

# RÉSISTANCE DE MISE À LA TERRE

## Principes, méthodes de test et applications

**DIAGNOSTIQUER** les problèmes électriques intermittents

**ÉVITER** les temps d'arrêt inutiles

**CONNAÎTRE** les principes de sécurité de la mise à la terre



# Pourquoi une mise à la terre, pourquoi procéder à des tests ?

## Pourquoi une mise à la terre ?

Une mise à la terre incorrecte entraîne des temps d'arrêt superflus. Elle représente également un danger et augmente le risque de panne de l'équipement.

Sans système de mise à la terre efficace, nous serions exposés à des risques d'électrocution, sans parler des erreurs d'instrumentation, des problèmes de distorsion harmonique, des problèmes de facteur de puissance et de toute une série de problèmes intermittents possibles. Si les courants de défaut ne peuvent s'échapper vers la terre par le biais d'un système de mise à la terre correctement conçu et entretenu, ils trouveront d'autres moyens, qui peuvent inclure les personnes. Les organisations suivantes ont mis en place des recommandations et/ou des normes de mise à la terre pour garantir la sécurité :

- OSHA (Occupational Safety Health Administration, agence pour la santé et la sécurité au travail)
- NFPA (National Fire Protection Association, association nationale de lutte contre les incendies)
- ANSI/ISA (American National Standards Institute and Instrument Society of America, institut américain des normes nationales et société internationale d'automatisation)
- TIA (Telecommunications Industry Association, association industrielle des télécommunications)
- IEC (International Electrotechnical Commission, commission électrotechnique internationale)
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization, commission européenne de normalisation électrotechnique)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, institut des ingénieurs électriques et électroniques)

Une mise à la terre de qualité n'est pas seulement une question de sécurité, elle permet également de ne pas endommager les équipements et les sites industriels. Un système de mise à la terre efficace augmente la fiabilité de l'équipement et réduit l'éventualité de dommages occasionnés par des éclairs ou des courants de défaut. Chaque année, les incendies électriques entraînent des pertes par milliards pour les usines, sans compter les dépenses entraînées par les litiges et la perte de productivité du personnel et des entreprises.

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

Au fil du temps, les sols corrosifs à forte teneur en humidité, à forte teneur en sel et à températures élevées peuvent endommager les piquets de terre et leurs raccordements. Ainsi, la résistance d'un système de mise à la terre qui présentait de faibles valeurs de résistance de terre lors de son installation initiale peut augmenter avec la dégradation des piquets de terre.

Des testeurs de mise à la terre, tels que les modèles Fluke 1623-2 et 1625-2, sont des outils de dépannage indispensables, qui vous permettent de préserver la disponibilité des systèmes. Les problèmes électriques intermittents, qui génèrent bien des frustrations, peuvent être liés à une mise à la terre incorrecte et à une qualité insuffisante du réseau électrique.

C'est la raison pour laquelle nous recommandons vivement la vérification de l'ensemble des prises de terre et des raccords de terre, au moins une fois par an, dans le cadre de votre plan de maintenance préventive. Lors de ces vérifications périodiques, si une augmentation de résistance de plus de 20 % est détectée, le technicien doit identifier la source du problème et réduire la résistance en remplaçant ou en ajoutant des piquets de terre au système de mise à la terre.

## En quoi consiste une mise à la terre et à quoi sert-elle ?

L'article 100 du code NEC (National Electrical Code) définit la mise à la terre comme étant : « une connexion conductrice, intentionnelle ou accidentelle entre un circuit ou un équipement électrique et la terre ou un corps conducteur faisant office de terre. » Lorsqu'il est question de mise à la terre, deux différents sujets peuvent en fait s'appliquer : la mise à la terre et la mise à la terre d'équipements. La mise à la terre en tant que telle est une connexion intentionnelle entre un conducteur de circuit (généralement, le neutre) et une prise de terre placée dans la terre. La mise à la terre d'équipements permet de garantir la mise à la terre correcte des équipements d'exploitation d'une structure. Ces deux systèmes de mise à la terre doivent être séparés (excepté si une connexion entre les deux systèmes est requise). Cela permet d'éviter les différences de potentiel de tension résultant d'un éventuel embrasement lié à la foudre. Outre la protection des personnes, des installations et des équipements, le but d'une mise à la terre est de fournir une voie sécurisée pour la dissipation des courants de défaut, de la foudre, des décharges d'électricité statique, des signaux et interférences EMI et RFI.

**Table des matières**

**Qu'est-ce qu'une valeur de résistance de terre correcte ?**

Les notions de mise à la terre correcte et de valeur de résistance de terre correcte ne sont pas clairement définies. Idéalement, la terre doit présenter une résistance de zéro ohm.

Il n'existe pas de seuil de résistance de terre standard reconnu par tous les organismes. La NFPA et l'IEEE recommandent une valeur de résistance de terre de 5 ohms maximum.

Le NEC exige que « l'impédance du système mis à la terre soit inférieure à 25 ohms (NEC 250.56). Dans les bâtiments dotés d'équipements sensibles, l'impédance doit être de 5 ohms maximum. »

Le secteur des télécommunications a souvent utilisé la valeur de 5 ohms maximum comme valeur de mise à la terre et de liaison électrique standard.

L'objectif est d'obtenir la valeur de résistance de terre la plus faible qu'il est raisonnablement possible d'obtenir sur le plan économique et sur le plan physique.



Pourquoi procéder à des tests ?  
Sols corrosifs.



Pourquoi une mise à la terre ? Foudre.



Utilisez le Fluke 1625-2 pour déterminer l'état de vos systèmes de mise à la terre.

Pourquoi une mise à la terre ?  
Pourquoi procéder à des tests ?

