

REALISATION D'UNE PRISE DE TERRE

Pour installer la prise de terre du nouveau poste on procède de la manière suivante :

1. on mesure la résistivité du terrain dans lequel sera implantée la prise de terre, l'objectif étant de trouver l'endroit de plus faible résistivité, d'une part, et le plus homogène possible, d'autre part ;
2. on choisit la forme à donner à la nouvelle prise de terre en fonction de la résistivité mesurée et de la valeur de la résistance à obtenir ;
3. après installation de la prise de terre, on mesure la valeur de sa résistance ;
4. éventuellement, lorsque 2 prises de terre ont été installées à proximité l'une de l'autre on contrôle leur éventuel couplage.

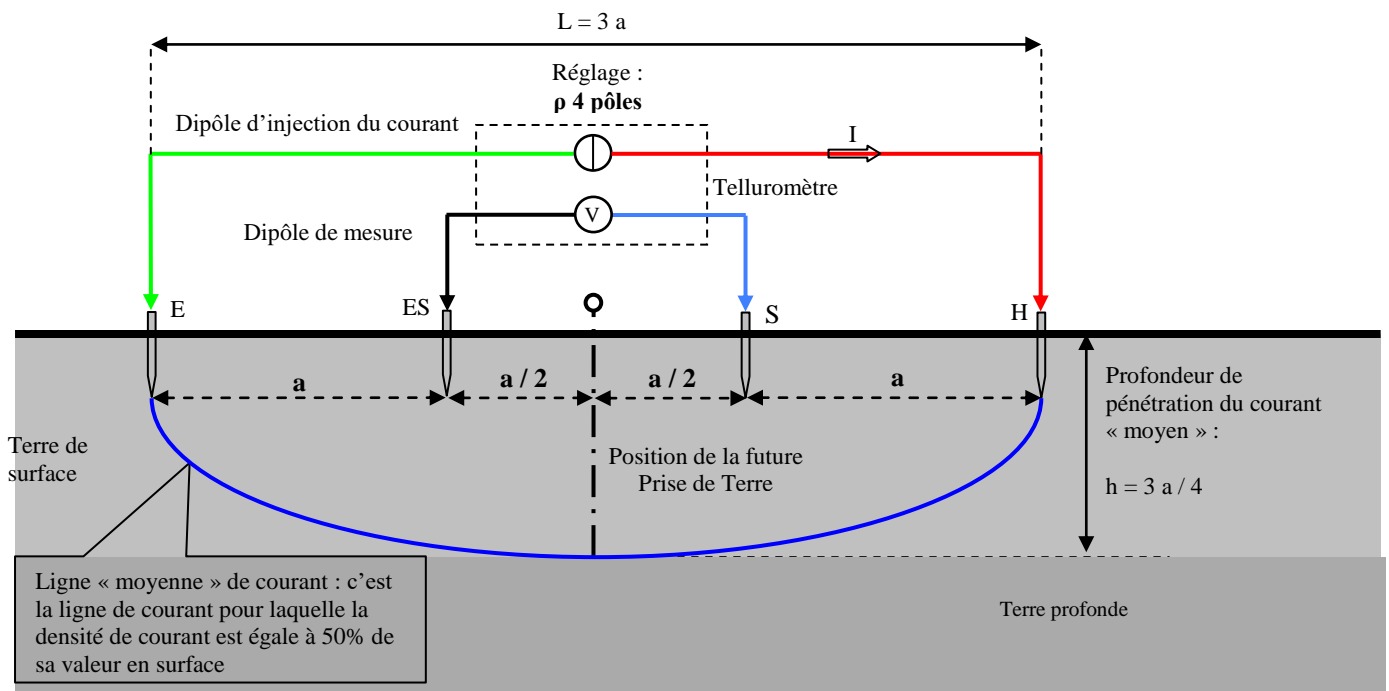
Vérification dans le cas d'un contrôle périodique :

1. en premier lieu on vérifie la valeur de la résistance de la prise contrôlée ;
2. dans le cas où la valeur trouvée n'est pas conforme aux valeurs préconisées, on mesure la résistivité du terrain au niveau de la prise de terre « hors norme » ;
3. on améliore la valeur de la prise de terre « hors norme » par adjonction d'électrolyte spécifique dans le terrain autour de celle-ci.

