

Electrodes de terre

Le but d'une électrode de terre est :

- d'écouler le courant de foudre à la terre ;
- de réaliser une équipotentialité entre les conducteurs de descente.

L'électrode de terre de fondation et la ligne circulaire satisfont à ces conditions.

Les électrodes de terre verticales (pieux) ou radiales (en épis), lorsqu'elles ne sont pas reliées entre elles, ne satisfont ni à ces conditions d'équipotentialité ni à la maîtrise des potentiels différents entre les masses métalliques du bâtiment.

Comme électrode de terre, il y a lieu d'utiliser **par ordre d'importance et d'efficacité** :

- a) les électrodes de terre de fondation ;
- b) le ferrailage du béton des bâtiments existants ;
- c) la ligne circulaire pour les bâtiments existants ou les bâtiments ayant une barrière d'étanchéité, voire une isolation sous le bâtiment ;
- d) les électrodes de terre en profondeur ou radiales lorsque l'enfouissage de la ligne de terre serait techniquement ou économiquement problématique (une équipotentialité des terres est nécessaire pour les raisons relevées plus haut).

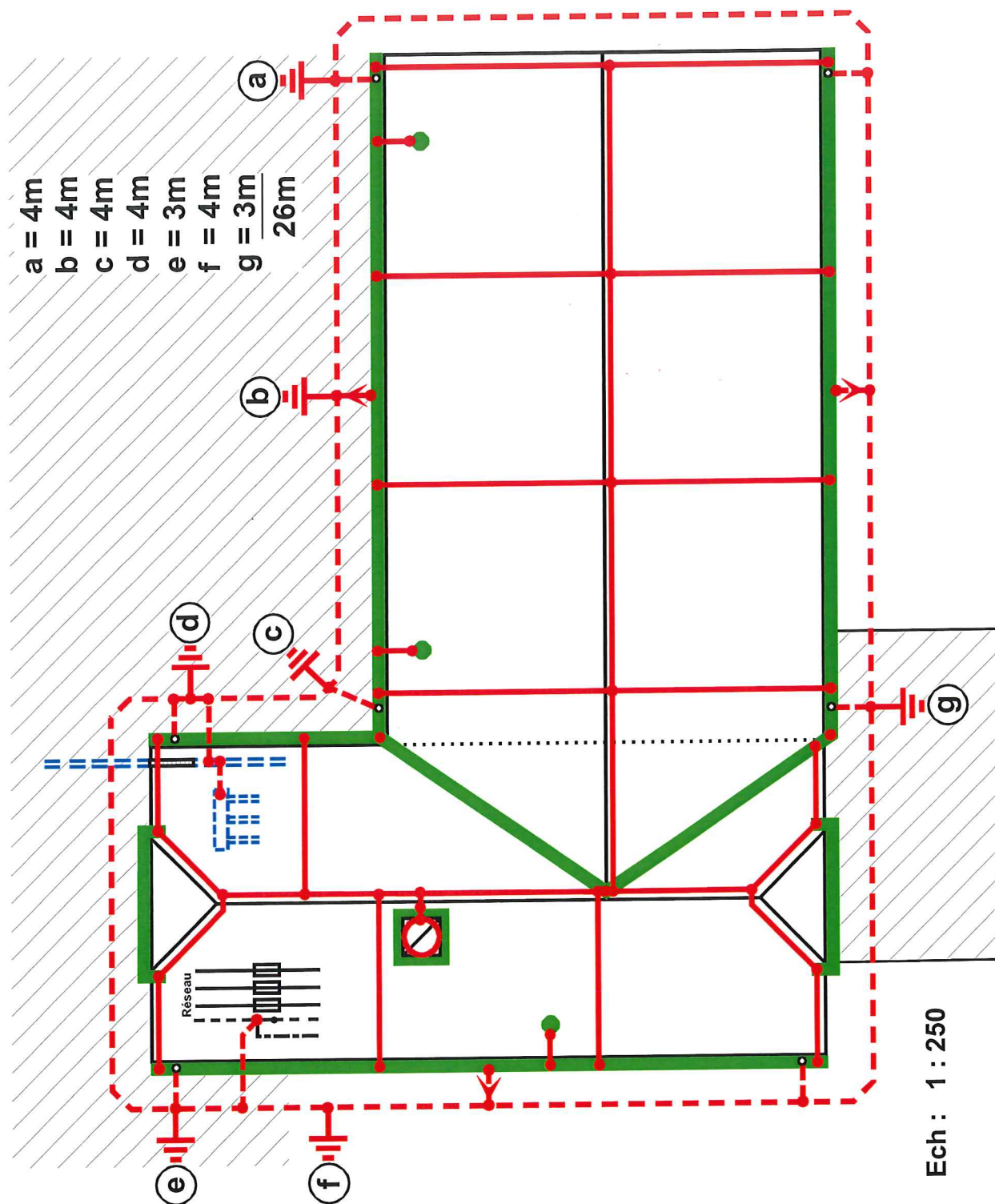
Si deux ou plusieurs bâtiments voisins sont équipés d'installations de protection contre la foudre, il serait nécessaire de relier ensemble leurs prises de terre. Ceci doit être observé en particulier pour les groupements de constructions homogènes (par exemple groupes hospitaliers ou similaires).

Matériaux et dimensions

Les configurations et les sections minimales des prises de terre sont données dans le tableau 3.11._c de la feuille 3.11._{5.4}.

Electrodes de terre verticales (exemple avec un niveau de protection III)

Pieux



Electrodes de terre de fondation

Toutes les nouvelles constructions doivent être équipées d'une électrode de terre de fondation ; il s'agit en l'occurrence d'une exigence des exploitants de réseaux électriques.

Lorsque pour des raisons d'étanchéité (nappe phréatique, cours d'eau, etc.), les fondations du bâtiment sont équipées d'une barrière d'étanchéité (3.5.2.3.1 fig. c), l'électrode de terre devra être placée sous la couche d'étanchéité, dans du béton (CP 280 kg/m³) et elle sera distancée de 5 cm du béton maigre. Lorsque ce mode de faire ne peut être exécuté, ce genre d'électrode ne pourra pas être utilisé. En lieu et place, on installera une ligne circulaire, voire des prises de terre verticales (pieux).

Lorsque pour des raisons d'économie d'énergie (construction minergie), les fondations du bâtiment sont séparées du terrain par une barrière isolante, on installera une ligne circulaire, voire des prises de terre verticales (pieux) à l'extérieur du bâtiment (3.5.2.3.2).

Les électrodes de terre de fondation (ferraillage ou conducteur spécial) doivent être réalisées selon les principes CES SNR 464113 « Terres de fondation » ainsi que la feuille 3.5.2.3.1. Lorsqu'il s'agit de constructions de protection civile comprenant des installations électriques protégées NEMP, il y a lieu de se référer aux exemples d'installations de l'Office fédéral de la protection de la population.

Les électrodes de terre de fondation doivent être posées de champ, dans du béton (CP 280 kg/m³) en contact direct avec le sol; de plus, elles doivent ceinturer l'ensemble du bâtiment de manière à former un anneau fermé qui sera placé dans les fondations des murs extérieurs de la construction.

