

ROYAUME DE BELGIQUE

SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE, P.M.E., CLASSES MOYENNES ET ENERGIE
ET SERVICE PUBLIC FEDERAL EMPLOI, TRAVAIL ET CONCERTATION SOCIALE

Arrêté royal modifiant les articles 98 et 99 du Règlement Général sur les Installations Electriques

ALBERT II, Roi des Belges,

A tous, présents et à venir, Salut.

Vu la loi du 10 mars 1925 sur les distributions d'énergie électrique, notamment l'article 21, 1°;

Vu la loi du 4 août 1996 relative au bien-être des travailleurs lors de l'exécution de leur travail, notamment l'article 4, 1°;

Vu l'arrêté royal du 10 mars 1981 rendant obligatoire le Règlement Général sur les Installations Electriques pour les installations domestiques et certaines lignes de transport et de distribution d'énergie électrique et l'arrêté royal du 2 septembre 1981 modifiant le Règlement Général sur les Installations Electriques et le rendant obligatoire dans les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes ainsi que dans ceux visés à l'article 28 du Règlement Général pour la Protection du Travail, modifié par les arrêtés royaux des 29 mai 1985, 7 avril 1986 et 30 mars 1993;

Vu le Règlement Général sur les Installations Electriques annexé à l'arrêté royal du 10 mars 1981, notamment les articles 98 et 99;

Vu l'avis du Comité Permanent de l'Electricité, donné le 13 février 2003;

Vu l'avis du Conseil supérieur pour la Prévention et la Protection au travail, donné le 27 juin 2003;

Vu l'accomplissement des formalités prescrites par la Directive 98-34-CE du Parlement européen et du Conseil prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques;

Vu les lois sur le Conseil d'Etat, coordonnées le 12 janvier 1973, notamment l'article 3, § 1er, remplacé par la loi du 4 juillet 1989 et modifié par la loi du 4 août 1996;

Vu l'urgence;

Considérant que les prescriptions reprises au présent arrêté constituent des amendements et compléments à la réglementation en ce qui concerne la prévention des chocs électriques par contacts indirects en haute tension, qu'il y a lieu de rendre obligatoires sans délai en vue d'assurer la sécurité;

Sur la proposition de Notre Ministre du Travail, de Notre Ministre de l'Energie et de Notre Secrétaire d'Etat à l'Organisation du Travail et au Bien-être au travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article 1er.- Pour l'application du présent arrêté, il faut entendre par "Règlement", le Règlement Général sur les Installations Electriques, faisant l'objet de l'arrêté royal du 10 mars 1981 rendant obligatoire le Règlement Général sur les Installations Electriques pour les installations domestiques

et certaines lignes de transport et de distribution d'énergie électrique et de l'arrêté royal du 2 septembre 1981 modifiant le Règlement Général sur les Installations Electriques et le rendant obligatoire dans les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes ainsi que dans ceux visés à l'article 28 du Règlement Général pour la Protection du Travail, modifié par les arrêtés royaux des 29 mai 1985, 7 avril 1986 et 30 mars 1993.

Art. 2.- Les articles 98 et 99 du Règlement sont respectivement remplacés par les articles suivants :

"Art. 98.- LA PREVENTION DES CHOCS ELECTRIQUES PAR CONTACTS INDIRECTS EN HAUTE TENSION

01.- Définitions

01.1.- Termes relatifs à la protection contre les chocs électriques en haute tension

Tension de contact par rapport à la terre " U_T " : partie de l'élévation du potentiel de terre U_E qui peut être appliquée à une personne, le courant traversant le corps humain entre les mains et les pieds (distance horizontale de 1 m entre les pieds et la masse touchée).

Tension de contact admissible " U_{Tp} " : valeur limite admissible de la tension de contact en fonction de la durée du courant de défaut.

Ces limites sont définies par la courbe de sécurité de la figure 98.2 pour les installations de transport et de distribution d'électricité ou pour les installations accessibles uniquement à des personnes BA4 ou BA5.

Elles sont définies par les courbes de sécurité de l'article 31-03 pour tous les autres cas.

Tension de pas " U_S " : partie de l'élévation du potentiel de terre U_E qui peut être appliquée à une personne ayant une longueur de pas de 1 m, lorsque le courant traverse le corps humain de pied à pied.

Différences de potentiel dangereuses : les différences de potentiel dangereuses sont celles qui peuvent provoquer des tensions de contact dépassant la valeur admissible U_{Tp} .

01.2.- Termes relatifs aux mises à la terre en haute tension

Installation de mise à la terre locale : ensemble d'étendue limitée, comportant une ou plusieurs prises de terre interconnectées, les conducteurs de terre correspondants et les conducteurs de protection.

Mise à la terre globale : mise à la terre obtenue au moyen d'un ensemble d'installation de mises à la terre locales connectées entre elles par une liaison galvanique, comprenant éventuellement les câbles avec effet de terre.

Câble avec effet de terre : conducteur nu ou partie métallique de la gaine d'un câble, qui par son contact avec la terre, se comporte comme une prise de terre.

Elévation du potentiel de terre " U_E " : tension présente entre une installation de mise à la terre et la terre neutre (de référence) par suite d'un courant de défaut à la terre.

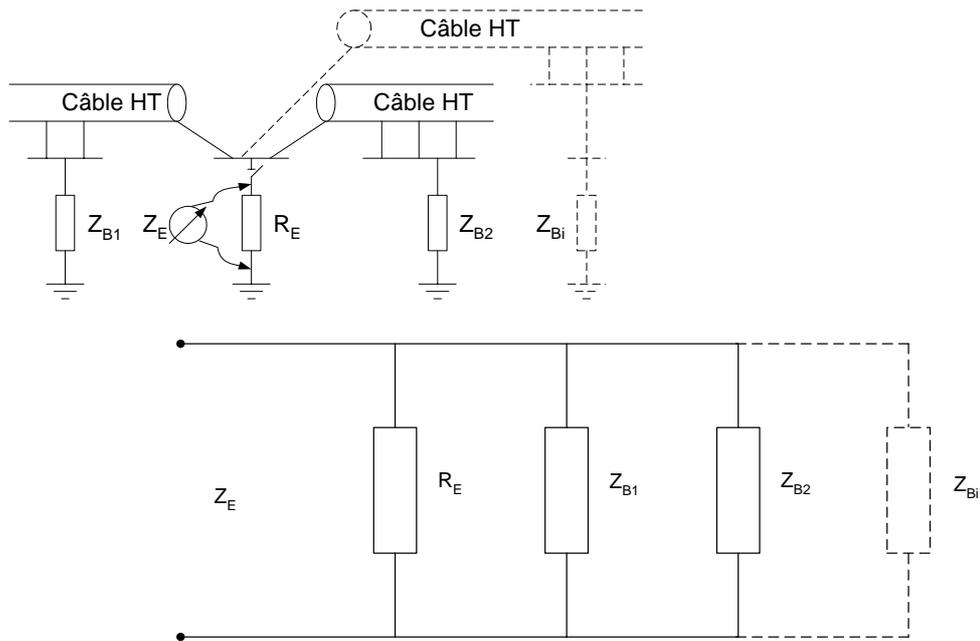
Potentiel de surface de la terre " U_ϕ " : tension entre un point du sol et la terre neutre (de référence) qui résulte d'un courant de défaut.