Pour effectuer l'ensemble de ces mesures on utilise un appareil de mesure appelé **Telluromètre** (autres noms : contrôleur ou mesureur de terre, ohmmètre à quatre fils).

Mesure de la Résistivité des sols :

Schéma de principe :



Pour avoir une idée précise de la nature du sous-sol à l'endroit où sera implantée la future prise de terre on effectue plusieurs séries de mesures en faisant varier la valeur a (1m, 2m, 4m, 8m et 16m) ce qui permet d'obtenir plusieurs niveaux de profondeurs h ($3a/4$) et donc de connaître la résistivité du sous-sol pour une profondeur donnée ; on répète cette série de mesures dans plusieurs directions en faisant tourner le montage autour du point central représenté par la position de la future prise de terre.

Dans la pratique courante, lorsque la nature du terrain est connue, on effectue une mesure à une profondeur h et une direction données (en principe on utilise une valeur de a qui permet d'atteindre la limite supérieure de la terre profonde (2m en BT et 3m en HTA - valeur de a utilisée par EDF : 4m) et on effectue une autre mesure pour la même distance a mais dans une direction perpendiculaire à la première (méthode utilisée par EDF – cf. le mode opératoire ci-dessous).

Mode opératoire :

1. Placer sur le terrain, 4 piquets alignés et espacés de la distance a (en principe $a = 4\text{m}$, ce qui permet d'atteindre la profondeur $h = 3\text{m}$, limite supérieure de la terre profonde en HTA) ;
2. Câbler et configurer le telluromètre en mode **ρ 4 pôles** et mesurer R_1 ;
3. Déplacer les piquets sur un axe perpendiculaire en gardant comme point central la position de la future prise de terre et mesurer R_2 ;
4. Calculer :
 - la moyenne $R = (R_1 + R_2) / 2$ (Si $R_1 \approx R_2$; dans le cas où les valeurs R_1 et R_2 sont nettement différentes on choisirait un autre emplacement d'implantation de la prise de terre) ;
 - La résistivité apparente $\rho = 2 \pi a R$.

En pratique et dans notre cas :

Valeur de $R_1 = 2.93 \Omega$

Valeur de $R_2 = 3.03 \Omega$

Soit une valeur moyenne R de : $(R_1 + R_2) / 2 = (2.93 + 3.03)/2 = 2.98 \Omega$ soit **$R = 3 \Omega$**

Ce qui donne une valeur de résistivité de $\rho = 2\pi R a = 2\pi \times 3 \times 4 = \mathbf{75.36 \Omega m}$

Selon la norme, la valeur maximale de la résistance de terre d'un poste HTA / BT ne doit pas excéder 30Ω . D'après le tableau mikado, pour une résistivité du sol de $75 \Omega m$ (nous prendrons la valeur immédiatement supérieure soit $100 \Omega m$) et pour une valeur maximale de résistance de 30Ω , nous avons comme choix de réalisation :

- Une boucle à fond de fouille de longueur 10m (valeur attendue de 16Ω)
- Un piquet de longueur 6m (valeur attendue de 20Ω)

Notre choix se portera sur un piquet

Mesure de la Résistance d'une prise de terre :

2 méthodes de mesure possibles :

- la méthode de mesure en ligne dite des **62 %**
- la méthode de mesure en triangle

La méthode de mesure en ligne dite des 62 % :

La mesure de la résistance d'une prise de terre nécessite l'emploi de 2 électrodes auxiliaires (injection de courant (H) et référence de potentiel 0 volt (S)).

