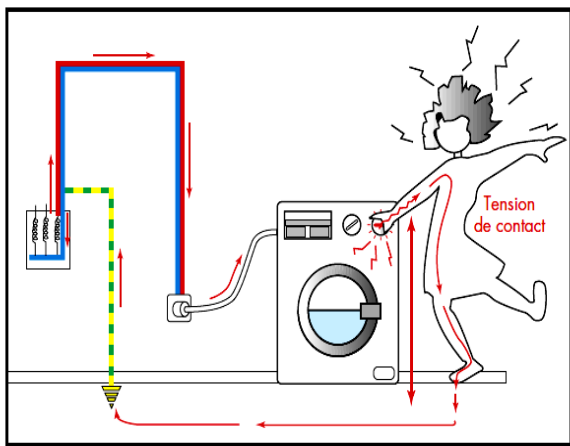


Chapitre.5. Mise à la terre pour la sécurité électrique

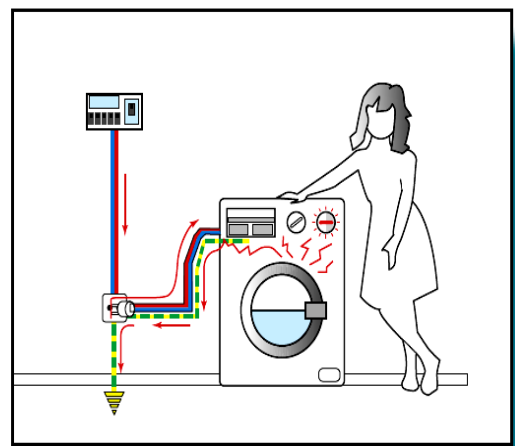
1. Introduction

La sécurité des personnes contre les défauts d'isolement dans une installation électrique doit être assurée.

En effet, un défaut d'isolement provoque une électrisation pouvant entraîner une électrocution. Il convient de canaliser le courant de défaut vers la terre et d'interrompre automatiquement l'alimentation électrique dès que la tension de contact devient dangereuse.



Sans prise de terre



Avec prise de terre et disjoncteur différentiel

2. Terminologie

2.1. Conducteur actif : Tout conducteur normalement affecté à la transmission de l'énergie électrique.

2.2. Masse : Partie conductrice d'un matériel susceptible d'être touché directement, qui n'est pas normalement sous tension, mais qui peut le devenir en cas de défaut.

2.3. Prise de terre : Corps conducteur ou ensemble de conducteurs groupés en contact intime avec le sol au même endroit, destiné à établir une liaison électrique avec celui-ci.

2.4. Liaison équipotentielle : Liaison électrique spéciale destinée à mettre au même potentiel des masses ou des éléments conducteurs.

2.5. Conducteur de terre : Conducteur qui assure la liaison électrique d'un point de l'installation avec une prise de terre.

2.6. Conducteur de terre principale : Conducteur auquel sont réunis des dérivations servant à la mise à la terre des masses.

2.7. Terre : Masse conductrice de la terre dont le potentiel électrique en chaque point est pris par convention égale à 0.

3. La mise à la terre

La **mise à la terre** est une partie essentielle et obligatoire de toute installation électrique. Elle permet de drainer vers le sol le courant de fuite à la **terre**. Si un appareil est mal isolé ou que, pour l'une ou l'autre raison, il y ait une perte de courant, la **mise à la terre** vous évitera d'être électrocuté.

3.1. Principe de mise à la terre

Pour protéger les personnes et les biens:

Toutes les armatures métalliques des points lumineux ainsi que les socles de prises de courant d'une installation électrique sont reliées à la terre.

Les éléments métalliques des équipements électriques qui ne sont normalement pas sous tension, sont reliés à la terre. Il peut s'agir de lessiveuses, de frigos et d'autres appareils, mais aussi d'éléments conducteurs.

3.2. Différents types de mise à la terre

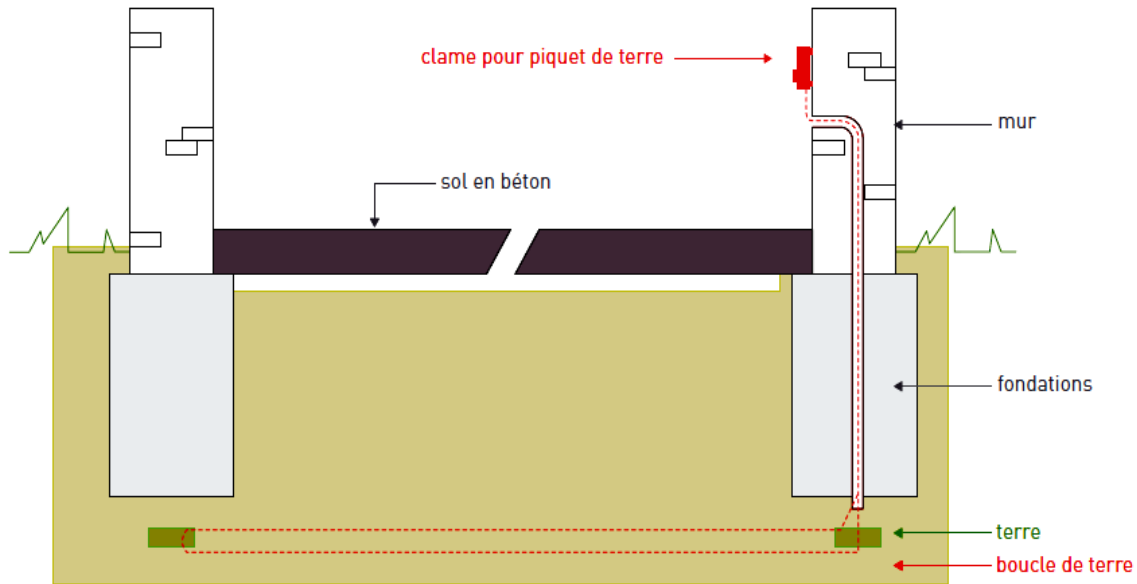
3.2.1. Terre de neutre ou de service : elle a pour but d'assurer la protection des matériels. Elle fait partie intégrante des réseaux.

3.2.2. Terre des masses ou de sécurité : elle a pour but essentielle de protection des êtres vivants contre les risques du aux contacts.

4. Matériel de mise à la terre

4.1. Boucle de terre

Dans tout nouveau bâtiment dont les fondations font au moins 60 centimètres de profondeur, la mise à la terre est réalisée au moyen d'une boucle de terre. Cette boucle doit être placée à fond de fouille, sous les murs extérieurs du bâtiment.