Pour les liaisons entre l'électrode de terre de fondation (9) et les points de raccordements nécessaires à la protection intérieure (1) ou aux descentes du paratonnerre, il est possible d'utiliser des câbles isolés (CU 50 mm², Ø min des brins 1,7 mm). Toutefois, la longueur de ces derniers ne sera pas supérieure à 1 m lorsqu'ils sont noyés dans le béton (3.5.2.3.1 fig. b).

Lors de construction exécutée selon la figure "a" de la feuille 3.5.2.3.1 (ruban de la descente encastré dans le mur en BA), l'accès à la jonction mentionnée sous le chiffre 2 doit être assuré.

Les armatures métalliques conductrices (ferraillage non isolé), telles que les treillis d'armatures de fondation, les pieux placés en dessous des fondations du bâtiment et similaires doivent toujours être reliées à l'électrode de terre de fondation. Ces liaisons supplémentaires peuvent être réalisées au moyen de fils d'attache (ligature), pour autant qu'elles soient électriquement conductrices.

Si les fondations contenant l'électrode de terre de fondation appartiennent à plusieurs bâtiments ou comportent des joints de dilatation, il faut prévoir des dispositifs de pontage souples et bons conducteurs. Le pontage peut être placé, soit dans les fondations, soit apparent à l'intérieur du bâtiment de façon visible. Ils doivent avoir une section d'au moins 50 mm^2 s'ils sont en cuivre ou de 75 mm^2 s'ils sont en acier inoxydable (V4A).

Electrodes de terre de fondation

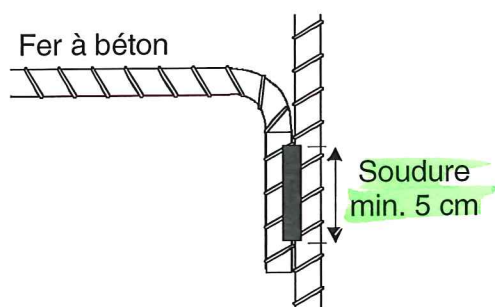
Légende de la feuille 3.5.2.3.1

1. Jonctions pour l'installation intérieure de protection contre la foudre (conduite d'amenée de l'eau – chauffage – rails de guidage de l'ascenseur – ventilation – etc.).
2. Jonctions pour les conducteurs de descente ainsi que pour les éléments métalliques situés à l'extérieur du bâtiment.
3. Conducteurs de descente encastrés CU 6 mm de \varnothing tiré dans un tube isolant difficilement combustible.
4. Afin d'éviter une destruction de l'électrode par la corrosion, l'électrode de terre doit être distante de 5 cm du béton maigre. A défaut de fer dans les fondations, il est nécessaire d'utiliser des pièces de distancement.
5. Ruban de fer de 25 x 3 mm.
6. Niveau maximum de la nappe phréatique.
7. Etanchéité.
8. Ruban de fer de 25 x 3 mm posé de champ et raccordé tous les 5 m aux fers à béton (voir aussi tableau 3.11.0 feuille 3.11.5.4)
9. 1 fer ≥ 10 mm de \varnothing .
10. Lorsque le bétonnage se fait en plusieurs parties et que l'on utilise des fers en lieu et place du ruban d'acier, les extrémités de ceux-ci doivent être marquées au moyen d'une peinture. Les liaisons doivent être effectuées par vissage, par sertissage ou par soudage, selon 3.11.5.1.

Remarque :

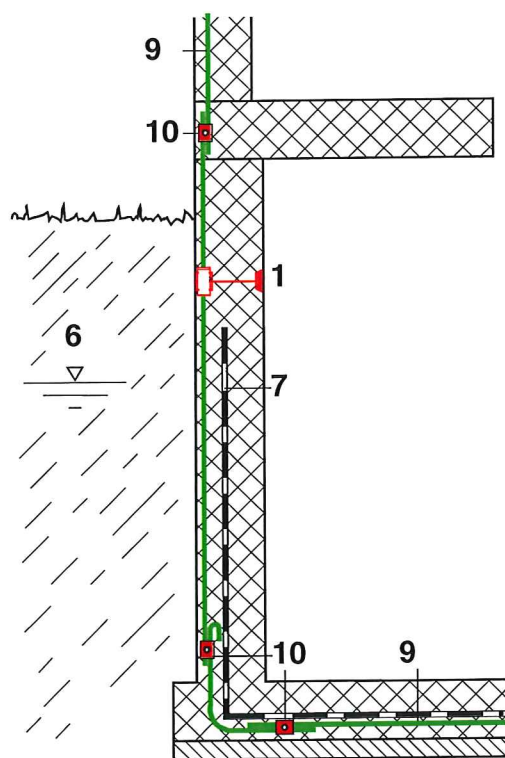
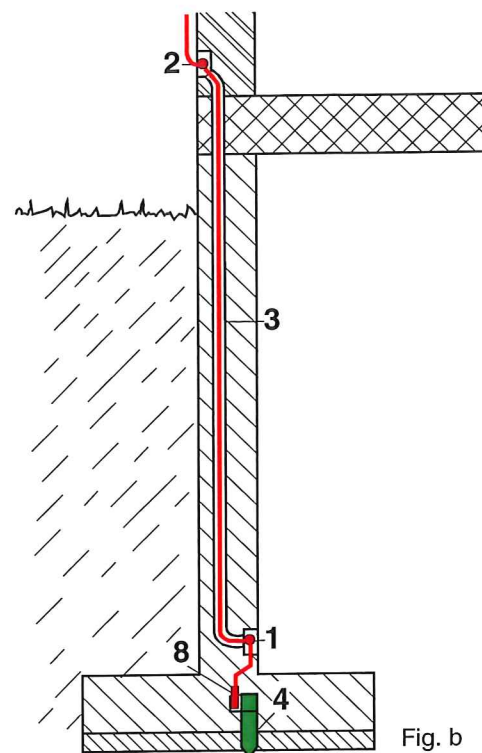
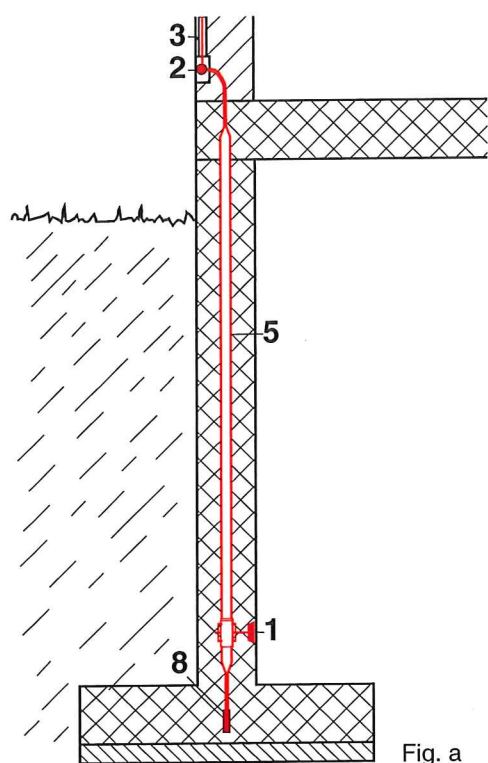
Les directives de l'OFPP relatives à la protection EMP doivent être prises en considération (voir également 3.5.3.2).