2

4

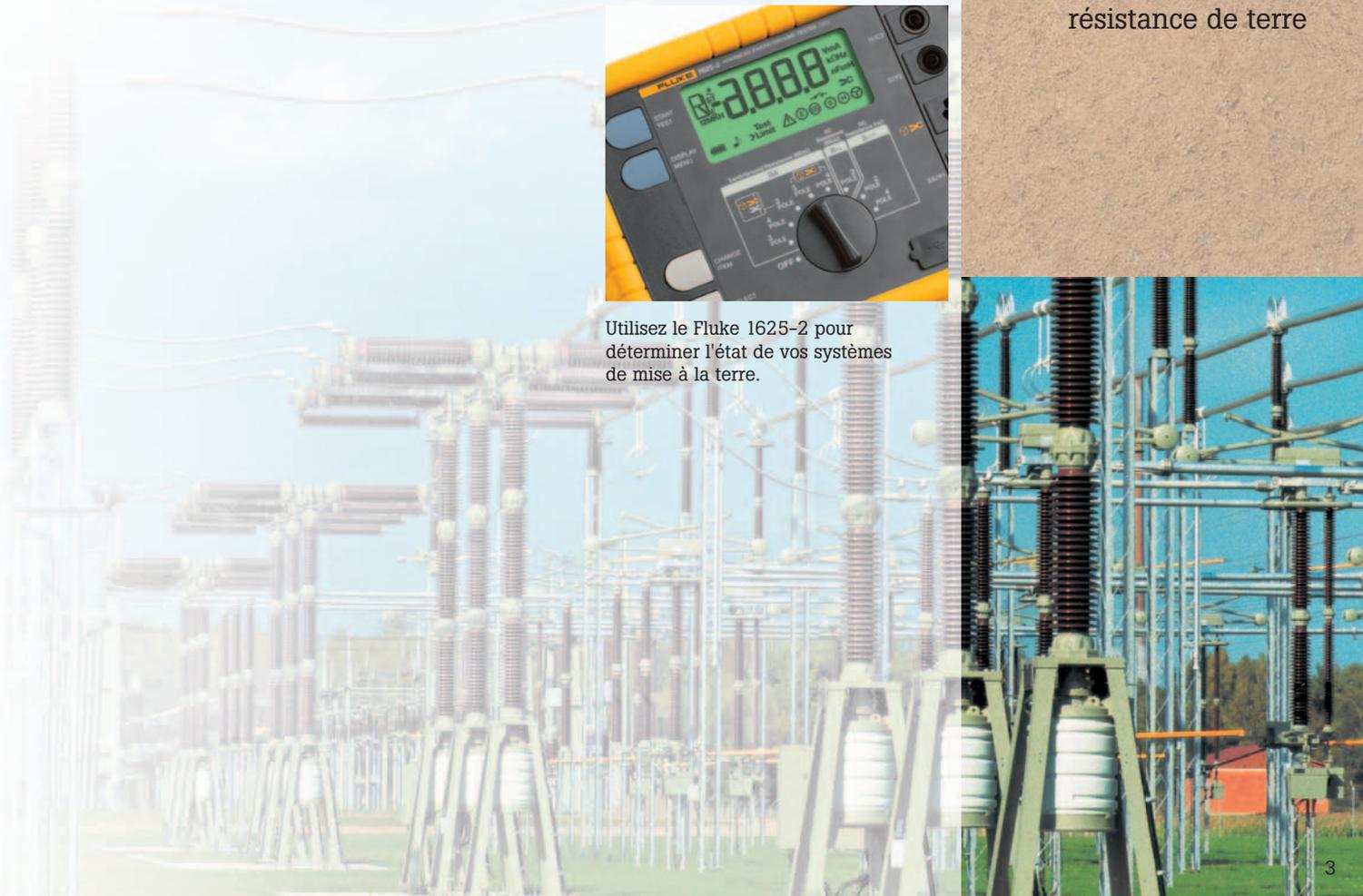
Notions de base sur la mise à la terre

6

Méthodes de tests de la mise à la terre

12

Mesure de la résistance de terre



# Notions de base sur 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

## Emplacement des résistances

### (a) Prise de terre et sa connexion

La résistance de la prise de terre et de sa connexion est généralement très faible. Les piquets de terre sont souvent fabriqués à l'aide de matériaux particulièrement conducteurs/à faible résistance, tels que l'acier ou le cuivre.

### (b) Résistance de contact de la terre qui entoure la prise

Le National Institute of Standards (une agence gouvernementale du Département américain du Commerce) a démontré que cette résistance est quasiment insignifiante dans la mesure où la prise de terre ne présente pas de traces de peinture, de graisse, etc. et qu'elle se trouve bien en contact avec la terre.

### (c) Résistance de la terre environnante

La prise de terre est entourée de terre composée de cellules concentriques disposant toutes de la même épaisseur. Les cellules les plus proches de la prise de terre sont les plus petites, ce qui entraîne un niveau de résistance élevé. Les autres cellules sont plus grandes, d'où une résistance plus faible. On atteint finalement un point où les cellules offrent peu de résistance à la terre qui entoure la prise de terre.

Nous devons donc nous baser sur ces informations pour réduire la résistance de terre lors de l'installation des systèmes de mise à la terre.

## Quels éléments affectent la résistance de terre ?

Le code NEC (1987, 250-83-3) exige qu'une prise de terre de 2,5 mètres (8 pieds) de long soit en contact avec le sol. Il existe toutefois quatre variables qui affectent la résistance de terre d'un système de mise à la 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 système de mise à la terre

## Longueur/profondeur de la prise de terre

Un moyen très efficace pour réduire la résistance de terre consiste à enfoncer davantage les prises de terre. La résistance au sol n'est pas cohérente et peut s'avérer particulièrement imprévisible. Cela s'avère essentiel lors de l'installation d'une prise de terre située sous la ligne de gel. L'installation doit être réalisée de manière à ce que la résistance de terre ne soit pas trop influencée par le gel du sol environnant.

Généralement, il est possible, en doublant la longueur de la prise de terre, de réduire le niveau de résistance de 40 % supplémentaires. Il est parfois physiquement impossible d'enfoncer davantage les piquets de terre, dans les zones constituées de rochers, de granite, etc. Des méthodes alternatives telles que le ciment de mise à la terre peuvent alors être envisagées.

## Diamètre de la prise de terre

L'augmentation du diamètre de la prise de terre a très peu d'effet sur la réduction de la résistance. Vous pouvez ainsi doubler le diamètre d'une prise de terre et assister à une baisse de seulement 10 % de la résistance.

### Nombre de prises de terre

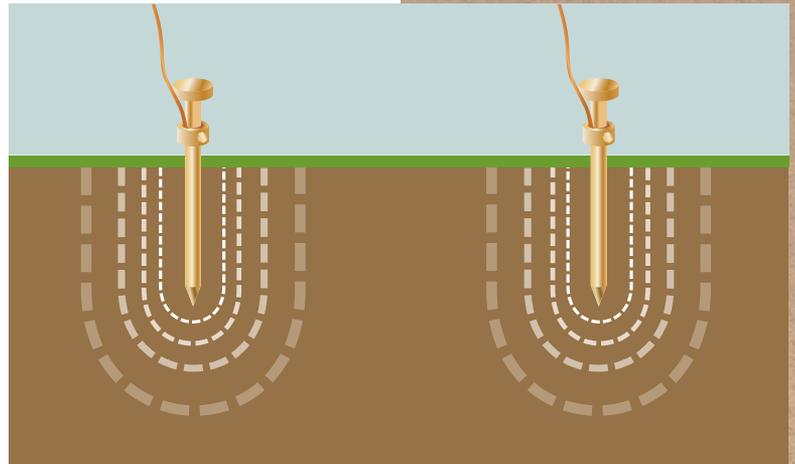
Vous pouvez également utiliser plusieurs prises de terre pour réduire la résistance de terre. Plusieurs prises sont alors placées dans la terre et raccordées en parallèle pour réduire la résistance. Pour que les prises supplémentaires soient efficaces, l'espacement entre les piquets supplémentaires doit être au moins équivalent à la profondeur du piquet. Si les prises ne sont pas espacées correctement, leurs sphères d'influence se chevauchent et la résistance est maintenue au même niveau.

Vous pouvez utiliser le tableau de résistances de terre ci-dessous pour vous guider dans l'installation de piquets de terre correspondant à vos exigences de résistance spécifiques. N'oubliez pas que vous devez uniquement utiliser le tableau pour vous guider, les sols disposent en effet de couches et sont rarement homogènes. Les valeurs de résistance varient beaucoup.

### Conception du système de mise à la terre

Les systèmes de mise à la terre simples sont composés d'une prise de terre insérée dans la terre. L'utilisation d'une seule prise de terre est la forme de mise à la terre la plus courante, celle que nous trouvons à l'extérieur des maisons et des lieux de travail. Les systèmes de mise à la terre complexes sont composés de plusieurs prises de terre, raccordées, de réseaux maillés ou en grille, de plaques de terre et de boucles de terre. Ces systèmes sont généralement installés dans les centrales électriques, les centrales téléphoniques et les sites de tours de téléphonie cellulaire.

Les réseaux complexes augmentent de manière importante le niveau de contact avec la terre environnante et réduisent les résistances de terre.

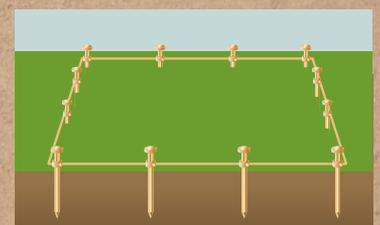


Chaque prise de terre possède sa propre sphère d'influence.