Composition : La boucle de terre se compose d'un conducteur plein, de section circulaire, sans soudure.

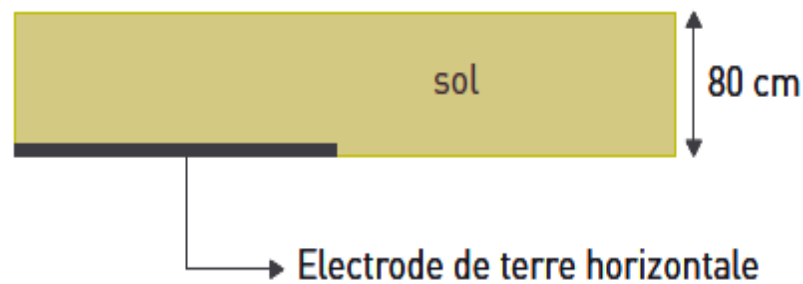
Les conducteurs les plus souvent utilisés sont :

- ❖ Cuivre nu (électrolytique ETP) de 35 mm²
- ❖ Cuivre plombé (étamé) de 10 mm² (recouvert d'une couche de Plomb).

4.2. Electrode de terre

4.2.1. Electrode de terre horizontale

L'électrode de terre horizontale est un conducteur enfoui dans le sol. Elle peut être utilisée quand les couches profondes de la terre ont une structure rocheuse, si bien qu'il est difficile de placer une électrode de terre verticale. L'électrode de terre horizontale doit être enfouie à une profondeur d'au moins 80 centimètres.



Composition

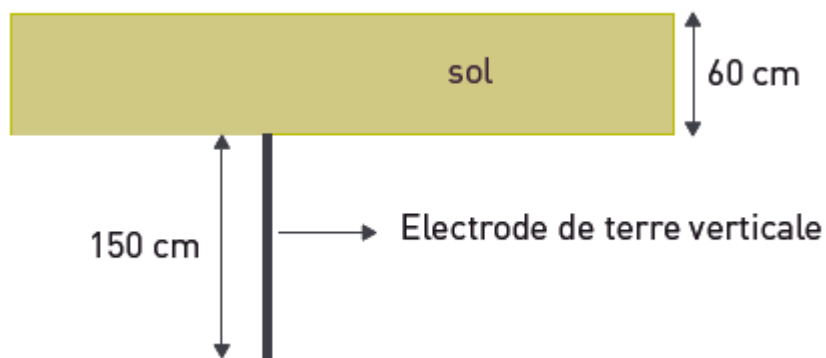
L'électrode de terre horizontale se compose d'un conducteur en cuivre massif de forme circulaire, éventuellement gainé de plomb. Le diamètre du conducteur est d'au moins 35 mm².

NB : Les électrodes de terre doivent être utilisées lorsqu'il n'est pas possible de réaliser une boucle de terre ou lorsque la résistance de dispersion n'est pas assez faible.



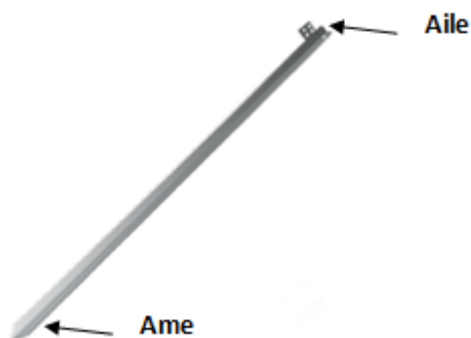
4.2.2. Electrode de terre verticale

L'électrode de terre verticale est une broche, une barre ou un piquet enfoncé dans le sol. Cette forme de raccordement à la terre est économique étant donné qu'elle ne nécessite pas de travaux de terrassement. Un autre avantage est qu'elle permet d'atteindre les couches plus profondes et plus humides du sol. L'électrode de terre verticale doit être enfoncée à une profondeur d'au moins 60 centimètres sous la surface de la terre.



Composition

Le piquet de terre peut se composer d'acier galvanisé ou d'un alliage de cuivre. Lorsqu'on utilise un piquet de terre en acier galvanisé, l'épaisseur de l'aile et de l'âme doit être d'au moins 4 millimètres. Avec un piquet de terre en alliage cuivreux, l'épaisseur de l'aile et de l'âme doit être d'au moins 3 millimètres. Dans les deux cas, la longueur minimale du piquet est de 1,5 mètre.



Le piquet de terre

La barre de terre peut se composer d'acier galvanisé ou de cuivre. Lorsqu'on utilise une barre de terre en acier galvanisé, son diamètre doit être de 19 millimètres. Pour une barre de terre en cuivre, le diamètre doit être de 14 millimètres. Dans les deux cas, la longueur minimale est de 1,5 mètre.



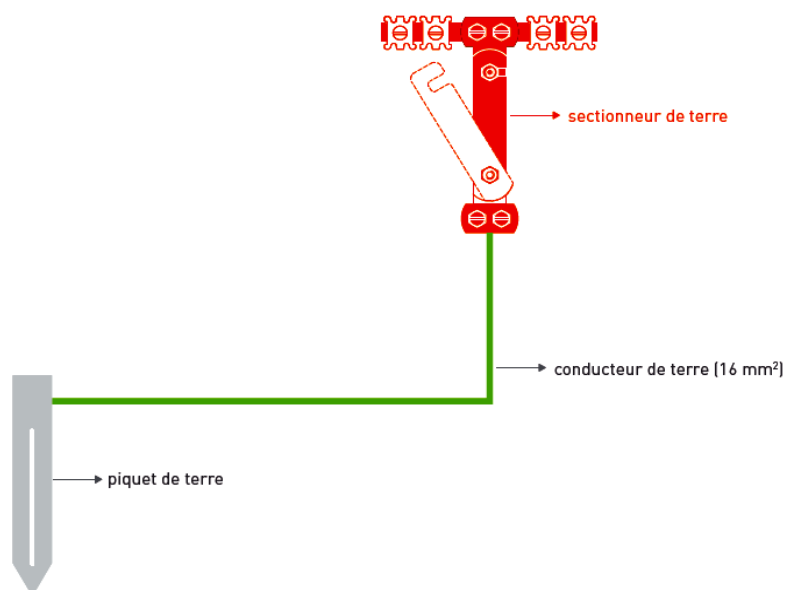
La barre de terre

Le conducteur enfoui dans la terre se compose de cuivre nu électrolytique. Son diamètre est de 50 mm². Il est important que le conducteur soit d'une seule pièce.

