

① **Stefilda → Mar 17 Jan 2017 - 7:03**

Bonjour à tous,

Je recherche le moyen de calculer la résistance d'une boucle à fond de fouille **d'une prise de terre** avec la **section du conducteur de terre**. La norme donne une **formule simplifiée** $R_{(\Omega)} = 2 \times \rho_{(\Omega \times m)} / L_{(m)}$ avec ρ la résistivité du **terrain** et L la longueur de boucle. Cependant on n'indique pas la section. Je bloque.

Les annexe B et C de la norme NFC 15-100 (Vérification faite, toutes versions confondues depuis la Grenat jusqu'à la violette) et quelques ouvrages techniques donnent (en fonction de sa forme, de ses dimensions et de la résistivité du terrain) les formules simplifiées à appliquer en ce qui concerne le calcul de la résistance d'une prise de terre. **Voir Annexe 1.**

Annexe 1 → formulaire de résistance de terre (Extrait du guide NORMELEC de 1971).

Vous trouverez en Annexe 2 une Question similaire posée en 2005 sur le forum de l'éducation nationale : RESELEC.

Annexe 2 : → Section câble réseau de mise à la terre. **Voir les** pages 1 et 2 vous y trouverez ma réponse. Cette réponse était alors un peu sommaire.

Commentaire : La section du conducteur n'intervient pas ou si peu dans le calcul compte tenu que « **S** » est très petit voire très très petit devant les autres dimensions. La section est aussi conditionnée par d'autres paramètres tels que : effets mécaniques, corrosions, durée de vie (30 à 40 ans environ), etc.

② **MIQUEL Bernard → Mer 18 Jan 2017 - 9:46**

Calculer la résistance d'une prise de terre est délicat surtout pour évaluer la section de la terre. Sur ce site, une petite calculette vous permet de calculer approximativement la résistance d'une terre :

<http://www.volta-electricite.info/articles.php?lng=fr&pg=2280>.

Mais généralement avec un câble de bonne section (25mm² Cuivre nu) permet d'avoir une prise de terre dans les normes (moins de 100Ω).

Il est admis qu'une prise de terre réalisée à fond de fouille (on dit aussi : « **Ceinturage à fond de fouille** ») dans les règles de l'art permet d'obtenir des valeurs de l'ordre de 1Ω. Cette façon de faire est exigée par la réglementation (Normes, décrets, arrêtés, circulaires) afin de s'affranchir des variations de la résistivité du terrain en fonction des saisons, il convient de respecter la profondeur de pose à savoir : 1 à 2m environ.

La valeur de 100Ω que vous évoquez s'applique principalement dans le domestique. Dans la réalité lorsqu'on inclut tous les éléments conducteurs susceptibles d'apporter un potentiel extérieur dangereux (LEP obligatoire à l'origine de l'installation électrique) on obtient toujours des valeurs nettement inférieures.

Dans certaines circonstances, cette règle peut aussi s'appliquer dans le secteur tertiaire et dans le secteur industriel. Exemple : En schéma TT, TN et IT lorsque les prises de terre des masses à basse tension ne sont pas interconnectées ou ne font pas l'objet d'un circuit de terre unique comme préconisé par la réglementation.

Ⓜ Résistance de prises de terre de boucle à fond de fouille (en Ω)

Terrain	Terrain gras $\rho = 50 \Omega.m$	Terrain maigre $\rho = 500 \Omega.m$	Sol pierreux $\rho = 3000 \Omega.m$
Pavillon 10 m x 10 m Périmètre 40 m	2,5	25	150
Petit immeuble collectif 30 m x 10 m Périmètre 80 m	1,2	10	75
Grand immeuble collectif 70 m x 10 m Périmètre 160 m	0,6	5	30

Annexe 3 : Extrait de quelques textes qui rendent obligatoires le ceinturage à fond de fouille.

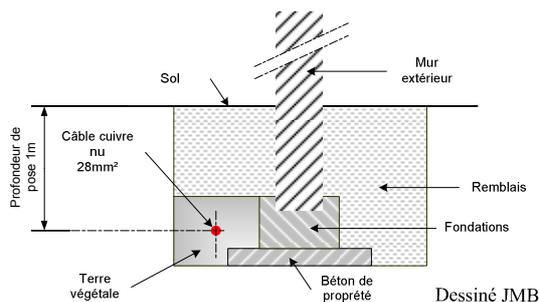
- Extrait du DTU 70-1
- Articles 11, 12 et 13 du décret N° 62-1454 du 14 Novembre 1962.
- Circulaire N° 66-32 du 17 Août 1966
- Arrêté du 22 octobre 1969 qui rend obligatoire la NFC 15-100 pour les bâtiments d'habitation en construction neuve, qui doivent d'autre part être conforme à la Norme NF C 14-100.
- Note technique SEC/EL N°14 du 10 Mars 1971.
- UTE 15-120 (1972) Guide Pratique pour l'établissement des prises de terre dans les bâtiments (texte abrogé inclus dans les versions successives de la NFC 15-100).
- Circulaire N° T.E. 29 du 5 Novembre 1973.
- UTE 15-106 (toutes version confondues) Sections des conducteurs de protection, des conducteurs de terre et des conducteurs de liaison équipotentielle.
- Principe de conception et de réalisation des mises à la terre (H115) Document mis en ligne par mes soins lors d'une question posée par un membre du forum. Voir le lien ci-dessous. (Encore actif)
<http://www.electrotechnique-fr.com/t6764-installation-de-la-terre-dans-une-usine>
- Articles 12, 13 et 14 du décret N° 88-1056 du 14 Novembre 1988.
- .../...

Note : Dans cette note, seuls les documents soulignés sont communiqués.

