



**FLUKE**®

**Principes,  
méthodes de test  
et applications**

Diagnostiquez les  
problèmes d'électricité  
intermittents

Éliminez les temps  
d'indisponibilité inutiles

Découvrez les  
principes de mise  
à la terre sécurisée

**Résistance de  
mise à la terre**



# Pourquoi mettre à la terre, pourquoi tester?

## Pourquoi mettre à la terre?

Une mauvaise mise à la terre est particulièrement préjudiciable en terme d'indisponibilité des équipements; elle est aussi dangereuse et augmente le risque de panne des équipements.

Sans un réseau de terre efficace, nous nous exposons aux risques d'électrocution, sans oublier les erreurs d'instruments, les problèmes de distorsion d'harmonique, de facteur de puissance et un éventail important de problèmes potentiels intermittents. Si les courants de défaut n'ont pas d'accès à la terre par le biais d'un réseau de mise à terre correctement conçu et maintenu, ils en trouveront un qui risque de mettre en danger la vie des individus. Les organismes suivants émettent des recommandations et/ou des normes pour la mise à la terre pour garantir la sécurité :

- OSHA (Agence américaine pour la santé et la sécurité au travail)
- NFPA (Association américaine de protection contre l'incendie)
- ANSI/ISA (Institut national américain de normalisation / Instrumentation, Systèmes et Automation)
- TIA (Association américaine chargée du développement des nouveaux standards en matière de télécommunications)
- CEI (Commission électrotechnique internationale)
- CENELEC (Comité européen de normalisation électronique)
- IEEE (Institut américain regroupant les professionnels de l'électronique et de l'électricité)

La qualité de la mise à la terre n'implique toutefois pas seulement la sécurité; elle permet aussi de protéger les équipements et les installations industrielles. Un réseau de terre de bonne qualité améliore la fiabilité des équipements et réduit la probabilité de leur endommagement provoqué par des courants de défaut ou la foudre. Des milliards de revenus partent ainsi en fumée chaque année sur le lieu de travail à cause d'incendies électriques, et cela sans tenir compte des coûts liés aux litiges et à la perte de productivité pour le personnel et l'entreprise.

## Pourquoi tester les réseaux de mise à la terre?

Au fil du temps, les sols corrosifs à forts taux d'humidité, taux salin et à températures élevées finissent par dégrader les tiges de terre et leurs branchements. La résistance du réseau de terre augmente si les tiges de terre sont corrodées, même si le réseau de terre initialement installé présentait des faibles valeurs de résistance de mise à la terre.

Les appareils de mesure de terre, tels que les modèles Fluke 1623 et 1625, sont les outils de dépannage indispensables pour vous aider à maintenir le temps de disponibilité. Les problèmes électriques intermittents, si frustrants, peuvent être liés à une mise à la terre incorrecte ou à une qualité d'alimentation médiocre.

C'est pourquoi il est vivement recommandé de vérifier toutes les prises et branchements à la terre une fois par an dans le cadre de votre programme de maintenance prédictive. Si une augmentation de la résistance supérieure à 20 % est mesurée lors de ces vérifications périodiques, le technicien doit remonter à la source de l'anomalie et apporter des corrections pour abaisser la résistance en remplaçant ou en ajoutant des tiges de terre au réseau de mise à la terre.

## Qu'est-ce qu'une prise de terre et comment fonctionne-t-elle?

L'article 100 du code de l'électricité américain (NEC) définit une prise de terre de la façon suivante : « branchement de conduction, intentionnel ou accidentel entre un circuit électrique ou un équipement à la terre, ou un corps de conduction se substituant à la terre. » Il faut en fait distinguer deux volets en parlant de la terre : la prise de terre et la mise à la terre des équipements. La mise à la terre est un branchement intentionnel reliant un conducteur du circuit, généralement le neutre, à une prise de terre enfoncée dans la terre. La mise à la terre d'un équipement garantit

## Table des matières

que l'équipement fonctionnant dans une structure est correctement mis à la terre. Ces deux réseaux de terre doivent rester séparés sauf dans le cas d'un branchement entre les deux systèmes afin d'éviter les différences de potentiel de tension résultant d'un embrasement éventuel provoqué par la foudre. L'objectif d'une prise de terre, hormis la protection des personnes, des installations et des équipements, est d'assurer un trajet sûr à la dissipation des courants de défaut, à la foudre, aux décharges électrostatiques, aux perturbations et aux signaux EMI et RFI.

### Comment définir une valeur de résistance de terre correcte?

Les critères qui constituent une bonne prise de terre et qui définit le paramètre de résistance de terre sont souvent empreints d'une certaine confusion. Idéalement, une terre doit présenter une résistance inférieure à zéro ohm.

Il n'existe pas de seuil de résistance de terre standard reconnu par tous les organismes. Toutefois, NFPA et IEEE recommandent une résistance de terre égale ou supérieure à 5,0 ohms.

Le NEC demande de « veiller à obtenir une impédance du réseau à la terre inférieure à 25 ohms selon la spécification NEC 250.56. Dans les installations possédant des équipements sensibles, elle doit être égale ou inférieure à 5,0 ohms. »

L'industrie des télécommunications a souvent recommandé un seuil égal ou supérieur à 5,0 ohms pour la mise à terre ou à la masse.

Le but de la résistance de terre est d'arriver à la plus faible valeur de résistance de terre possible tout en respectant une fourchette économique et physique raisonnable.



Pourquoi tester la mise à la terre? Sols corrosifs.



Pourquoi mettre à la terre? La foudre.



Utilisez le Fluke 1625 pour déterminer l'intégrité de vos réseaux de mise à la terre.

	<b>2</b>
Pourquoi mettre à la terre? Pourquoi tester la mise à la terre?	
	<b>4</b>
Principes fondamentaux de la mise à la terre	
	<b>6</b>
Méthodes de test de la mise à la terre	
	<b>12</b>
Mesure de la résistance de terre	



# Principes fondamentaux de la mise à la terre

## Composants d'une prise de terre



- Conducteur de terre
- Branchement entre le conducteur et la prise de terre
- Prise de terre

## Emplacements des résistances

### (a) La prise de terre et son branchement

La résistance de la prise de terre et de son branchement est généralement très faible. Les tiges de terre sont normalement constituées d'un matériau à faible résistance et très forte conductivité tel que l'acier ou le cuivre.

### (b) La résistance de contact du terrain environnant à la prise de terre

Le NIS (National Institute of Standards - une agence gouvernementale américaine auprès du Département d'état au commerce) a montré que cette résistance est pratiquement négligeable à condition que la prise de terre ne soit pas enduite de peinture, de graisse, etc. et qu'elle soit solidement en contact avec la terre.

### (c) La résistance de la masse environnante du terrain

La prise de terre est entourée par la terre qui est conceptuellement constituée d'enveloppes concentriques présentant toutes la même épaisseur. Les enveloppes les plus rapprochées de la prise de terre présentent la plus petite surface entraînant le plus grand degré de résistance. Chaque enveloppe successive incorpore une surface plus grande entraînant une résistance plus faible, et ce jusqu'au point où les enveloppes supplémentaires présentent peu de résistance au terrain environnant la prise de terre.

Compte tenu de ces informations, nous devons chercher à réduire la résistance de la terre en installant les réseaux de terre.