Remarque : L'électrode de terre (ou les électrodes de terre) peut (peuvent) être enfoncée(s) manuellement ou à l'aide d'une machine. Le plus souvent, on utilise un marteau électrique ou pneumatique.

4.3. Conducteur de terre

Le conducteur de terre permet la liaison entre le piquet de terre et le sectionneur de terre.

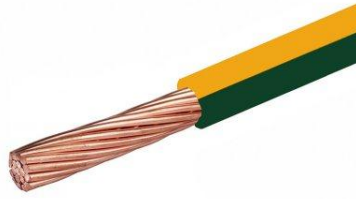


Composition

Le conducteur de terre est un conducteur en cuivre d'une section de 16 mm².

Code de couleur

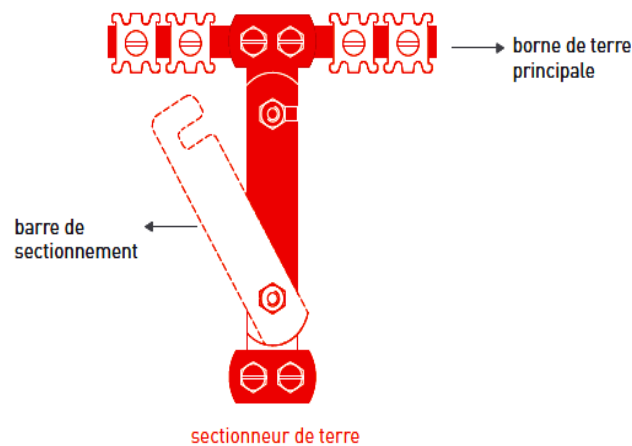
Le conducteur de terre est muni d'une gaine isolante de couleur verte/jaune.



Conducteur de terre

4.4. Borne principale de terre

C'est la borne de connexion entre la partie souterraine et la partie en surface de l'installation de mise à la terre.



4.5. Valeur de la résistance de terre

La résistivité du sol dépend des facteurs suivants:

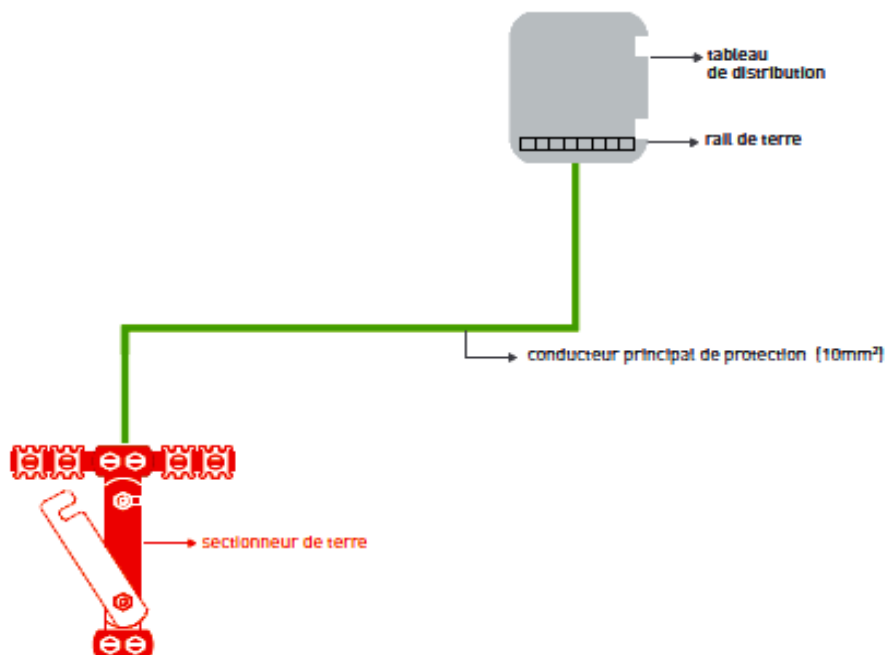
- ✓ La nature et la composition du sol (homogénéité du sol et du sous-sol),
- ✓ Le degré d'humidité du sol (selon les saisons),
- ✓ La température du sol (différence entre sol gelé et sol non gelé).

Résistivité en fonction de terrain

Nature du terrain	Résistivité $\Omega.m$
Terrains marécageux	1 à 30
Limon et tourbe humide	5 à 150
Argile	40 à 60
Schistes	50 à 300
Calcaire tendre	100 à 300
Granites et grès	100 à 1000
Sable siliceux	200 à 3000
Calcaire compact ou fissuré	500 à 5000
Sol pierreux nu	1500 à 3000

4.6. Conducteur principal de protection

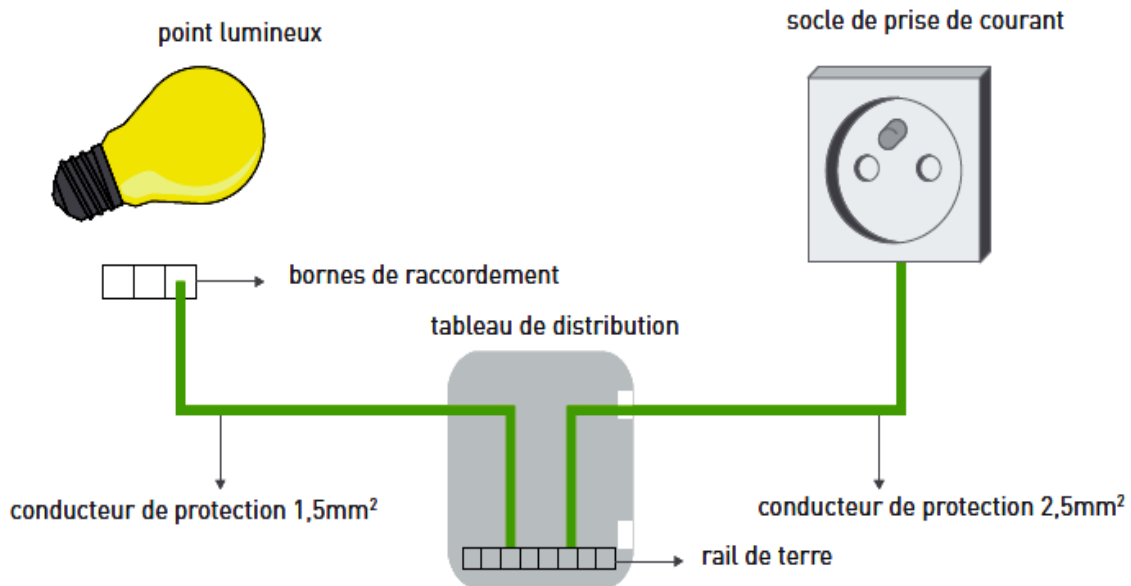
Le conducteur principal de protection rend possible la liaison entre la borne principale de terre et la barrette de terre du tableau de distribution. Le tableau de distribution appelée la plupart du temps Tableau général basse tension TGBT est le système à partir duquel le courant électrique est géré et distribué dans l'habitation.