Jonctions soudées d'armatures dans le béton armé



Il convient que les fers et rubans soient soudés sur une longueur au moins égale à 5 cm.

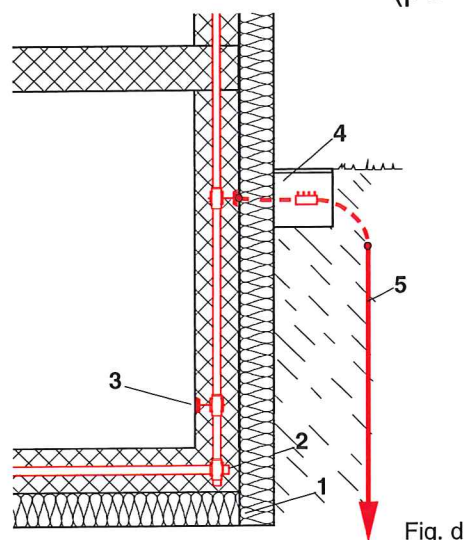
Electrodes de terre de fondation



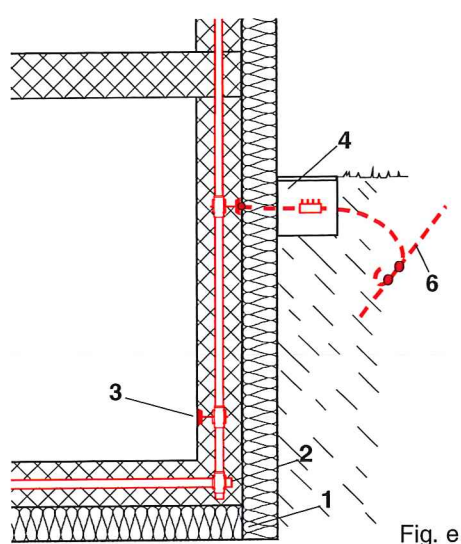
Electrodes de terre avec bâtiment isolé du terrain

(par ex : construction minergie)

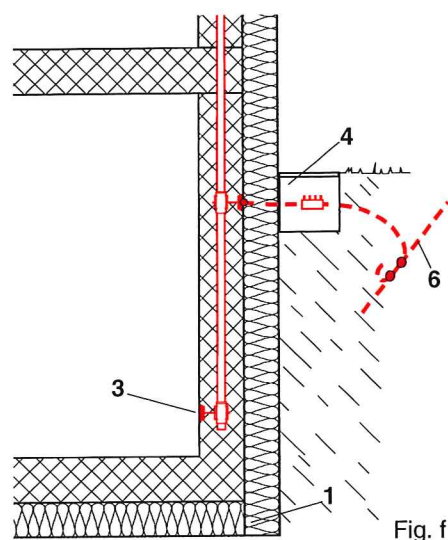
Plusieurs variantes possibles



Soit une liaison équipotentielle (2) dans les fondations (style électrode de terre de fondation) qui est connectée à chaque conducteur de descente ; en face de chaque conducteur de descente un piquet de terre (5) est mis en place avec un manchon de contrôle (4). (Figure d solution idéale)



Soit une liaison équipotentielle (2) dans les fondations (style électrode de terre de fondation) qui est connectée à chaque conducteur de descente ; en face de chaque conducteur de descente une liaison avec la ligne circulaire (6) est mise en place avec un manchon de contrôle (4). (Figure e solution correcte)



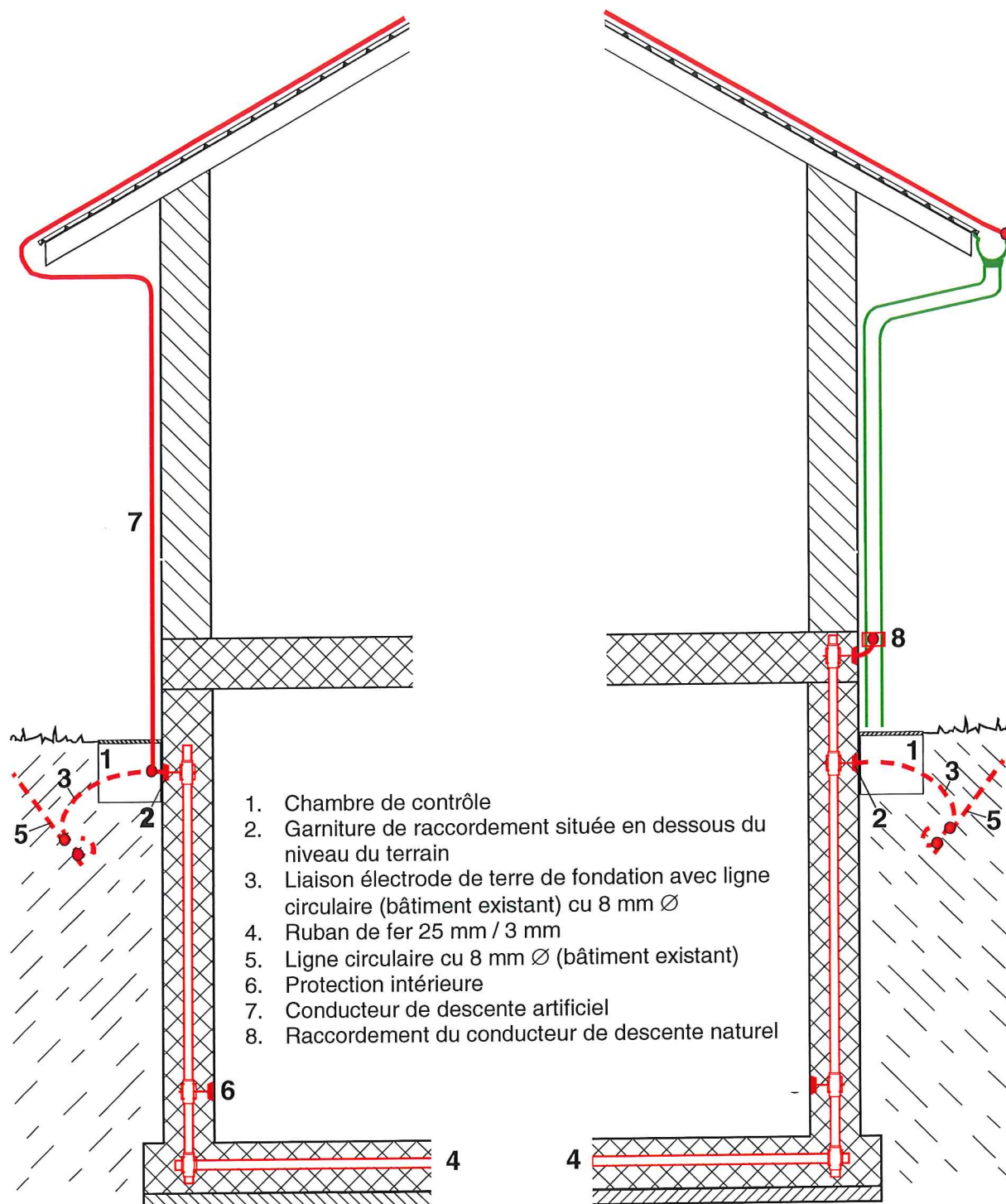
Soit une ligne circulaire (6) à laquelle seront reliés tous les conducteurs de descente ainsi que les connexions destinées aux liaisons équipotentielles (3). (Figure f solution acceptable pour de petites constructions simples ne comportant pas d'équipements techniques sensibles)