IIa **Exemples de réalisation**

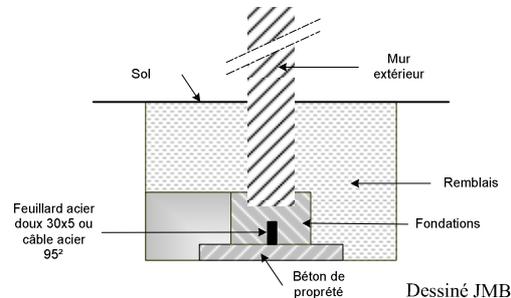
Solution N°1

Ceinturage à fond de fouille par un conducteur en cuivre nu de 28mm²



Solution N°2

Ceinturage acier noyé dans le béton des fondations



III Stefilda Mer 18 Jan 2017 - 15:41

Bonjour Bernard,

Merci pour la réponse mais je suis un peu fouille tout et j'aimerais savoir si une personne du forum pourrait me trouver la relation. Sinon on met du 50² pour diviser par 2[Ⓢ] la résistance de la prise de terre.

Bonne journée

Ⓢ Au vu de la formule complète donnée dans l'Annexe 1 votre affirmation est inexacte.

IV Le Loup Blanc : Mer 18 Jan 2017 - 20:57

Bonjour Stefilda

Puisque la section du câble n'intervient pas (au 1^{er} ordre en tout cas), je ne vois pas en quoi une section de 50mm² au lieu de 25mm² permettrait de diviser par 2 le résultat ! Pur rêve.

La petite calculette mentionnée précédemment n'est utilisable que pour approximer ce que pourra être la valeur de la résistance de terre (qui devra donc être mesurée ultérieurement). Elle ne s'applique qu'à un conducteur enfoui horizontalement[Ⓢ]. Dans le cas d'un piquet, ou de plaque enterrée, le coefficient est différent.

Ⓢ Annexe 4 : Vous trouverez en annexe la page 30 extraite du document H115 [Principes de conception et de réalisation des mises à la terre (Auteur : Electricité de France - Direction des études et recherches. Edition : janvier 1984)] qui je pense répondra à votre question pour d'autres configurations.

Cordialement

V Stefilda : Mer 18 Jan 2017 - 21:20

Bonsoir loup blanc,

Vous comprendrez bien que sans démonstration[Ⓢ] je ne peux que faire cette hypothèse. C'est tout de même difficile quand on a une grande résistivité de sol et de poser de grandes longueurs de cuivre nu ou faire des forages de x mètres[Ⓢ]. Donc augmenter la section est la solution...non ?

Ⓢ La norme donne seulement quelques formules simplifiées dans lesquelles « S » ne figure pas. Je vous laisse le loisir de décortiquer les formules complexes (Annexe 1) et de tirer « S ».

Dans quelques situations exceptionnelles, il convient d'adopter pour plusieurs solutions simultanées, d'effectuer des mesures et d'apporter éventuellement des corrections afin d'obtenir la valeur désirée ou d'adopter des mesures complémentaires.

Ⓢ Le forage nécessite la mise en œuvre d'un matériel coûteux (A exclure à priori pour une installation du type domestique → Utiliser de préférence un ou plusieurs piquets en acier galvanisés couplés en parallèle).

Anecdote : Pour réaliser une prise de terre « électronique » dans le domaine de l'aéronautique et obtenir une valeur intrinsèque de « 1Ω », il a été réalisé un forage d'une profondeur de 100m !

Ⓢ **Flytox Sujet: Mer 18 Jan 2017 - 21:35**

Bonsoir,

Non ce n'est pas la section de la câblette qui va améliorer la résistance de terre (ou si peu), mais sa longueur en contact avec la terre. Vous pouvez mettre une trame (chez Forsond je crois) ou dérouler en **serpentant** Ⓢ ou mettre du **ter' hom** (chez ADEE) ou coupler avec un ou des piquets (en évitant de couper la câblette), ou tout ça au fil des résultats obtenus. Pensez à enterrer en hors gel Ⓢ. Une forte section ne sert qu'à écouler de fortes intensités. Le raccordement aux ferrailles des fondations permet de descendre la valeur mais cela détruit ces ferrailles Ⓢ (donc pas pérenne) et de plus ne permet pas les forts écoulements d'intensité Ⓢ. A proscrire.

Cordialement

Ⓢ Peut-être hors sujet : Il s'agit d'une règle à respecter concernant toutes les canalisations enterrées. Les câbles doivent être **déroulés** et **posés** dans la tranchée (et non **tirés** sauf si vous utilisez des dispositifs dynamométriques en respectant les directives du câblier !) en **méandres**. Cette manière de procéder permet d'absorber les mouvements normaux ultérieurs du sol (tassement des terres), des efforts mécaniques sur les connexions en particulier. **En serpentant comme vous le dite, vous n'allez pas gagner beaucoup en longueur.**

Ⓢ Après quelques recherches dans ma documentation, je note que le guide pratique UTE 15-120 du 10 février 1972 (texte abrogé mais inclus dans l'Annexe C partie 5-54 page 286 ligne 24 de la NFC 15-100/A1 de novembre 2008 et suivantes) dit ceci :

« Il est à noter que la pose d'un conducteur en tracé **sinueux** dans la tranchée **n'améliore pas** sensiblement la résistance de la prise de terre. »

Ⓢ Profondeur de pose de l'ordre 1 à 2m par rapport au sol fini.

Ⓢ Voir Ⓢ ci-après au chapitre XIII.

Ⓢ Si vous pensez au courant de foudre, vous avez tout faux, il convient de réaliser des prises de terre spécifiques en forme de « **Patte d'oie** » sans oublier de l'interconnecter à l'**origine** du puits de terre **général du bâtiment concerné** Ⓢ. Le courant de foudre est un courant à front raide, son comportement sur une prise de terre « normale » est totalement distinct d'un courant industriel à 50Hz.

Ⓢ Consultez la norme NF C 17-100 ou le guide UTE (juin 2000) concernant la protection contre les effets de la foudre.