Composition : Le conducteur principal de protection est un conducteur en cuivre d'une section de 10 mm².

4.7. Conducteur de protection

Le conducteur de protection rend possible la liaison de la barrette de terre du tableau de distribution avec les points lumineux et prises de courant de l'habitation.

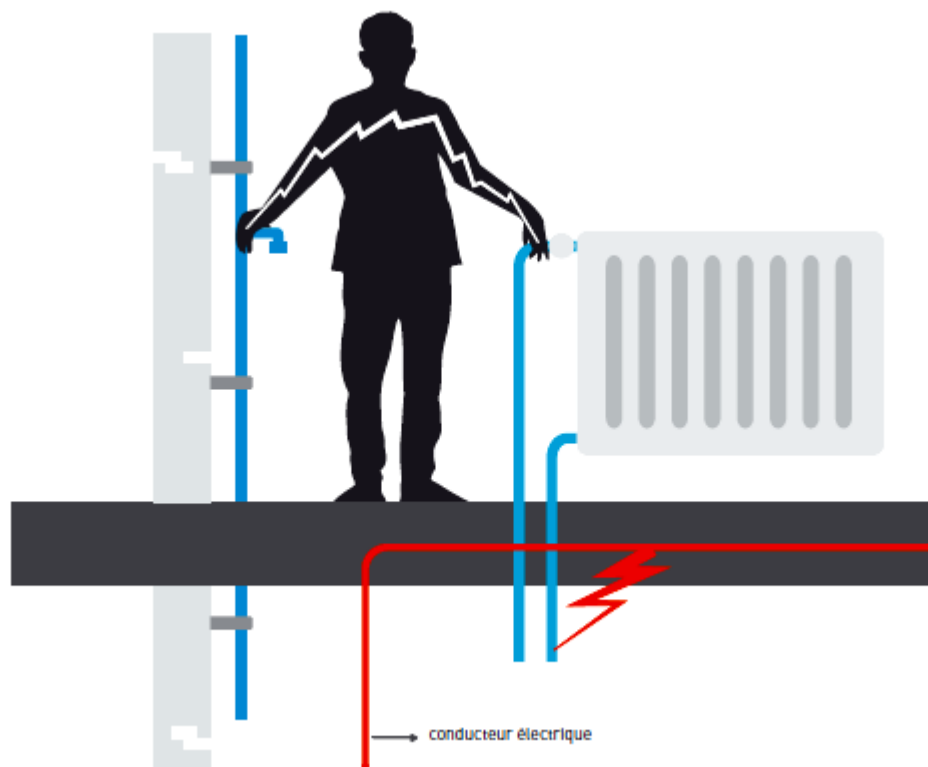


Composition : Le conducteur de protection est un conducteur en cuivre de section de 1,5 mm² (points lumineux) ou 2,5 mm² (prises de courant ordinaires).

Code couleur : Les conducteurs de protection sont isolés par une gaine de couleur verte/jaune.

5. Liaison équipotentielle

Pour prévenir le risque d'électrocution, il ne suffit pas d'effectuer une mise à la terre, de prévoir des interrupteurs différentiels ou d'installer un conducteur de protection. Il se peut, par exemple, qu'un tuyau d'une installation de chauffage entre quelque part en contact (direct ou indirect) avec un conducteur électrique, ce qui peut faire apparaître une tension dangereuse entre la tuyauterie et les radiateurs. Grâce aux liaisons équipotentielle, le courant de fuite d'un radiateur ne passera pas dans le corps de celui qui le touche, mais prendra la direction de la terre.



5.1. Liaison équipotentielle principale

Les liaisons équipotentielles principales partent de la borne principale du sectionneur de terre. Même avec une bonne mise à la terre, il existe toujours un risque de voir apparaître une tension sur les éléments conducteurs qui ne font pas partie de l'installation électrique. Voilà pourquoi les éléments suivants doivent être raccordés à la terre:

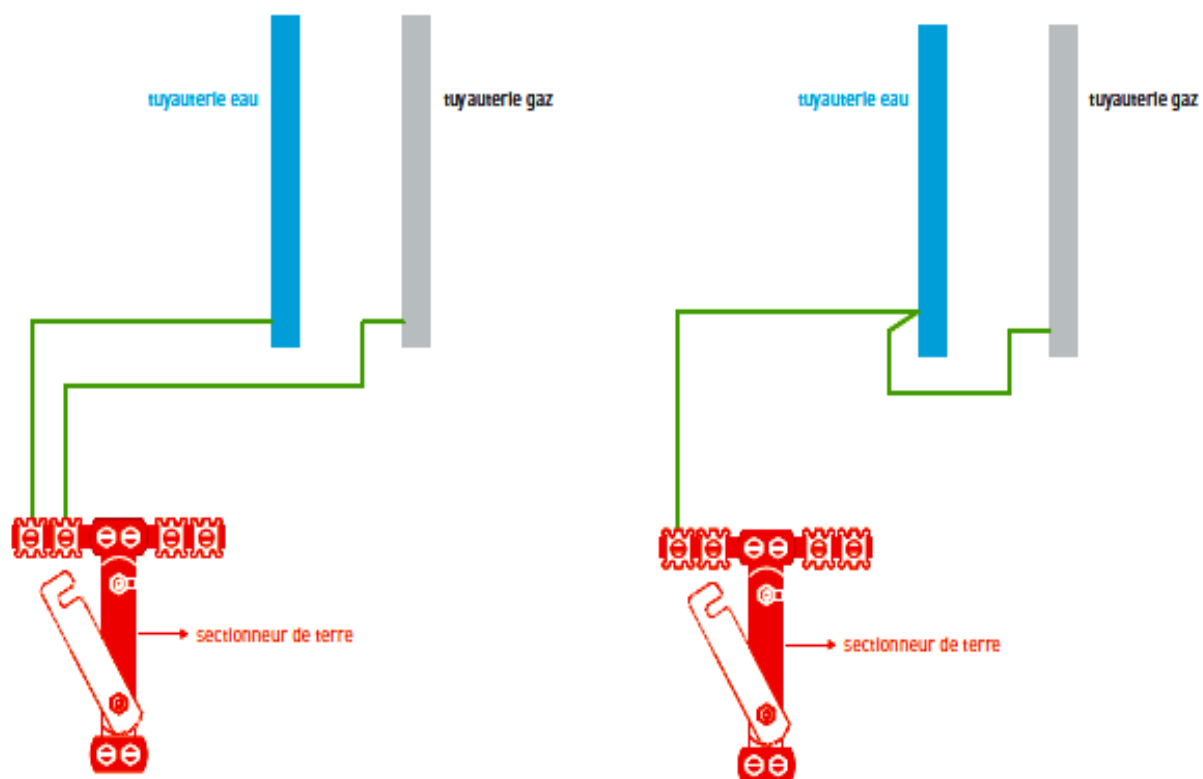
- Les conduites principales de gaz et d'eau.
- Les conduites principales du chauffage central.
- Les parties métalliques accessibles du bâtiment.

