

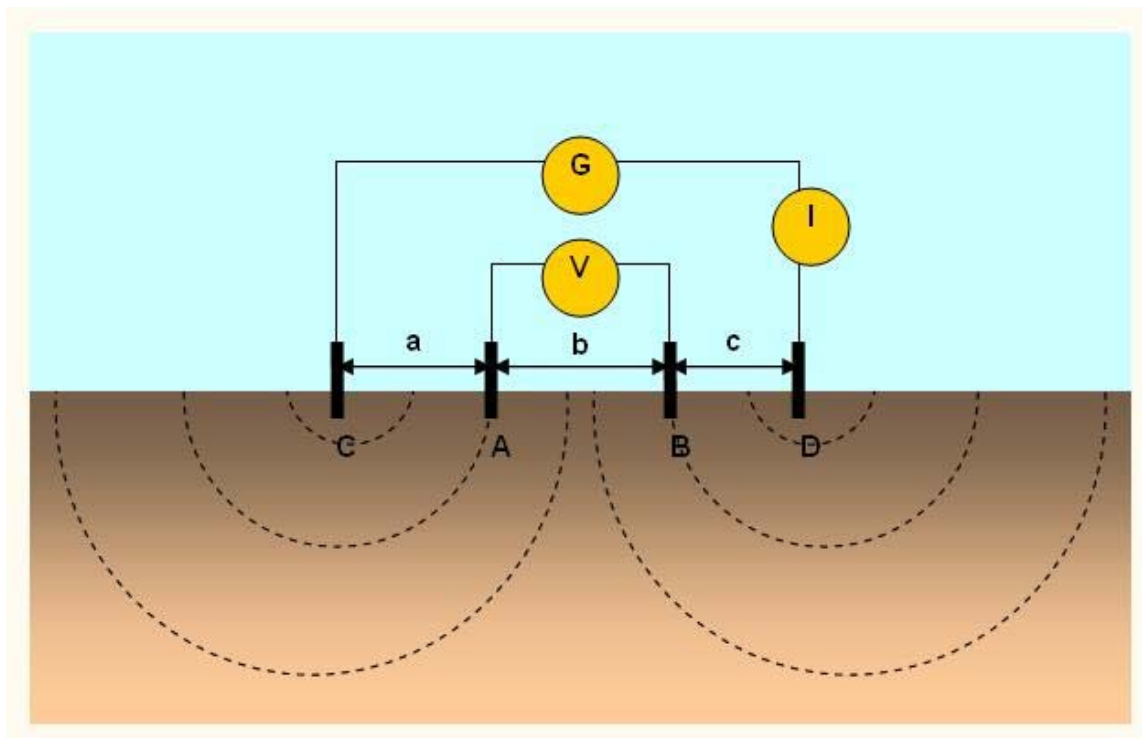
3 – APPLICATION DE LA TENSION DE PAS À LA PROSPECTION ÉLECTRIQUE DES SOLS

L'existence d'une tension de pas qui apparaît suite à une source de courant au sol peut être exploitée pour déterminer expérimentalement la résistivité des sols. Une des méthodes, celle de **Wenner**, est présentée ci-après (voir aussi références D et E).

Le principe est très simple : déterminer la résistance électrique d'un sol à partir de la mesure d'une différence de potentiel résultant du passage d'un courant d'intensité connue entre deux points A et B. Il faut donc disposer d'un générateur de courant, lequel sera choisi alternatif basse fréquence pour s'affranchir du phénomène des tensions de contact.

Si l'on se contente de ficher en A et B les électrodes reliées au générateur de courant G, le résultat obtenu ne sera pas représentatif de la résistance du sol. En effet, chacun de ces points serait le centre d'équipotentiels hémisphériques et, en vertu de la décroissance de la résistance en $1/r$, seule interviendrait la résistance au voisinage immédiat de ces centres : la résistance de la zone médiane de AB ne serait pas prise en compte.

Il est donc nécessaire de faire circuler le courant non pas entre les points de mesure A et B, mais entre des électrodes C et D disposées et alignées de part et d'autre de AB (voir figure). Par ce dispositif la zone délimitée par AB est pratiquement constituée d'équipotentiels planes et parallèles, et on s'affranchit ainsi de l'évolution rapide et géométrique des résistances due au voisinage des points de contact (phénomène de résistances de contact).