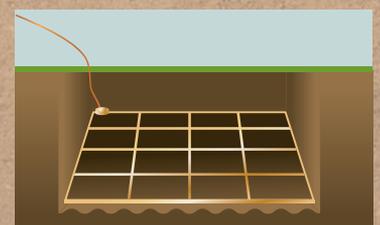
### Systèmes de mise à la terre



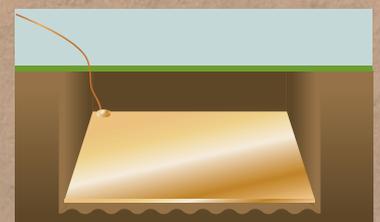
Une seule prise de terre



Plusieurs prises de terre raccordées



Réseau maillé



Plaque de terre

Type de terrain	Résistivité du terrain $R_e$	Résistance de mise à la terre					
		Profondeur de la prise de terre (en mètres)			Bande de terre (en mètres)		
		3	6	10	5	3,0	6,09
Terrain très humide, marécageux	30	10	5	3	12	6	3
Terrain agricole, sol argileux et glaiseux	100	33	17	3,0	12,2	6,09	3,0
Sol argileux sablonneux	150	15,2	25	15	18,3	9,1	15
Sol sablonneux humide	300	66	33	6,1	24,4	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 mise à la terre ?

Il existe quatre méthodes de tests de mise à la terre possibles :

- **Résistivité du terrain** (à l'aide de piquets)
- **Chute de potentiel** (à l'aide de piquets)
- **Sélective** (à l'aide d'une pince et de piquets)
- **Sans piquet** (avec seulement deux pinces)

## Mesure de la résistivité des terrains

### Pourquoi déterminer la résistivité du terrain ?

Afin de respecter les normes de la résistance de terre, il est absolument nécessaire de connaître la résistance au sol lors de l'élaboration du système de mise à la terre pour de nouvelles installations (applications sur le terrain).

Idéalement, vous devez trouver un emplacement présentant la plus faible résistance possible. Mais, comme nous l'avons déjà évoqué, il est possible de surmonter de mauvaises conditions de sol avec des systèmes de mise à la terre plus élaborés.

La composition du sol, la teneur en humidité et la température ont tous une influence sur la résistance au sol. Le sol est rarement homogène et la résistance au sol varie sur le plan géographique et en fonction de la profondeur. La teneur en humidité change en fonction des saisons, de la nature des sous-couches de terre et de la profondeur de la nappe phréatique permanente. Le sol et l'eau étant généralement plus stables dans les strates plus profondes, nous vous recommandons de placer les piquets de terre aussi profondément que possible dans la terre, au niveau de la nappe phréatique si possible. De même, les piquets de terre doivent être installés à un niveau de température stable, donc sous la ligne de gel.

Un système de mise à la terre efficace doit être conçu pour résister aux conditions les plus difficiles.

### Comment calculer la résistivité du terrain ?

La procédure de mesure décrite ci-dessous utilise la méthode de Wenner, universellement acceptée et mise au point en 1915 par le Dr. Frank Wenner, membre du US Bureau of Standards. (F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity ; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16.)

#### La formule est la suivante :

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

( $\rho$  = résistivité moyenne du terrain à une profondeur

A en ohm/cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = la distance entre les électrodes en cm

R = la valeur de résistance en ohms mesurée par l'instrument de test

**Remarque :** Divisez les ohm/centimètres par 100 pour les convertir en ohm/mètres. Faites attention aux unités.

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

Pour mesurer la résistivité du terrain, mettez le Fluke 1625-2 en marche et mesurez la valeur de résistance en ohms. Dans ce cas, supposons que la mesure de résistance soit de 100 ohms. Donc, dans ce cas, nous savons que :

$$A = 1 \text{ mètre et}$$

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

La résistance au sol est donc égale à :

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

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

$$\rho = 1885 \Omega/\text{m}$$

## Comment mesurer la résistivité du terrain ?

Pour tester la résistance au sol, connectez le testeur de terre comme indiqué ci-dessous.

Comme vous le voyez, quatre piquets de terre sont positionnés dans le sol en ligne droite, équidistants les uns des autres. La distance entre les piquets de terre doit être au moins trois fois supérieure à la profondeur des piquets. Ainsi, si la profondeur de chaque piquet de terre est de 30 centimètres (1 pied), vous devez veiller à ce que la distance entre les piquets soit supérieure à 91 centimètres (3 pieds). Le Fluke 1625-2 génère un courant connu entre les deux piquets de terre extérieurs et la chute de potentiel de tension est mesurée entre les deux piquets de terre intérieurs. Le testeur Fluke calcule automatiquement la résistivité du terrain en utilisant la loi d'Ohm ( $V = IR$ ).

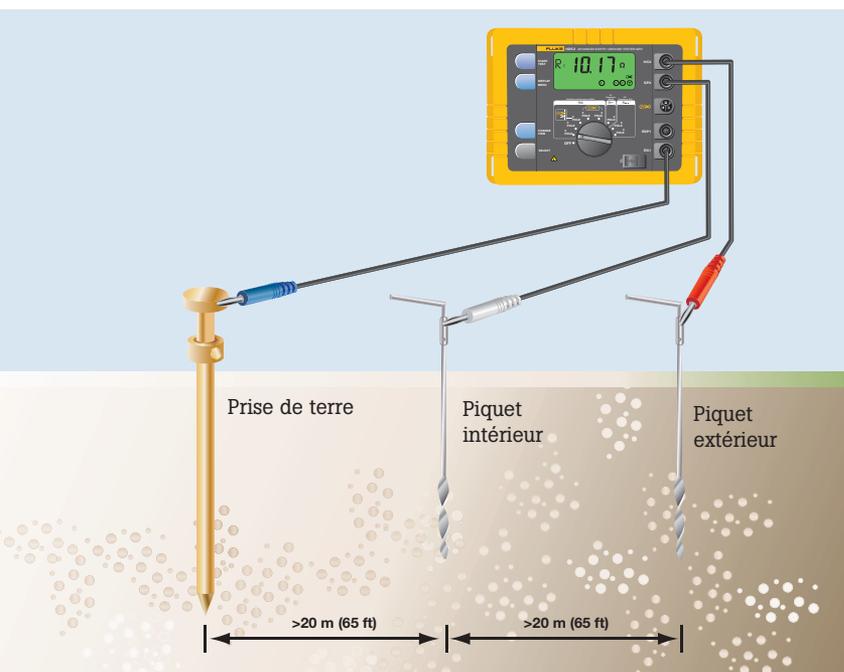
Les résultats de la mesure étant souvent déformés et invalidés par des morceaux de métal enterrés, des aquifères souterrains, etc., nous recommandons toujours de procéder à des mesures supplémentaires lorsque l'axe du piquet subit une rotation de 90°. En changeant plusieurs fois de profondeur et de distance, il est possible d'obtenir un profil qui identifie le système de résistance de terre adapté.

Les mesures de résistance au sol sont souvent corrompues par l'existence de courants à la terre et de leurs harmoniques. Pour éviter ce phénomène, le Fluke 1625-2 utilise un système de contrôle automatique des fréquences. Il sélectionne automatiquement la fréquence de test avec le plus faible niveau de bruit, de manière à vous permettre d'obtenir une lecture claire.



Installation pour le test de résistivité du terrain à l'aide du Fluke 1623-2 ou 1625-2.