Composition : La liaison équipotentielle principale se compose d'un conducteur en cuivre d'une section de 6 mm².

Code couleur : La liaison équipotentielle principale est isolée au moyen d'une gaine de couleur verte/jaune.



Remarque : Les liaisons équipotentielles peuvent être câblées de deux façons: en étoile ou simplement en série. Le conducteur ne peut jamais être interrompu.



5.2. Liaison équipotentielle supplémentaire

La salle de bains doit être équipée de liaisons équipotentielles supplémentaires reliant tous les éléments conducteurs entre eux via un conducteur de protection.

Les liaisons équipotentielle supplémentaires assurent une meilleure protection de la salle de bains. Les liaisons équipotentielles supplémentaires s'appliquent aux éléments suivants:

- Conduites d'eau froide et d'eau chaude
- Tuyaux d'alimentation et d'évacuation des radiateurs
- Conduites de gaz
- Baignoire et bac de douche (s'ils sont en métal)
- Grillage métallique au-dessus d'un chauffage par le sol
- Encadrements de portes métalliques (les canalisations électriques doivent être placées derrière)

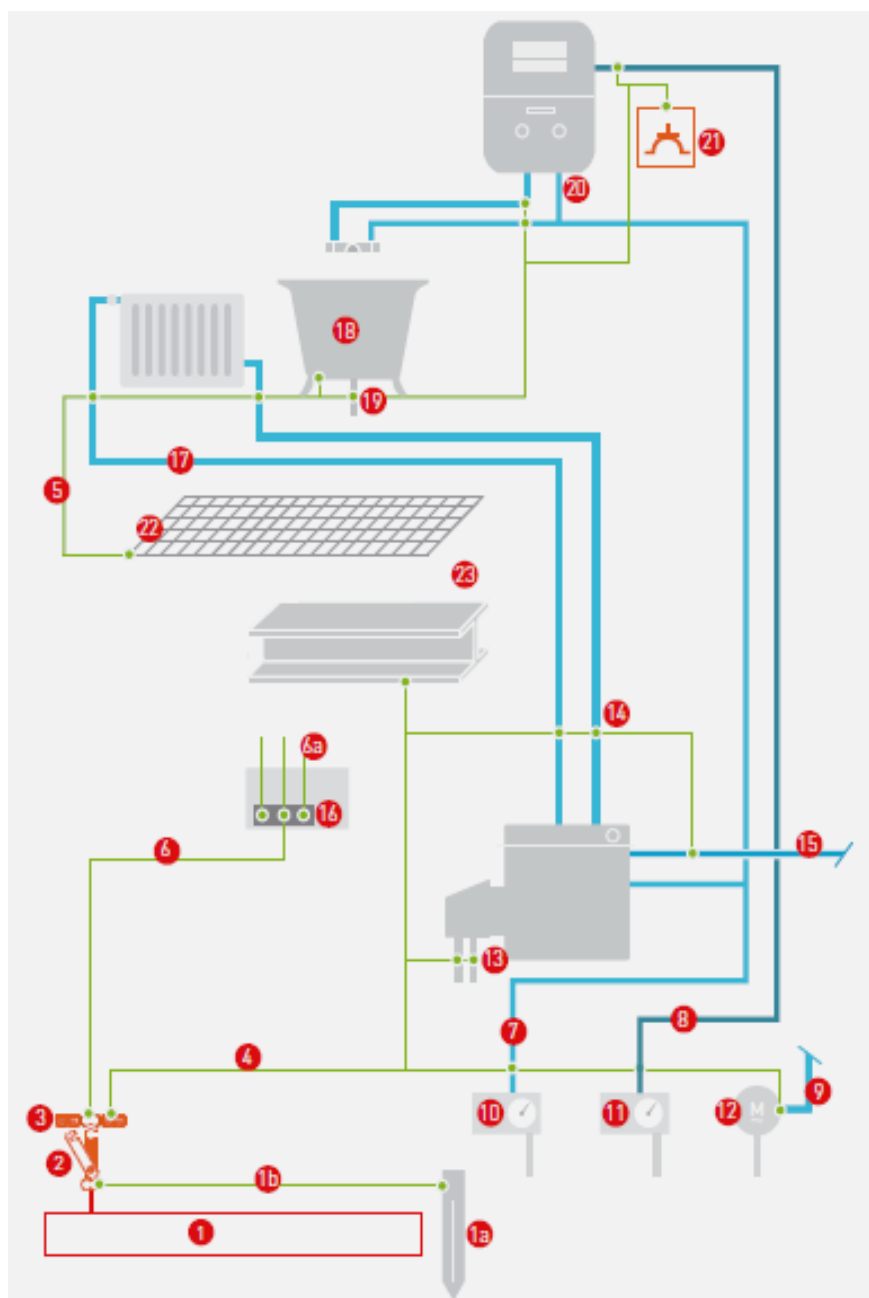
Composition : La liaison équipotentielle supplémentaire se compose d'un conducteur en cuivre et possède une section de $2,5 \text{ mm}^2$ (si elle est protégée) ou de 4 mm^2 (si elle n'est pas protégée)

Code couleur : La liaison équipotentielle supplémentaire est isolée au moyen d'une gaine de couleur verte/jaune.