## Quels sont les facteurs affectant la résistance de terre?

Tout d'abord, le code NEC (1987, 250-83-3) requiert une longueur de prise de terre minimum de 2,5 mètres (8,0 pieds) en contact avec le sol. Toutefois, quatre variables affectent la résistance d'un réseau de terre :

1. Longueur/profondeur de la prise de terre
2. Diamètre de la prise de terre
3. Nombre de prises de terre
4. Conception du réseau de terre

### Longueur/profondeur de la prise de terre

Pour faire baisser la résistance de terre, un moyen très simple consiste à enfoncer les prises de terre plus profondément. Le sol ne présentant pas de résistivité uniforme, il est très imprévisible. Il est crucial d'enfoncer la prise de terre en dessous de la ligne de pénétration du gel. En effet, cela garantit que la résistance à la terre ne sera pas sensiblement influencée par le gel du terrain environnant.

Il suffit normalement de doubler la longueur de la prise de terre pour réduire le niveau de résistance de 40 % supplémentaire. Il arrive parfois qu'il soit physiquement impossible d'enfoncer les tiges de terre plus profondément : dans les zones composées de roches, de granit, etc. Il faut alors recourir à des méthodes alternatives en utilisant notamment le ciment pour la mise à terre.

### Diamètre de la prise de terre

L'augmentation du diamètre de la prise de terre a très peu d'effet sur l'abaissement de la résistance. Si vous doublez par exemple le diamètre d'une prise de terre, la résistance ne diminuera que de 10 %.

## Nombre de prises de terre

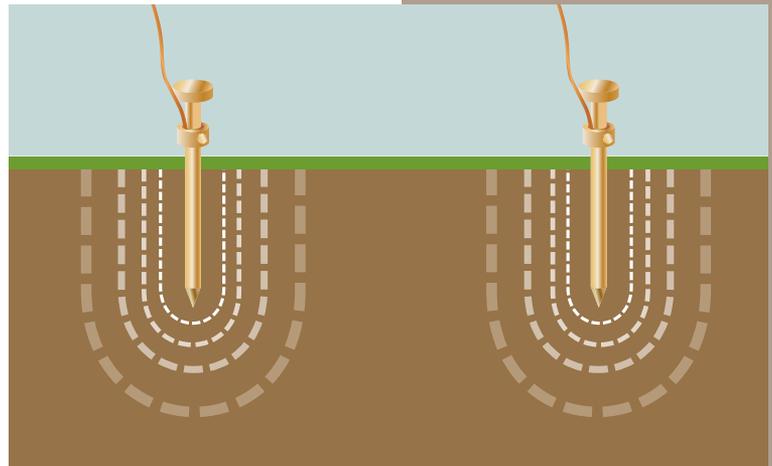
Une autre méthode pour diminuer la résistance de terre consiste à utiliser plusieurs prises de terre. Dans cette configuration, plusieurs fils de terre sont enfoncés dans le sol et reliés en parallèle pour abaisser la résistance. Pour être efficace, l'écartement des tiges de terre supplémentaires doit être au moins égal à la profondeur de la tige dans la terre. Sans un écartement approprié des prises de terre, la résistance ne baissera pas car leurs sphères d'influence se chevauchent.

Pour vous aider à installer une tige de fer répondant aux caractéristiques de résistance spécifiques, reportez-vous au tableau des résistances de terre ci-dessous. N'oubliez pas qu'il n'est proposé qu'à titre indicatif car le sol est constitué de couches et sa densité est rarement homogène. Les valeurs de résistance peuvent donc varier considérablement.

## Conception du réseau de terre

Les réseaux de terre les plus simples sont constitués d'une prise de terre plantée dans le sol. Une simple prise de terre assure la mise à la terre la plus courante; on la trouve dans les installations résidentielles et commerciales. Les réseaux de terre complexes sont constitués de plusieurs tiges de terre, de réseaux maillés, reliés, de prises de terre et de boucles de terre. Ces réseaux sont normalement installés au niveau des sous-stations de distribution d'électricité, des centraux téléphoniques et des tours de téléphonie cellulaire.

Les réseaux complexes augmentent dramatiquement la qualité de contact avec le terrain environnant et les résistances de terre plus faibles.

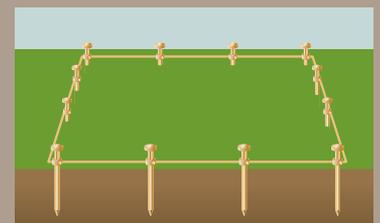


Chaque prise de terre possède sa propre « sphère d'influence ».

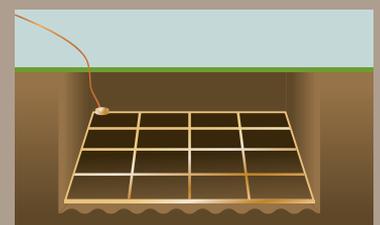
## Réseaux de terre



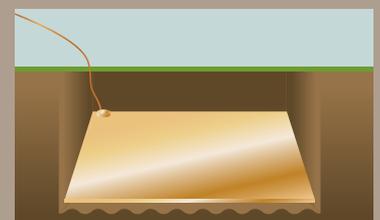
Réseaux à une prise de terre.



Plusieurs prises de terre connectées.



Réseau maillé.



Prise de terre.

Type de terrain	Résistivité du sol $R_E$	Résistance de mise à terre					
		Profondeur de la prise de terre (mètres)			Ruban de mise à la terre (mètres)		
	$\Omega M$	3	6	10	5	10	20
Sol très humide, marécages	30	10	5	3	12	6	3
Terrains agricoles, sols argileux et limoneux	100	33	17	10	40	20	10
Sol argileux sablonneux	150	50	25	15	60	30	15
Sol sablonneux humide	300	66	33	20	80	40	20
Béton 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Gravier humide	500	160	80	48	200	100	50
Sol sablonneux sec	1000	330	165	100	400	200	100
Gravier sec	1000	330	165	100	400	200	100
Sol rocheux	30.000	1000	500	300	1200	600	300
Roche	$10^7$	-	-	-	-	-	-

# Quelles sont les méthodes de test de la mise à la terre?

Il existe quatre méthodes de test de la mise à la terre :

- **Tests de résistivité du sol**  
(à l'aide de piquets)
- **Méthode « chute de potentiel »**  
(à l'aide de piquets)
- **Tests sélectifs**  
(à l'aide d'une pince et de piquets)
- **Tests sans piquet**  
(à l'aide de 2 pinces seulement)

## Mesure de la résistivité du sol

### Pourquoi faut-il déterminer la résistivité du sol?

La résistivité du sol est surtout nécessaire pour concevoir le réseau de terre des nouvelles installations conformément aux exigences de résistance de terre. On recherche idéalement un emplacement offrant la moindre résistance possible. Comme nous l'avons vu précédemment, les conditions de terrain médiocres peuvent être surmontées avec des réseaux de terre plus élaborés.

La composition du sol, sa teneur en humidité et sa température ont un impact sur la résistivité du sol. Le sol est rarement homogène et la résistivité du sol varie selon la région géographique et aux différentes profondeurs du sol. La teneur en humidité évolue avec les saisons, varie selon la nature des sous-strates du terrain et la profondeur de la nappe phréatique permanente. Étant donné que le sol et l'eau sont généralement plus stables au niveau des strates profondes, il est recommandé d'enfoncer les tiges de terre le plus profondément possible dans la terre, si possible au niveau de la nappe phréatique. De plus, les tiges de terre doivent être installées là où la température est stable, c.-à-d. en dessus de la ligne de pénétration du gel.

Pour être efficace, le réseau de terre doit être conçu pour supporter les pires conditions possibles.