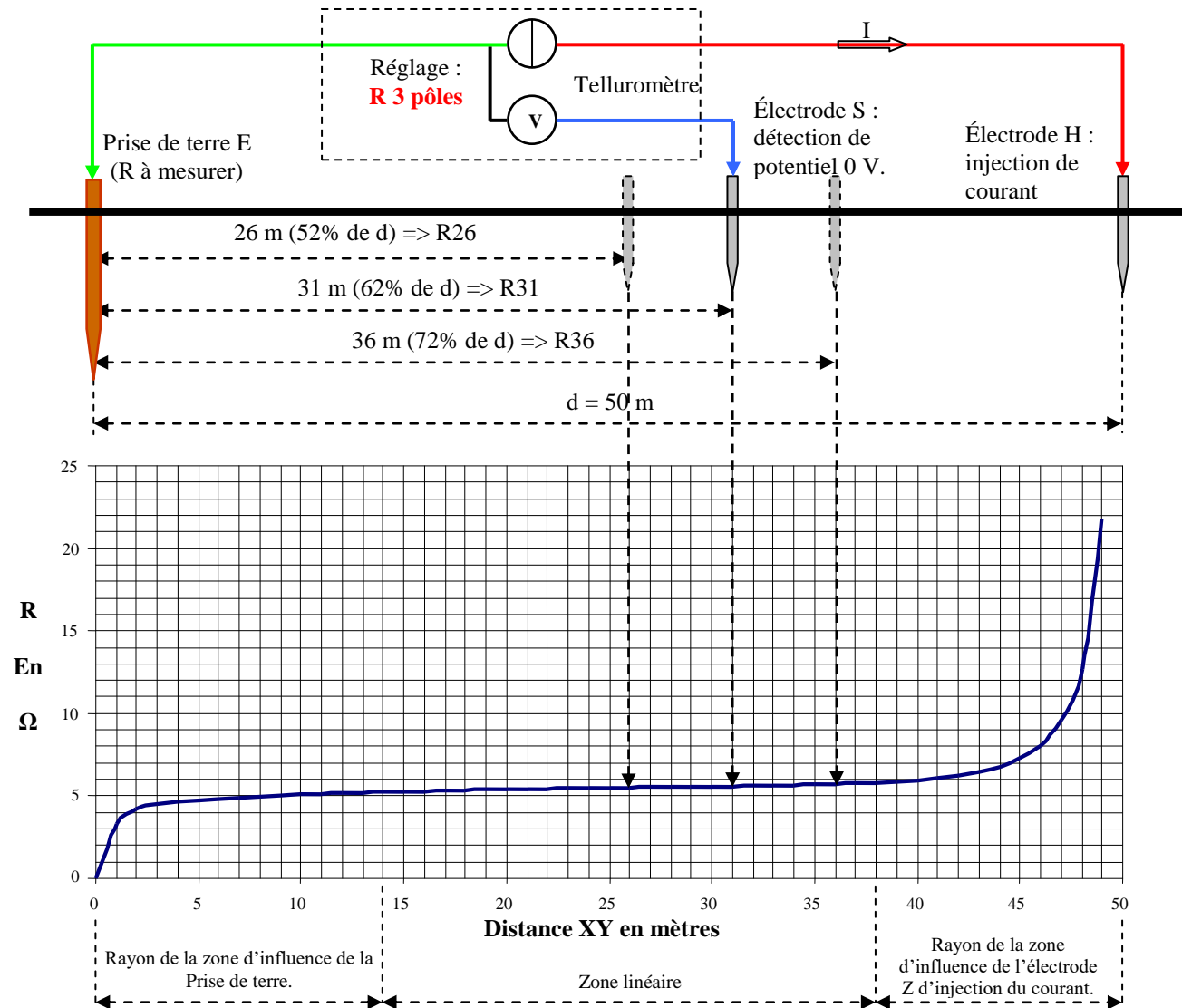
La position des 2 électrodes auxiliaires par rapport à la prise de terre E, à mesurer, est déterminante pour effectuer une bonne mesure de façon à sortir des zones d'influences des terres, l'objectif étant d'éviter le couplage entre la prise de terre à mesurer, l'électrode de référence 0 V (S) et l'électrode d'injection du courant (H).

On place donc l'électrode H à une distance suffisamment grande pour que les zones d'influence de la prise de terre à mesurer, de l'électrode S et de l'électrode H ne s'interpénètrent pas.