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



## Mesure de la chute de potentiel

La méthode de test de chute de potentiel est utilisée pour mesurer la capacité d'un système de mise à la terre ou d'une prise individuelle pour disperser l'énergie d'un site.

### Comment le test de chute de potentiel fonctionne-t-il ?

D'abord, l'électrode de terre concernée doit être déconnectée du site. Puis le testeur est branché à la prise de terre. Ensuite, pour effectuer le test de chute de potentiel avec mesure tripolaire, deux piquets de terre doivent être placés dans le sol en ligne droite à distance de la prise de terre. En général, un espace de 20 mètres (65 pieds) est suffisant. Pour en savoir plus sur le placement des piquets, consultez la section suivante.

Un courant connu est généré par le Fluke 1625-2 entre le piquet externe (piquet de terre auxiliaire) et la prise de terre, pendant que la chute du potentiel de tension est mesurée entre le piquet de terre interne et la prise de terre. Le testeur calcule automatiquement la résistance de la prise de terre en utilisant la loi d'Ohm ( $V = IR$ ).

Connectez l'appareil de mesure de terre comme indiqué sur la figure. Appuyez sur « START » et lisez la valeur  $R_E$  (résistance). Il s'agit de la valeur réelle de la prise de terre testée. Si cette prise de terre est raccordée en parallèle ou en série avec les autres piquets de terre, la valeur  $R_E$  correspond à la valeur totale de toutes les résistances.

### Comment placer les piquets ?

Pour obtenir la meilleure précision lors de la mesure de résistance de terre tripolaire, il est primordial que la sonde soit placée en dehors de la sphère d'influence de la prise de terre testée et de la prise auxiliaire.

Si elle n'est pas placée en dehors de la sphère d'influence, les zones efficaces de la résistance se chevauchent et invalideront les mesures effectuées. Le tableau ci-dessous indique les distances à respecter pour installer correctement la sonde (piquet intérieur) et la prise de terre auxiliaire (piquet extérieur).

Pour vérifier la précision des résultats et le placement correct des piquets de terre en dehors des sphères d'influence, positionnez le piquet intérieur (sonde) à 1 mètre (3 pieds) de toute installation et effectuez une nouvelle mesure. Si vous constatez un changement significatif de la mesure (de 30 %), vous devez augmenter la distance entre le piquet de terre testé, le piquet intérieur (sonde) et le piquet extérieur (prise de terre auxiliaire) jusqu'à ce que les valeurs mesurées restent quasiment constantes lors du repositionnement du piquet intérieur (sonde).

Profondeur de la prise de terre	Distance par rapport au piquet intérieur	Distance par rapport au piquet extérieur
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

Cette méthode ressemble beaucoup à la méthode de test de chute de potentiel, car elle fournit exactement les mêmes mesures tout en étant beaucoup plus sûre et plus facile. En effet avec le test sélectif, l'électrode de terre en question n'a pas besoin d'être déconnectée du site. Le technicien n'a plus besoin de se mettre en danger en déconnectant la prise de terre, ni de mettre en danger d'autres équipements qu'ils soient personnels ou électriques dans une structure non mise à la terre.

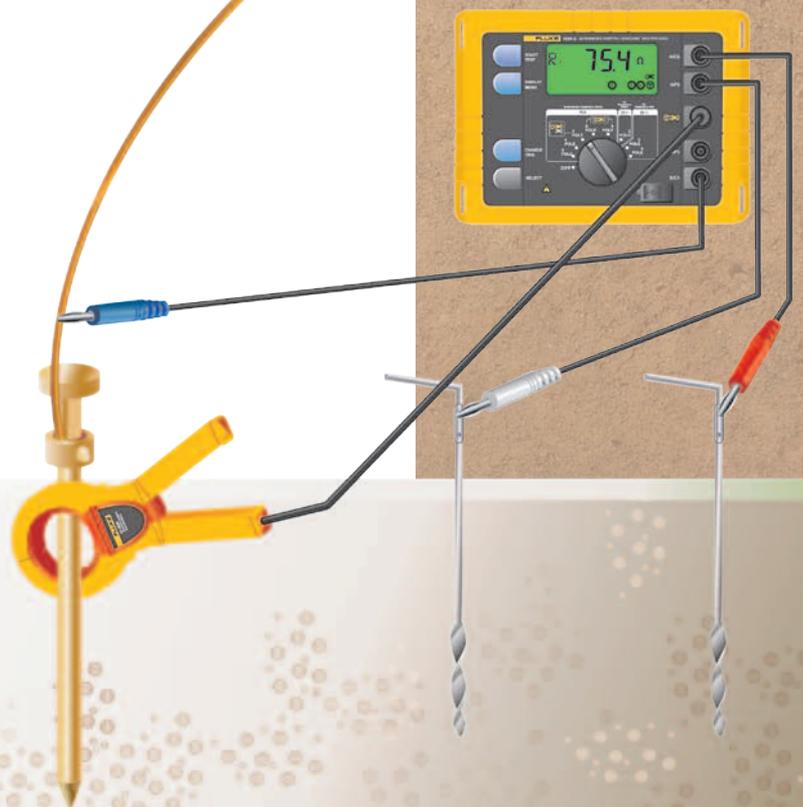
Tout comme pour le test de chute de potentiel, deux piquets de terre doivent être placés dans le sol en ligne droite et à distance de la prise de terre. En général, un espace de 20 mètres (65 pieds) est suffisant. Le testeur est alors connecté à la prise de terre en question, ce qui présente l'avantage majeur de ne pas avoir à déconnecter le branchement au site. A la place, une pince spéciale est placée autour de la prise de terre ce qui supprime les effets de résistances parallèles dans un système mis à la terre et permet que seule la prise testée soit mesurée.

Comme avant, un courant connu est généré par le Fluke 1625-2 entre le piquet externe (piquet de terre auxiliaire) et la prise de terre, pendant que la chute du potentiel de tension est mesurée entre le piquet de terre interne et la prise de terre. Seul le courant circulant dans la prise de terre testée est mesuré à l'aide de la pince. Le courant généré circulera également dans les autres résistances parallèles, mais seul le courant circulant dans la pince (c'est-à-dire le courant circulant dans la prise de terre testée) est utilisé pour calculer la résistance ( $V = IR$ ).

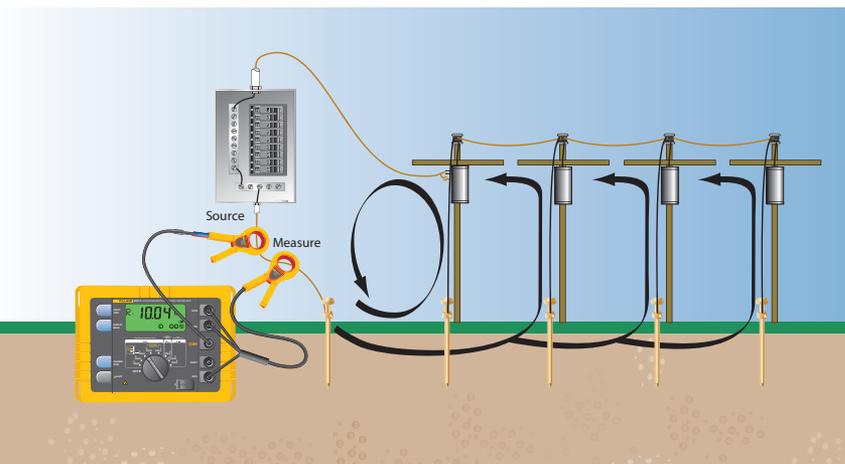
Si la résistance totale du système de mise à la terre doit être mesurée, alors chaque résistance de prise de terre doit être mesurée en plaçant la pince autour de chaque prise de terre. Ainsi, la résistance totale du système de mise à la terre peut être calculée.