Zone neutre ou terre neutre (de référence) : partie de la terre située en dehors de la zone d'influence d'une prise de terre et dans laquelle, entre deux points quelconques, ne peut apparaître une différence de potentiel perceptible par suite d'un courant de défaut à la terre.

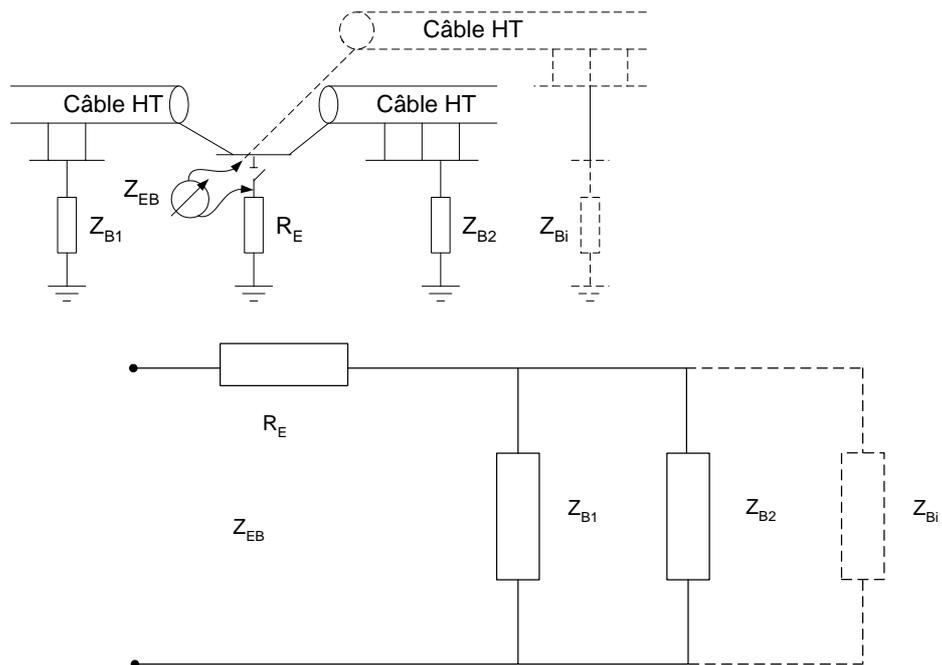
Zone de dispersion (d'une prise de terre) : zone entourant la prise de terre et située en dehors de la zone neutre.

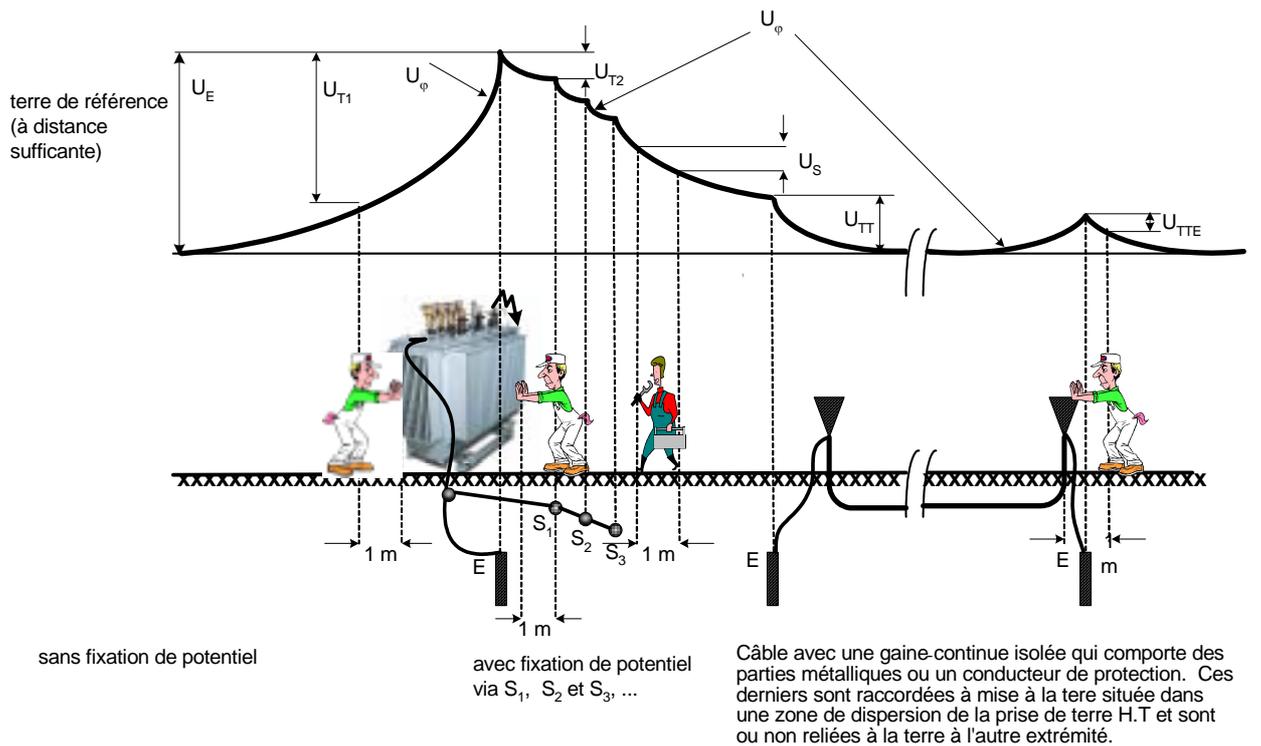
Résistance de terre " R_E " (résistance de dispersion d'une prise de terre) : résistance entre la prise de terre et la terre de référence.

Impédance de terre " Z_E " : impédance entre l'installation de mise à la terre, éventuellement interconnectée avec d'autres installations de mise à la terre, et la terre de référence.



Impédance de boucle d'une prise de terre " Z_{EB} " : impédance de du circuit formé par la résistance " R_E " de la prise de terre en série avec l'impédance " Z_B " que constituent tous les autres chemins de retour à la terre.





Tension de contact transférée " U_{TT} " : valeur de la tension de contact transférée par les parties métalliques de la gaine d'un câble ou par un conducteur de protection, si ceux-ci ne sont pas mis à la terre à l'extrémité éloignée.

Tension de contact transférée " U_{TTE} " : valeur de la tension de contact transférée par les parties métalliques de la gaine d'un câble ou par un conducteur de protection, si ceux-ci sont aussi mis à la terre à l'extrémité éloignée.

E	prises de terre
S_1, S_2, S_3	prises de terre additionnelles permettant de limiter les différences de potentiel (par exemple, prises de terre en boucle reliées à la prise de terre E)
U_E	élévation du potentiel de terre
U_S	tension de pas
U_T	tension de contact par rapport à la terre
U_ϕ	potentiel de surface de la terre

Exemple montrant la variation du potentiel de surface et les tensions lorsque des courants circulent dans les prises de terre

02.- Algemene principes

La protection contre les chocs électriques par contacts indirects doit, dans les installations à haute tension, être assurée :

1) en limitant la probabilité de l'apparition d'un défaut pouvant entraîner des tensions de contact dangereuses.