Exemple de réalisation (Extrait du guide UTE de juin 2000 page 89)

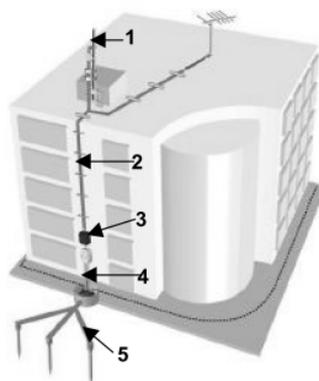


Figure 2 - Schéma de principe d'une installation de paratonnerre à tige.

- 1 - Tige
- 2 - Descente
- 3 - Joint de contrôle
- 4 - Gaine de protection mécanique
- 5 - Prise de terre

Note : Les pointes équipées de sources radioactives ont été interdites par décret du 10/1983 applicable au 01/01/87

(vii) Flytox : Mer 18 Jan 2017 - 21:38

En tout cas même en terrain **difficile** (2), un déroulement de 15 ou 20m de 25mm² sous les fondations suffit en général à atteindre les 100Ω (1a)

(2) Qu'entendez-vous par terrain difficile ? Je pense que vous faites allusion à la nature des terrains dont la résistivité est différente. C'est pour cela qu'un ceinturage à fond de fouille réalisé suivant les règles de l'art permet de s'affranchir de certaines contraintes du terrain.

(1a) Respectez les règles de l'art énoncées en (2)

(viii) Stefilda : Mer 18 Jan 2017 - 22:11

Bonsoir, atteindre 100Ω est facilement réalisable...c'est plutôt pour atteindre des valeurs de l'ordre de 10Ω voire 1Ω **comme peuvent l'exiger des clients** (3).

(3) Dans ce cas là, il s'agit d'une exigence particulière d'un client, elle doit figurer sur le CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières). Il convient alors faire une analyse exhaustive et un chiffrage adéquat. Dans les autres cas, vous devez respecter la réglementation en vigueur.

(ix) Le Loup Blanc : Mer 18 Jan 2017 - 22:42

Bonjour

Dans ces cas-là, pas de doute, surtout au vu de tes connaissances en la matière, du fait qu'il s'agit de cas particuliers obéissant à un cahier des charges spécifique, et dont il faut que tu puisses assurer la pérennité (ne serait-ce que sa valeur au cours de l'année), Il faut réaliser une étude spécifique.

Comme mentionné par Flytox, sa conception devra être réalisée (en fonction des solutions candidates) par un spécialiste des prises de terre de faible résistances, nécessaires dans certains cas et donc caractérisées dans le CCTP.

A titre d'exemple : <http://www.catuelec.com/services/assistance-technique>

Cordialement

(x) **Stefilda : Mer 18 Jan 2017 - 23:04**

Bonne piste. Il faudra que je les questionne lors d'un salon. [Au téléphone](#) pas évident si pas de commande à l'issue.

Bonne nuit

Je pense que les services commerciaux des fournisseurs (Ils sont dans leur rôle) doivent et peuvent vous aider à titre gracieux afin d'étudier si nécessaire une ou plusieurs solutions.

(xi) **Stefilda : Mer 18 Jan 2017 - 23:04**

Et merci...

(xii) **Candela : Jeu 19 Jan 2017 - 14:06**

Bonjour,

En complément de ce qui précède, je signale une solution aussi astucieuse qu'efficace mise en œuvre lors de la construction de l'usine IBM de La Gaude (06). Pour leur activité, ils avaient besoin d'une « terre fonctionnelle » de très bonne qualité ; or le terrain était rocailleux, voire rocheux...

Ils ont donc creusé une tranchée tout autour de l'usine et l'ont remplie de terre arable, dans laquelle ils ont planté des rosiers. Bien entendu, vu le climat local, il fallait prévoir aussi un arrosage en période sèche afin que les rosiers ne dépérissent point...et bien sûr que la résistivité du terrain reste constante (un goutte à goutte me semblerait idéal : efficace et économe en eau).

La bonne santé des rosiers garante de la qualité de la mise à la terre, ou comment joindre l'utile à l'agréable

Il s'agit d'un exemple, assez extrême, mais qui montre bien la problématique des prises de terre en terrain difficile :

- obtenir la plus grande surface de contact possible.
- démultiplier cette surface en noyant le conducteur dans de la bonne terre, du béton (s'il est lui-même en contact d'un terrain correct), des piquets ou des grilles.
- maintenir l'humidité (c'est là le rôle majeur des piquets utilisés en complément d'une câblette ou d'un feuillard : leur longueur de 2m permet souvent de trouver une zone "constamment humide") L'annexe C, partie 5-54 de la NF C 15-100 et ses commentaires sont à lire attentivement, ils expliquent bien tous ces aspects.

Cordialement

PS : A noter que la formule $R=2 \times \rho / L$, citée par la NF C 15-100 et utilisée par la calculette, n'utilise pas la section du conducteur, uniquement sa longueur L et la résistivité du terrain ρ . Pour une plaque, la formule devient $\rightarrow R=0,8 \times \rho / P$, P étant dans ce cas le périmètre de la plaque.

Monsieur Candela : Merci pour la petite anecdote, mais je pense qu'il faut avertir le jardinier de la boîte en question, car en cas de remplacement des rosiers, il ne faudrait pas que le conducteur de terre soit dégradé voire coupé.

Je pense que vous voulez parler de profondeur.

XIII Gojira01 : Jeu 19 Jan 2017 - 14:10

Salut à tous !

Petite question à Flytox:

Le raccordement aux **ferrillages des fondations** permet de descendre la valeur mais cela détruit ces ferrailles (donc pas pérenne) et de plus ne permet pas les forts écoulements d'intensité (?). A proscrire. Pourquoi cela détruit les ferrailles ?

Je pense que vous voulez dire : « Le radier métallique ou armatures du béton armé » des bâtiments. Il s'agit d'une disposition rendue obligatoire par la législation. Cette disposition peut d'ailleurs être citée dans la normalisation. Par exemple : En ce qui concerne la conception des postes de transformation soumis à la NF C 13-100 (Voir partie 54) cette disposition est obligatoire.