### Comment calculer la résistivité du sol?

La procédure de mesure appliquée ci-dessous utilise la méthode universelle mise au point par le docteur Frank Wenner du Bureau de normalisation américain en 1915. (F. Wenner, Méthode de mesure de la résistivité des terrains; Bull. National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16.)

#### La formule est la suivante :

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

( $\rho$  = la résistivité du sol moyenne à une profondeur  
A en ohm-cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = la distance entre les électrodes en cm

R = la résistance mesurée en ohms à partir de l'instrument de test

**Remarque :** Divisez les ohms-centimètres par 100 pour convertir en ohm-mètres. Vérifiez l'utilisation des unités.

**Exemple :** Vous avez décidé d'installer des tiges de terre d'un mètre de long dans le cadre du réseau de terre. Pour mesurer la résistivité du sol à une profondeur d'un mètre, nous avons négocié un écartement entre les électrodes de test de trois mètres.

Pour mesurer la résistance de terre, démarrez le Fluke 1625 et lisez la résistance en ohms. Dans ce cas, supposons que la résistance relevée est de 100 ohms. Nous savons donc que :

$$A = 1 \text{ mètre et}$$

$$R = 100 \text{ ohms}$$

La résistivité du sol est donc égale à :

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

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 1 \text{ mètre} \times 100 \text{ ohms}$$

$$\rho = 628 \Omega\text{m}$$

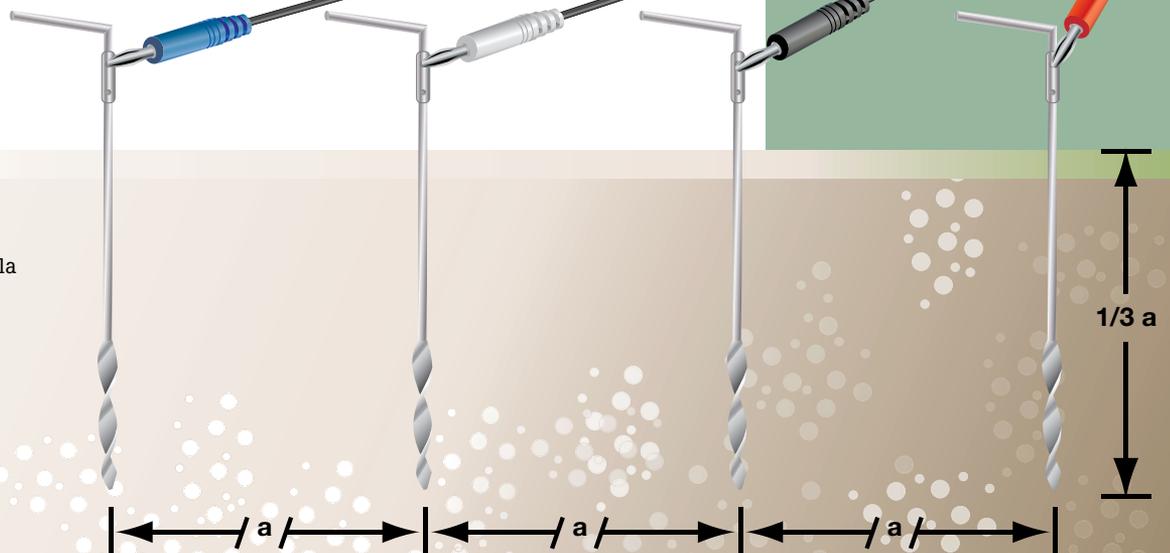
## Comment mesurer la résistance du sol?

Pour tester la résistivité du sol, branchez l'appareil de mesure de terre conformément au schéma ci-dessous.

Comme on le voit, quatre piquets de terre sont plantés dans le sol en ligne droite, équidistants l'un de l'autre. La distance entre les piquets de terre doit être au moins trois fois supérieure à la profondeur des piquets. Si la profondeur de chaque piquet de terre est de 0,30 m, vous devez donc vous assurer que la distance entre les piquets est supérieure à 0,91 mètres. Le Fluke 1625 produit un courant connu traversant les deux piquets de terre extérieurs et la chute du potentiel de tension est mesurée entre les deux piquets internes. En utilisant la loi d'Ohm ( $V = IR$ ), le testeur Fluke calcule automatiquement la résistance du sol.

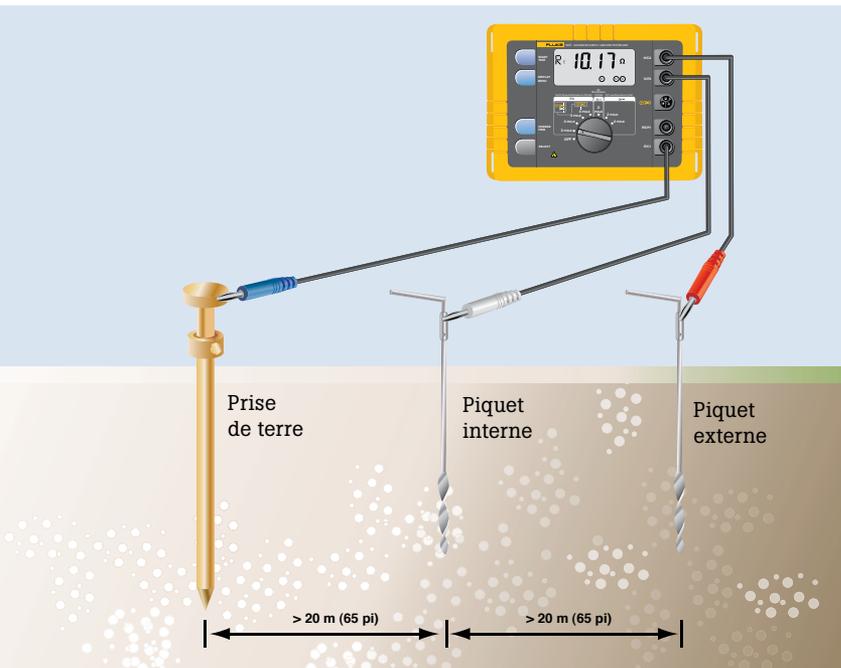
Étant donné que les résultats de mesure sont souvent faussés et invalidés par des pièces métalliques souterraines, les réservoirs souterrains etc, il est toujours recommandé de procéder à d'autres mesures en faisant pivoter l'axe du piquet de 90°. En modifiant la profondeur et la distance plusieurs fois, vous pouvez mesurer un profil qui vous permettra de déterminer le système de résistance de terre approprié.

Les mesures de résistivité du sol sont souvent altérées par la présence de courants de terre et de leurs harmoniques. Pour empêcher cette altération, le Fluke 1625 utilise un système de contrôle de fréquence automatique (AFC) qui permet de sélectionner automatiquement la fréquence d'essai avec un bruit minimum pour fournir des lectures évidentes.



Installation pour tester la résistivité à l'aide d'un Fluke 1623 ou 1625.

# Quelles sont les méthodes de test de la mise à la terre?



## Méthode « chute de potentiel »

La méthode de test dite de « chute du potentiel » permet de mesurer la capacité d'un réseau de terre ou d'un fil de terre individuel à dissiper l'énergie d'un site.

### Description de la méthode « chute de potentiel »

La prise de terre choisie doit tout d'abord être débranchée du réseau électrique sur le site. Le testeur doit ensuite être connecté à la prise de terre. Ensuite, pour un test de chute du potentiel à 3 pôles, deux tiges de terre sont enfoncées dans le sol en ligne directe, loin de la prise de terre. Un écartement de 20 mètres est normalement suffisant. Reportez-vous à la section suivante pour plus d'informations sur le positionnement des piquets.