Pour ce faire, il convient de s'assurer que :

- le matériel électrique a été conçu, construit, choisi et installé de façon à pouvoir être utilisé en toute sécurité;
 - le matériel électrique est utilisé conformément à sa destination;
 - le matériel électrique est entretenu de manière appropriée.
- 2) en connectant toutes les masses de l'installation électrique à haute tension à une prise de terre;
- 3) en prenant toutes les mesures de protection complémentaires, selon le cas :
- par la mise en oeuvre de mesures de protection passives, et/ou,
 - par la mise en oeuvre de mesures de protection actives.
- Si diverses mesures de protection sont appliquées simultanément, elles ne peuvent ni s'annuler ni s'influencer négativement.

03.- Installation de mise à la terre

03.1.- Exigences de base

Les caractéristiques de l'installation de mise à la terre sont déterminées de telle sorte que les objectifs suivants soient atteints :

- 1) offrir une résistance aux influences mécaniques et chimiques prévisibles;
- 2) offrir une résistance à l'action thermique du courant de défaut maximal prévisible;
- 3) empêcher la détérioration des biens et du matériel;
- 4) garantir la sécurité des personnes, compte tenu de la tension qui peut apparaître lors de l'écoulement du courant de défaut maximal prévisible à travers l'installation de mise à la terre, compte tenu des mesures de protection passives et actives.

03.1.1.- Résistance aux influences mécaniques et chimiques

Les éléments constituant d'une installation de mise à la terre sont fabriqués avec des matériaux offrant une résistance suffisante aux phénomènes de corrosion (corrosion chimique ou biologique, oxydation, corrosion électrolytique, etc...).

De plus ils offrent la résistance nécessaire aux contraintes mécaniques auxquelles ils peuvent être soumis tant au cours de leur placement, que pendant leurs conditions normales de fonctionnement.

03.1.2.- Résistance à l'action thermique de courants de défaut

Les sections à respecter pour les conducteurs constituant les éléments de l'installation de mise à la terre sont fonction du courant de défaut maximal prévisible.

Quand le courant de défaut se répartit sur un ensemble d'électrodes de terre, les dimensions de chaque électrode de terre peuvent être déterminées en tenant compte de cette répartition du courant.

Le calcul de la résistance thermique de l'installation de mise à la terre doit tenir compte de la valeur et de la durée du courant de défaut. A cet effet, on opère une distinction entre une durée inférieure ou égale à 5 secondes (échauffement adiabatique) et une durée supérieure à 5 secondes (échauffement non adiabatique).

Pour une durée inférieure ou égale à 5 secondes, la section minimale est calculée par la formule :

$$S \geq \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

avec :

S : section en mm²

- I : valeur efficace du courant de défaut phase/terre en A
 t : durée du courant de défaut en secondes
 k : constante à 20 degrés Celsius dépendante de la nature du matériau.
 Les valeurs de cette constante correspondant à la plupart des matériaux utilisés sont répertoriées au tableau 98.2.
 β : valeur inverse du coefficient de température (α) de la résistivité du matériau en fonction de la température du matériau en degré Celsius comme indiqué au tableau 98.2.
 Θ_i : température initiale en °C dans des conditions ambiantes normales.
 Θ_f : température maximale admissible en °C après l'écoulement du courant de défaut indiqué au tableau 98.3.

Pour une durée supérieure à 5 secondes, la section minimale est déterminée à l'aide de l'un des graphiques représentés aux figures 98.1a et 98.1b. Les droites 1, 2 et 4 se rapportent à une température finale de 300°C. La droite 3 se rapporte à une température finale de 150°C. Quand la température finale à respecter n'est pas égale à 300°C, il convient d'appliquer le facteur de correction défini au tableau 98.4, à la valeur lue sur le graphique des figures 98.1a et 98.1b. Les valeurs des figures 98.1a et 98.1b et du tableau 98.4 ne sont pas valables pour des conducteurs sous contrainte mécanique; pour ces derniers, il convient de définir les valeurs par calcul.

03.2.- Réalisation des prises de terre

03.2.1.- Généralités

Une prise de terre peut être réalisée en enfouissant dans le sol une ou plusieurs électrodes de terre horizontales, verticales ou obliques.

Les électrodes de terre disposées horizontalement sont enfouies à une profondeur de minimum 0,6 m sous la surface du sol.

En ce qui concerne les électrodes de terre verticales ou obliques, seule la partie utile est prise en compte. Elles sont placées les unes par rapport aux autres à une distance au moins égale à leur longueur.

Lorsque divers matériaux susceptibles de constituer des couples galvaniques doivent être connectés les uns aux autres, il convient de protéger ces matériaux à l'endroit même de leur(s) connexion(s), par des moyens durables, contre le contact avec des électrolytes provenant de leur environnement.

La prise de terre ne peut être en contact avec un quelconque élément métallique étranger enfoui dans la terre.

03.2.2.- Caractéristiques

a. Choix des matériaux et dimensions minimales

A l'exception des cas particuliers repris en b6.1, les électrodes de terre sont constituées de matériaux mentionnés au tableau 98.1.

Leurs dimensions minimales, en fonction du matériau et du type d'électrode, sont conformes aux valeurs mentionnées au dit tableau.

b. Réalisation

La prise de terre est réalisée suivant une des méthodes ou combinaison de méthodes décrites ci-après :

- b.1) Soit une boucle de terre d'au moins 8 m de long, en contact avec la terre et disposée à fond d'une fouille. Si l'installation à haute tension se trouve dans un bâtiment, la boucle de terre est placée de préférence sous les parois extérieures du bâtiment.
 Les deux extrémités de la boucle sont reliées à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;
- b.2) Soit au moins quatre piquets de terre d'une longueur utile minimale de 1,5 m, enfoncés verticalement ou obliquement (max. 45° par rapport à la verticale) vers l'extérieur de la construction et régulièrement répartis autour de celle-ci. Ces piquets sont reliés entre eux

- par une boucle de terre dont les deux extrémités sont reliées à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;
- b.3) Soit une électrode de terre profonde d'une longueur enfoncée d'au moins 6 m. Cette électrode de terre est raccordée par un conducteur de terre à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;
 - b.4) Soit une électrode de terre horizontale ayant une longueur utile d'au moins 8 m. Cette électrode de terre est raccordée par un conducteur de terre à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;
 - b.5) Soit un réseau maillé ayant une aire supérieure à 200 m² et constitué d'au moins 9 mailles. Ces mailles, de 10 m maximum de côté, sont situées de préférence sous la zone occupée par l'installation haute tension.