Il est fortement recommandé (voire obligatoire) de raccorder au circuit de terre tous les éléments conducteurs pénétrant dans le bâtiment [Radiers métalliques, structures métalliques, IPN (en principe 1 sur 3), conduites métalliques de toutes nature (eau, vapeur, d'air comprimé) et sous certaines conditions les voies ferrées privées pénétrant sur les sites industriels, etc.] susceptibles d'amener un potentiel extérieur dangereux dans la zone d'accessibilité. L'interconnexion des prises de terre est aussi un facteur de sécurité.

En ce qui concerne les connexions, il ne faut pas faire n'importe quoi ! Pour éviter le phénomène de corrosion entre les métaux de nature différentes et de mettre en péril les connexions, il convient d'utiliser la soudure de type aluminothermique : Procédé CADWELL par exemple. Dans ce cas là, il y a fusion intime des deux métaux → La notion de couple disparaît.

Si vous n'utilisez pas la soudure aluminothermique ne faite jamais de connexion ordinaire dans le sol.

La connexion des éléments conducteurs au circuit de terre permet d'améliorer très nettement la valeur de la prise de terre et d'éviter qu'elle varie dans le temps.

Annexe 5 : Liaison des armatures du béton armé aux prises de terre. Vous allez me reprocher que ce document date de 1972, oui mais cela est toujours d'actualité, car inclus dans la nouvelle NF C 15-100 de 1977 dite aussi La grenat (révision de la bleue) qui annexe toutes les notes d'interprétations et tous les guides pratiques UTE C, puis successivement dans toutes les autres versions de la NF C 15-100 → voir partie 5-54 Annexe B.

Annexe 6 : Exemple de réalisation de liaisons équipotentiellles.

Annexe 6a : Exemple de réalisation de conducteurs d'équipotentialité.

XIV Flytox : Jeu 19 Jan 2017 - 16:31

Bonjour,

Ah ben c'est marrant Gojira01, j'attends une réponse de ta part dans un autre fil sur une histoire de moteurs !

Bon bref, il y a un phénomène de **pyrolyse** qui oxyde le fer (il y a toujours un courant de fuite). C'est je crois dû au fait que ce sont 2 métaux différents. A terme l'oxydation détériore le contact (plus que la ferraille en fait) et donc la valeur Terre.

Je ne vais entrer dans les détails, mais vous commettez ici une **belle erreur**. Il ne s'agit pas de « **Pyrolyse** → **Du grec "Pyro" qui signifie feu (exemple câble Pyroténax** →

câble résistant au feu) » qui est la décomposition chimique par la chaleur, mais tout simplement un phénomène de corrosion de type électrochimique. Ce phénomène est tout à fait comparable à la Protection cathodique.

Ⓢ Même en l'absence de courant de fuite (sous entendu courant de défaut permanent ou de courant capacitif → courant de fuite naturel entre conducteurs actifs et la terre) n'entraînant pas nécessairement le fonction du dispositif de protection à la terre le simple fait du contact de deux métaux de natures différentes dont l'un est électronégatif et l'autre électropositif, placés dans un milieu électrolytique il se produit une circulation d'un courant « **continu** » au niveau de la connexion, transfert de métal puis corrosion. Cette corrosion accélère la dégradation avec un risque de rupture de la connexion. → Voir aussi Ⓢ

^{xv} **Gojira01 : Jeu 19 Jan 2017 - 16:46**

"Ce sont 2 métaux différents"

Ah oui effectivement, je comprends mieux et ça paraît tout à fait logique. Comme l'alu et le cuivre qui se marient mal... Ⓢ

Ⓢ En effet, vous prenez des précautions lorsque vous devez raccorder du cuivre et de l'aluminium : Cosses bimétal, préparations minutieuses des surfaces et emploi de la graisse du type « contactal », étamage, etc. Lors d'un contact Fe/Cu c'est le même phénomène.

^{xvi} **Stefilda : Jeu 19 Jan 2017 - 19:12**

Bonsoir.

C'est tout de même dommage qu'on ne sache pas définir la section du conducteur de terre autre que 25mm² en cuivre et 95mm² en alu du coup les gens ne savent pas pourquoi...25 ou 50 ou 70mm² qui sont demandés...mais enfin ! Ⓢ

Ⓢ Malgré toutes les recherches que j'ai effectuées dans toute ma documentation (idem en 2005 pour répondre à un internaute du forum RESELEC) Je n'ai pas d'explication simple à vous donner sauf peut-être décortiquer les formules complètes données ci-avant en Annexe 1.

^{xvii} **Flytox : Ven 20 Jan 2017 - 9:39**

Bonjour,

Stefilda, la section recommandée est en fonction de l'intensité à écouler. Si le conducteur Ⓢ qui alimente votre installation électrique est de section supérieure à celle du conducteur de Terre Ⓢ cela peut entraîner une hausse de potentiel sur la distribution Terre Ⓢ en cas de forte intensité à écouler et c'est par ailleurs hors norme Ⓢ. Hors la Terre sert à protéger les personnes et le seuil de dangerosité est de 50V Ⓢ. Dans l'habitat ce n'est pas un calcul mais une norme qui demande du 25mm² min, pourquoi chercher à mettre autre chose ? Précisez quelle installation vous voulez protéger, habitat, industrie, paratonnerre...qu'on y voit plus clair.

Cordialement

Ⓢ Vous voulez parler des conducteurs actifs → Phase et neutre ceux qui sont en charge de véhiculer l'énergie électrique.

Ⓢ C'est généralement le cas ! $S_{phases} \geq S_{neutre} \geq S_{PE \text{ ou } PEN}$. En fonction du taux d'harmonique de rang 3. Par exemple en présence d'un taux d'harmonique TH = 45%), la section du conducteur neutre peut être supérieure à celle des conducteurs de phases ! La

section des conducteurs de phase peut elle aussi être augmentée de l'ordre de 15 à 20% → Voir guide UTEC 15-105 ou norme CEI 364 Internationale.