Un courant connu est produit par le Fluke 1625 entre le piquet externe (prise de terre auxiliaire) et la prise de terre, tandis que la chute du potentiel de tension est mesurée entre le piquet interne et la prise de terre. En utilisant la loi d'Ohm ( $V = IR$ ), le testeur calcule automatiquement la résistance de la prise de terre.

Branchez l'appareil de mesure de terre conformément à la figure. Appuyez sur START et relevez la résistance  $R_E$ . On obtient la valeur réelle de la prise de terre testée. Si cette la prise de terre est en parallèle ou en série avec d'autres tiges de terre, la valeur  $R_E$  est la valeur totale de toutes les résistances.

### Comment allez-vous positionner les piquets?

Pour obtenir une précision optimale en effectuant un test de résistance de terre tripolaire, il est essentiel de placer la sonde en dehors de la sphère d'influence de la prise de terre testée et de la prise de terre auxiliaire.

Sinon, les zones de résistance effectives se chevauchent et compromettent la validité des mesures effectuées. Le tableau est un guide pour régler correctement la sonde (piquet interne) et la terre auxiliaire (piquet externe).

Pour tester la précision des résultats et garantir que les piquets de terre sont en dehors des sphères d'influence, repositionnez le piquet interne (sonde) à 1 mètre dans une direction et relevez une nouvelle mesure. Si vous observez un changement significatif dans le résultat (30 %), vous devez augmenter l'écartement entre la tige de terre testée, le piquet interne (sonde) et le piquet externe (terre auxiliaire) afin de maintenir des valeurs mesurées relativement constantes en repositionnant le piquet interne (sonde).

Profondeur de la prise de terre	Distance au piquet interne	Distance au piquet externe
2 m	15 m	25 m
3 m	20 m	30 m
6 m	25 m	40 m
10 m	30 m	50 m

## Mesure sélective

Les tests sélectifs sont très similaires aux tests de chute de potentiel, en produisant les mêmes mesures, mais d'une façon beaucoup plus aisée et sécurisée. En effet, dans les tests sélectifs, la prise de terre choisie n'a pas besoin d'être débranchée du réseau électrique sur le site. Ainsi, le technicien ne met pas en danger la vie des personnes, à commencer par la sienne, ou les équipements électriques à l'intérieur d'une structure qui ne serait plus reliée à la terre.

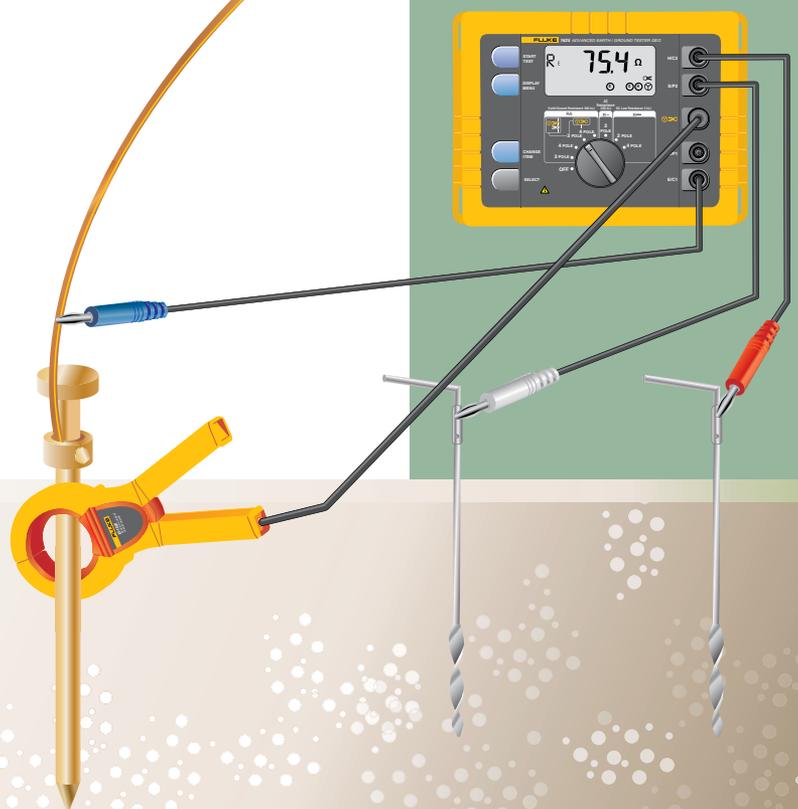
Comme dans le cas d'un test de chute du potentiel, deux tiges de terre sont enfoncées dans le sol en ligne directe, loin de la prise de terre. Un écartement de 20 mètres est normalement suffisant. Le testeur est ensuite branché à la prise de terre choisie, avec cet avantage que le branchement au site n'a pas besoin d'être débranché. En effet, on place une pince spéciale autour de la prise de terre qui élimine les effets des résistances parallèles dans un réseau mis à la terre, afin de ne mesurer que la prise de terre voulue.

Comme dans le cas précédemment, un courant connu est produit par le Fluke 1625 entre le piquet externe (prise de terre auxiliaire) et la prise de terre, tandis que la chute du potentiel de tension est mesurée entre le piquet interne et la prise de terre. Seul le courant circulant dans la prise de terre choisie est mesuré à l'aide de la pince. Le courant généré circule aussi à travers d'autres résistances parallèles mais seul le courant traversant la pince (c.-à-d. le courant circulant dans la prise de terre choisie) intervient dans le calcul de la résistance ( $V = IR$ ).

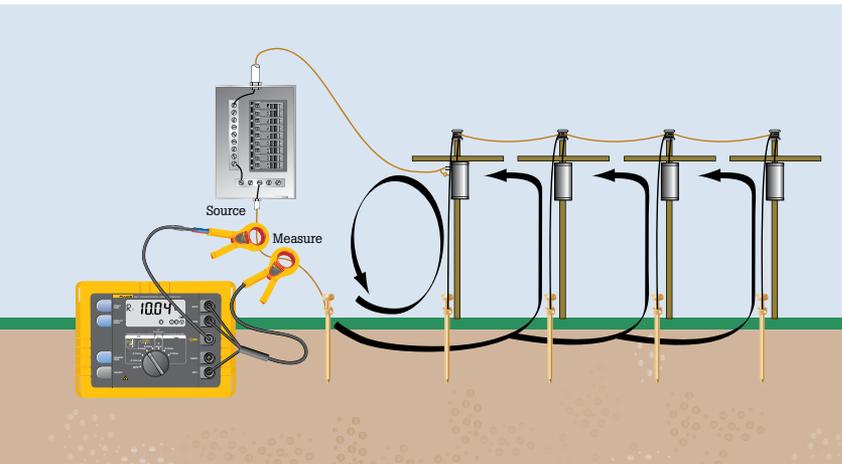
Si la résistance totale du réseau de terre doit être mesurée, il faut mesurer la résistance de chaque prise de terre en serrant la pince autour de chaque électrode individuelle. La résistance totale du réseau de terre peut ensuite être déterminée par un calcul.

Les tests de résistance des prises de terre individuelles sur les tours de transmission à haute tension munies de fils de garde ou de câbles de mise à la terre aériens ou électrostatiques, exigent le débranchement de ces fils. Si une tour présente plusieurs prises de terre à sa base, celles-ci doivent également être débranchées une par une et testées. Toutefois, le Fluke 1625 propose un accessoire optionnel, un transformateur de courant à pince de 320 mm (12,7 po) de diamètre capable de mesurer les résistances individuelles de chaque montant, sans pour cela débrancher les conducteurs de terre ou les fils de garde/câbles de mise à la terre aériens ou électrostatiques.

