etc. en mauvais état...



FIGURE 28. Signaler les anomalies

Toutes ces manifestations extérieures, qui sont des causes possibles non seulement d'accidents d'origine électrique mais aussi d'incendies ou d'explosions, doivent être signalées à la personne chargée de la surveillance. Toutes les initiatives prises par une personne non qualifiée pour remédier aux anomalies constatées peuvent avoir des conséquences néfastes, tant pour la personne elle-même que pour celles qui seraient appelées à utiliser ces matériels ou installations.

La surveillance doit être assurée par une personne désignée par le chef d'établissement. Sans devoir posséder une qualification en électricité, elle a pour mission de prendre toutes les dispositions permettant de faire cesser sans délai les risques pouvant résulter des anomalies ou des défauts constatés par les travailleurs dans l'état apparent du matériel ou dans son fonctionnement.

Cette surveillance a pour but essentiel de veiller :

- au maintien des dispositions mettant hors de portée des travailleurs les conducteurs et pièces conductrices normalement sous tension ;
- au bon état des conducteurs souples aboutissant aux appareils amovibles ainsi qu'à leurs organes de raccordement ;
- à l'efficacité de la signalisation des défauts d'isolement détectés par les contrôleurs permanents d'isolement ;
- au bon état de propreté du matériel.

4.5.2. Vérifications des installations

L'employeur est tenu de vérifier ou de faire vérifier les installations permanentes ou temporaires qu'il utilise. Pour les installations permanentes, on distingue trois types de vérifications :

- initiale lors de la mise en service de l'installation et après une modification affectant la structure de l'installation (augmentation de la puissance du transformateur principal, création d'un atelier de fabrication par exemple) ;
- périodique ;
- sur demande de l'inspection du travail.

Les vérifications initiales ont pour objectif de vérifier la conformité de l'installation aux prescriptions de sécurité. Elles sont réalisées lors de la mise en service de l'installation et après une modification de structure. Elles doivent être réalisées par un organisme accrédité.

Les vérifications périodiques ont pour objectif de s'assurer du maintien de la conformité de l'installation aux règles de santé et sécurité applicables. Elles peuvent être réalisées soit par un organisme accrédité soit par une personne qualifiée appartenant à l'entreprise et dont la compétence est appréciée par l'employeur. Cette personne doit posséder une formation juridique, technique, professionnelle et en santé et sécurité, pratiquer régulièrement l'activité de vérification et être capable de rédiger les rapports correspondants. Il est préférable que ce ne soit pas l'utilisateur habituel car celui-ci pourrait s'être adapté à un fonctionnement dégradé.

Les vérifications portent non seulement sur les points énumérés précédemment mais également :

- sur les dispositions vis-à-vis des risques de contact direct et indirect ainsi que sur leur efficacité et en particulier le bon fonctionnement des dispositifs sensibles aux courants différentiels résiduels, la continuité des conducteurs de protection, la valeur des prises de terre... ;
- sur les dispositions vis-à-vis des risques d'incendie et d'explosion ;
- sur les dispositions vis-à-vis de la protection contre les surintensités des canalisations et récepteurs ;
- sur les dispositions vis-à-vis de l'identification des différentes parties de l'installation...

Le contenu détaillé de ces vérifications ainsi que les méthodes à utiliser lors de ces vérifications font l'objet d'un arrêté du ministère du Travail.

Pour les installations temporaires, des dispositions spécifiques ont été précisées par des arrêtés.

Ces vérifications peuvent être réalisées selon le cas, par une personne qualifiée appartenant à l'entreprise ou un organisme accrédité (voir www.cofrac.fr).

DÉFINITIONS

Personne qualifiée : Il s'agit de personne, entreprise ou organisme compétent dans le domaine de la prévention du risque électrique et connaissant les dispositions réglementaires.

Organisme accrédité : L'accréditation est la procédure par laquelle un organisme faisant autorité reconnaît formellement qu'un organisme, ou une personne, est compétent pour effectuer des tâches spécifiques. En France, l'organisme accréditeur est le Cofrac (Comité français d'accréditation).

LES VÉRIFICATIONS DES INSTALLATIONS

Installations	Vérifications	Quand	Objectif	Qui
Permanent	Initiale	Lors de la mise en service et après modification de structure	Conformité aux prescriptions réglementaires de sécurité	Organisme accrédité
	Périodique	Périodiquement 1 ou 2 ans (sous conditions définies par un arrêté du 26/12/2011)	Maintien de la conformité aux règles de santé et sécurité applicables	Personne qualifiée appartenant à l'entreprise ou organisme accrédité
	Sur demande de l'inspection du travail	Sur demande de l'inspection de travail	Conformité de tout ou partie de l'installation	Organisme accrédité
Temporaires	Première vérification, vérification complémentaire, vérification périodique annuelle		Conformité et maintien de conformité aux règles de santé et sécurité applicables	Organisme accrédité ou personne qualifiée
	Sur demande de l'inspection de travail		Conformité de tout ou partie de l'installation	Organisme accrédité



Conclusion

La prévention du risque électrique repose sur l'élément matériel, c'est-à-dire les installations électriques et les matériels alimentés par ces dernières, et également sur les personnes qui mettent en œuvre ces installations.