5.4. Comment réaliser des liaisons équipotentielle?



1. Boucle de terre
- 1a. Piquet de terre
- 1b. Conducteur de terre
2. Sectionneur de terre
3. Bornes de terre principales
4. Liaison équipotentielle principale
5. Liaison équipotentielle supplémentaire
6. Conducteur principal de protection
- 6a. Conducteurs de protection
7. Tuyauterie eau froide
8. Tuyauterie gaz
9. Tuyauterie eau de pluie
10. Compteur d'eau
11. Compteur gaz
12. Pompe eau de pluie
13. Tuyaux alimentation mazout
14. Tuyauterie chauffage
15. Tuyauterie eau chaude sanitaire
16. Rail de terre du tableau de distribution
17. Tuyauterie radiateur salle de bains
18. Baignoire
19. Evacuation baignoire
20. Tuyauterie eau chaude sanitaire
21. Socle de prise salle de bains
22. Armatures métalliques salle de bains
23. Poutrelle métallique

6. Pourquoi faut-il mesurer la résistivité du sol ?

Lorsque l'on projette d'installer un poste de distribution, on a recours à cette mesure pour trouver le site qui devrait permettre d'avoir la résistance de terre la plus faible. Une fois l'emplacement choisi, cette mesure apporte les données qui permettent de réaliser un dispositif de mise à la terre et d'obtenir la résistance de terre requise.

6. Comment mesurer la résistance de terre?

Différentes méthodes ont été utilisées pour la mesure de la résistivité de terre :

6.1. Méthode de mesure à 4 pôles

On travaille selon la méthode dite "de Wenner". Cette méthode, qui est universellement reconnue, a été développée en 1915 par Frank Wenner, La formule est la suivante:

$$\rho = 2 \pi A R$$

Où:

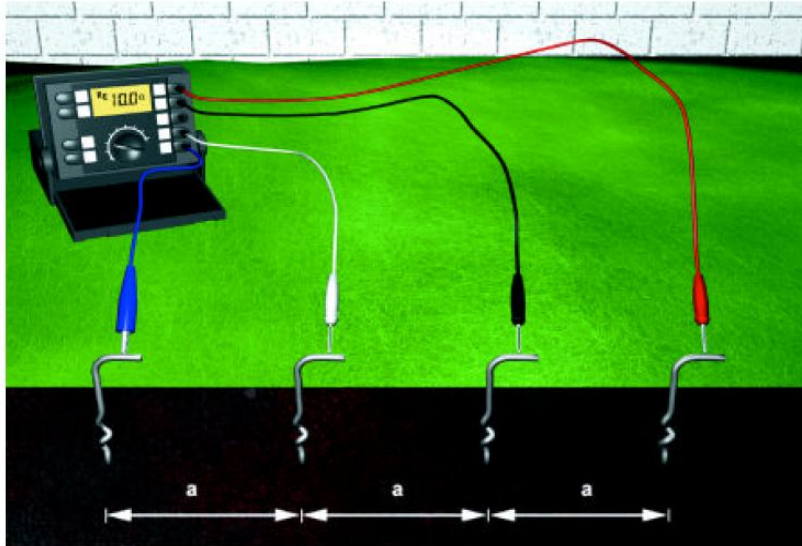
ρ = résistivité en $\Omega \cdot m$

π = constante 3.1416

A = distance entre les sondes en m.

R = résistance affichée sur l'appareil de mesure de terre

Exemple : pour le système de mise à la terre, on utilise des prises de terre pénétrant à 3 m de profondeur. Pour déterminer la résistivité du sol à une profondeur de 3 m, il faut placer les 4 sondes une distance de 4 m les unes des autres. Ainsi la profondeur correspondante à la valeur de résistivité mesurée est égale $3/4$ de A soit 3 mètres ($= 3/4 \times 4$) de profondeur pour cet exemple. Il faut que les 4 sondes pénètrent dans le sol à une profondeur égale à $A/20$ (0,15 m).

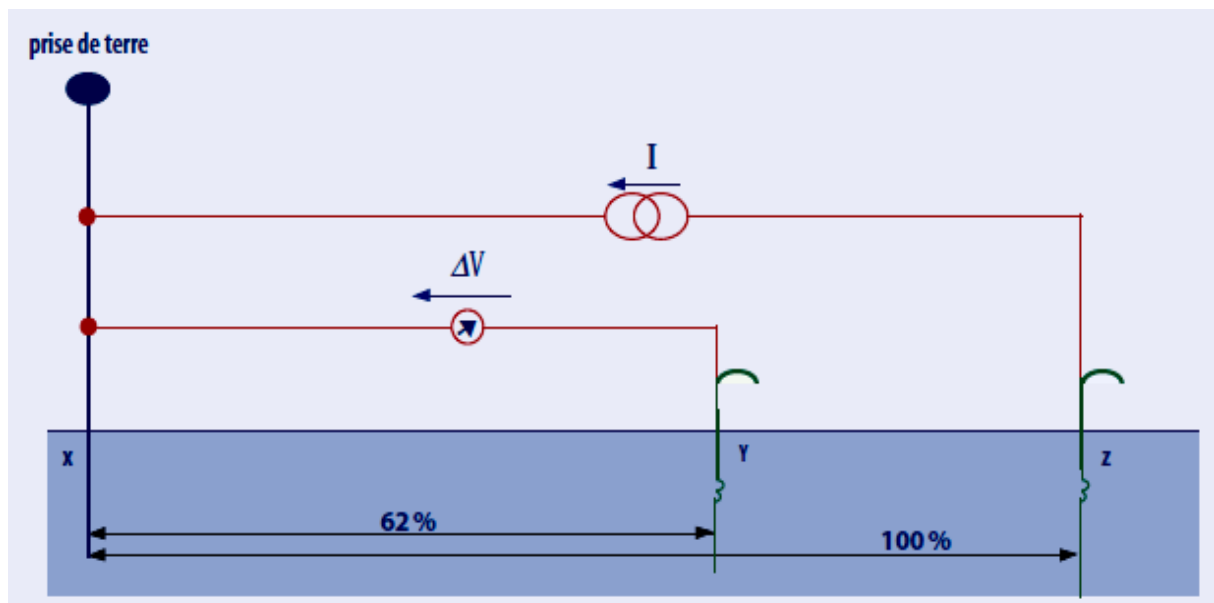


Effectuez une mesure de terre à l'aide du **SATURN GEO**, de l'**UNILAP GEO** ou de l'**UNILAP GEOX** et relevez la valeur en Ω . Lorsque l'affichage atteint 100Ω , la résistivité d'un mètre cube de terre est la suivante :