Des dispositifs de déconnexion de terre ne sont pas requis dans ce cas, mais la mesure de la valeur initiale de la résistance de terre (telle que prévue en c.2) doit être rendue possible avant la mise en service.

b.6) Cas particulier

1. La prise de terre des installations électriques des chemins de fer, situées le long des voies et dont la tension nominale entre conducteurs actifs ne dépasse pas 1100 volts en courant alternatif, peut être constituée d'un ensemble de poteaux en acier interconnectés électriquement et enfouis dans un massif de béton en contact direct avec la terre pour autant que:
 - la surface de contact entre poteau et béton, située à au moins 30 cm en dessous de la surface du sol, soit au moins égale à 5000 cm² par poteau;
 - le nombre de poteaux soit au moins de 30;
 - la distance minimale entre 2 poteaux soit de 10 m.
2. La prise de terre des installations électriques visées par l'article 88 du présent règlement, peut être constituée d'un ensemble de pieux en béton armé en contact direct avec la terre pour autant que:
 - le nombre de pieux soit au moins de 4;
 - la longueur utile soit d'au moins 10 m;
 - la distance entre chacun des 4 pieux soit au moins 6 m;
 - le diamètre des pieux soit d'au moins 35 cm;
 - les armatures des différents pieux soient interconnectés électriquement.

Des dispositifs de déconnexion de terre ne sont pas requis dans ce cas, mais la mesure de la valeur initiale de la résistance de terre (telle que prévue en c.2) doit être rendue possible avant la coulée de la dalle de béton.

c. Résistance de terre

c.1) Valeur maximale

Excepté pour les cas mentionnés ci-dessous, la valeur de la résistance de terre (R_E) de la prise de terre est inférieure ou égale à 10 Ω .

Dans le cas où l'installation est raccordée à une terre globale cette limite est de 15 Ω .

Si la résistivité du sol est supérieure à 150 Ωm , ces limites sont définies par la formule ci-dessous:

$$15 \frac{\rho_E (\Omega m)}{150 (\Omega m)} \Omega$$

avec ρ_E la résistivité locale du sol à 1 m de profondeur.

Cas particulier:

Dans le cas b.6.1 du paragraphe 3.2.2 ces valeurs ne sont pas d'application, néanmoins l'impédance de terre Z_E doit être inférieure à 1Ω .

c.2) Valeur initiale

La valeur de la résistance de terre (R_E) est mesurée avant la mise en service. Elle s'appelle "valeur initiale de la résistance de terre".

d. Cas particuliers

d.1) La prise de terre destinée à la mise à la terre des parties métalliques inaccessibles installées sur des supports non métalliques de lignes à haute tension et ne comportant pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement, est réalisée suivant b.2). Les exigences relatives à la valeur maximale de la résistance de terre, telle que définie en c1), ne sont pas d'application dans ce cas.

d.2) Le placement d'un sectionneur de terre n'est pas requis pour les mises à la terre des supports des lignes à HT sur lesquelles il n'y a pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement installé.

03.2.3.- Mise à la terre globale

a. Principe général

La mise à la terre globale permet de limiter les élévations du potentiel des terres locales par une meilleure dispersion du courant de défaut à la terre.

La mise à la terre globale est obtenue par :

- soit une longueur suffisante de câbles avec effet de terre;
- soit un nombre suffisant d'installations de mise à la terre haute tension reliées entre elles par des conducteurs de protection;
- soit une combinaison des deux possibilités citées ci-dessus.

b. Conditions auxquelles doit satisfaire une mise à la terre globale

Une mise à la terre globale doit satisfaire à une des conditions b.1) ou b.2) ou b.3) ci-après :

b.1) - les installations de mise à la terre locale à HT sont reliées aux câbles avec effet de terre;
- la somme des longueurs de ces câbles est d'au moins 1 km, les tracés communs ne comptent qu'une seule fois;

b.2) au moins 20 installations de mise à la terre locale à HT sont interconnect;

b.3) combinaison des conditions b.1) et b.2) en admettant qu'une installation de mise à la terre locale équivaut à 50 m de câble avec effet de terre.

Les câbles avec effet de terre ne doivent pas nécessairement constituer un ensemble continu mais peuvent être reliés entre eux par des conducteurs de protection contenus dans d'autres types de câbles ou de lignes aériennes. La longueur moyenne (L) des conducteurs de protection servant à l'interconnection des installations de mise à la terre locales et/ou des tronçons de câbles avec effet de terre doit répondre à la formule suivante:

$$L \leq 500 \frac{S_m}{16mm^2} \quad (m)$$

S_m = moyenne des sections, pondérée en fonction de la longueur des conducteurs de protection des câbles de liaison et exprimée en mm^2 de section équivalent cuivre.

Si une liaison comprend divers câbles en parallèle, il convient d'en tenir compte lors du calcul de S_m .

La continuité électrique des parties métalliques des gaines et des conducteurs de protection doit être assurée au droit des connexions, des postes de sectionnement, des postes de

transformation et des supports.

c. Utilisation de la mise à la terre globale du réseau de distribution publique

A la demande de l'exploitant d'une installation à haute tension qui ne fait pas partie du réseau haute tension de distribution publique, l'exploitant du réseau haute tension de distribution de ce réseau confirmera par écrit si oui ou non l'installation concernée sera intégrée dans un réseau qui bénéficie d'une mise à la terre globale.

03.3.- Contrôle des installations de mise à la terre

03.3.1.- Généralités

Le contrôle des installations de mise à la terre vise la vérification de :

- l'intégrité de l'installation de mise à la terre locale;
- la continuité des mises à la terre.

Le contrôle s'effectue par la mesure d'une ou des grandeurs suivantes :

- la résistance de terre R_E
- l'impédance de boucle Z_{EB}
- l'impédance de terre Z_E

Remarques :

1. L'impédance de boucle Z_{EB} d'une prise de terre constitue une estimation de la résistance de terre R_E dans la mesure où l'impédance de l'ensemble des autres prises de terre de l'installation ou du réseau, vue depuis le point de mesure, présente une valeur nettement plus faible.
La mesure de l'impédance de boucle constitue aussi un test de continuité locale de l'interconnexion des terres.
2. L'impédance de terre Z_E de l'installation est le paramètre principal assurant la protection active contre les chocs électriques. Elle peut être mesurée par la même méthode que celle utilisée pour déterminer la valeur initiale de R_E .
3. Toutes les valeurs d'impédance sont exprimées en module.

03.3.2.- Contrôle de conformité avant la mise en service

Le contrôle s'effectue par la mesure de la résistance de terre R_E .

La mesure de R_E n'est pas d'application dans le cas des supports non métalliques de lignes à haute tension ne comportant pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement.

03.3.3.- Contrôle périodique

Lors du premier contrôle périodique l'impédance de terre Z_E est mesurée. Le résultat de la mesure est satisfaisant si Z_E reste inférieur à la valeur maximale autorisée de R_E .

Si la valeur de Z_E est inférieure à 1Ω , et pour autant qu'il existe une liaison avec d'autres installations de mise à la terre, il y a lieu, lors des visites de contrôles ultérieures, de réaliser une mesure de l'impédance de boucle Z_{EB} . Cette mesure peut être effectuée avec ou sans déconnexion du conducteur de terre.

La valeur de Z_{EB} doit être supérieure à Z_E et inférieure à la plus grande des deux limites :

- valeur initiale de $R_E + 1 \Omega$
- ou
- valeur initiale de $R_E + 50 \%$.

En cas de dépassement il y a lieu de mesurer à nouveau R_E et de vérifier la continuité de mise à la terre par la mesure de Z_{EB} .