Le test des résistances des prises de terre individuelles des tours de transmission haute tension avec des câbles de terre ou statiques aériens nécessite que ces câbles soient débranchés. Si une tour dispose de plusieurs mises à la terre sur ses pieds, elles doivent également être débranchées une par une, puis testées. Cependant, le Fluke 1625-2 dispose d'un accessoire en option, un transformateur de courant à pince de 320 mm (12,7 pouces) de diamètre, pouvant mesurer les résistances individuelles de chaque pied, sans avoir à débrancher les cordons de terre ou les câbles de terre/statiques aériens.

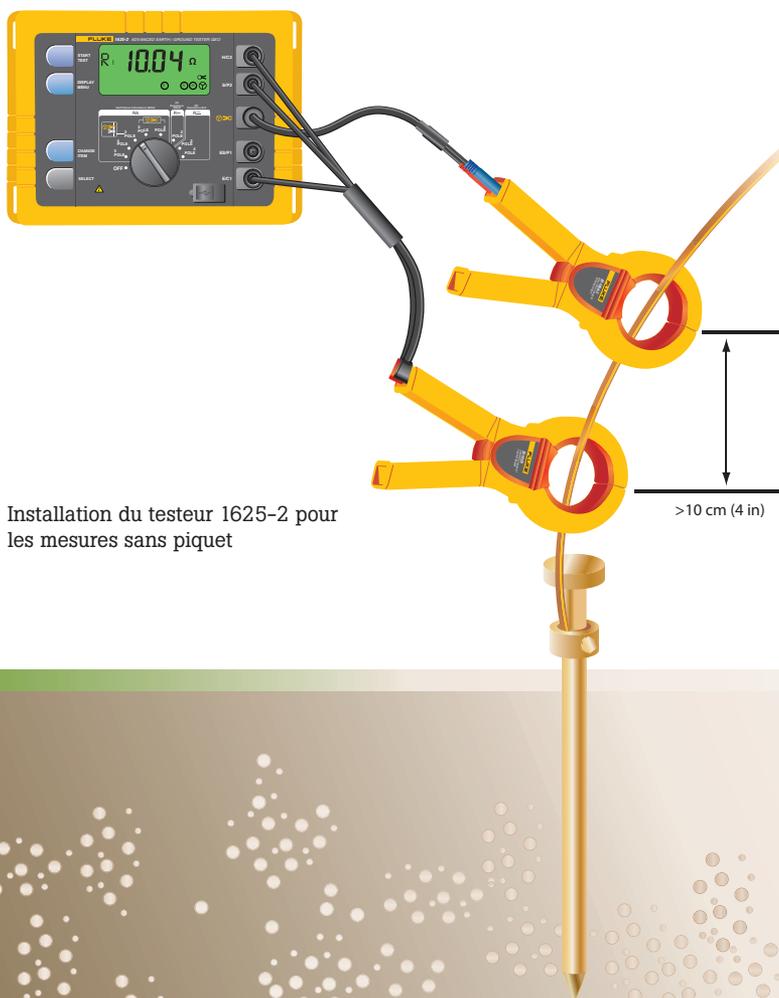
Connectez l'appareil de mesure de terre comme indiqué. Appuyez sur « START » et lisez la valeur  $R_E$ . Il s'agit de la valeur de résistance réelle de la prise de terre testée.



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



Test des chemins de courant avec la méthode sans piquet



Installation du testeur 1625-2 pour les mesures sans piquet

## Mesure sans piquet

L'appareil de mesure de terre Fluke 1625-2 permet de mesurer les résistances des boucles de terre pour les systèmes à prises de terre multiples en utilisant uniquement des pinces de courant. Cette technique de test permet d'éviter deux étapes dangereuses et fastidieuses : la déconnexion des mises à la terre parallèles et la recherche d'emplacements adaptés pour la mise en place de piquets de terre auxiliaires. Vous pouvez effectuer vos tests de mise à la terre à des endroits que vous n'imaginiez pas : dans les immeubles, sur les pylônes électriques, ainsi qu'à tous les endroits sans accès à la terre.

Avec cette méthode de test, deux pinces sont placées autour de la tige de mise à la terre ou du câble de branchement, et chacune d'elles est reliée au testeur. Les piquets de mise à la terre ne sont pas du tout utilisés. Une tension connue est induite par une pince et le courant est mesuré à l'aide de la seconde pince. Le testeur détermine automatiquement la résistance de la boucle de terre pour cette tige de terre. S'il n'y a qu'un seul chemin vers le sol, comme dans la plupart des situations résidentielles, la méthode de test sans piquet ne fournit pas de valeur acceptable et le test de chute de potentiel doit être utilisé.

Le fonctionnement du Fluke 1625-2 repose sur le principe suivant : dans les systèmes à prises de terre multiples ou parallèles, la résistance nette de l'ensemble des chemins de terre sera extrêmement faible comparée à celle d'un seul chemin (celui testé). Ainsi, la résistance nette de toutes les résistances de chemins de retour parallèles est en réalité de zéro. La mesure sans piquet mesure uniquement les résistances des piquets de terre individuels en parallèle aux systèmes de mise à la terre. Si le système de mise à la terre n'est pas parallèle, vous devrez alors avoir un circuit ouvert ou mesurer la résistance des boucles de terre.

## Mesures de l'impédance de terre

Lors du calcul de possibles courants de court-circuit dans des centrales électriques et dans d'autres situations présentant un courant ou une tension élevés, il est important de déterminer l'impédance de mise à la terre complexe étant donné que l'impédance sera constituée d'éléments capacitifs et inductifs. Etant donné que l'inductivité et la résistance sont connues dans la plupart des cas, l'impédance réelle peut être déterminée à l'aide d'un calcul complexe.

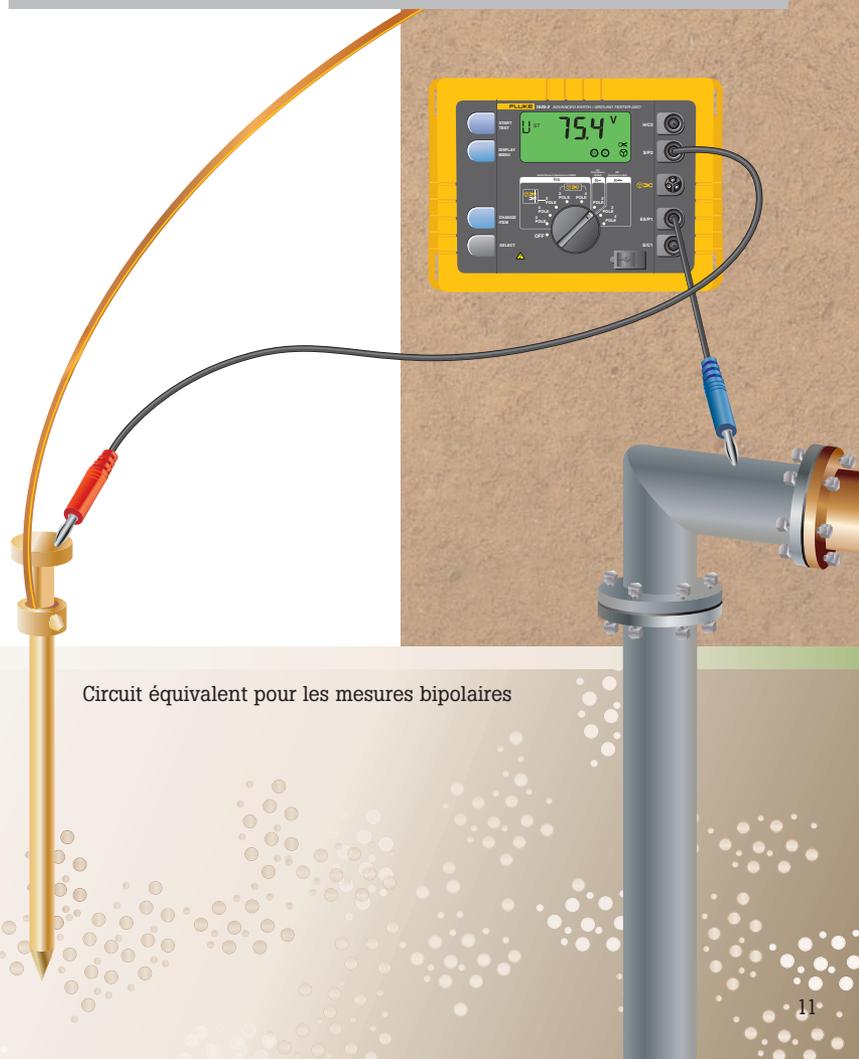
Etant donné que l'impédance est tributaire de la fréquence, le Fluke 1625-2 utilise un signal de 55 Hz pour ce calcul afin d'approcher le plus possible la fréquence de fonctionnement de la tension. Cela garantit que la valeur mesurée se rapproche de la valeur rencontrée à la fréquence réelle de fonctionnement. Grâce à cette fonctionnalité du Fluke 1625-2, des mesures directes et précises de l'impédance de terre sont possibles.