Légende

- 1 Isolation
- 2 Liaison équipotentielle
- 3 Jonction pour liaison équipotentielle
- 4 Chambre de contrôle
- 5 Piquet de terre
- 6 Ligne circulaire

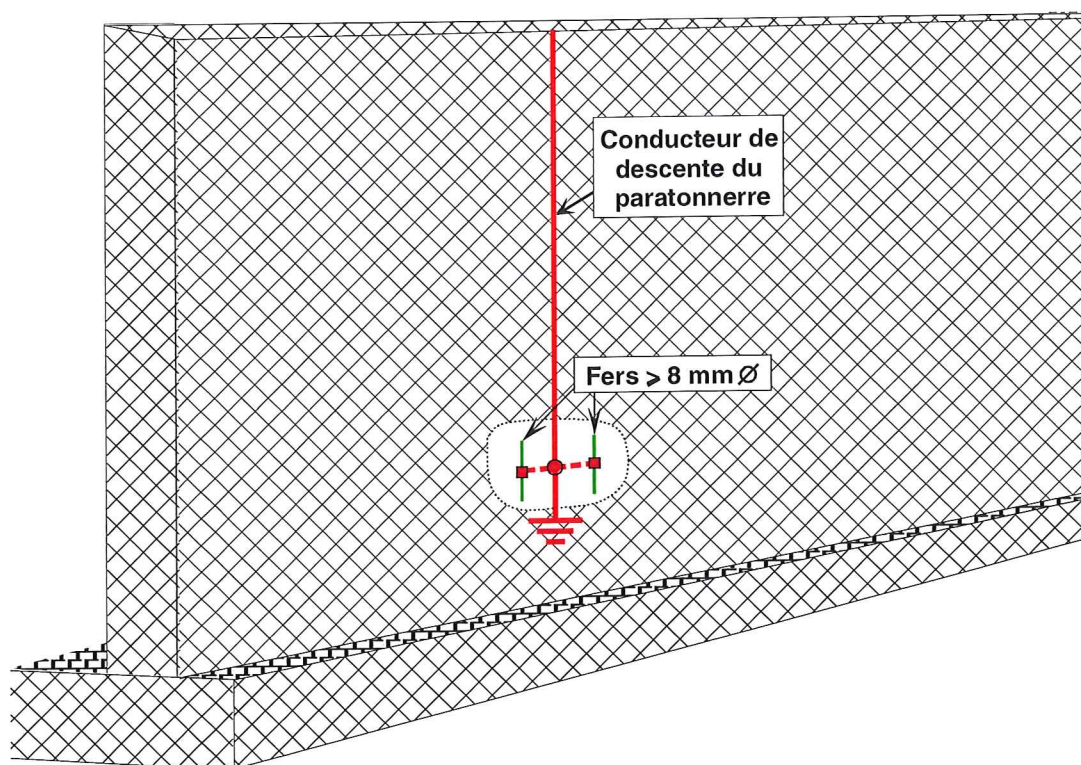
Garniture de raccordement

Accessibilité



Lorsque les jonctions (point 2) se situent en dessous du niveau du terrain, elles doivent être accessibles par une chambre de contrôle. La dimension de cette dernière doit être telle que l'on puisse aisément déconnecter les jonctions.

Electrodes de terre de fondation dans les bâtiments existants



Constructions existantes en béton armé

Il est admis d'utiliser le ferrailage du bâtiment existant comme électrode de terre.

Toutefois, les conditions suivantes doivent être respectées :

- Les fers à béton doivent avoir un diamètre minimum de 8 mm.
- Deux fers à béton verticaux seront mis à nu, le plus près possible du sol, dans le mur extérieur du bâtiment.
- Chaque conducteur de descente du paratonnerre doit avoir son propre point de raccordement.
- Les cavités doivent ensuite être obturées de manière à exclure toute détérioration due à la corrosion (protection des raccordements et du ferrailage et protection du fil de cuivre sortant du béton au moyen d'une gaine isolante rétractable pénétrant au moins 5 cm dans le mur).
- Au cas où le point de raccordement se fait en dessous du terrain (30 cm maximum en dessous), l'accès à ce point doit être possible par une chambre de contrôle selon 3.5.2.4.
- L'efficacité de ces mises à terre doit être vérifiée, par exemple au moyen de la mesure du courant de court-circuit.
- Les fondations du bâtiment ne doivent pas être isolées électriquement du terrain.
- Ce mode de faire nécessite l'accord des spécialistes de l'autorité de protection incendie.

Mise à terre dans les ouvrages de protection existants de la protection civile (DePC)

Directive ESTI no 508

Ouvrage avec protection EMP

Pour les ouvrages avec protection IEM (Impulsion électromagnétique) existants et soumis à une modernisation conformément aux directives de l'OFPP, le raccordement ultérieur à la mise à la terre d'armature s'effectue au moyen d'un point de raccordement ZS pour liaison d'équipotentialité de protection (croix de terre).

Le point de raccordement ainsi obtenu a une triple fonction : liaison équipotentielle de protection, mise à la terre et protection IEM.

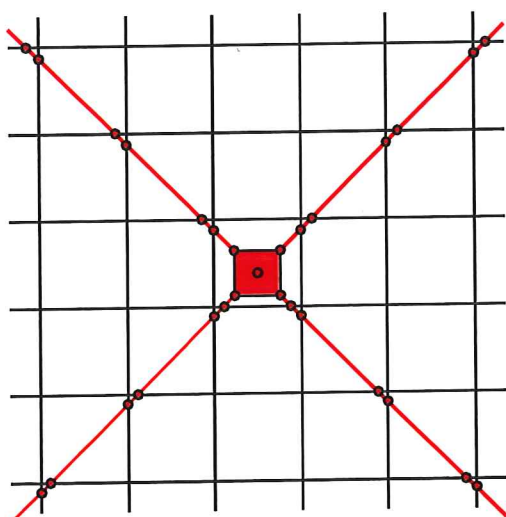


Fig. 1 Point de raccordement ZS (croix de terre)

Le point de raccordement ZS consiste en une plaque de raccordement munie d'une vis à six pans M10 et de quatre cordons en cuivre de 16 mm² de section.

Pour le montage, il y a lieu :

- de localiser à l'intérieur de l'enveloppe de l'abri les fers d'armature déjà posés dans le béton ;
- de définir le centre de la croix de terre ;
- pour la pose des cordons en cuivre, de réaliser des saignées selon la figure 1 et de monter la plaque de raccordement de manière à ce qu'elle repose à plat sur le mur en béton ;
- de mettre à nu les fers d'armature découverts pour fixer les cordons en cuivre ;
- de faire passer les cordons en cuivre derrière les fers d'armature ;
- de fixer les cordons de cuivre aux fers à l'aide de brides (au moins 10 points).