Si la valeur de Z_E est supérieure ou égale à 1Ω il y a lieu de mesurer R_E .

Lors des visites de contrôles ultérieures la procédure est répétée.

La mesure de R_E et de Z_{EB} n'est pas d'application dans le cas de supports des lignes aériennes. Seule Z_E est mesurée lors des contrôles périodiques.

La mesure de R_E , Z_{EB} , Z_E n'est pas d'application dans le cas des supports non métalliques de lignes à haute tension ne comportant pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement.

04.- Protection passive contre les chocs électriques par contacts indirects en haute tension

04.1. - Généralités

Les mesures de protection passives sont des mesures qui ne reposent pas sur la coupure de l'alimentation et qui se limitent à des machines et des appareillages électriques isolés ou à des équipements électriques locaux, afin de rendre impossible l'accès simultané de parties entre lesquelles, en raison d'un défaut dans l'installation à haute tension, la tension de contact peut atteindre une valeur dangereuse.

Cette protection consiste à prendre les mesures suivantes soit séparément soit en combinaison :

- 1) l'enveloppement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 2) l'isolation des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 3) l'éloignement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 4) la protection par écran des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 5) la réalisation d'une zone équipotentielle mise à la terre.

Nonobstant les mesures de protection citées ci-avant, les masses du matériel à haute tension doivent localement être mises à la terre.

04.2.- Enveloppement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension

L'enveloppement des masses, ainsi que des éléments conducteurs étrangers, est considéré comme efficace si, dans le volume d'accessibilité au toucher :

- 1) l'enveloppement des masses et éléments conducteurs étrangers est réalisée de telle sorte que le niveau de rigidité correspond à la tension de contact prévisible qui est au maximum égale à $U_E/2$;
- 2) l'enveloppement est convenablement fixé et résiste aux forces auxquelles il peut être exposé.

04.3.- Isolation des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension ou vice versa

L'isolation des masses, ainsi que des éléments conducteurs étrangers est considérée comme efficace si, dans le volume d'accessibilité au toucher :

- 1) l'isolation des masses, ainsi que des éléments conducteurs étrangers ou le positionnement isolé des éléments conducteurs étrangers, est réalisée de telle sorte que le niveau d'isolation correspond à la tension de contact prévisible qui est au maximum égale à $U_E/2$;
- 2) les moyens d'isolation utilisés sont convenablement fixés et résistent aux forces auxquelles ils peuvent être exposés.

04.4.- Eloignement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension

L'éloignement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension est considéré comme efficace lorsqu'il est impossible que des personnes puissent, dans des circonstances d'exploitation normales, accéder simultanément à une masse à haute tension d'une part, et à une masse d'une installation à une autre tension et/ou à un élément conducteur étranger d'autre part.

Cet éloignement est considéré comme suffisant lorsque la distance horizontale et verticale atteint au moins 2,5 m.

Dans les lieux du service électrique, la distance horizontale peut être ramenée à 1,25 m.

04.5.- Protection au moyen d'obstacles des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension

Les obstacles utilisés comme écrans de protection des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension sont considérés comme efficaces si, dans le volume d'accessibilité au toucher :

1) la distance à franchir entre les masses à haute tension d'une part et les masses des installations à basse et très basse tension ainsi que les éléments conducteurs étrangers d'autre part est au moins de 2,5 m

et

2) la hauteur du bord supérieur de l'obstacle s'élève au minimum à 1,25 m.

Dans les lieux du service électrique, la distance horizontale peut être réduite à 1,25 m.

Les obstacles doivent être constitués de matériaux non conducteur, dûment fixés et résister aux forces auxquels ils peuvent être exposés.

04.6.- Réalisation d'une zone équipotentielle mise à la terre

Toutes les masses et les éléments conducteurs étrangers accessibles simultanément doivent être reliés galvaniquement à une installation de mise à la terre locale, de telle sorte qu' en cas de défaut dans l'installation à haute tension, l'apparition de différences de potentiel supérieures à celles qui sont définies par la courbe de sécurité reprise à la figure 98.2 soit exclue. Des éléments conducteurs qui ne peuvent pas être à l'origine de différence de potentiel dangereux, ne doivent pas être mis à la terre (portes ou grilles de ventilation métalliques incorporées dans la maçonnerie, ...)

A cet effet, il y a lieu de prendre les mesures suivantes :

1) réalisation, au moyen d'un réseau maillé placé en-dessous de l'installation, d'une zone équipotentielle mise à la terre.

Ce réseau maillé dont les dimensions sont au moins égales à celle de l'installation est constitué :

- soit de l'armature de la dalle de fondation, à condition que les treillis d'armatures soient reliés aux treillis voisins à au moins deux endroits et que l'ensemble soit relié par au moins deux liaisons éventuellement déconnectables à l'installation de mise à la terre locale;
- soit d'un treillis métallique dont les mailles ont au maximum 10 m de côté.

2) maîtrise du gradient de potentiel au bord de la zone. Ceci peut se faire notamment par l'enfouissement d'une ou de plusieurs boucles de terre autour de la zone. Ces boucles de terre peuvent être complétées par des piquets de terre enfouis obliquement dans le sol. Si la maîtrise du gradient de potentiel ne peut être garantie il y a lieu de prendre des mesures passives complémentaires, comme par exemple le recouvrement du sol par un matériau non conducteur ou le placement de clôtures isolées.

05.- Protection active contre les chocs électriques par contacts indirects en haute tension avec interruption automatique de l'alimentation

05.1.- Généralités

Cette mesure de protection vise à limiter dans le temps, par coupure de l'alimentation, les tensions de contact qui peuvent être dangereuses en cas de défaut dans l'installation à haute tension.

L'application de cette mesure nécessite :

- 1) la mise à la terre locale des masses du matériel à haute tension
- 2) l'utilisation d'appareils de coupure du courant dotés d'une caractéristique de fonctionnement telle qu'il n'y ait pas de différences de potentiel dangereuses, en tenant compte de la valeur des impédances des boucles de défaut et des caractéristiques du réseau.

Cette mesure de protection est considérée comme remplie lorsqu'une des conditions ci-après est satisfaite:

- a) pour les installations de transport et de distribution d'électricité et pour les installations accessibles uniquement à des personnes BA4 ou BA5, les masses à HT bénéficient d'une mise à la terre globale et la durée du défaut ne dépasse pas 5 secondes

ou

- b) l'élévation du potentiel de terre U_E (calculée ou mesurée) est limitée à la tension de contact admissible U_{Tp} .

$$U_E \leq U_{Tp}$$

Lorsque les masses à haute tension se trouvent dans le voisinage immédiat (distance horizontale < 5 m) de leur prise de terre, l'élévation du potentiel de terre peut atteindre au maximum deux fois la tension de contact admissible.

Pour déterminer l'élévation du potentiel de terre et la tension de contact d'une installation, toutes les prises de terre faisant partie de l'installation de mise à la terre peuvent entrer en ligne de compte.