On place l'électrode S dans l'alignement des 2 autres électrodes à une distance égale à 62 % de la distance EH ; on montre que cette position de l'électrode S donne une valeur plus exacte de la résistance de la prise de terre que celle donnée en plaçant S au milieu de la distance EH ; d'où le nom de la méthode.

| Distance d (EH en m) | Valeur R mesurée (en Ω) | $\Delta R / \Delta d$ | Remarques |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------|
| 0 | 0,00 | 0,00 | |
| 1 | 3,30 | 3,30 | |
| 2 | 4,20 | 0,90 | |
| 3 | 4,50 | 0,30 | |
| 4 | 4,62 | 0,12 | |
| 5 | 4,72 | 0,10 | |
| 6 | 4,82 | 0,10 | |
| 7 | 4,90 | 0,08 | |
| 8 | 4,96 | 0,06 | |
| 9 | 5,03 | 0,07 | |
| 10 | 5,07 | 0,04 | |
| 11 | 5,12 | 0,05 | |
| 12 | 5,16 | 0,04 | |
| 13 | 5,21 | 0,05 | |
| 14 | 5,23 | 0,02 | |
| 15 | 5,26 | 0,03 | |
| 16 | 5,29 | 0,03 | |
| 17 | 5,32 | 0,03 | |
| 18 | 5,34 | 0,02 | |
| 19 | 5,37 | 0,03 | |
| 20 | 5,39 | 0,02 | |
| 21 | 5,41 | 0,02 | |
| 22 | 5,43 | 0,02 | |
| 23 | 5,46 | 0,03 | |
| 24 | 5,47 | 0,01 | |
| 25 | 5,49 | 0,02 | |
| 26 | 5,50 | 0,01 | |
| 27 | 5,52 | 0,02 | |
| 28 | 5,54 | 0,02 | |
| 29 | 5,55 | 0,01 | |
| 30 | 5,57 | 0,02 | |
| 31 | 5,58 | 0,01 | |
| 32 | 5,61 | 0,03 | |
| 33 | 5,63 | 0,02 | |
| 34 | 5,65 | 0,02 | |
| 35 | 5,69 | 0,04 | |
| 36 | 5,72 | 0,03 | |
| 37 | 5,75 | 0,03 | |
| 38 | 5,80 | 0,05 | |
| 39 | 5,87 | 0,07 | |
| 40 | 5,94 | 0,07 | |
| 41 | 6,06 | 0,12 | |
| 42 | 6,22 | 0,16 | |
| 43 | 6,43 | 0,21 | |
| 44 | 6,76 | 0,33 | |
| 45 | 7,26 | 0,50 | |
| 46 | 8,06 | 0,80 | |
| 47 | 9,60 | 1,54 | |
| 48 | 12,70 | 3,10 | |
| 49 | 21,80 | 9,10 | |
| 50 | 235,00 | 213,20 | |

3.2 Mesure de la valeur de la résistance d'une prise de terre : méthode dite des 62%



- Le tableau de mesures ci-contre et le graphe ci-dessus ont été établis à partir des mesures faites sur le site du CERGE. Ces mesures correspondent à la prise de terre Rt3 (piquet de 5 m en acier cuivré) dont la valeur, à cette date, était 5,58 Ω .
- **Mode opératoire :** 1) câbler le telluromètre comme indiquer sur le schéma ci-dessus ; 2) mesurer la valeur de R à 31 m (R31 = référence) ; 3) mesurer R à 26 m (R26) ; 4) mesurer R à 36 m (R36) ; 5) vérifier que $(R26 + R36) / 2 \approx R31$;

En pratique et dans notre cas :