Electrodes de terre

(Electrode de terre en boucle / ligne circulaire)

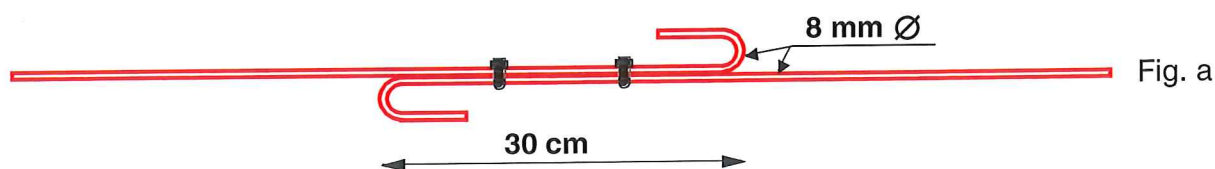


Fig. a

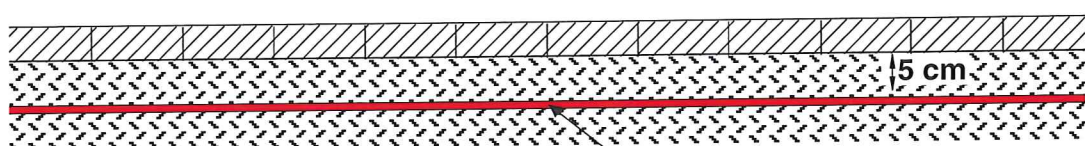


Fig. b

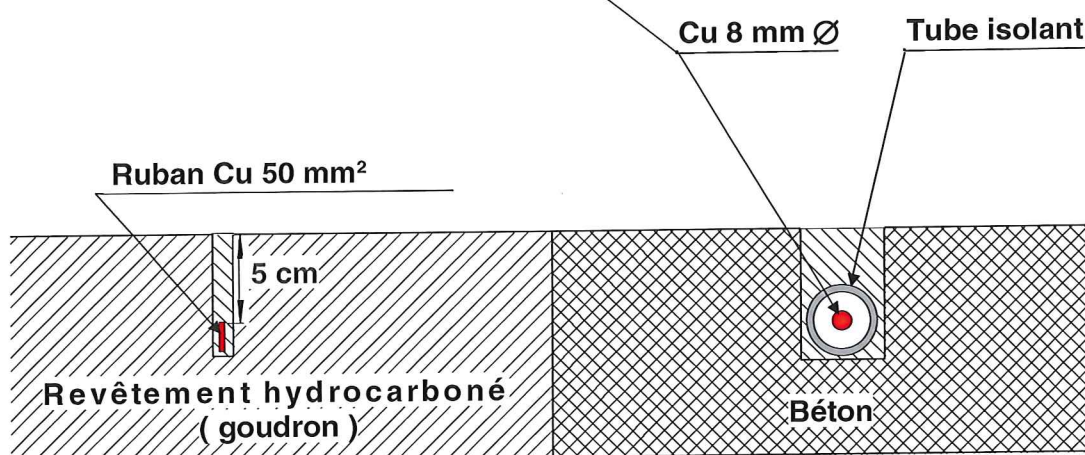


Fig. c

De préférence, la ligne circulaire sera constituée d'un fil ou d'un ruban en cuivre de 50 mm² qui sera éloigné, dans la règle, d'au moins 1 m du bâtiment. La profondeur minimale d'enfouissement doit être de 70 cm. La ligne circulaire doit ceinturer tout le bâtiment.

Une installation de protection contre la foudre partiellement installée présente un danger pour les personnes et les choses; aussi, la ligne circulaire devrait être enfouie avant, ou tout au moins, en même temps que la pose des conducteurs de descente et des dispositifs de capture.

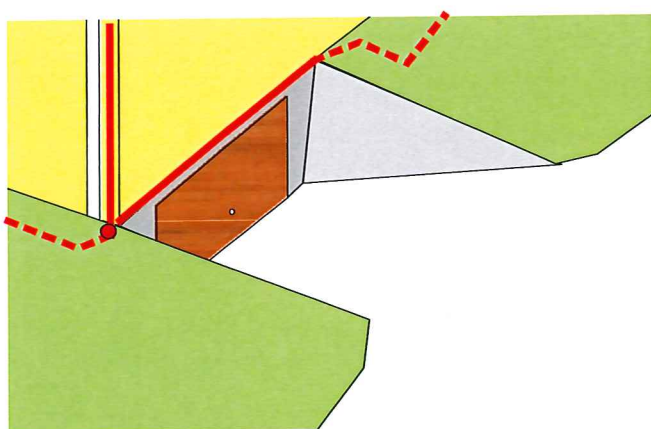
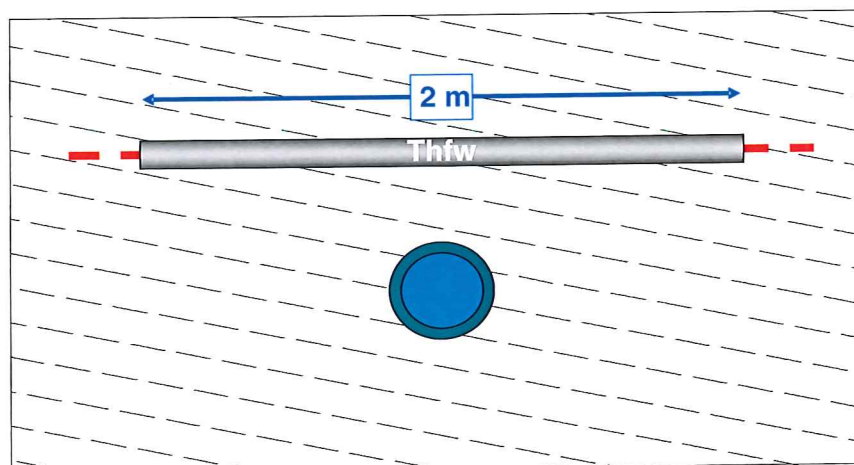
Le raccordement de deux fils de cuivre dans la terre (fig. a) doit être effectué au moyen de deux brides à une vis ou d'une bride à deux vis; de plus, on prendra soin de replier les extrémités. Le raccordement par soudage aluminothermique est également autorisé; toutefois, ce travail doit être effectué avec un soin particulier.

Lorsqu'il est nécessaire de traverser une place constituée de pavés, le fil peut être installé dans le sable à 5 cm en dessous des pavés (pour de longs tronçons voir 3.5.5.1).

Lorsque le terrain est recouvert d'un revêtement hydrocarboné (goudron), il suffit de faire une saignée de 8 cm de profondeur et d'y loger le ruban de cuivre de manière à ce qu'il soit enfoui à une profondeur de 5 cm au minimum (fig. c). La saignée doit être comblée avec du goudron (pour de longs tronçons voir 3.5.5.1).

Lorsque le terrain est recouvert de béton, il suffit de faire une saignée pour y loger un tube isolant (symalen gris Thfw) dans lequel sera placé le fil de cuivre. Ce mode de pose permet d'éviter un éclatement du béton en cas de coup de foudre (fig. c) (pour de longs tronçons voir 3.5.5.1).