La tension U_E peut être approchée par la formule $U_E < I_f \cdot Z_E$

dans laquelle :

I_f : courant de défaut phase-terre (A) prévisible à l'endroit de l'installation

Z_E : impédance de terre (Ω)

Pour la détermination de la tension de contact admissible, des résistances additionnelles (chaussures ou surface de sol présentant une résistance élevée au passage de courant électrique) peuvent être prises en compte.

Dans ce cas la valeur de la tension de contact admissible est définie par la formule suivante :

$$U_{STP} = U_{Tp} + (R_{a1} + R_{a2}) \times I_B$$

avec $I_B = \frac{U_{Tp}}{Z_B}$

dans laquelle :

U_{STP} : tension de contact admissible (V) entre les mains et la terre, compte tenu de la résistance de la chaussure et du revêtement de sol

- Z_B : impédance du corps humain (Ω)
 I_B : intensité corporelle (A)
 R_{a1} : résistance des chaussures (Ω)
 R_{a2} : résistance superficielle du sol (Ω)

05.2.- *Caractéristiques du réseau*

Les équipements de protection visés nécessitent la coordination entre :

- 1) les caractéristiques du réseau
- et
- 2) les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de coupure.

L'exploitant du réseau à haute tension détermine le schéma-type de son réseau. Sur demande de l'installateur, l'exploitant du réseau d'alimentation à haute tension lui fournit les caractéristiques du réseau.

06.- Application des mesures de protection contre les chocs électriques par contacts indirects en haute tension

Lorsque les conditions du point 5 ne sont pas remplies, il convient d'appliquer des mesures de protection passive supplémentaires.

Lorsque des mesures adéquates ont été prises pour assurer la protection contre les tensions de contact, il est supposé que la protection contre les tensions de pas est également assurée

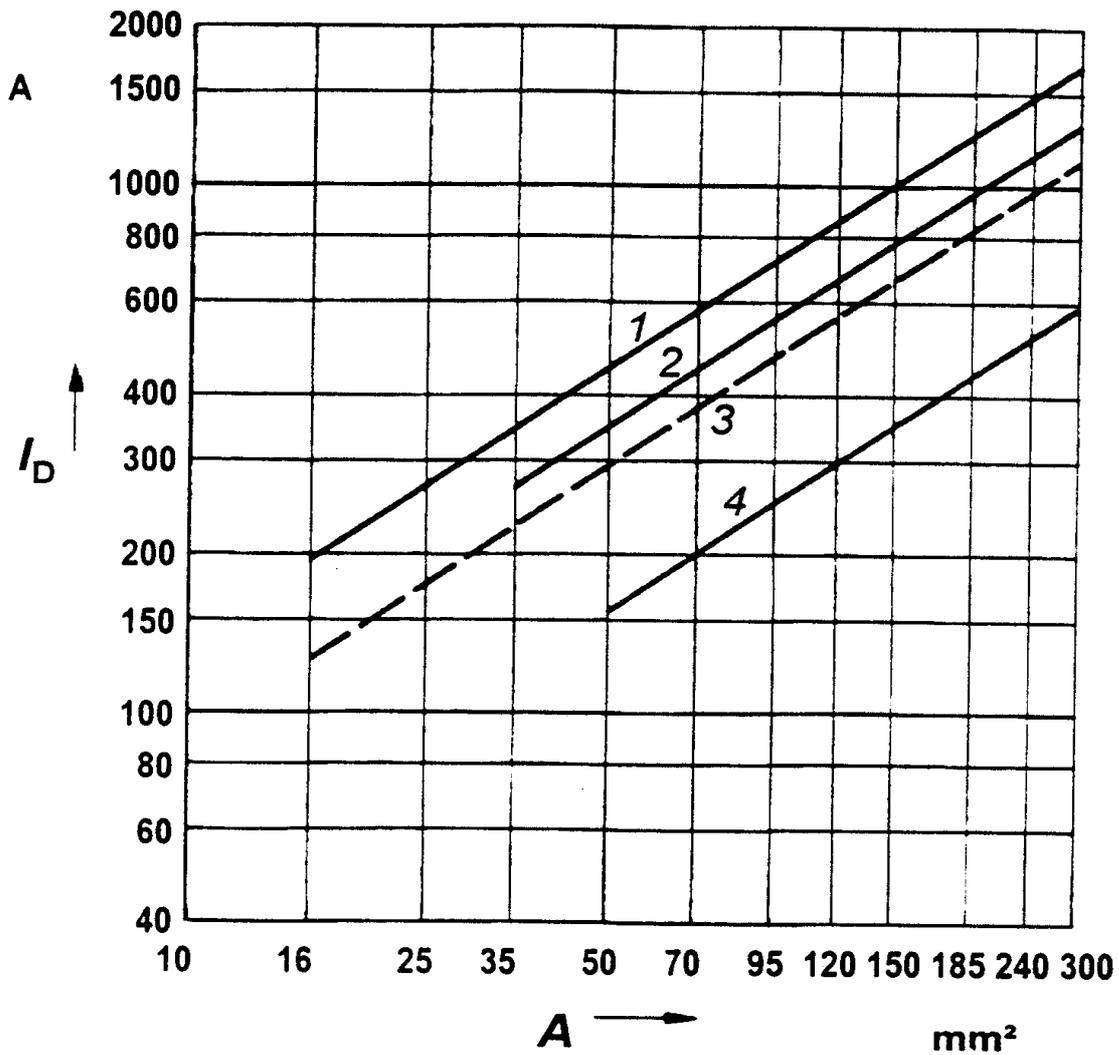


Figure 98.1a

Courant I_D pour les conducteurs de terre de section circulaire en fonction de leur section (A en mm^2)

Les droites 1, 2 et 4 s'appliquent à une température finale de 300 °C; la droite 3 pour une température finale de 150 °C.

- Droite 1 : cuivre, nu ou avec revêtement de zinc
- Droite 2 : aluminium
- Droite 3 : cuivre, étamé ou gainé de plomb
- Droite 4 : acier galvanisé