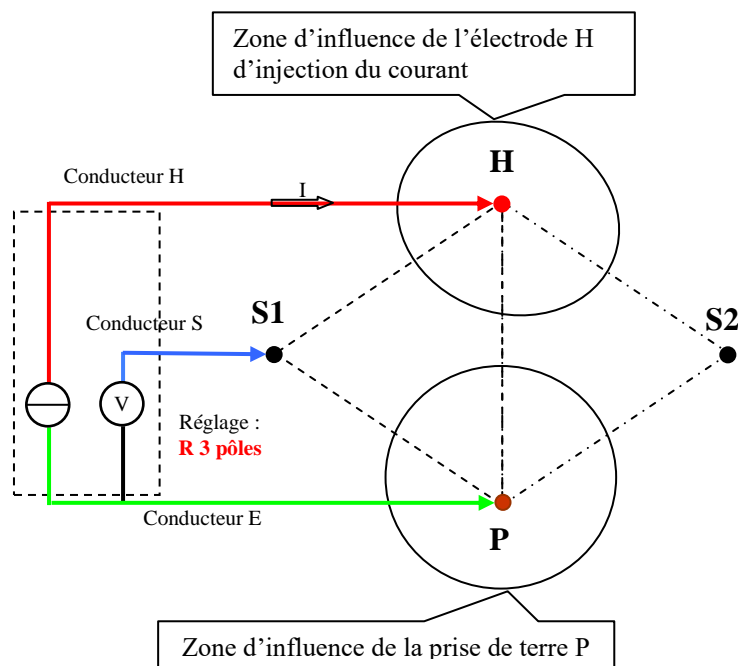
Une mesure réalisée sur un piquet en acier inoxydable de longueur 5m a donné pour valeur $R = 13,7 \Omega$ (mesure quasiment identique en 2004 et 2017).

Une mesure réalisée sur un piquet en acier cuivré de longueur 5m a donné pour valeur $R = 5,58 \Omega$ (mesure réalisée en 2004). La même mesure réalisée en 2017 a donné pour valeur $20,5 \Omega$.

Cette augmentation de valeur est due à l'oxydation du piquet dans le sol.

La méthode de mesure en triangle :

Cette méthode n'est donnée qu'à titre informatif. Elle est utilisée en basse tension uniquement.



Lorsqu'il est impossible de mettre en œuvre la méthode des 62 % on utilise la méthode de mesure en triangle.

La prise de terre P, l'électrode de mesure S et l'électrode d'injection H forme, si possible, un triangle équilatéral.

1. On configure le telluromètre en mode R 3 pôles et on le câble suivant le schéma ci-contre ;
2. On effectue une 1^{ère} mesure en plaçant l'électrode de mesure S, en S1 => on a Rs1 ;
3. On effectue une 2^{ème} mesure en plaçant l'électrode de mesure S, en S2 => on a Rs2 ;
4. On compare Rs1 et Rs2 : si les valeurs trouvées sont voisines à quelques % près, la mesure est considérée comme correcte.

Dans le cas contraire il faut éloigner le plus possible l'électrode d'injection H de la prise de

terre P et par conséquent les positions S1 et S2 de l'électrode de mesure S (objectif : éviter que les zones d'influence de P et de H ne s'interpénètrent) ;

Cette méthode fournit des résultats incertains, même en cas de valeurs Rs1 et Rs2 voisines, car la prise de terre P et l'électrode d'injection H peuvent être couplées.

Mesure du coefficient de couplage :

Schéma de principe :