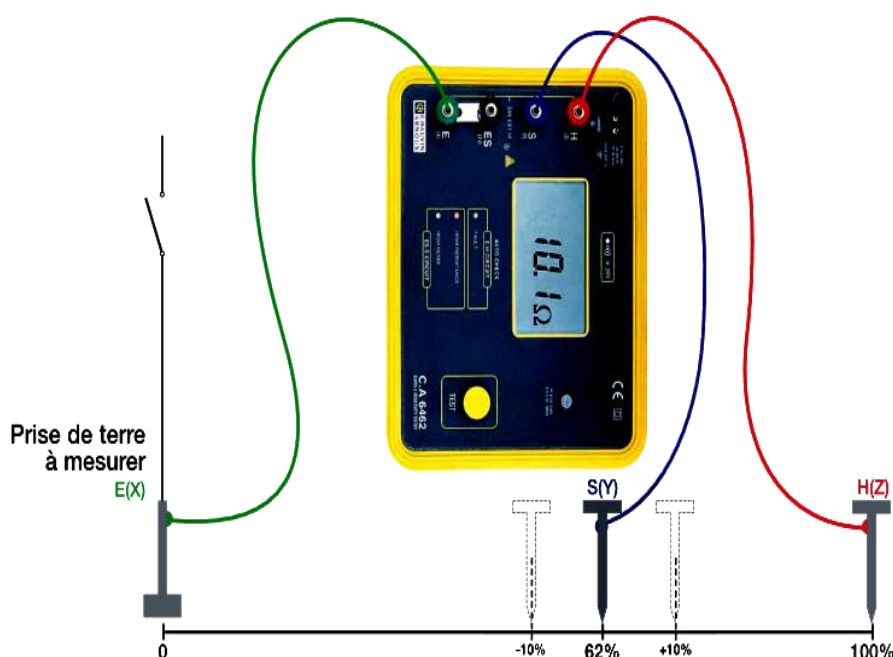
$$\rho = 2 \times \pi \times 3 \times 100 \Rightarrow \rho = 1885 \Omega\text{m}$$

6.2. Méthode de mesure à 3 pôles (méthode des 62%)

Principe de la mesure

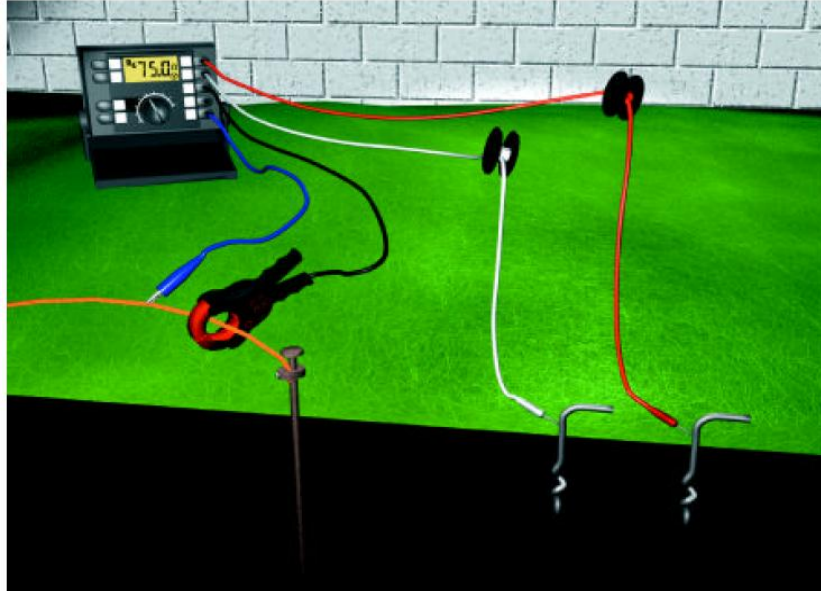


Comme son l'indique, la méthode de mesure à trois pôles repose sur trois éléments. Le premier est une prise de terre (X), les deux autres sont des piquets de terre. Le piquet situé le plus loin de la prise de terre assure le bouclage du courant I généré par l'ohmmètre de terre : c'est la sonde auxiliaire ou terre* auxiliaire (Z). Le deuxième piquet est la sonde de tension (Y) qui permet de mesurer la différence de potentiel ΔV par rapport à la prise de terre. La sonde de tension doit être positionnée entre la prise de terre et la sonde auxiliaire selon la règle des 62 %. Cette règle qui consiste à placer la sonde de tension à 62 % de la distance XZ permet de s'assurer de se trouver en dehors des zones d'influence de chaque pôle et donc de réaliser une mesure assez précise. Connaissant la différence de potentiel et le courant, on calcule la résistance de terre à l'aide de la loi d'ohm.



Méthode de 3 pôles

La méthode de mesure sélective utilise une pince ampèremétrique en plus des deux piquets de mesure. Au lieu de prendre en compte le courant généré par le mesureur de terre, qui traverse donc tout le dispositif maillé, la pince ampèremétrique permet de mesurer le courant qui passe effectivement dans la prise de terre. On parvient ainsi à éliminer l'influence des autres prises de terre en parallèle.



Méthode de mesure sélective

7. Formules de Prise de terre

L'étude de la nature et de la structure géologique d'un terrain, et l'étude de la variation de sa résistivité en fonction du climat, sont les deux bases nécessaires à la détermination de la configuration géométrique et du dimensionnement d'une prise ou d'un réseau équipotentiel de terre bien adapté aux conditions de service auxquelles il sera soumis.

La résistance d'un réseau de terre est proportionnelle à la résistivité du sol dans lequel le réseau est enterré.