Branchez l'appareil de mesure de terre conformément au schéma. Appuyez sur START et relevez la valeur  $R_E$ . On obtient la résistance réelle de la prise de terre testée.



# Quelles sont les méthodes de test de la mise à la terre?



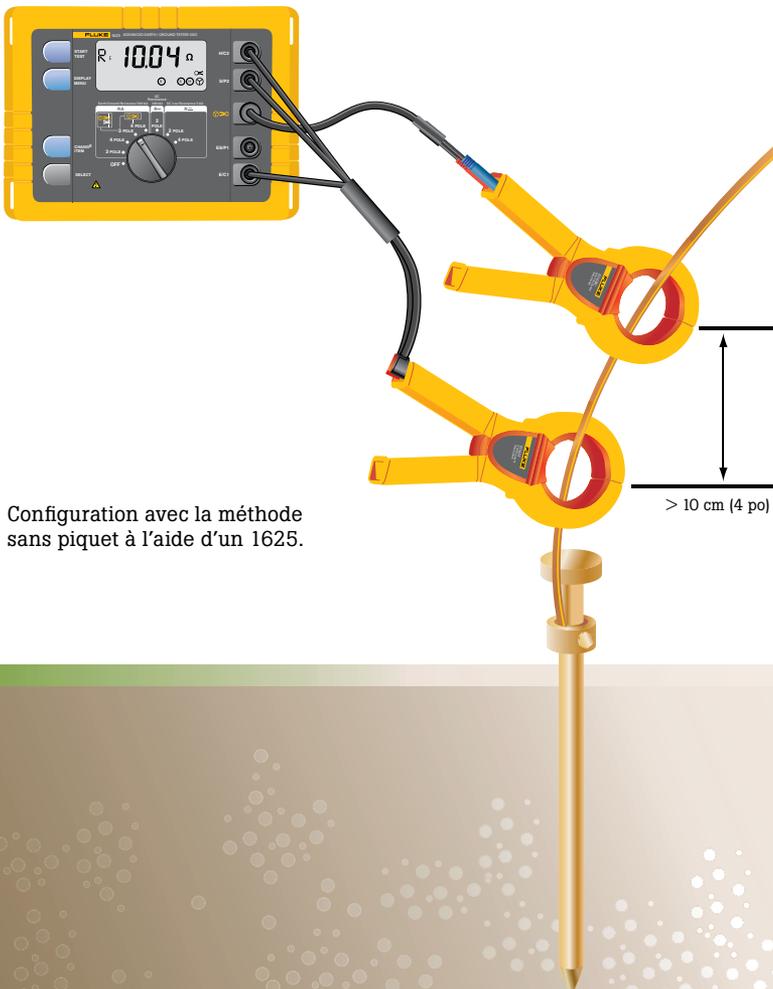
Trajets de courant dans la méthode sans piquet.

## Stakeless measurement

Les appareils de mesure de terre Fluke 1625 peuvent mesurer les résistances de boucle de terre sur les réseaux à prises de terre multiples en n'utilisant que des pinces de courant. Cette technique de test permet d'éliminer l'activité laborieuse et dangereuse qui consiste à débrancher les prises de terre parallèles, et la recherche d'emplacements adaptés pour les piquets de terre auxiliaire. Vous pouvez également réaliser des tests de mise à la terre dans des situations jusqu'alors improbables : à l'intérieur des bâtiments, sur les pylônes d'alimentation et partout où le sol n'est pas accessible.

Avec cette méthode de test, deux pinces sont placées autour de la tige de terre ou sur le câble de branchement et sont reliées chacune au testeur. Cette méthode n'utilise aucun piquet de terre. Une tension fixe connue est induite par une pince, et le courant est mesuré en utilisant la deuxième pince. Le testeur détermine ensuite automatiquement la résistance de la boucle de terre au niveau cette tige de terre. S'il n'y a qu'un trajet à la terre, comme c'est le cas de nombreuses applications résidentielles, la méthode sans piquet ne fournit pas de valeur acceptable et la méthode de test à chute de potentiel doit être utilisée.

Le Fluke 1625 applique le principe suivant : dans les réseaux parallèles/à prises de terre multiples, la résistance nette de tous les chemins à la terre est extrêmement faible comparée à celle d'un chemin unique (celui du test). Donc, la résistance nette de toutes les résistances de chemin en retour parallèles est effectivement de zéro. La mesure sans piquet ne mesure que les résistances des tiges de terre individuelles en parallèle aux réseaux de mise à la terre. Si le réseau de terre n'est pas parallèle à la terre, l'opérateur doit donc soupçonner la présence d'un circuit ouvert, ou il mesure la résistance de la boucle de terre.



Configuration avec la méthode sans piquet à l'aide d'un 1625.

## Mesures d'impédance de terre

Lorsque l'opérateur tente de calculer les courants de court-circuit dans une centrale électrique et d'autres sites à tensions/courants élevés, il doit déterminer une impédance de mise à la terre complexe car celle-ci sera constituée d'éléments inductifs et capacitifs. Étant donné que l'inductivité et la résistivité sont connues dans la plupart des cas, l'impédance réelle peut être déterminée en recourant à un calcul complexe.

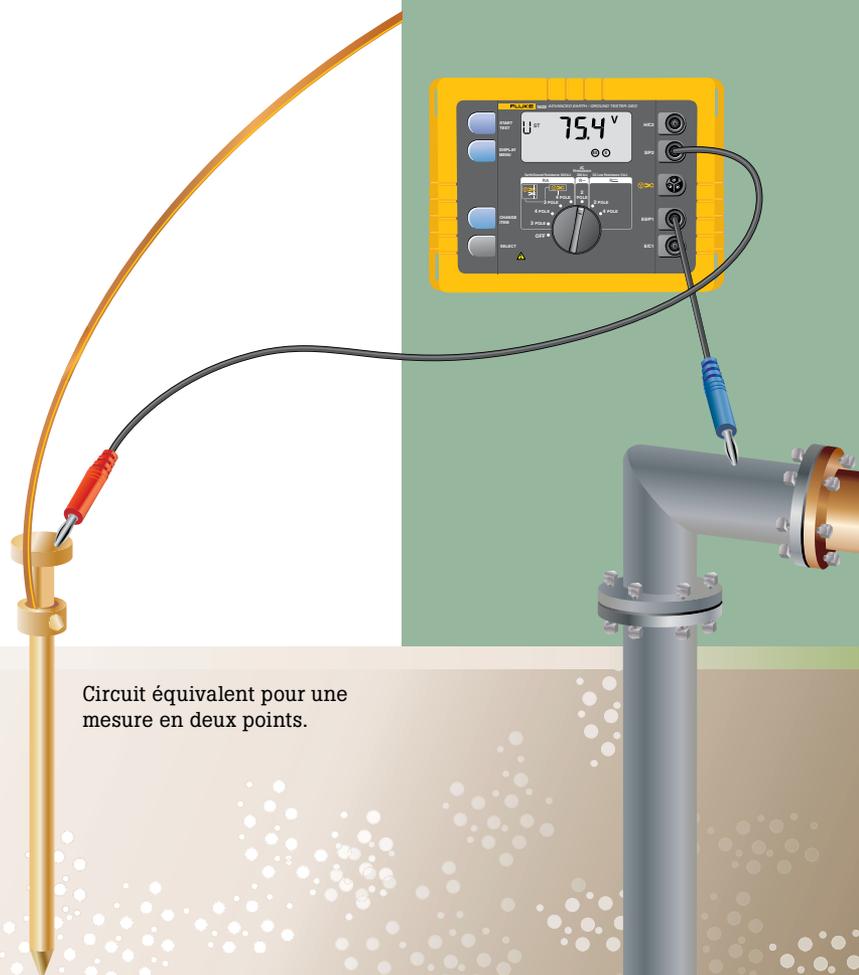
Puisque l'impédance est tributaire de la fréquence, le Fluke 1625 utilise pour établir ce calcul un signal de 55 Hz qui se rapproche le plus possible de la fréquence opératoire de la tension. Cela permet d'obtenir une mesure proche de la valeur à la fréquence opératoire réelle. L'utilisation de cette fonction du Fluke 1625 permet d'obtenir une mesure directe précise de l'impédance de mise à la terre.