⑮ En toute rigueur, je n'ai pas compris le sens de votre commentaire. Voici mon approche : Le simple fait d'augmenter la section des conducteurs actifs a pour conséquence de diminuer l'impédance de la boucle de défaut, donc d'augmenter le courant de défaut (encore faudrait il savoir dans quel SLT nous sommes. En TT cela ne change rien car le courant défaut est limité principalement par $R_{\text{Masses BT}}$, R_{Neutre} .) ce qui doit faciliter le déclenchement du dispositif de protection (Les dispositifs de protection contre les surintensités sont des dispositifs dont les courbes de déclenchement sont des courbes à temps inverse). Le temps de coupure est ainsi réduit va dans le sens de la sécurité (si l'installation est correctement étudiée). Si la protection les contacts indirects n'est pas satisfaisante, parmi le panel des solutions existantes l'une consiste à augmenter la section du conducteur PE ou PEN.

⑯ Il faudra m'apporter une explication. Expliquez vous car je ne saisi pas très bien le sens de votre commentaire ! Par exemple il est courant de voir dans l'industrie des sections de câble de l'ordre de : $3 \times 1 \times 120^2 + 1 \times 70^2 + 1 \times 50^2$, alors pour vous cela est hors norme ?

⑰ Vous êtes en retard d'une guerre → Exit le décret de 1935 (texte abrogé) qui préconisait que seule la présence d'une prise de terre sur une masse était nécessaire et suffisante pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects. Hors aujourd'hui (Les règles évoluant) La protection contre les contacts indirects (mesures actives) est basée sur l'association Mise à la terre des masses/dispositif de coupure. Le dispositif de coupure contre soit les défauts à la terre, soit contre les surintensités dépendra du schéma des liaisons à la terre dans les limites de la courbe de sécurité donc dans le respect du tableau 41A de la NF C 15-100.

Commentaires :

En toute rigueur ce sujet à pris une très grosse dérive, car nous sommes passés de la section du conducteur de terre (origine de la discussion) à la section du conducteur PE voire PEN et il se poursuit sur la protection contre les contacts indirects. J'ai bien peur d'aller trop loin. Eu égard à ce que je viens de dire mes réponses ne peuvent pas être exhaustives.

^(xviii) **Candela : Ven 20 Jan 2017 - 11:38**

Bonjour,

@Stefilda

Je pense que vous faites fausse route en vous attachant à ce problème de **section (la norme ne le fait pas)** ⑱)

Vous faites une confusion entre les conducteurs de protection et les conducteurs de terre.

En régime TT, prises de terre du neutre et des masses ne sont, en général, pas interconnectées ⑲ (**sinon il faut calculer comme en TN-S** voir NF C 15-100 commentaires du 411.5.1) : le courant de défaut transite bien par la terre, **mais il est faible** ⑲. Et le réglage des DDR ⑲ se fait en conséquence, les défauts sont éliminés sans difficultés tant que l'on respecte les valeurs du tableau 53B.

En TN, le courant de défaut est très important ⑳, mais il se reboucle par les conducteurs de protection et, très accessoirement, par la terre.

En IT, le courant de terre est faible au premier défaut, et à considérer selon les règles du TN ou du TT ㉑ (selon que les masses sont interconnectées ou pas ㉑) au **2^{ème} défaut** ㉑.

C'est pour ces raisons que la section des conducteurs de terre est un problème de tenue mécanique, de tenue à la corrosion, mais en pratique pas de courant max. Je veux dire par là que les sections nécessaires pour les deux premières raisons sont suffisantes pour la troisième.

Dernier point : Il ne faut JAMAIS utiliser d'aluminium brut pour les conducteurs enterrés ; Au contact de l'air ambiant, l'aluminium se recouvre d'une couche d'alumine (oxyde Al_2O_3) qui est isolante. On pourrait utiliser de l'alu étamé, mais cela n'offre aucun intérêt.

Cordialement

Annexe 7 : Schéma des liaisons à la terre de type TT

Ⓢ Faux :

- Que faites vous alors de l'étude, des contraintes thermiques qui consiste à vérifier que le dispositif de protection contre les courts-circuits va fonctionner dans un temps tels que les conducteurs de phases, neutre et de protection ne soient pas détruits ! $\rightarrow I^2 \times t \leq k^2 S^2$ dans cette formule « S » prend la signification de « Sph », « Sneutre » et « Spe » ou « Spen ».

- Que faites vous alors de l'étude des contacts indirects, qui consiste à vérifier que le dispositif de protection contre va fonctionner dans un temps compatible avec la courbe de sécurité \rightarrow tableau 41A de la NFC 15-100 que je pourrai résumer comme suit : $U_L = R_{PE} \times I_f$

Remarque : dans R_{PE} il y a bien S_{PE} \rightarrow d'ou la nécessité de prendre ce conducteur en compte.

Ⓢ Cette situation n'est possible que lors l'abonné est propriétaire de son poste de transformation. Les abonnés en basse tension n'ont jamais accès à la prise de terre du neutre. En distribution publique le schéma de type TN n'est pas autorisé.

Ⓢ Donc incompatible avec le schéma des liaisons à la terre de type TN.

Note : Le point relié directement à la terre est généralement le neutre. Dans ces schémas, la boucle de défaut étant constituée exclusivement d'éléments galvaniques (conducteurs actifs et conducteurs de protection), tout courant de défaut franc phase-masse devient un courant de court-circuit. \rightarrow Ce courant de court-circuit doit donc être compatible avec le dispositif de protection contre les courts-circuits.

Ⓢ Attention le calcul du courant de défaut (Court-circuit Phase/PE) n'est possible lorsque le conducteur de retour est jointif au conducteur de phase. Dans le cas contraire, ce courant n'est pas calculable et ne permet pas d'assurer le fonctionnement correct du dispositif de protection contre les surintensités dans le temps requis précisé dans le tableau 41A de la NF C 15-100 !