Afin d'atténuer le risque de corrosion, il y a lieu de placer le fil de cuivre de la ligne circulaire dans un tube isolant lorsque l'on croise la conduite d'eau métallique; de plus, il faut éviter les parallélismes avec les conduites d'eau métalliques ou autres conduites métalliques enfouies dans le sol.



Occasionnellement, la ligne circulaire peut être fermée par une connexion en surface. Toutefois, les conditions mentionnées dans la section 3.5.5.1 doivent être respectées.

Electrodes de terre verticales et radiales

Pieux et rubans de terre

Si, pour des raisons techniques ou économiques importantes, la ligne circulaire ne peut pas être enfouie à 70 cm (béton – pavage – revêtement bitumineux), il y a lieu de la compléter par d'autres électrodes, par exemple des électrodes de terre radiales ou des pieux.

Lorsque la longueur de la ligne non correctement enterrée dépasse 20 % de la longueur totale de la ligne circulaire, il est nécessaire de compenser le tronçon dépassant les 20 %. De même, lorsque la longueur non correctement enterrée dépasse 20 m, il est nécessaire de compenser le tronçon dépassant les 20 m.

Pour ce faire, les points suivants doivent être respectés, soit :

- Lorsque l'on utilise des électrodes de terre radiales (patte d'oie), la longueur totale de celles-ci doit être égale au tronçon à compenser. Elles seront enfouies à 70 cm dans la terre.
Chaque électrode de terre radiale doit être installée avec un angle $> 60^\circ$ par rapport à une autre électrode de terre radiale.
- Lorsque l'on utilise des pieux, la longueur de ceux-ci doit être égale à la moitié du tronçon à compenser.
- Les pieux doivent être enfoncés à une profondeur d'au moins 2,5 m.
- Entre chaque pieu, il doit y avoir une distance correspondant au moins à 1,5 fois leur longueur.
- Les pieux et les électrodes de terre radiales doivent être installés à proximité des conducteurs de descente, là où la mise à terre n'est pas enfouie correctement.
- Les pieux et les électrodes de terre radiales doivent être reliés ensemble au moyen d'une ligne circulaire. Ceci est nécessaire, d'une part pour diminuer les différences de potentiel entre les conducteurs de descente et, d'autre part, pour améliorer la protection des équipements et installations techniques.

Exemple d'installation de pieux 3.5.5.2

(Ferme existante)

Ech. 1 : 250

périmètre 138 m

nbre de conducteurs de descente min. 10

Longueur de la ligne de terre non correctement enterrée	72 m
Tolérance 20 % de 138 m = 28 m mais au maximum 20 m	- 20 m
Longueur de la ligne à compenser (partie dépassant les 20 m)	72 m – 20 m
	52 m
	=====
Utilisation de pieux, soit le 50 % de 52 m	26 m
	=====

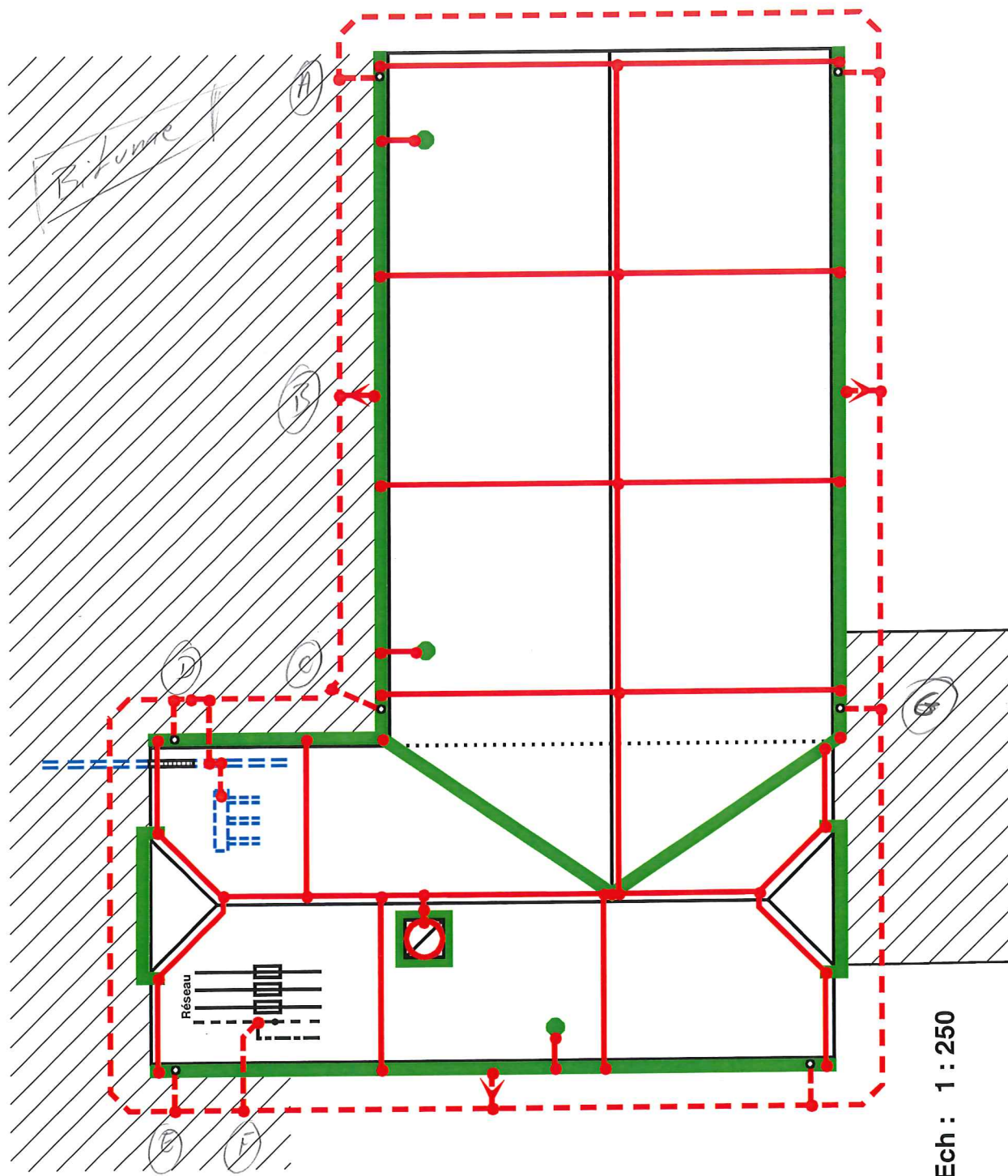
La répartition sera uniforme soit :
(dans la mesure du possible)

- | | |
|--------|--------|
| a) 4 m | e) 3 m |
| b) 4 m | f) 4 m |
| c) 4 m | g) 3 m |
| d) 4 m | |