Les techniciens des compagnies d'électricité qui testent les lignes de transmission à haute tension, sont intéressés par deux facteurs : la résistance de terre relative à la foudre, et l'impédance de l'ensemble du réseau en cas de court-circuit en un point spécifique de la ligne. Dans ce type de court-circuit, un fil sous tension se détache et vient toucher la grille métallique d'une tour.

## Résistance de terre bipolaire

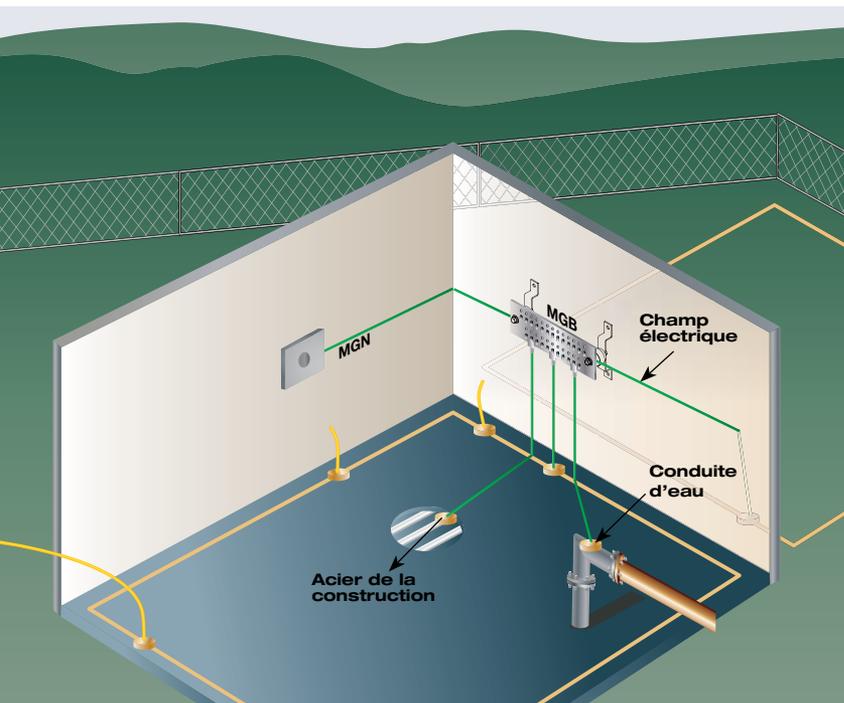
Lorsqu'il n'est ni pratique ni possible d'enfoncer des piquets de terre, les testeurs Fluke 1623 et 1625 permettent d'effectuer des mesures de continuité/résistance de terre bipolaires, conformément à l'exemple ci-dessous.

Pour effectuer ce test, le technicien doit avoir accès à une terre réputée bonne, telle qu'une conduite d'eau métallique. La conduite d'eau doit être métallique et d'une longueur suffisante sans utiliser de joints ou raccords isolants. Contrairement à de nombreux testeurs, le Fluke 1623 et 1625 effectue le test avec un courant relativement élevé (courant de court-circuit > 250 mA) pour produire des résultats stables.



Circuit équivalent pour une mesure en deux points.

# Mesure de la résistance de terre



La configuration d'un central téléphonique typique.

## Au niveau d'un central téléphonique

La vérification de la mise à la terre d'un central téléphonique exige trois mesures différentes.

Avant le test, localisez la barre de terre principale (MGB) dans le central téléphonique pour déterminer le type de réseau de mise à la terre actuel. Comme le montre cette page, la barre MGB présente alors des conducteurs de terre se branchant au :

- MGN (neutre à prises de terre multiples) ou service d'arrivée,
- champ électrique,
- conduite d'eau et
- acier structurel ou de la construction

Exécutez tout d'abord le test sans piquet sur toutes les terres individuelles en provenance de la MGB. L'objectif est de s'assurer que toutes les terres sont connectées, spécialement la barre MGN. Il est important de noter qu'on ne mesure pas la résistance individuelle, mais plutôt la

résistance de boucle de l'élément entouré par la pince. Comme le montre la figure 1, branchez le Fluke 1625 ou 1623 et les deux pinces de mesure et d'induction, et placez-les autour de chaque branchement pour mesurer la résistance de boucle de la barre MGN, du champ électrique, de la conduite d'eau et de l'acier structurel.

Effectuez ensuite le test de chute du potentiel tripolaire sur l'ensemble du réseau de terre en établissant le branchement à la barre MGB conformément à la figure 2. Pour accéder à une prise de terre distante, les compagnies de téléphone utilisent souvent des paires inutilisées dans le câble supérieure à 1,6 km. Enregistrez la mesure et répétez ce test au moins tous les ans.

Troisièmement, mesurez les résistances individuelles du réseau de terre en utilisant le test sélectif du Fluke 1625 ou 1623. Branchez le testeur Fluke conformément à la figure 3. Mesurez la résistance de la barre MGN; la valeur obtenue est la résistance sur ce montant particulier de la barre MGB. Mesurez ensuite le champ électrique. On obtient la résistance réelle du champ électrique au niveau du central téléphonique. Passons maintenant à la conduite d'eau, et répétons le test pour obtenir la résistance de l'acier structurel. Vous pouvez facilement vérifier la précision de ces mesures grâce à la loi d'Ohm. La résistance des montants individuels, lorsqu'elle est calculée, doit être égale à la résistance du réseau entier donné (autoriser une erreur raisonnable car tous les éléments de terre ne peuvent pas être mesurés).

Ces méthodes de test fournissent la mesure la plus précise pour un central téléphonique car elle produisent les résistances individuelles et leur comportement réel dans un réseau de terre. Bien que précises, ces mesures ne montrent pas le comportement du système en réseau car en cas de foudre ou de courant de défaut, tous les éléments sont connectés.

**Pour démontrer cela, vous devez effectuer quelques tests supplémentaires sur des résistances individuelles.**

Procédez tout d'abord à un test de chute de potentiel tripolaire sur chaque montant de la barre MGB et enregistrez chaque mesure. En utilisant de nouveau la loi d'Ohm, ces mesures doivent être égales à la résistance du réseau entier. Pour les calculs, on constate un décalage de 20 % à 30 % de la valeur  $R_E$  totale.

Enfin, mesurez les résistances des divers montants de la barre MGB en utilisant la méthode sélective sans piquet. Le processus est identique à celui de la méthode sans piquet, mais ici les deux pinces ne sont pas utilisées de la même façon. Placez la pince inductrice de tension autour du câble menant à la barre MGB, et comme la barre MGB est branchée à l'alimentation d'entrée, qui est parallèle au réseau de terre, nous avons rempli cette exigence. Prenez la pince de mesure et placez-la autour du câble de terre menant au champ électrique. Lorsque nous mesurons la résistance, nous obtenons la résistance réelle du champ électrique, plus le trajet parallèle de la barre MGB. Comme la valeur ohmique obtenue est très faible, elle n'aura aucun effet réel sur la mesure relevée. On peut répéter ce processus pour les autres montants de la barre de terre, c.-à-d. la conduite d'eau et l'acier structurel.