Ⓢ Aucune comparaison n'est possible à ce stade, Le courant de 1^{er} défaut se referme soit par les impédances naturelle de fuite des canalisations soit par l'impédance de l'ordre de 1000Ω placée entre le neutre (neutre artificiel en l'absence du neutre) et la terre. Ce courant est limité en intensité tel que la remontée en potentiel des masses est négligeable. Rien de comparable !

Au vu de ce qui vient d'être dit en SLT de type IT, la coupure au premier défaut d'isolement n'est pas exigée alors qu'elle est obligatoire en TT ou TN. C'est autre débat, je ne rentre pas dans les détails.

Ⓢ En schéma de type IT, L'interconnexion des prises de terre des masses (HTA, BTA et Neutre) est obligatoire, dans le cas contraire il convient de prendre des mesures

complémentaires (par exemple : Installation de DDR). C'est encore un autre débat, je ne rentre pas dans les détails.

Ⓣ L'expression « double défaut d'isolement simultané » est plus adéquate.

Ⓧ **Stefilda : Ven 20 Jan 2017 - 12:48**

Bonjour Candela,

Non je ne fais pas fausse route, j'ai toujours parlé de conducteur de terre et non de conducteur de protection. Je pense que c'est un problème que jamais n'a soulevé et qui mérite une grande attention pour tout le monde.

Amicalement

Ⓨ **Flytox Sujet : Ven 20 Jan 2017 - 14:44**

Bonjour,
@Candela

Il est vrai que les courants de fuite sont très généralement faibles[Ⓩ]. Mais il faut considérer le réseau terre indépendamment des DDR[ⓐ]. En fait on superpose les couches de sécurité et éventuellement on considère un DDR en mesure compensatoire en cas d'insuffisance Terre (rénovation habitat). Sinon comment expliquer la section du conducteur principal de Terre = section d'alimentation (neuf habitat) ? Ce n'est certes pas nécessaire pour écouler un petit courant de fuite mais sans doute bien un court circuit franc entre Phase et Terre... ? L'intérêt étant de conserver les conducteurs Terre en bon état. D'ailleurs si on considère l'adéquation Terre/DDR en rénovation en habitat, ce n'est pas vrai en neuf[ⓑ]. La Terre doit être capable à elle seule et quel que soit le cas de figure d'écouler tout défaut[ⓓ]. Le DDR n'est qu'une couche supplémentaire de sécurité, par ailleurs moins fiable[ⓔ].

Cordialement

ⓕ Savez vous en ce qui concerne les accidents d'origine électrique que le seuil de non lâcher est de 10mA et qu'il suffit un courant de 30mA pour déclencher la fibrillation ventriculaire ! Hé bien oui se sont des courants de faible valeur qu'il ne faut pas négliger !

ⓖ Faux ! Comme je l'ai dit précédemment la sécurité des personnes (protection contre les contacts indirects → expression plus appropriée) est basée sur le couple association : Mise à la terre des masses/Dispositif de coupure. On ne superpose pas les couches de sécurité → c'est un tout indissociable !

ⓗ Que voulez vous dire ? Les installations électriques sont soumises à de nombreux textes obligatoires et en particulier à une vérification initiale exécutée soit par le consuel ou par des organismes agréés mandatés par le consuel. Ce que vous écrivez là est complètement faux ! No comment !

ⓓ Non ! et Non ! Vous êtes vraiment en retard d'une guerre ! Relire les commentaires précédents.

ⓓ Comment pouvez-vous dire que les DDR ne sont pas fiables ? Depuis quelques décennies et avec l'électronique embarquée, la fiabilité des DDR est en nette amélioration. Il convient aussi que les utilisateurs s'assurent de leur bon fonctionnement à intervalle réguliers : au moins une fois par an (DDRMS) et tous les jours en ce qui concerne les DDRHS.

xxi **Candela : Sam 21 Jan 2017 - 16:24**

Flytox a écrit:

Il est vrai que les courants de fuite sont très généralement faibles. Mais il faut considérer le réseau terre indépendamment des DDR. En fait on superpose les couches de sécurité et éventuellement on considère un DDR en mesure compensatoire en cas d'insuffisance Terre (rénovation habitat).

Vous devriez relire la NF C 15-100 (il est vrai que ça ne se lit pas « comme un roman », mais c'est une saine lecture).

En régime TT, le DDR est La protection contre les chocs électriques : 411.5.2 En schéma TT, les dispositifs de protection sont des dispositifs différentiels

En régime TN, les DDR sont une des mesures admises en base pour la protection contre les contacts indirects (et ce même si, dans l'esprit de ce régime, on privilégie lorsque c'est possible l'usage des les protections de court-circuit-avec un réglage adéquat). Les DDR 30 mA sont en « surcouche » (mesure complémentaire) :

- Pour la protection des circuits terminaux contre les contacts directs (tous régimes)
- En mesure compensatoire en cas d'absence de terre (habitat)

Des DDR de différentes intensités de réglage (**Seuil de déclenchement $I_{\Delta n}$**) sont utilisés, dans tous les **Schéma des liaisons à la terre**, pour la protection contre l'incendie (**300mA**), les milieux humides, les enceintes conductrices (**30mA**), etc. En **SLT de type TT** habitat, une impédance de boucle de 1Ω est déjà tout à fait exceptionnelle, et dans ce cas le courant de défaut est de l'ordre de 230A : rien qui fasse peur à un conducteur de 25mm^2 Cu  !

Et dans les autres **Schéma des liaisons à la terre**, le circuit de terre à fond de fouille est présent bien plus pour l'équipotentialité  que pour écouler les courants de défaut (sauf cas très particulier).

Flytox a écrit :

Sinon comment expliquer la section du conducteur principal de Terre = section d'alimentation (neuf habitat) ? Ce n'est certes pas nécessaire pour écouler un petit courant de fuite mais sans doute bien un court circuit franc entre Phase et Terre...? L'intérêt étant de conserver les conducteurs Terre en bon état. D'ailleurs si on considère l'adéquation Terre/DDR en rénovation en habitat, ce n'est pas vrai en neuf.