Les techniciens du secteur de l'énergie, qui testent les lignes de transmission haute tension, s'intéressent à deux choses : la résistance de terre en cas de foudre, et l'impédance de l'ensemble du système en cas de court-circuit sur un point spécifique de la ligne. Dans ce cas, un court-circuit signifie qu'un câble actif s'est détaché et touche la structure métallique d'une tour.

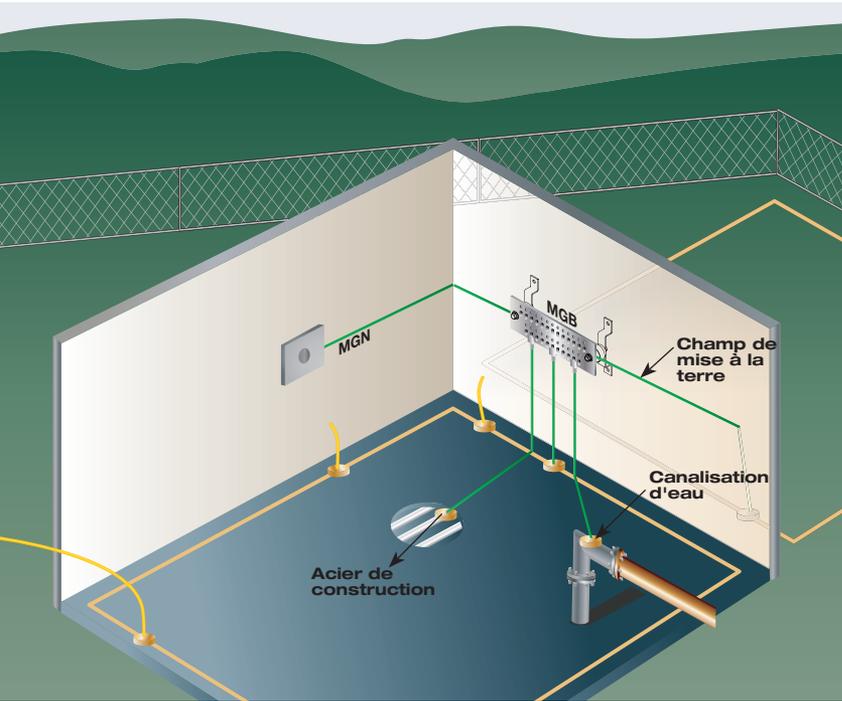
## Résistance de terre bipolaire

Lorsque l'installation de piquets de terre n'est ni pratique, ni possible, les testeurs Fluke 1623-2 et 1625-2 vous permettent d'effectuer des mesures bipolaires de résistance de terre/continuité, comme illustré ci-dessous.

Pour effectuer ce test, les techniciens doivent avoir accès à une mise à la terre sûre telle qu'une canalisation d'eau entièrement métallique. La canalisation d'eau doit être assez grande et entièrement métallique sans aucun couplage ou bride d'isolement. Contrairement à de nombreux testeurs, les appareils Fluke 1623-2 et 1625-2 effectuent le test à un courant relativement élevé (courant de court-circuit > 250 mA) ce qui garantit des résultats stables.



# Mesure de la résistance de terre



Configuration type dans une centrale téléphonique

## Dans les centrales téléphoniques

Trois mesures différentes sont requises lors d'un audit de mise à la terre d'une centrale téléphonique.

Avant de procéder au test, localisez la barre principale de mise à la terre au sein de la centrale téléphonique de manière à déterminer le type de système de mise à la terre. Comme indiqué sur cette page, la barre principale de mise à la terre dispose de fils de terre raccordés :

- à un service entrant ou neutre à prises de terre multiples,
- à un champ de mise à la terre,
- à une canalisation d'eau et
- à de l'acier structurel ou de construction.

Pour commencer, procédez au test sans

piquet sur les différentes prises de terre qui proviennent de la barre principale de mise à la terre. L'objectif est de veiller à ce que toutes les prises de terre sont raccordées, surtout le neutre à prises de terre multiples. Il est important de noter que vous ne mesurez pas la résistance individuelle mais plutôt la résistance de ligne de l'objet sur lequel se trouvent les pincettes. Comme indiqué sur la figure 1, raccordez le Fluke 1625-2 ou 1623-2 et les pincettes d'induction et de détection, placées autour de chaque branchement, pour mesurer la résistance de ligne du neutre à prises de terre multiples, du champ de mise à la terre, de la canalisation d'eau et de l'acier de construction.

Procédez ensuite à un test de chute de potentiel avec mesure tripolaire, en vous raccordant à la barre principale de mise à la terre comme indiqué sur la figure 2. Pour accéder à des prises de terre éloignées, de nombreuses compagnies téléphoniques utilisent des paires de câbles neuves sur une distance d'un mile maximum. Enregistrez la mesure et répétez le test au moins une fois par an.

Mesurez ensuite les résistances individuelles du système de mise à la terre en utilisant la mesure sélective du Fluke 1625-2 ou 1623-2. Connectez le testeur Fluke comme indiqué sur la figure 3. Mesurez la résistance du neutre à prises de terre multiples, la valeur correspond à la résistance de ce pied de la barre principale de mise à la terre. Mesurez ensuite le champ de mise à la terre. Le relevé correspond à la valeur de résistance du champ de mise à la terre de la centrale téléphonique. Passez ensuite à la canalisation d'eau, puis répétez la procédure pour la résistance de l'acier de construction. Vous pouvez facilement vérifier la précision des mesures à l'aide de la loi d'Ohm. La résistance de chaque pied doit être équivalente à la résistance totale du système (prévoyez suffisamment de marge d'erreur, il est possible que tous les éléments de mise à la terre n'aient pas été mesurés).

Ces méthodes de test permettent d'obtenir la mesure la plus précise pour une centrale téléphonique, elles vous indiquent en effet les résistances individuelles et leur comportement dans un système de mise à la terre. Les mesures, bien que précises, ne vous indiquent pas comment le système se comporte en tant que réseau. En effet, en cas de foudre ou de courant de défaut, par exemple, tout est raccordé.