Electrodes de terre verticales

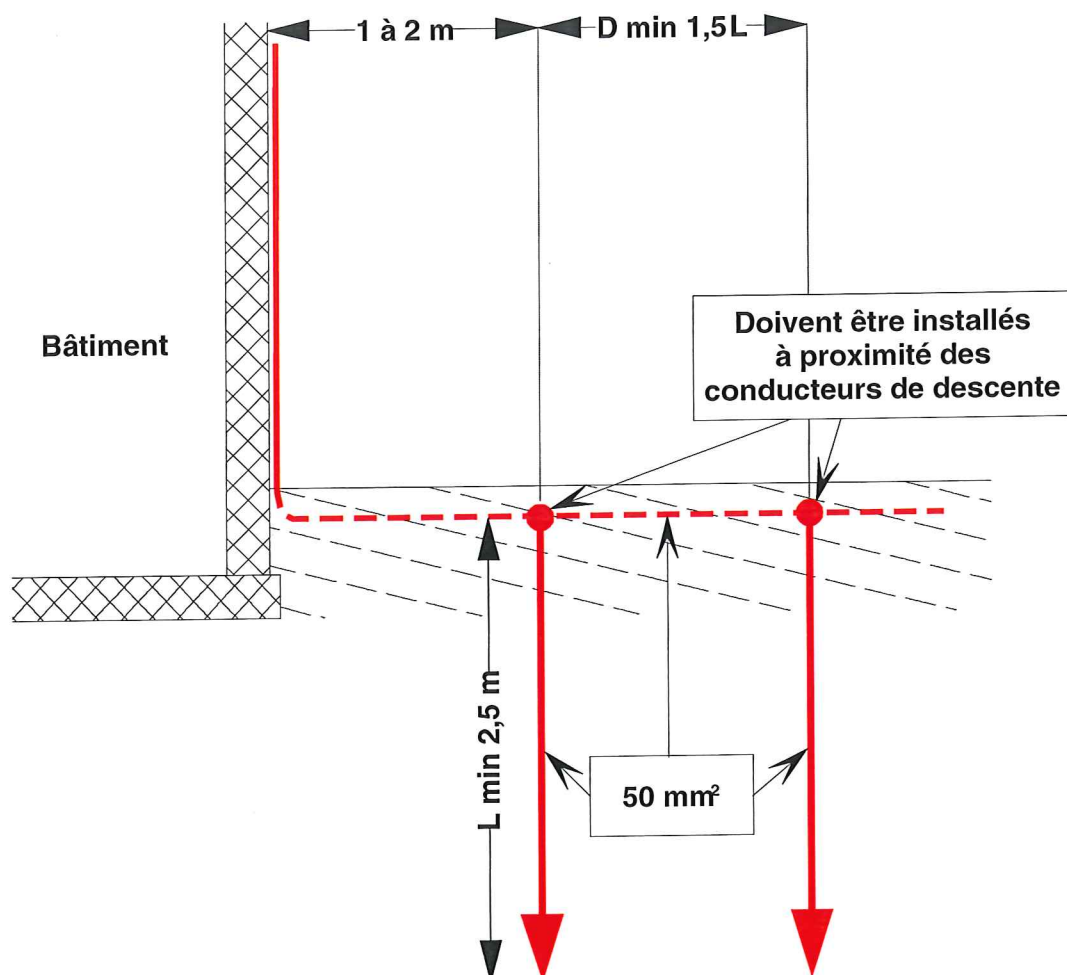
(exemple avec un niveau de protection III)

Pieux



Electrodes de terre verticales

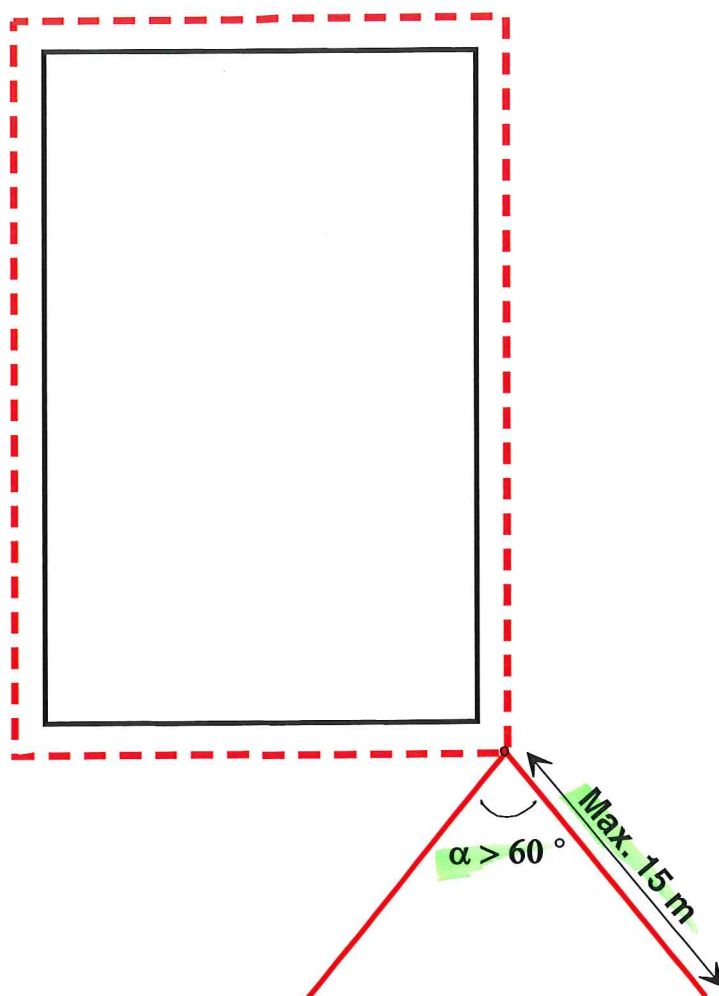
Pieux



- Lors de la compensation, les pieux comptent double.
- Les pieux constitués de cordes en cuivre doivent avoir des brins de 3 mm de \varnothing .
- Pour obtenir une protection efficace des équipements techniques situés à l'intérieur du bâtiment, les électrodes de terre verticales doivent être reliées entre elles par une liaison équipotentielle de protection (apparente sur le bâtiment ou enfouie dans le terrain).
- Voir également le tableau 3.11.c de la feuille 3.11.5.4

Electrodes de terre radiales

Les rubans de terre (ligne circulaire) doivent être posés à une profondeur d'au moins 0,7 m. Dans le cas où ils ne sont reliés que d'un côté (électrodes de terre radiales), leur longueur (mesurée depuis le point de raccordement) ne devrait pas dépasser 15 m et elles doivent être posées de manière à présenter un angle $> 60^\circ$ entre elles.