➤ Installation électrique

Une installation électrique est constituée d'un ensemble de matériels électriques mis en œuvre pour la production, la conversion, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique. Parmi ces matériels, on peut citer les transformateurs, les tableaux généraux BT, les armoires, les coffrets, les disjoncteurs, les fusibles, les câbles, les moteurs... Elle est alimentée par le réseau de distribution publique sous différentes tensions généralement de 400 V à 20 kV et dans certains cas 63 kV voire plus. La sécurité de ces installations repose sur le respect des textes réglementaires et des normes d'installation associées qui régissent la conception, la réalisation, l'utilisation, la vérification et l'entretien de ces installations, notamment par le choix d'appareils de protection, de coupure et de surveillance adaptés.

➤ Personnel

L'ensemble du personnel est concerné par le risque électrique : de l'encadrement au travailleur exécutant. Tout le personnel doit être sensibilisé vis-à-vis du risque électrique afin de posséder les bons réflexes en cas d'incident ou d'accident. Pour cela, outre les séances de formation/information, des campagnes d'affichages peuvent être mises en place. Le personnel réalisant les opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage doit être habilité conformément aux prescriptions de sécurité contenues dans la norme NF C 18-510. Il doit posséder un carnet de prescriptions de sécurité complété, le cas échéant, par des instructions de sécurité particulières au travail à effectuer. De plus, il doit avoir à sa disposition les équipements de travail et équipements de protection individuelle en adéquation avec l'opération à réaliser.

Annexes

ANNEXE 1. RÉSISTANCE DU CORPS HUMAIN

La résistance du corps humain est variable d'un individu à l'autre. Elle résulte de celle de la peau et de celle des tissus internes. La peau est la barrière la plus efficace à la pénétration du courant à l'intérieur du corps et sa résistance électrique varie en fonction :

- de son état de surface (peau sèche, humide, mouillée) ;
- de son épaisseur (peau fine ou calleuse).

Pour une peau sèche et fine, au-delà d'une tension électrique de 50 V environ en courant alternatif, la barrière isolante constituée par la peau cède et le courant circulant dans le corps augmente rapidement. La résistance du corps humain n'est plus limitée que par la résistance des tissus et liquides internes qui est faible par rapport à la peau. Cette résistance, appelée résistance initiale, varie entre 500 et 1000 Ω .

Hormis les cas où la tension est appliquée entre deux mains nues, cette résistance peut être augmentée

par les vêtements et les équipements de protection comme les gants et chaussures isolantes.

La pression exercée sur le conducteur ou les parties conductrices sous tension ainsi que l'étendue de la surface de contact influent sur la résistance totale et donc sur la valeur de l'intensité du courant. Lorsque le contact est bien assuré, tant par la pression exercée que par la surface de contact, l'intensité qui traverse le corps humain entraîne souvent des séquelles irréversibles ou la mort.

Le tableau ci-après, extrait de cette spécification technique, indique les valeurs de l'impédance du corps humain en Ω :

- pour un trajet de courant main à main ;
- pour des surfaces de contact importantes, moyennes et faibles ;
- dans des conditions sèches et humides ;
- pour les tensions de contact de 50 V, 100 V et 200 V en courant alternatif 50/60 Hz ;
- concernant 95 % de la population.

VALEUR DE L'IMPÉDANCE DU CORPS HUMAIN (Ω)

Tension de contact en V	Surfaces de contact importantes		Surfaces de contact moyennes		Surfaces de contact faibles	
	Conditions sèches	Conditions humides	Conditions sèches	Conditions humides	Conditions sèches	Conditions humides
50	4 600	3 675	23 925	13 700	250 250	99 725
100	3 125	2 950	9 150	8 525	70 400	52 800
200	2 050	2 050	3 525	3 525	8 650	8 650

Les valeurs contenues dans le présent tableau sont extraites d'une spécification technique du comité électrotechnique international (CEI) intitulée « Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques. Partie 1 : Aspects généraux ». Référence : CEI – TS 60479.