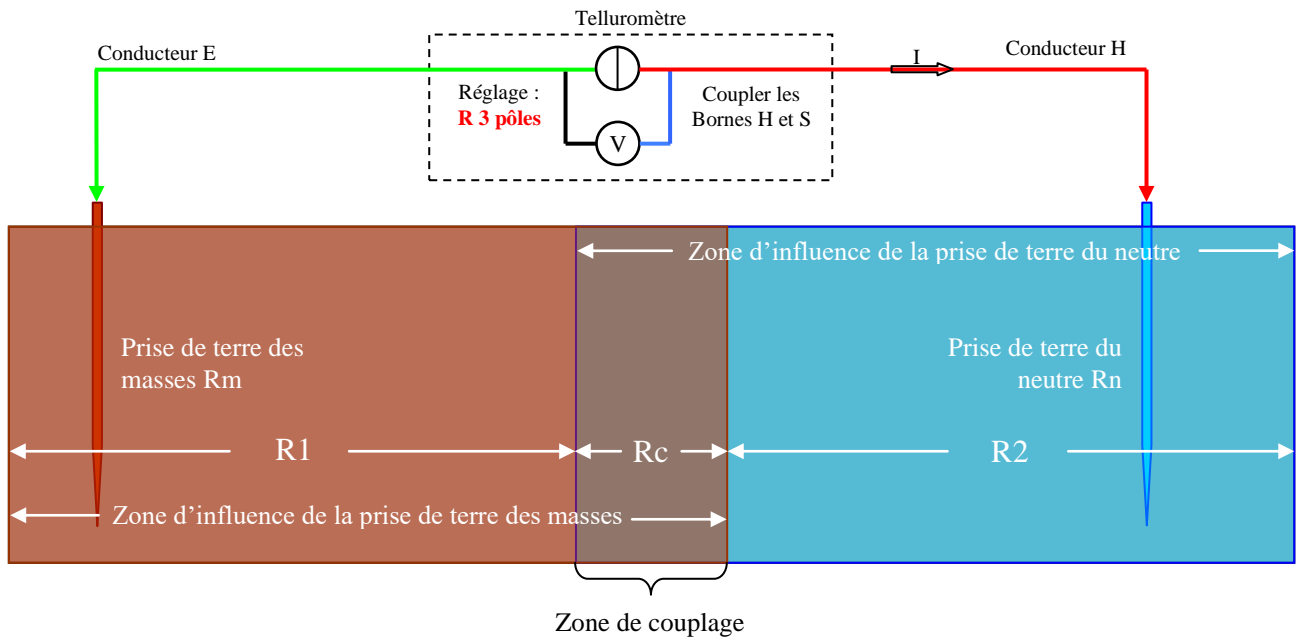
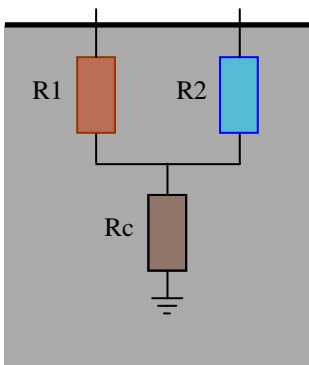


Schéma équivalent :

2 prises de terre sont couplées lorsque leurs zones d'influence s'interpénètrent ; le mode de fonctionnement de ces 2 prises de terre couplées correspond au schéma équivalent ci-contre.



- la résistance de la prise de terre des masses HTA a pour valeur :
 $R_m = R_1 + R_c$
- la résistance de la prise de terre du neutre BT a pour valeur :
 $R_n = R_2 + R_c$
- La valeur de la résistance entre les 2 prises de terre est $R_{mn} = R_1 + R_2$

Calcul de la valeur de R_c représentant la résistance de la zone de couplage :

- $R_c = (R_m + R_n - R_{mn}) / 2$

Calcul du coefficient de couplage:

- $c = R_c / R_m$
- les 2 prises de terre sont considérées comme non couplées si $c < 0,15$

Cas particulier : Prise de terre du neutre confondue avec prise de terre des masses :

- $R_c = R_m = R_n$, $R_1 = R_2 = 0$ et $c = 1$ (Cette configuration n'est autorisée que si $R_m \leq 1 \Omega$)

Mode opératoire :

1. Configurer le telluromètre en mode R 3 pôles et mesurer, par la méthode des 62 %, la prise de terre des masses R_m et la prise de terre du neutre R_n .
2. Câbler et configurer le telluromètre comme indiqué sur le schéma ci-dessus : mesurer la valeur R_{mn} de la résistance entre les 2 prises de terre ;
3. Effectuer les calculs suivants :
 - Résistance de couplage : $R_c = (R_m + R_n - R_{mn}) / 2$;
 - Coefficient de couplage : $c = R_c / R_m \Rightarrow$ nota : les prises de terre ne sont pas couplées si $c < 0,15$.

En pratique et dans notre cas :

Exemple1 :

La mesure sera réalisée entre le piquet en acier inoxydable (R_m) et le piquet en acier cuivré (R_n).

On considérera le piquet en acier inoxydable comme étant la terre des masses HTA et le piquet en acier cuivré comme étant la terre du neutre BT.

Nous prendrons les valeurs relevées en 2017 pour effectuer les calculs

$$R_m = 13,7 \Omega$$

$$R_n = 20,5 \Omega$$

La valeur relevée entre les deux piquets est $R_{mn} = 33.2 \Omega$

$$\text{Si l'on calcule } R_c = (R_m + R_n - R_{mn}) / 2 = (13.7 + 20.5 - 33.2) / 2 = 0,5 \quad R_c = 0,5 \Omega$$

Le coefficient de couplage à donc pour valeur $c = R_c / R_m = 0,5 / 13.7 = 0,036$

Ce coefficient est inférieur à 0.15, les piquets ne sont donc pas couplés.