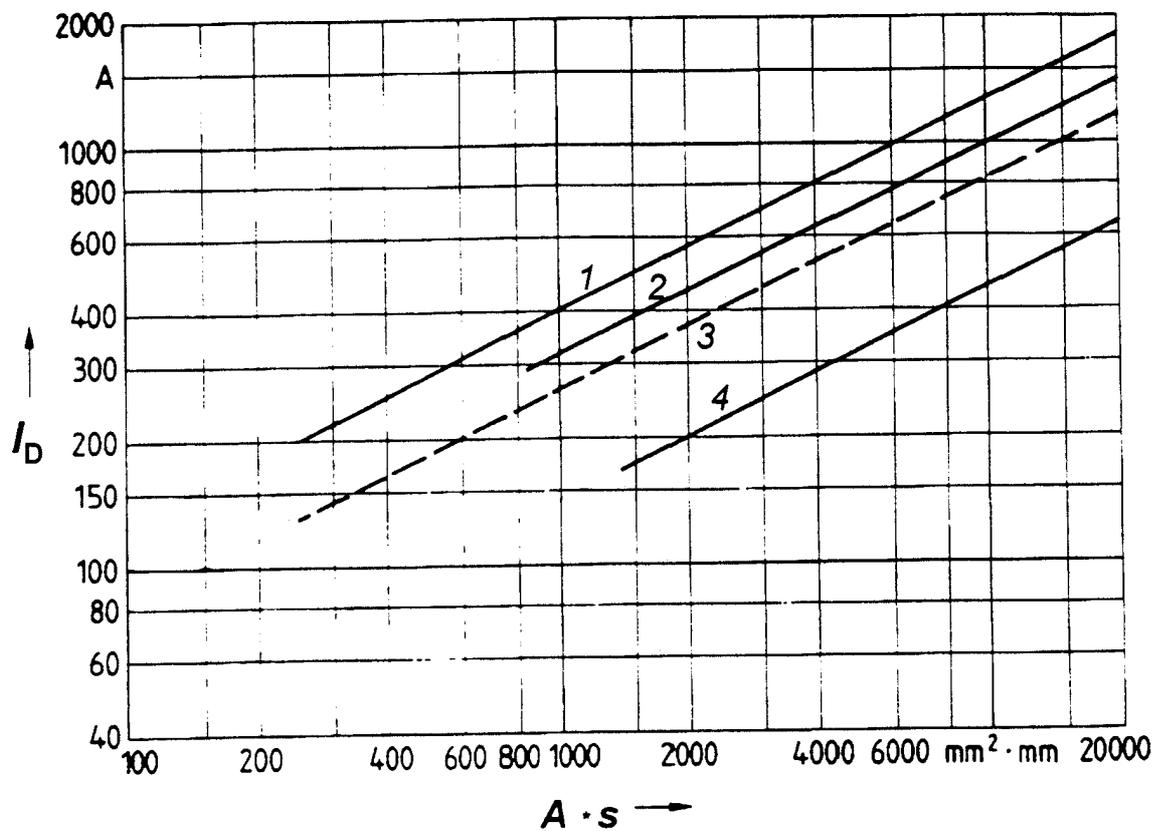


Figure 98.1b

Courant I_D pour les conducteurs de terre de section rectangulaire en fonction du produit de la section et du périmètre ($A \times s$)

Les droites 1, 2 et 4 s'appliquent à une température finale de 300 °C; la droite 3 pour une température finale de 150 °C.

Droite 1 : cuivre, nu ou avec revêtement de zinc

Droite 2 : aluminium

Droite 3 : cuivre, étamé ou gainé de plomb

Droite 4 : acier galvanisé

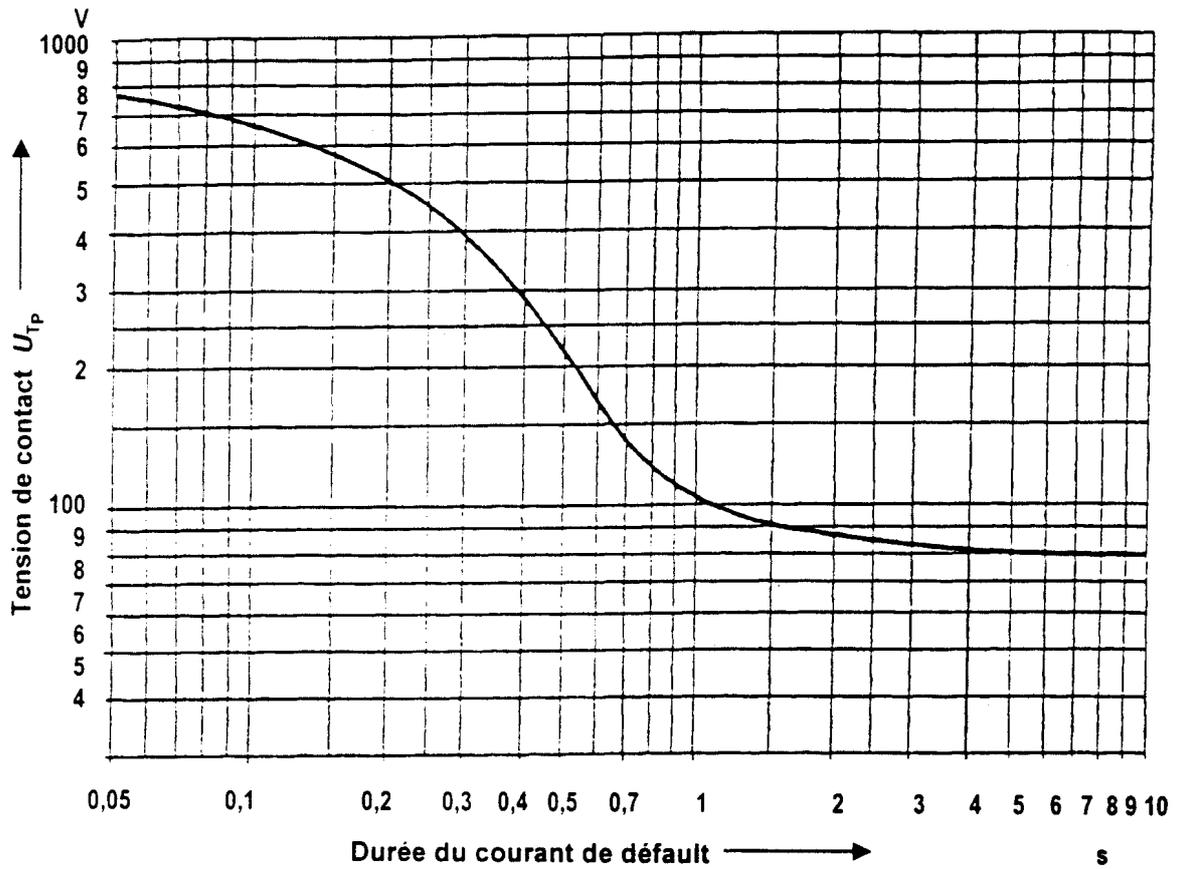


Figure 98.2

Tension de contact admissible U_{Tp} en fonction de la durée du courant de défaut

Note 1 : cette courbe concerne les défauts de terre dans les installations à haute tension

Note 2 : si la durée de passage du courant est plus grande que 10 s, une valeur de 75 V peut être utilisée pour U_{Tp}

TABLEAU 98.1

Dimensions minimales des électrodes de terre en fonction des matériaux utilisés en rapport avec leur résistance aux influences mécaniques et corrosives.