Pour mesurer la barre MGB à l'aide de la méthode sélective sans piquet, placez la pince inductrice de tension autour de la ligne menant à la conduite d'eau (car la conduite d'eau en cuivre présente une résistance très faible); le résultat obtenu est la résistance uniquement du MGN.

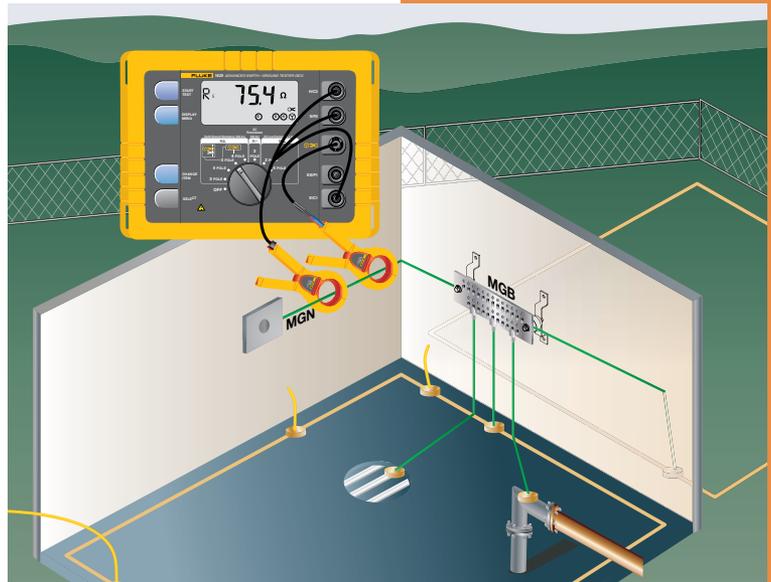


Figure 1 : Test sans piquet d'un central téléphonique.

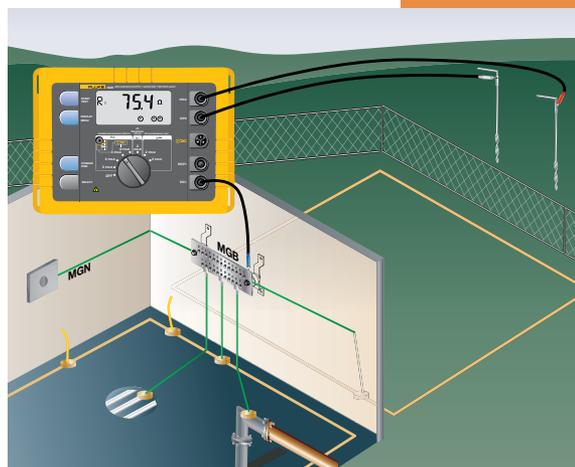


Figure 2 : Effectuez le test de chute de potentiel tripolaire du réseau de terre entier.

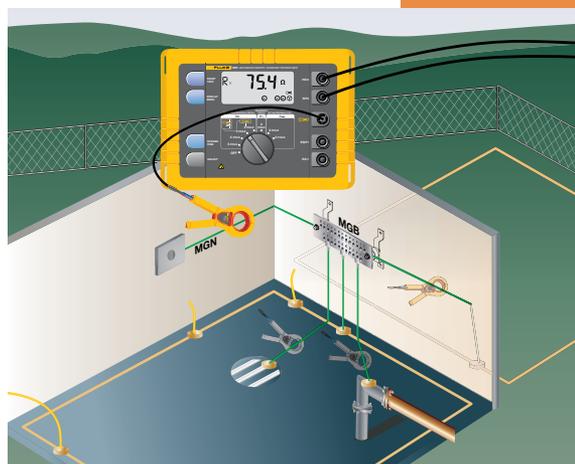
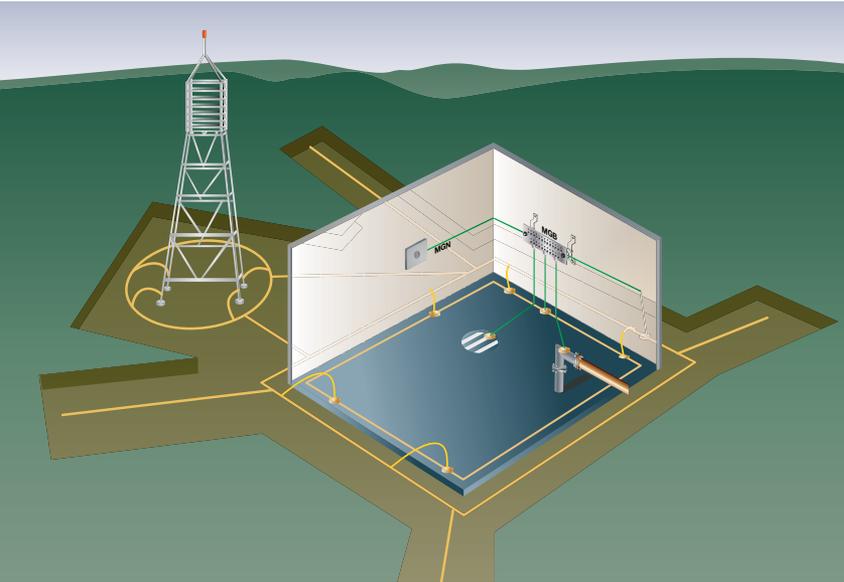


Figure 3 : Mesurez les résistances individuelles du réseau de terre à l'aide d'un test sélectif.

# Autres applications de la résistance de terre



Configuration typique d'une tour de téléphonie cellulaire.

## Sites d'application

Il existe quatre autres applications particulières qui permettent d'utiliser le Fluke 1625 pour mesurer les capacités du réseau de mise à la terre.

### Tours de téléphonie cellulaires/ pylônes hertziens et radio

Ces installations présentent dans la plupart des cas une tour à quatre montants, chacun étant mis à la terre individuellement. Ces prises de terre sont ensuite reliées à l'aide d'un câble en cuivre. Le bâtiment du site cellulaire se trouve près de la tour, abritant tous les équipements de transmission. On trouve à l'intérieur du bâtiment une terre halo et une barre MGB, la terre halo étant connectée à la barre MGB. Le bâtiment du site cellulaire est mis à la terre aux 4 angles reliés à la barre MGB à l'aide d'un câble en cuivre et les 4 angles sont également interconnectés par le biais d'un fil de cuivre. On trouve également un branchement entre les anneaux de mise à la terre du bâtiment et de la tour.

## Sous-stations électriques

Une sous-station électrique est un poste secondaire sur un réseau de transmission et de distribution électrique, où une tension de valeur élevée est convertie en valeur faible. Une sous-station type contient des structures de terminaison de ligne, un dispositif de commutation à haute tension, un ou plusieurs transformateurs de courant, un dispositif de commutation à basse tension, une protection contre les surtensions, des commandes et des compteurs.

## Sites de commutation à distance

Des concentrateurs à lignes numériques et d'autres équipements de télécommunications fonctionnent sur ces sites de commutation à distance. Le site distant est normalement mis à la terre à une extrémité de l'armoire électrique, et une série de piquets de terre est disposée autour de l'armoire, reliés par un fil de cuivre.