ANNEXE 2. LES DOMAINES DE TENSION

Les installations électriques sont classées en quatre domaines « en fonction de la plus grande des tensions nominales existant, soit entre deux quelconques de leurs conducteurs, soit entre l'un d'entre eux et la terre ».

Domaine de tension	Courant alternatif	Courant continu ⁷
Très basse tension (TBT)	$U_n \leq 50 \text{ V c.a.}$	$U_n \leq 120 \text{ V c.c.}$
Basse tension (BT)	$50 \text{ V} < U_n \leq 1000 \text{ V c.a.}$	$120 < U_n \leq 1500 \text{ V c.c.}$
Haute tension A (HTA)	$1000 \text{ V} < U_n \leq 50\,000 \text{ V c.a.}$	$1500 \text{ V} < U_n \leq 75\,000 \text{ V c.c.}$
Haute tension B (HTB)	$U_n > 50\,000 \text{ V c.a.}$	$U_n > 75\,000 \text{ V c.c.}$

La tension nominale est définie normativement comme la « valeur de la tension par laquelle l'installation électrique ou une partie de l'installation électrique est désignée et identifiée ».

En France, les tensions nominales délivrées par les réseaux de distribution publique sont en monophasé 230 V et en triphasé 230/400 V. Les tolérances sont de + 6 %, – 10 %.

7. Pour les courants autres que les courants continus lisses, les valeurs de tensions qui précèdent correspondent à des valeurs de tensions efficaces.



Bibliographie

↳ CODE DU TRAVAIL

- [1] Articles R. 4215-1 à R. 4215-17 :
Conception des installations électriques.
- [2] Articles R. 4226-1 à R.4226-13 :
Utilisation des installations électriques.
- [3] Articles R. 4226-14 à R. 4226-21 :
Vérifications des installations électriques.
- [4] Articles R. 4544-1 à R.4544-11 :
Opérations sur les installations électriques.

↳ NORMES

- NF C 15-100 : « Installations électriques basse tension ».
- NF C 18-510 : « Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique. Prévention du risque électrique ».
- NF C 18-550 : « Opérations sur véhicules et engins à motorisation thermique, électrique ou hybride ayant une source d'énergie électrique embarquée. Prévention du risque électrique ».
- CEI / TS 60479-1 : « Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques. Partie 1 : Aspects généraux ».

↳ PUBLICATIONS INRS

- Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives. Guide méthodologique*, ED 945.
- Incendie et lieu de travail. Prévention et lutte contre le feu*, ED 990.
- L'habilitation électrique*, ED 6127.
- La prévention du risque électrique. Textes réglementaires relevant du Code du travail*, ED 6187.
- Napo dans... Chocs électriques !*, DV 0404 (DVD).
- Dossier web *Risques électriques* : inrs.fr/risques/electriques.

Pour commander les brochures et les affiches de l'INRS,
adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cramif ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et de la Cramif

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14, rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)
3, place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11, avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
fax 03 89 21 62 21
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80, avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
documentation.prevention@
carsat-aquitaine.fr
www.carsat-aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont Républiques
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 19
fax 04 73 42 70 15
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa-Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236, rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex 09
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drp.cdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE - VAL DE LOIRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36, rue Xaintrailles
CS44406
45044 Orléans cedex 1
tél. 02 38 79 20 21
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-cvl.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
TSA 34809
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19, place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
prevdocinrs.cramif@assurance-maladie.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29, cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2, rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85, rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11, allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours
CS 36028
76028 Rouen cedex 1
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2, place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26, rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 97 92
fax 04 72 91 98 55
prevention.doc@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35, rue George
13386 Marseille cedex 20
tél. 04 91 85 85 36
documentation.prevention@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

Espace Amédée Fengarol, bât. H
Parc d'activités La Providence, ZAC de Dothémare
97139 Les Abymes
tél. 05 90 21 46 00 – fax 05 90 21 46 13
risquesprofessionnels@cgss-guadeloupe.fr
www.preventioncgss971.fr

CGSS GUYANE

CS 37015
97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4, boulevard Doret, CS 53001
97741 Saint-Denis cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss.re
www.cgss-reunion.fr

CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes,
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 76 19 – fax 05 96 51 81 54
documentation.atmp@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

Cette brochure a pour but de répondre aux questions que toute personne non spécialisée en électricité est susceptible de se poser sur les risques professionnels d'origine électrique. Elle explique ce qu'est l'électricité et présente les dommages corporels causés par le courant électrique, leurs origines, ainsi que les principales règles de prévention.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6345

1^{re} édition • novembre 2019 • 3 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2513-8

► L'INRS est financé par la Sécurité sociale - Assurance maladie / Risques professionnels ◄

www.inrs.fr

YouTube