Matériaux	Type des électrodes de terre	Dimensions minimales				
		Ame			Revêtement /Gaine	
		Diamètre [mm]	Section [mm ²]	Epaisseur [mm]	Valeur individuelle [µm]	Valeur moyenne [µm]
ACIER						
Galvanisation thermique	Feuillards (2)		90	3	63	70
	Profilé		90	3	63	70
	Tubes	25		2	47	55
	Barres rondes	16			63	70
	Fils ronds	10				50
Gaine de plomb	Fils ronds	8			1000	
Gaine en cuivre extrudé	Barres rondes	15			2000	
Enveloppe électrolytique	Barres rondes	14,2			90	100
CUIVRE						
Affiné	Feuillards (2)		50	2		
	Fils ronds		25			
	Câbles torsadés	1,8 (1)	25			
	Tubes	20		2		
Etamé	Câbles torsadés	1,8(1)	25		1	5
Galvanisé	Feuillards		50	2	20	40
Gaine de plomb	Câbles torsadés	1,8 (1)	25		1000	
	Fils ronds		25		2000	

(1) Valeur pour chaque fil

(2) Feuillards, laminés ou découpés, avec coins arrondis

TABLEAU 98.2

Matériaux Materiaal	β [°C]	k [$A\sqrt{s} / mm^2$]
Cuivre Koper	234,5	226
Aluminium Aluminium	228	148
Acier Staal	202	78

Alliage d'aluminium Aluminium legering	258	149
---	-----	-----

TABLEAU 98.3

Matériaux		Température initiale θ_i [°C]	Température finale θ_f [°C]
Fils non chargés mécaniquement	Cuivre affiné	20	300
	Cuivre affiné galvanisé	20	300
	Aluminium affiné	20	300
	Acier affiné galvanisé	20	300
Ligne aérienne	Cuivre affiné	20	170
	Alliage d'Aluminium	20	170
	Aluminium - Acier	20	150
	Alliage d'Aluminium – Acier	20	150
Cuivre affiné étamé		20	150
Cuivre à gaine de plomb		20	150
<u>Les matériaux précités avec une gaine en :</u>			
Polychlorure de vinyle (PVC)		20	160
Caoutchouc		20	220
Polyéthylène réticulé (PRC)		20	250
Ethylène – propylène (EPR)		20	250
Caoutchouc siliconé (SIR)		20	350

TABLEAU 98.4

Température finale θ_f [°C] Eindtemperatuur θ_f [°C]	Facteur de correction Correctiefactor
400	1,2
350	1,1
300	1
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

ART. 99 LA PREVENTION DES CHOCS ELECTRIQUES PAR CONTACTS INDIRECTS SUITE A LA PROPAGATION DU POTENTIEL**01.- Généralités**

Des mesures doivent être prises pour éviter qu'à la suite d'un défaut d'isolation dans une installation à haute tension, la propagation du potentiel via des conducteurs actifs, via l'installation de terre ou via des parties conductrices étrangères à l'installation, puisse donner lieu à des tensions de contact dangereuses.

A cet égard, la continuité des éléments conducteurs étrangers qui transitent entre la zone de dispersion de la prise de terre à haute tension et une zone à potentiel de sol neutre doit être interrompue par un matériau isolant adéquat.

02.- Mesures à prendre**02.1.- Mesures générales**

La mise à la terre du point neutre d'une installation à basse tension, les éléments conducteurs étrangers à l'installation, les prises de terre des installations à basse ou très basse tension sont installées en dehors de la zone de dispersion de la prise de terre à haute tension.

02.2.- Exceptions vis-à-vis des mesures générales

02.2.1.- Les masses du matériel à basse tension d'une installation de schéma TT ou IT situées dans un même local que celui de l'installation à haute tension peuvent être reliées à la mise à la terre haute tension pour autant que les prescriptions du tableau 99.1 soient rencontrées ou que le réseau haute tension bénéficie d'une mise à la terre globale.

02.2.2.- Les masses du matériel BT ainsi que les conducteurs étrangers, situés dans le même bâtiment que les masses HT peuvent être reliés à la mise à la terre HT pour autant qu'une liaison équipotentielle efficace soit réalisée.

Dans le cas d'une mise à la terre globale les sections des conducteurs équipotentiels à respecter sont celles de l'art.73.

02.2.3.- Le point neutre d'une installation à basse tension peut être raccordé à une installation de mise à la terre à haute tension à condition que :

- dans le cas d'un **réseau basse tension de schéma TN**, il n'y ait pas de risque de tensions de contact dangereuses dues à la propagation de potentiel via le conducteur neutre et le conducteur de protection en dehors de la zone équipotentielle;
- dans le cas d'un **réseau basse tension de schéma TT**, il n'y ait pas de risque de dépassement de la tension de tenue de l'isolation du matériel à basse tension.

Ces conditions sont considérées comme remplies lorsque :

- soit le réseau basse tension est réalisé selon le schéma TN et les masses BT ainsi que les conducteurs étrangers situés dans un même bâtiment, sont reliés ensemble par une liaison équipotentielle efficace;
- soit le réseau basse tension est réalisé selon le schéma TN et l'élévation du potentiel de terre U_E des masses BT et des conducteurs étrangers ne dépasse pas les valeurs indiquées au tableau 99.1, dans lequel la tension de contact admissible U_{Tp} est prise égale à la tension limite relative conventionnelle $U_L(t)$ de l'article 31. La tension U_E peut être approchée par la formule $U_E < I_f Z_E$, sachant que Z_E est mesurée en interconnectant temporairement la mise à la terre basse tension avec la mise à la terre haute tension;
- le réseau basse tension est réalisé selon le schéma TT et que le réseau haute tension bénéficie d'une mise à la terre globale.

02.3.- Mesures particulières

Lorsqu'à l'intérieur de la zone dispersion d'une installation de mise à la terre HT, il n'est pas possible d'éviter des tensions de contact dangereuses, suite à la propagation de potentiel, il y a lieu de rendre inaccessibles les masses des installations à basse ou à très basse tension et/ou les éléments étrangers à l'installation qui se trouvent dans cette zone de dispersion et qui sont galvaniquement reliés à la terre neutre.

Cette inaccessibilité peut être obtenue :

- soit par obstacle;
- soit par isolement;
- soit par éloignement en dehors du volume d'accessibilité des emplacements d'entretien et de service.

TABLEAU 99.1

Type de réseau de l'installation B.T.	Durée du défaut	La mise à la terre de l'installation à basse tension et de haute tension sont communes	
		Prescriptions en matière d'élévation maximale du potentiel de terre	
		(En ce qui concerne la tension de contact transférée)	(En ce qui concerne la tension de tenue de l'isolation du matériel basse tension)
TT	$t \leq 5 \text{ s}$	Pas d'application	$U_E \leq 1200V$
	$t > 5 \text{ s}$		$U_E \leq 250V$
TN		$U_E \leq U_{Tp} (1)$ $U_E \leq 2.U_{Tp} (2)$	Pas d'application

- (1) Le conducteur PE(N) de l'installation à basse tension est mis à la terre uniquement par liaison à l'installation de mise à la terre à haute tension.
- (2) Le conducteur PE(N) de l'installation à basse tension est mis à la terre en des points multiples, répartis aussi régulièrement que possible, pour s'assurer que le potentiel du conducteur de protection demeure, en cas de défaut, aussi proche que possible de celui de la terre.
- (3)

Art. 3.- Le présent arrêté s'applique aux installations électriques et les modifications ou extensions importantes dont l'exécution sur place n'est pas encore entamée trois mois après la date de publication du présent arrêté.

Art. 4.- Notre Ministre du Travail, Notre Ministre de l'Energie et Notre Secrétaire d'Etat à l'Organisation du Travail et au Bien-être au travail sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à

Par le Roi :

Le Ministre du Travail,

F. VANDENBROUCKE.

La Ministre de l'Energie,

F. MOERMAN.

La Secrétaire d'Etat à l'Organisation du Travail et au Bien-être au travail,

A. TEMSAMANI.