Exemple2 :

La mesure sera réalisée entre le piquet en acier inoxydable (R_m) et un piquet en acier galvanisé (R_n).

On considérera le piquet en acier inoxydable comme étant la terre des masses HTA et le piquet en acier galvanisé comme étant la terre du neutre BT.

Nous prendrons les valeurs relevées en 2017 pour effectuer les calculs.

$$R_m = 13,7 \Omega$$

$$R_n = 34 \Omega$$


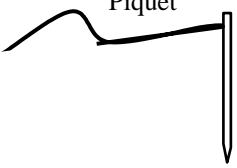

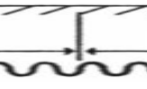

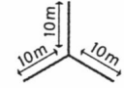
La valeur relevée entre les deux piquets est $R_{mn} = 42.2 \Omega$


$$\text{Si l'on calcule } R_c = (R_m + R_n - R_{mn}) / 2 = (13.7 + 34 - 42.2) / 2 = 2,75 \quad R_c = 2,75 \Omega$$


Le coefficient de couplage à donc pour valeur $c = R_c / R_m = 2.75 / 13.7 = 0.2$

Ce coefficient est supérieur à 0.15, les piquets sont donc couplés. En cas de défaut coté HTA une remontée de potentiel dangereuse aura lieu sur le piquet de terre du neutre avec pour conséquence d'endommager les appareils électriques qui sont branchés.

VALEUR DE LA RESISTANCE DES PRISES DE TERRE

| Résistivité apparente ρ en $\Omega.m$ | Boucle à fond de fouille | | Piquet | | Serpentins | | | Étoile |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |  | | |
| | Poteau périphère $p = 2 m$ | Poste périphère $p = 10 m$ | Longueur $L = 3 m$ | Longueur $L = 6 m$ | 1 tranchée de $x = 3 m$ 1 conducteur de $10 m$ | 2 tranchées de $x = 3 m$ 2 conducteurs de $10 m$ | 2 tranchées de $x = 5 m$ 2 conducteurs de $15 m$ | 3 tranchées de 10 m (patte d'oie) |
| | $k = 0,6$ | $k = 0,16$ | $k = 0,4$ | $k = 0,2$ | $k = 0,2$ | $k = 0,15$ | $k = 0,08$ | $k = 0,06$ |
| 50 | 30 Ω | 8 Ω | 20 Ω | 10 Ω | 10 Ω | 7,5 Ω | 4 Ω | 3 Ω |
| 100 | 60 Ω | 16 Ω | 40 Ω | 20 Ω | 20 Ω | 15 Ω | 8 Ω | 6 Ω |
| 200 | 120 Ω | 30 Ω | 80 Ω | 40 Ω | 40 Ω | 30 Ω | 16 Ω | 12 Ω |
| 300 | | 50 Ω | 120 Ω | 60 Ω | 60 Ω | 45 Ω | 24 Ω | 18 Ω |
| 400 | | | | 80 Ω | 80 Ω | 60 Ω | 32 Ω | 24 Ω |
| 500 | | | | 100 Ω | 100 Ω | 75 Ω | 40 Ω | 30 Ω |
| 750 | | | | | 150 Ω | 112 Ω | 60 Ω | 45 Ω |
| 1 000 | | | | | | 150 Ω | 80 Ω | 60 Ω |

 Protège à 50 Hz et contre les foudroiements (réseaux aériens et souterrains)

 Protège seulement à 50 Hz (réseaux souterrains seulement)

- $k = \frac{R_T}{\rho}$ R_T résistance de la prise de terre. $\rho = 2\pi \cdot R \cdot a$ (R, résistance mesurée au telluromètre).

- $R_T \leq R$ R valeur maximale recommandée pour la résistance de la prise de terre.

Exemple : $R \leq 30 \Omega$ et $\rho = 246 \Omega$ on prendra $\rho = 300 \Omega.m$, la forme de prise de terre sera un serpentins en 2 tranchées de 5m avec conducteurs de 15 m de longueur dont la résistance attendue sera $R_t \leq 24 \Omega$