Nous ne devons pas lire les mêmes textes. Moi ce sont la NF C 15-100, la NF C14-100, le Guide UTE C 15-106, le Guide Promotelec.

La correspondance valeur max prise de terre/courant assigné DDR résulte du 531.2.4.2.2 et le tableau 53B s'applique dans tous les cas dès lors que l'on est en régime TT, neuf ou rénovation. Ne pas confondre avec les protections complémentaires, ni avec les mesures compensatoires.

Enfin pour les sections mini en domestique  :

Si le conducteur principal de protection (en aval de la borne principale de terre) est de même nature que les conducteurs actifs :

$$\text{Ph } 10^2\text{Cu ou } 16^2\text{Al} \Rightarrow \text{T } 10^2(\text{Cu})$$

Ph 16, 25 ou 35^2 Cu ou 25, **$35, 5^2$ (?)** Al \Rightarrow T 16^2 Cu (guide Promotélec, en application du tableau 54C

Et pour le Conducteur de terre ^{26a} :

Mini 25² (Cu nu), 35² (Al gainé plomb), 95² (acier galvanisé), 100² (feuillard acier galvanisé épaisseur > 3mm.

Cordialement

^{26b} S'applique d'ailleurs aussi dans le tertiaire et dans l'industrie

En règle générale, les sections des conducteurs de protection (Pe ou Pen) sont choisis en fonction des sections des conducteurs de phase et conformément au tableau suivant :

Section des conducteurs de phase S (mm ²)	Section minimale des conducteurs de protection Spe ou Spen (mm ²) ^{26c}
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	0,5 S

^{26c} En effet en **SLT de type TT**, une boucle d'impédance égale à 1Ω est vraiment exceptionnel voire irréalisable (En plus de 20 ans de contrôle technique, je n'ai jamais connu une telle situation). Le courant de 1^{er} défaut est limité par les valeurs des prises de terre des masses BT et Neutre. Je vous renvoie à l'annexe 7 !

Le courant de 230A que vous évoquez ne fait pas peur à un conducteur de 25mm² Cuivre mais que faites vous de la remontée en potentiel susceptible d'affecter masse en défaut et donc par voie de conséquence du risque d'électrisation voire d'électrocution de la personne qui touche simultanément la masse en défaut une structure métallique au potentiel « 0 »

^{26d} En schéma TN, ou en schéma IT (avec Neutre ou sans neutre) Le conducteur Pe ou Pen peut être fixé a priori, il faut et il suffit de vérifier que les protections contre les courts-circuits et contre les contacts indirects sont satisfaisantes. En ce qui concerne ceux qui sont utilisateurs de logiciels agréés, certains effectuent ce calcul il convient alors d'opter pour la section supérieure à la section calculée.

Commentaire général : Le débat pourrait nous mener très loin, cette remarque pourrait l'objet d'un sujet à lui seul, en conséquence, je n'irai pas plus loin ! Ce que vous venez de lire n'est qu'un survol du calcul des installations électriques à basse tension. La note de calcul doit être obligatoirement annexée au dossier technique et à remettre au vérificateur lors de la vérification initiale (1^{ère} mise sous tension) ou en cas de modification de structure pour les installations existantes déjà sous tension.

^{26e} Tout d'abord cette règle (liaison au circuit général de terre de toutes les structures métalliques qui sont susceptibles d'apporter un potentiel dangereux dans le volume d'accessibilité au toucher) s'applique à tous les schémas des liaisons à la terre. Je vous renvoie à la norme CEI Internationale 60364 (Partie 4-44 Protection pour assurer la sécurité) version équivalente à la NFC 15-100.

^{26f} On s'y perd un peu : Vous devriez être plus précis. Voici quelques définitions qui font le point sur les « conducteurs de terre »

- **Conducteur d'équipotentialité**

Conducteur de protection assurant une liaison équipotentielle.

- **Conducteur de mise à la terre du neutre**

Conducteur reliant le point neutre ou un point du conducteur neutre à une prise de terre.

- **Conducteur de protection**

Conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes :

- masses,
- éléments conducteurs,
- borne principale de terre,
- prise de terre,
- point de mise à la terre de la source d'alimentation ou point neutre artificiel.

- **Conducteur de terre**

Conducteur de protection reliant la borne principale de terre à la prise de terre.

- **Conducteur PEN**

Conducteur mis à la terre, assurant à la fois les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre.

- **Conducteur principal de protection**

Conducteur de protection auquel sont reliés les conducteurs de protection des masses, le conducteur de terre et éventuellement les conducteurs de liaisons équipotentielles.

- **Liaison équipotentielle**

Liaison électrique spéciale mettant au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs.

- **Tension de contact (U_c)**

Tension apparaissant, lors d'un défaut d'isolement, entre des parties simultanément accessibles.

- **Tension de contact présumée (U_c)**

Tension de contact la plus élevée susceptible d'apparaître en cas de défaut franc se produisant dans une installation.

- **Tension de défaut (U_d)**

Tension qui apparaît lors d'un défaut d'isolement entre une masse et un point de la terre suffisamment lointain pour que le potentiel de ce point ne soit pas modifié par l'écoulement du courant de défaut.

- **Tension limite conventionnelle de sécurité (U_L)**

Valeur maximale de la tension de contact qu'il est admis de pouvoir maintenir indéfiniment dans des conditions spécifiées d'influences externes.

xxii) **Flytox : Sam 21 Jan 2017 - 18:54**

Bonjour Candela,

Merci pour cette réponse documentée et du temps passé à l'élaborer. Mon propos n'est pas de discuter les normes mais plutôt cerner l'utilité des terres, DDR et surtout la compréhension des sections demandées au départ du fil (en dérivant puisque on est passé du conducteur Terre qui a des contraintes mécaniques au conducteur principal de protection). Je rectifie ma phrase "Ce n'est certes pas nécessaire pour écouler un petit courant de fuite mais sans doute bien un court circuit franc entre Phase et Terre... ? car je n'ai jamais vu ce cas. Par contre un fort écoulement dû un coup de foudre ça oui, et du coup la conséquence est la même il vaut mieux que l'écoulement ne rencontre pas de résistance (enfin le moins possible). J'y vois l'explication des sections du conducteur principal de Terre Si celui ci ne servait qu'à écouler un courant de fuite, une section de 1,5² est suffisante !