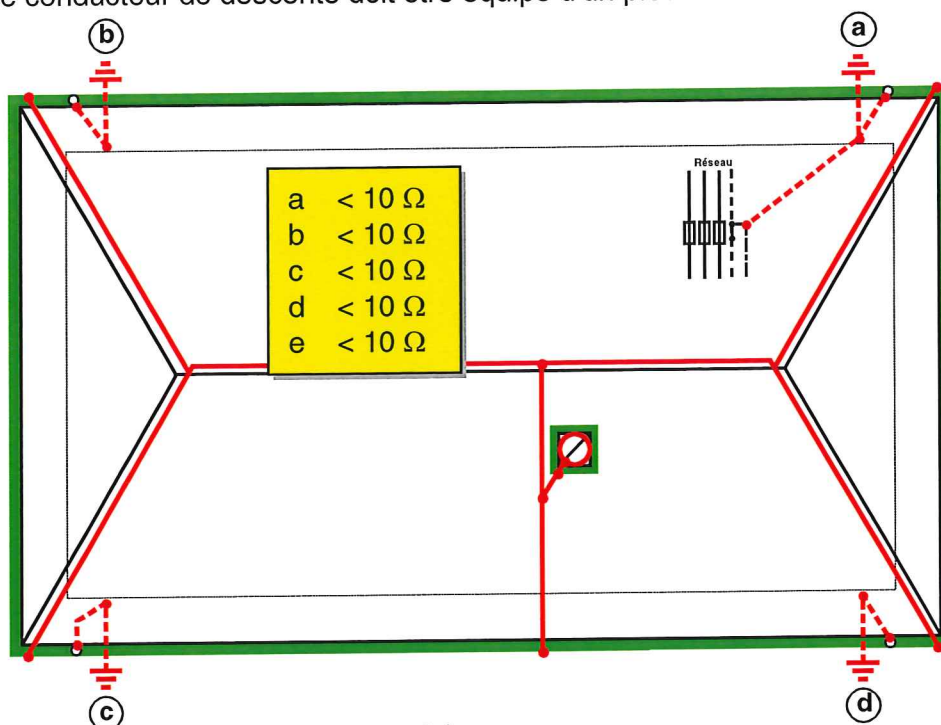
Dispositions particulières pour mise à terre de petits bâtiments d'habitation existants

Pieux de terre sans liaison équipotentielle de protection

Les pieux et les électrodes de terre radiales doivent être reliés à la ligne circulaire. Ceci est nécessaire, d'une part, pour diminuer les différences de potentiel entre les conducteurs de descente et d'autre part, pour améliorer la protection des équipements et installations techniques.

Dans certains cas, **en accord avec les spécialistes de l'autorité de protection incendie**, il est possible de renoncer aux liaisons entre les électrodes de terre verticales. Toutefois, les points suivants doivent être respectés.

1. Il ne peut s'agir que d'un petit bâtiment d'habitation existant de max. 2 étages au-dessus du terrain, un seul niveau souterrain, somme maximale de toutes les surfaces « étage-rez-ss » 600 m², pas d'hébergement de personnes (sauf un appartement)
2. Le propriétaire sera informé que la protection des équipements techniques ne sera pas optimale.
3. Les différences de potentiel engendrées ne représentent pas de risques pour les personnes et les bêtes (masses métalliques simultanément accessibles).
4. Une liaison entre un pieu et la liaison équipotentielle de protection est nécessaire.
5. La résistance de passage à la terre ne doit pas dépasser 10 Ω par conducteur de descente.
6. Chaque conducteur de descente doit être équipé d'un pieu.



Constructions sur rocher

Si la construction à protéger est bâtie sur le rocher et que, de ce fait, une prise de terre normale ne peut être réalisée, il y a lieu de poser sur ce rocher au minimum une ligne circulaire à laquelle seront raccordés les conducteurs de descente.

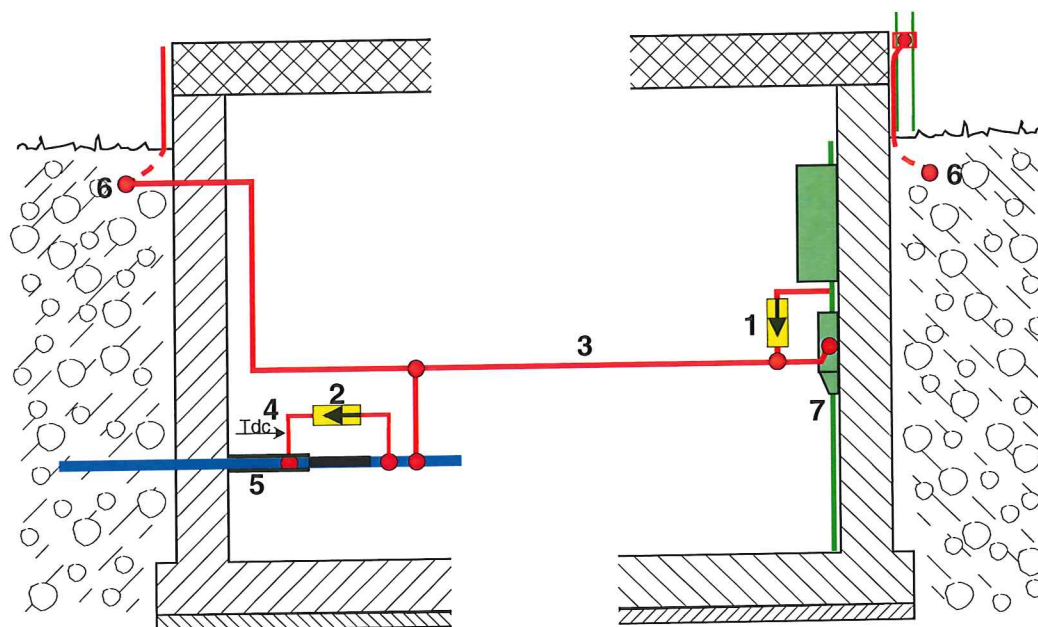
Dans le secteur de l'entrée du bâtiment et sur ses voies d'accès, il ne doit pas y avoir de conducteurs de l'installation de protection contre la foudre. Dans ce cas de figure, en accord avec les spécialistes de l'autorité de protection incendie, la ligne circulaire peut être interrompue. Si un conducteur doit traverser la voie d'accès, il doit être soit tiré dans un tube isolant, soit recouvert d'une couche d'asphalte d'au moins 5 cm d'épaisseur et de 2 m de largeur. Le tube isolant ou la couche asphaltée doit dépasser le bord de la voie d'accès d'environ 1 m de chaque côté.

Si des failles ou des cavités remplies de terre se trouvent dans un rayon de 20 m, une électrode de terre radiale ou en profondeur devra alors y être posée et reliée à la ligne circulaire. Les conducteurs posés en surface devront être fixés au rocher et protégés contre les détériorations. Les conduites d'eau métalliques doivent être raccordées à la ligne circulaire, ceci, afin d'améliorer la mise à terre. Au cas où un manchon isolant est inséré dans la conduite d'amenée d'eau (afin de prévenir des dégâts dus à la corrosion), un éclateur approprié devra être intercalé entre la conduite d'amenée d'eau et la ligne circulaire.

Si une fondation en béton est construite, il faut alors y poser une électrode de terre de fondation. Si celle-ci encercle toute la construction, on peut renoncer à la ligne circulaire ainsi qu'à d'autres électrodes.

Si une station de téléphérique ou de funiculaire est située dans les environs immédiats d'un bâtiment à protéger, la prise de terre de celui-ci doit être reliée à celle de la station.

Construction sur le rocher



Légende :

1. parafoudres
2. éclateur
3. liaisons équipotentielle
4. câble isolé
5. conduite d'eau métallique équipé d'un manchon isolant
6. ligne circulaire
7. introduction électrique

En présence de rochers, l'impédance de terre peut être trop élevée. L'utilisation de la conduite d'amenée d'eau permet de diminuer cette impédance ; toutefois, afin de prévenir toute destruction de la conduite par la corrosion, un manchon isolant devrait être installé dans la conduite d'eau. Dans ce cas de figure, le manchon isolant doit être ponté au moyen d'un éclateur.