## Protection contre la foudre : sites industriels et commerciaux

Les quatre angles du bâtiment, dans les systèmes de protection contre les courants de défaut ou les coups de foudre, sont mis à la terre et reliés habituellement par un câble en cuivre. Le nombre de tiges de terre varie en fonction de la taille du bâtiment et de la valeur de résistance qu'il doit respecter.

## Tests recommandés

Les utilisateurs doivent réaliser les trois mêmes tests pour chaque application : mesure sans piquet, mesure de chute de potentiel tripolaire et mesure sélective.

### Mesures sans piquet

Effectuez d'abord la mesure sans piquet sur :

- les montants individuels de la tour et les quatre angles du bâtiment  
**(tours/sites cellulaires)**
- tous les branchements de mise à la terre  
**(sous-station électrique)**
- les lignes menant au site distant  
**(commutation à distance)**
- les piquets de terre du bâtiment  
**(système parafoudre)**

Pour toutes les applications, il ne s'agit pas d'une mesure de résistance de terre véritable en raison de la terre du réseau de communication. Il s'agit principalement d'un test de continuité pour vérifier la mise à la terre du site, la présence d'un branchement électrique et le passage du courant dans le système.

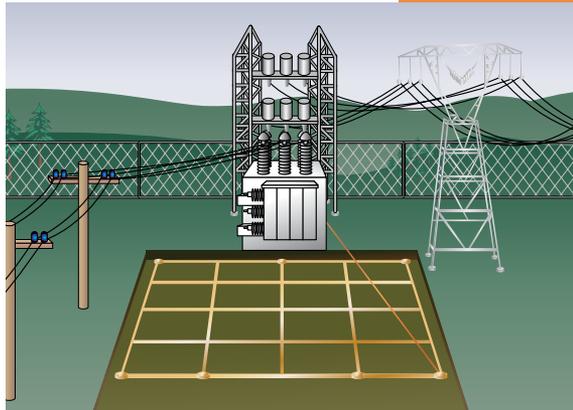
### Mesure de chute de potentiel tripolaire

Mesurons ensuite la résistance du réseau de terre entier par le biais de la méthode de chute de potentiel tripolaire. N'oubliez pas de respecter les règles de disposition des piquets. Cette mesure doit être enregistrée et les mesures doivent être effectuées au moins deux fois par an. Cette mesure est la valeur de résistance du site entier.

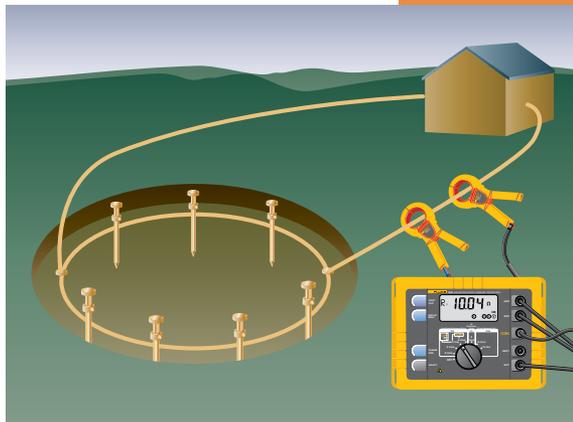
### Mesure sélective

Mesurons finalement les terres individuelles avec le test sélectif. Cela permet de vérifier l'intégrité des terres individuelles, leurs branchements, et de déterminer si le potentiel de mise à la terre est relativement uniforme sur tout le réseau. Si l'une de ces mesures affiche un degré plus important de variabilité que les autres, il faut en déterminer la raison. Les résistances doivent être mesurées sur :

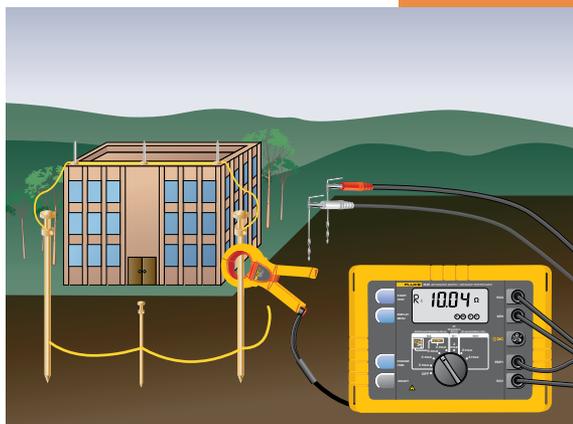
- chaque montant individuel de la tour et les quatre angles du bâtiment (tours/sites cellulaires)
- les tiges de terre individuelles et leurs branchements (sous-stations électriques)
- les deux extrémités du site distant (commutation à distance)
- les quatre angles du bâtiment (système parafoudre)



Configuration typique dans une sous-station électrique.



Utilisation de tests sans piquet à un site de commutation à distance.



Utilisation de tests sélectifs sur un système parafoudre.

# Appareils de mesure de terre



Fluke 1625 GEO avancé  
appareil de mesure de terre



Fluke 1623 GEO de base  
appareil de mesure de terre

## Le testeur le plus complet

Les modèles Fluke 1623 et 1625 sont des appareils de mesure de terre distinctes qui peuvent effectuer les quatre types de mesure de terre :

- chute de potentiel à 3 et 4 pôles (à l'aide de piquets)
- tests de résistivité du sol à 4 pôles (à l'aide de piquets)
- tests sélectifs (à l'aide d'une pince et de piquets)
- tests sans piquet (à l'aide de 2 pinces seulement)

Le kit de modèle complet accompagne le testeur 1623 ou 1625; il contient un jeu de deux cordons de mesure, 4 piquets de mesure de terre, 3 bobines de câble avec fil, 2 pinces, des piles et le manuel : le tout proposé dans un boîtier de transport Fluke robuste.



Le kit complet

## Fonctionnalités avancées du Fluke 1625 GEO avancé

Le Fluke 1625 propose plusieurs fonctions avancées :

- **Contrôle de fréquence automatique (AFC)** – identifie l'interférence actuelle et choisit une fréquence de mesure pour réduire son effet et assurer des mesures de terre plus précises
- **Mesure R\*** – calcule l'impédance de mise à la terre à 55 Hz pour indiquer la résistance de terre plus exactement qu'un test de terre au défaut
- **Seuils réglables** – pour la rapidité des tests

## Accessoires en option

Transformateur-pince de 320 mm : pour effectuer des tests sélectifs sur les montants individuels des tours.

**Pour plus d'informations, allez à [www.fluke.com](http://www.fluke.com)**

**Fluke.** *Soyez à la pointe du progrès avec Fluke.™*

**Fluke Corporation**  
P.O. Box 9090,  
Everett, WA 98206 - États-Unis

**Fluke Europe B.V.**  
PO Box 1186, 5602 BD  
Eindhoven, Pays-Bas

**Pour plus d'informations, appelez :**  
Aux États-Unis Tél. (800) 443-5853 ou  
Fax (425) 446-5116  
Europe/Moyen Orient/Afrique  
+31 (0) 40 2675 200 ou  
Fax +31 (0) 402 675 222  
Canada Tél. : (800) -36-FLUKE ou  
Fax (905) 890-6866  
Dans les autres pays  
+1 (425 446) -5500 ou  
Fax +1 (425) 446-5116  
Site Internet : <http://www.fluke.com>

©2006 Fluke Corporation. Tous droits réservés.  
Imprimé aux États-Unis. 6/2006  
11129-fre 2713318 B-FRC-N Rev A