Piquet :
$$R = \frac{\rho}{L}$$

Ceinturage à fond de fouille (boucle) :
$$R \cong 2 \frac{\rho}{P}$$
 P = Périmètre réseau ou boucle

Câble nu :
$$1.6 \frac{\rho}{L} < R < 2 \frac{\rho}{L}$$
 L = Longueur du câble

Plaques minces ou grilles à mailles serrées :
$$R \cong 0.8 \frac{\rho}{P}$$
 P = Périmètre grille

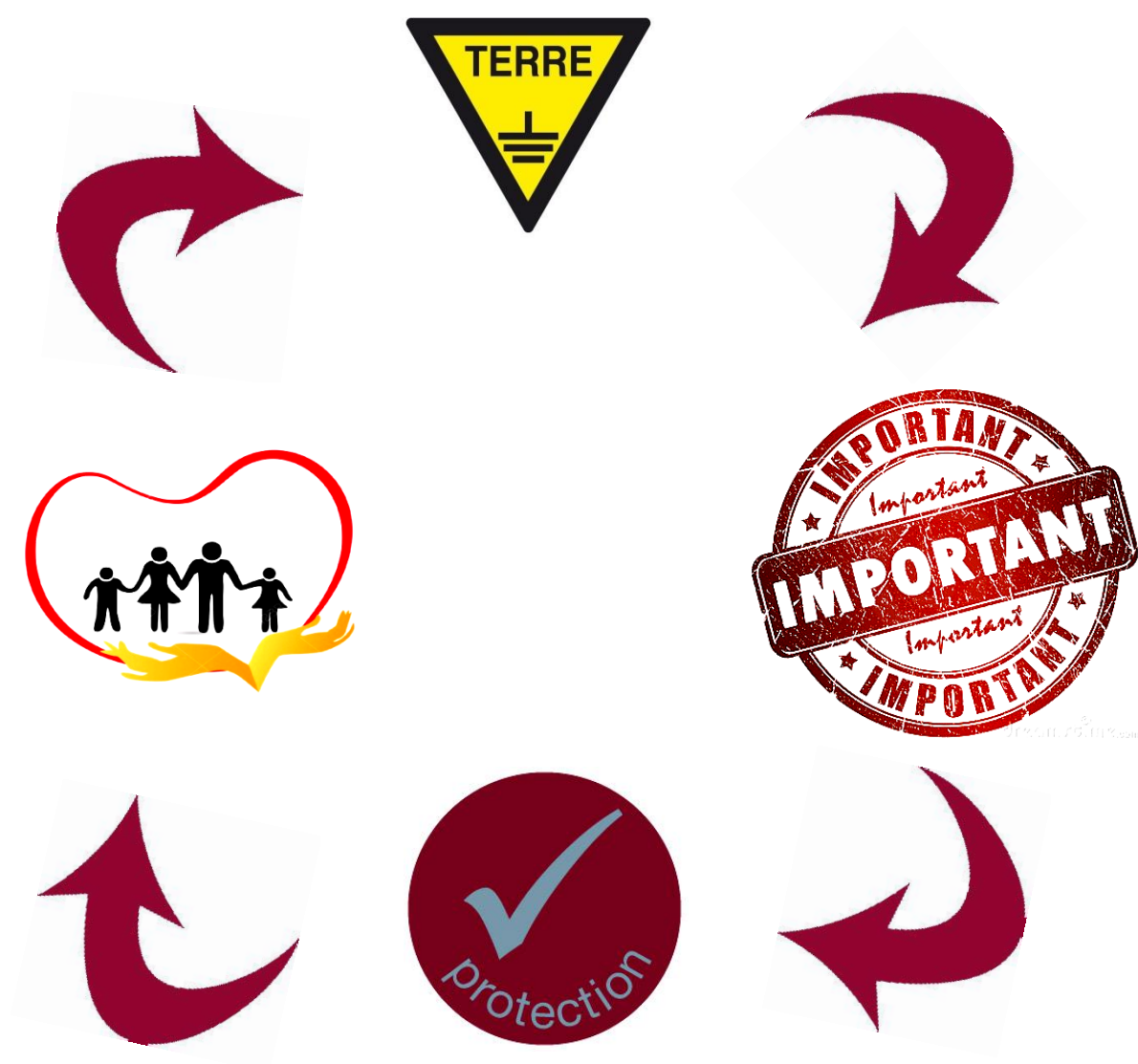
Où :

R : représente la résistance de prise de terre (en Ω).

ρ : représente la résistivité du sol (en $\Omega.m$).

L, P : éléments géométriques en mètres (m).

Comme l'indiquent ces formules, à résistivité donnée, un piquet de terre permet d'obtenir la plus faible résistance ohmique. C'est aussi le «diffuseur de courant» le plus efficace. Sauf contraintes particulières, le piquet de terre sera préféré aux autres électrodes de terre.



Annexe : Recommandation des valeurs de terre pour Protection des personnes

APPAREILS A METTRE A LA TERRE	VALEUR DE LA RESISTANCE DE LA PRISE DE TERRE	NORMES CORRESPONDANTES
Terre des masses pour poste d'abonnés alimenté par ligne souterraine	$R \leq 1 \, \Omega$ terre reliées	NFC 13 100
	$R \leq 3 \, \Omega$ terre séparées	NFC 13 100
	$R \leq 10 \, \Omega$ terre à isolation renforcée	NFC 13 100
Terre des masses pour poste d'abonnés alimenté par ligne aérienne ou mixte	$R \leq 1 \, \Omega$ terre reliées	NFC 13 100
	$R \leq 10 \, \Omega$ terre séparées	NFC 13 100
	$R \leq 30 \, \Omega$ terre à isolation renforcée	NFC 13 100
Terre pour habitations équipées de disjoncteur différentiel 650 mA	$R \leq 37 \, \Omega$	NFC 15 100
Terre pour habitations équipées de disjoncteur différentiel 500 mA	$R \leq 48 \, \Omega$	NFC 15 100
Terre pour installation électrique équipée de disjoncteur différentiel de 300 mA	$R \leq 80 \, \Omega$	NFC 15 100
Terre pour appareils ménagers ou appareil de bureau Terre pour ascenseur et chaufferie dans les immeubles	La valeur de l'impédance de prise de terre dépend de l'appareil de coupure automatique. Impédance recommandée de la prise de terre si cet appareil fait défaut : $R \leq 10 \, \Omega$	NFP 82 201
Terre pour appareils médicaux (appareils de radiographie, à rayon X)	$R \leq 10 \, \Omega$	

Références Bibliographiques

- [1] Les informations techniques PROMOTELEC, "MISE A LA TERRE POUR LA SECURITE DES PERSONNES ".
- [2] Dossier pédagogique " Mise à la terre et liaisons équipotentielles dans une installation électrique résidentielle ", haute école Artesis, le centre de formation du secteur des électriciens.
- [3] Disponible sur : <http://entraidelec.com/article-68-La-mise-a-la-terre.html>, publié le 20 avril 2009.
- [4] Le Guide de l'électricité Normes, conseils et astuces, Legrand ® www.legrand.fr .