Quand à l'utilité des DDR, bien sûr. Mais je vois ça comme un air bag, la ceinture étant le réseau Terre. En effet si votre Terre est bonne vous n'aurez jamais de différence de potentiel sur votre lave linge, le courant de défaut s'écoule, l'installation reste sous tension et l'utilisateur ne se rend compte de rien. Par contre en cas défaut du réseau Terre, c'est l'utilisateur qui en prend la fonction et là on est content d'avoir un DDR qui déclenche. Par expérience, et sans cracher dessus, je prends un certain recul sur les DDR, pour 2 raisons :

1- leur fiabilité, toutes marques confondues, qui est moyenne et bien moindre à une Terre bien réalisée. Qui prend le temps de les tester (pas bouton test mais avec un testeur)... ?

2- la tendance à considérer cet appareil comme résolvant le problème de sécurité des personnes. C'est tellement plus simple de mettre un DDR  que de travailler sur l'amélioration de la Terre ! Bien qu'il est vrai que depuis l'arrivée de la XP C 16-600 cet aspect soit quelque peu revu... Je n'oublie pas les autres qualités de la détection des courants de fuites que la protection des personnes mais c'est cette dernière qui est la principale.

Merci encore Candela pour cette recherche documentée et n'hésitez pas à me tirer l'oreille si j'ai dit une carabistouille !

Je pense que vous n'avez pas saisi la philosophie d'une installation électrique et encore moins celle qui concerne la protection des personnes (Effets thermiques, courts-circuits, contacts indirects) et la conservation des biens (Incendies, explosions, etc.) !

Je vois que vous êtes accro aux prises de terre alors, je pense que le document que j'ai rédigé il y a maintenant quelques années vous sera d'une grande utilité.

Annexe 8 : Historique de la mise à la terre.

 Je vous invite à lire attentivement les lignes 7 à 17 (folio 2/6) mon commentaire, vous serez ainsi éclairé du pourquoi et comment de la présence des DDR dans les installations électriques. Juste une parenthèse : Je vous rappelle que : lors d'une rénovation ou éventuellement de l'adjonction d'une installation électrique dans un bâtiment existant vous devez vous conformer à la réglementation en vigueur et **que votre responsabilité est engagée en cas de non respect de celle-ci et surtout en cas d'accident corporel**. La norme XP C 16-600 est un outil permettant d'effectuer le diagnostic de l'installation concerné que vous devez suivre à la lettre pour exécuter vos travaux.

Ⓧ José garcia : Dim 22 Jan 2017 - 11:24

Bonjour flytox

Vous avez raison d'écrire qu'une bonne prise de terre et une bonne équipotentialité sont les premières des conditions pour assurer la protection des personnes. Les liaisons équipotentielles supplémentaires ou locales doivent en effet permettre de réduire à 0V les tensions de contacts, mais obtenir cette parfaite équipotentialité est quasiment impossible, surtout dans l'habitat. En schéma TT, les DDR sont un moyen de protection incontournable. Il ne s'agit pas d'un "airbag" comme vous le dite car aucune autre protection surintensité n'est en mesure de déclencher d'une manière fiable dans le temps imparti pour protéger les personnes même en cas d'un défaut franc avec une impédance de boucle très faible (200 ms max sur les circuits terminaux pour les installations alimentées sous une tension simple de 230 V). Vous évoquez le cas de la rupture de PE sur un appareil en défaut et à ce moment la, de l'utilité du DDR. C'est vrai, mais ça ne marche théoriquement qu'avec un DDR HS 30 mA. C'est même la raison principale de l'existence de ce type de DDR. C'est une mesure compensatoire (un airbag comme vous le dite) mais dans le cas d'un défaut d'isolement sur un appareil en défaut bien relié au circuit de protection, une tension de contact possiblement dangereuse entre l'appareil en défaut et la personne en contact va apparaître et à ce moment la, en schéma TT, seul un DDR (HS ou non) peut éviter le drame. En clair, il ne suffit pas d'écouler les défauts mais il faut les éliminer. Ecouler les défauts sert à les éliminer par une détection adéquate (les DDR en schéma TT).

Je répète ce qui a déjà été dit mais en schéma TT, le choix de la section des conducteurs de protections est déterminé seulement en fonction de la tenue mécanique de ces conducteurs y compris de celui de la liaison équipotentielle principale.

Concernant le fonctionnement des DDR : mon métier de vérificateur m'amène chaque jour à tester ces DDR soit en créant un défaut réel entre phase et terre soit en créant un défaut du type amont/aval. La conclusion est sans appel. Les conditions d'influences externes des endroits où sont installés les DDR conditionnent en grande partie leur bon fonctionnement ou non. Si ils sont soumis à de l'humidité, de la condensation ou de la poussière, leurs fonctionnement est très aléatoire Ⓜ. Pour anecdote, lors d'un contrôle dans une piscine, 16 DDR sur 19 ne fonctionnaient pas. C'était un problème récurrent car ils étaient changés très régulièrement. Il se trouve que l'armoire se situait dans un bureau tout près des bassins. Les pauvres DDR n'appréciaient pas du tout l'ambiance chlorée des lieux ! Il m'arrive de tester des DDR installés dans les années 70, c'est du costaud croyez moi.

Cordialement

Ⓜ J'invite mon ami José à lire voire relire une étude à la quelle j'ai participé et qui a fait l'objet d'une étude très détaillée parue dans les notes documentaires de l'INRS. Cette note de 18 pages porte le numéro ND 1529.119.85 dont l'objet est :

« DISPOSITIFS à COURANT DIFFERENTIELS UTILISES en PROTECTION INDUSTRIELLE »

Bilan des essais sur un échantillon de 200 appareils

Cette note est très instructive.