**Pour déterminer ce point, vous devez procéder à quelques tests supplémentaires sur les résistances individuelles.**

Commencez par procéder au test de chute de potentiel avec mesure tripolaire sur chaque pied de la barre principale de mise à la terre et enregistrez chaque mesure. Ces mesures doivent être égales à la résistance totale du système (utilisez la loi d'Ohm). Les calculs indiquent que la valeur est de 20 à 30 % inférieure à la valeur  $R_E$  totale.

Pour terminer, mesurez les résistances des différents pieds de la barre principale de mise à la terre à l'aide de la méthode sans piquet sélective. Elle fonctionne comme la méthode sans piquet, mais nous utilisons les deux piquets distincts différemment. Nous plaçons la pince d'induction autour du câble qui mène à la barre principale de mise à la terre. La barre principale de mise à la terre étant raccordée à l'alimentation entrante, parallèle au système de mise à la terre, nous respectons cette exigence. Prenez la pince de détection et placez-la autour du câble de terre qui mène au champ de mise à la terre. Lorsque nous mesurons la résistance, il s'agit de la résistance du champ de mise à la terre et du chemin parallèle de la barre principale de mise à la terre. La valeur en Ohms étant très faible, l'effet sur le relevé mesuré doit être nul. Ce processus peut être répété pour les autres pieds de la barre de mise à la terre (canalisation d'eau et acier structurel).

Pour mesurer la barre principale de mise sous tension via la méthode sans piquet sélective, placez la pince d'induction autour de la ligne en direction de la canalisation d'eau (étant donné que la canalisation d'eau en cuivre doit présenter une très faible résistance). Le relevé correspond à la résistance de la barre principale de mise à la terre seule.



Figure 1 : Test sans piquet pour une centrale téléphonique

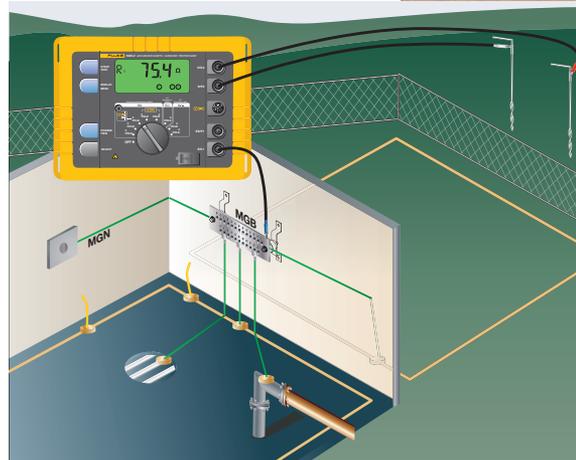


Figure 2 : Effectuez le test de chute de potentiel tripolaire de l'ensemble du système de mise à la terre.

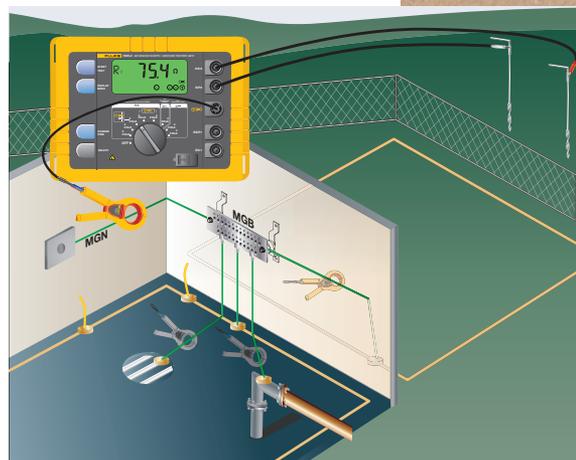
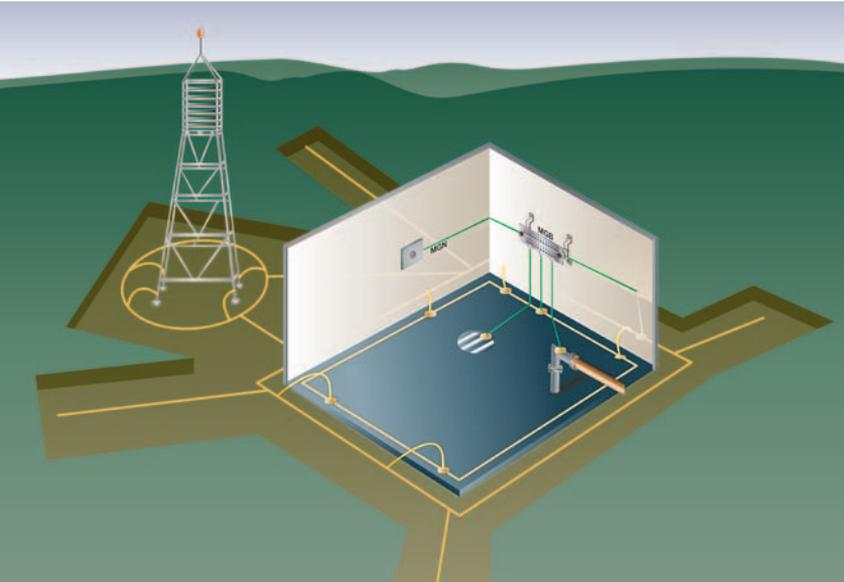


Figure 3 : Mesurez les résistances individuelles du système de mise à la terre à l'aide de la méthode sélective.

# Autres applications de résistance de terre



Configuration type dans une installation de tours de téléphonie cellulaire

## Sites d'application

Il existe quatre applications spécifiques dans lesquelles vous pouvez utiliser le Fluke 1625-2 pour mesurer la capacité du système de mise à la terre.

### Sites cellulaires/tours radio et hertziennes

La plupart des sites disposent d'une tour à 4 pieds, dont chacun est mis à la terre séparément. Les prises de terre sont ensuite raccordées avec un câble en cuivre. Le bâtiment du site cellulaire, qui abrite tout l'équipement de transmission, se trouve à côté de la tour. Le bâtiment dispose d'une prise de terre halo et d'une barre principale de mise à la terre, raccordées l'une à l'autre. Le bâtiment du site cellulaire est mis à la terre aux quatre coins, raccordés à la barre principale de mise à la terre via un câble en cuivre. Les quatre coins sont également connectés via un câble en cuivre. L'anneau de mise à la terre du bâtiment et l'anneau de mise à la terre de la tour sont également connectés.

## Centrales électriques

Il s'agit d'une centrale basée sur un système de transmission et de distribution où la tension est normalement réduite. Une centrale électrique contient normalement des structures de terminaison de ligne, des appareils de commutation haute tension, un ou plusieurs transformateurs, des appareils de commutation basse tension, des dispositifs de protection contre la surintensité, des commandes et des outils de mesure.

## Sites de commutation à distance

Il s'agit de sites où fonctionnent des concentrateurs de lignes numériques et d'autres équipements de télécommunications. Le site distant est généralement mis à la terre des deux côtés de l'armoire. Nous avons une série de piquets de terre autour de l'armoire, reliés par un fil en cuivre.

## Protection contre la foudre des sites commerciaux/industriels

La plupart des systèmes de protection contre les courants de défaut sont mis à la terre aux quatre coins du bâtiment et raccordés via un câble en cuivre. Le nombre de piquets de terre varie en fonction de la taille du bâtiment et de la valeur de résistance visée.

## Tests recommandés

Les utilisateurs finaux doivent effectuer les trois mêmes tests sur chaque site d'application : mesure sans piquet, mesure de la chute de potentiel tripolaire et mesure sélective.

### Mesure sans piquet

Procédez d'abord à une mesure sans piquet sur :

- Les pieds de la tour et les quatre coins du bâtiment (**tours/sites cellulaires**)
- Toutes les connexions de mise à la terre (**centrales électriques**)
- Les lignes qui mènent au site distant (**commutation à distance**)
- Les piquets de terre du bâtiment (**protection contre la foudre**)

En raison de la prise de terre du réseau, il n'existe pas de véritable mesure de la résistance de terre pour les applications. Il s'agit essentiellement d'un test de continuité qui permet de vérifier que le site est mis à la terre, que nous disposons d'une connexion électrique et que le système laisse passer le courant.

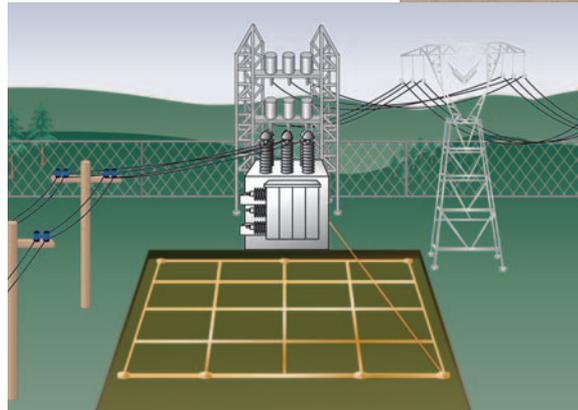
### Mesure de la chute de potentiel tripolaire

Nous mesurons ensuite la résistance du système via la méthode de la chute de potentiel tripolaire. Gardez en tête les règles de mise en place des piquets. Cette mesure doit être enregistrée et être réalisée au moins deux fois par an. Cette mesure correspond à la valeur de résistance du site.

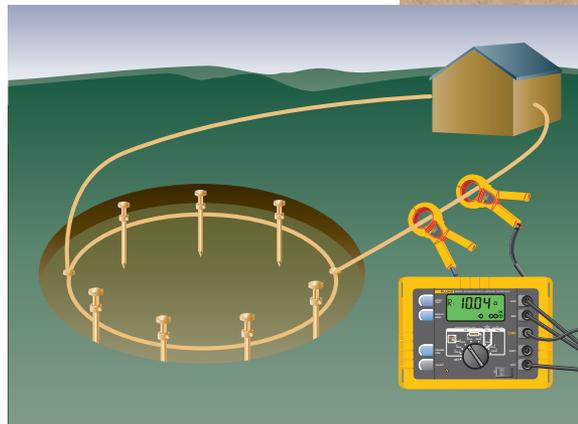
### Mesure sélective

Pour terminer, nous mesurons chaque prise de terre avec le test sélectif. Cela permet de vérifier l'intégrité des prises de terre et de leurs connexions et de déterminer si le potentiel de mise à la terre est bien uniforme. Si une mesure présente un plus haut niveau de variabilité que les autres, la raison doit être déterminée. Les résistances doivent être mesurées aux points suivants :

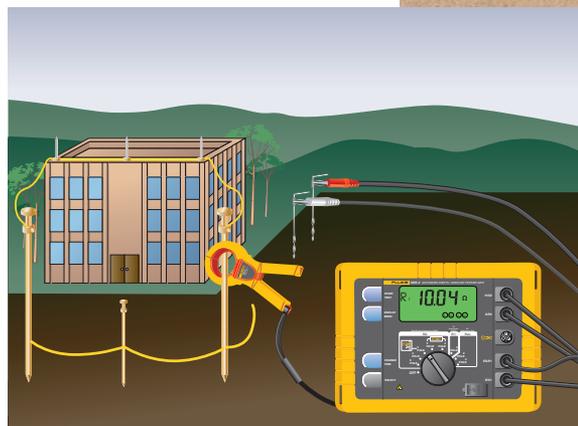
- Chaque pied de la tour et les quatre coins du bâtiment (tours/sites cellulaires)
- Piquets de terre et leurs connexions (centrales électriques)
- Les deux extrémités du site distant (commutation à distance)
- Les quatre coins du bâtiment (protection contre la foudre)



Configuration type dans une centrale électrique



Test sans piquet sur un site de commutation à distance



Test de mesure sélective sur un système de protection contre la foudre

# Testeurs de mise à la terre



Fluke 1625-2 : testeur de terre GEO avancé

Fluke 1623-2 : testeur de terre GEO de base

## Le testeur le plus complet

Les Fluke 1623-2 et 1625-2 sont des testeurs de terre capables d'effectuer les quatre types de mesure de résistance de terre :

- Mesure de chute du potentiel tripolaire et quadripolaire (avec des piquets)
- Mesure de résistivité des terrains quadripolaire (avec des piquets)
- Mesure sélective (avec une pince et des piquets)
- Mesure sans piquet (avec seulement deux pinces)

Le kit complet pour ces modèles comprend le testeur Fluke 1623-2 ou 1625-2, un jeu de deux cordons, 4 piquets de terre, 3 bobines de câble avec fil, 2 pinces, des piles et le mode d'emploi, le tout dans une mallette de transport renforcée Fluke.

## Fonctionnalités avancées du Fluke 1625-2

Les fonctionnalités avancées du Fluke 1625-2 sont les suivantes :

- **Commande automatique de fréquence (AFC)** : identifie les interférences existantes et sélectionne une fréquence de mesure permettant de les réduire, ce qui fournit des valeurs de terre plus précises.
- **Mesure R\*** : calcule l'impédance de terre avec 55 Hz afin d'indiquer de manière plus précise la résistance de terre que rencontrerait un courant de défaut à la terre.
- **Limites réglables** : pour des tests plus rapides.

## Accessoires en option

Transformateur-pince 320 mm (12,7 pouces), pour le test de mesure sélective effectué sur chaque pied de la tour.

## Comparatif des testeurs de terre

Produit	Chute de potentiel		Sélective	Sans piquet	Méthode avec mesure bipolaire
	Tripolaire	Quadripolaire/Sol			
Fluke 1621			1 pince	2 pinces	Bipolaire
Fluke 1623-2					
Fluke 1625-2					
Fluke 1630					



Kit complet



Kit Fluke 1630

**Fluke.** Les outils les plus fiables au monde.

**Fluke France S.A.S.**  
 Parc des Nations - Allée du Ponant Bat T3  
 95956 ROISSY CDG CEDEX  
 Téléphone: (01) 48 17 37 37  
 Télécopie: (01) 48 17 37 30  
 E-mail: info@fr.fluke.nl  
 Web: www.fluke.fr

**Fluke Belgium N.V.**  
 Kortrijksesteenweg 1095  
 B9051 Gent  
 Belgium  
 Tel: +32 2402 2100  
 Fax: +32 2402 2101  
 E-mail: info@fluke.be  
 Web: www.fluke.be

**Fluke (Switzerland) GmbH**  
 Industrial Division  
 Hardstrasse 20  
 CH-8303 Bassersdorf  
 Tel: 044 580 75 00  
 Fax: 044 580 75 01  
 E-mail: info@ch.fluke.nl  
 Web: www.fluke.ch

©2013 Fluke Corporation.  
 Tous droits réservés. Informations modifiables sans préavis.  
 11/2013 Pub\_ID: 12091-fr

La modification de ce document est interdite sans l'autorisation écrite de Fluke Corporation.

Distribué par:



**testoon** .COM

Le site internet de la mesure

99, rue Béranger 92320 Chatillon  
 Tel : 01 71 16 17 00; Fax : 01 71 16 17 03  
[www.testoon.com](http://www.testoon.com)