Supposons que les propriétés électriques du sol soient homogènes et isotropes. En présence des deux sources (points de contact) C et D, le potentiel mesuré en A est la somme algébrique des potentiels issus de C à la distance $r = a$ et de D à la distance $r = b + c$. Si, au cours d'une alternance du courant, les charges arrivent par C, elles sortiront par D : ainsi l'intensité sera comptée positivement pour le potentiel issu de C, et négativement pour le potentiel issu de D, on aura donc en A :

$$V_A = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b+c} \right)$$

De la même manière, pour B :

$$V_B = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a+b} - \frac{1}{c} \right)$$

La différence de potentiel V entre A et B est donc $V_A - V_B$ mesurée par le voltmètre. Si on choisit $a = b = c$ (électrodes équidistantes) on obtient :

$$V = V_A - V_B = \frac{\rho l}{2\pi a}$$

d'où l'on déduit la résistivité du sol r cherchée.

Quelques valeurs de résistivité de sols :

Nature du sol	Résistivité (Wm)
Terrain marécageux	1 – 30
limon	20 – 100
humus	10 – 150
Tourbe humide	5 – 100
Argile plastique	50
Marnes, argiles compacts	100 – 200
Marnes du jurassique	30 – 40
Sable argileux	50 – 500
Sable siliceux	200 – 3000
Sol pierreux nu	1500 – 3000
Sol pierreux avec surface recouverte d'herbe	300 – 500
Calcaires tendres	100 - 300
Calcaires compacts	1000 – 5000
Calcaires fissurés	500 – 1000
schistes	50 – 300
micaschistes	800
Granits et grès altérés	500 – 100000
Granits et grès très altérés	100 – 600

REMARQUE : mise à la terre des installations

Lorsqu'une personne est au contact direct avec une pièce nue sous tension U , de résistance R , elle est traversée par un courant dit de défaut I_d qui dépend de la résistance du corps R_h :

$$I_d = \frac{U}{R + R_h}$$

Le corps est alors soumis à une différence de potentiel entre le conducteur et le sol appelée tension de contact :

$$U_c = \frac{R_h U}{R + R_h}$$

pratiquement égale à la tension d'origine (R étant faible). Si, au lieu d'être direct, le contact a lieu via les masses de l'appareil mises sous tension accidentellement parce qu'elles touchent des conducteurs (défaut d'isolement), la personne s'exposera au même danger que si elle touchait les conducteurs eux-mêmes. Pour protéger les personnes des défauts d'isolement il faut que le courant puisse s'évacuer par un chemin dont la résistance est beaucoup plus faible que celle du corps humain.

C'est la mise à la terre : les masses métalliques des appareils électriques doivent être reliées à un conducteur de protection électrique (PE) dont la résistance R_t (résistance de terre) est la plus faible possible. La résistance de terre est la résistance du conducteur compris entre la prise de terre à laquelle est branché l'appareil et un point du sol T suffisamment éloigné pour être à un potentiel indépendant des courants de

défaut.

Les qualités requises d'un conducteur PE sont :

- avoir une résistance très faible. Elle tient compte de la résistivité du sous-sol. Elle dépend du calibre du disjoncteur installé et de la tension de contact de sécurité U_L à ne pas dépasser aux bornes du corps humain ; si $U_L = 25V$ (tension de sécurité avec peau humide, en alternatif) on a pour R_t :
 - avec un disjoncteur différentiel de calibre 500 mA, $R_t = 25/0,500 = 50 \text{ W}$
 - avec un disjoncteur différentiel de calibre 300 mA, $R_t = 25/0,300 = 83 \text{ W}$
 - avec un disjoncteur différentiel de calibre 100 mA, $R_t = 25/0,100 = 250 \text{ W}$
- la résistance doit rester stable dans le temps (ne pas évoluer suite à divers effets : corrosion, etc)
- supporter sans détérioration les courants de défaut
- ne pas présenter de risque de contact avec d'autres installations avoisinantes.

L'importance de la résistivité du sol intervient dans l'écoulement du courant de défaut. Par exemple, si la mise à la terre est faite par un piquet conducteur planté dans le sol, et si ce piquet est parcouru par un courant de défaut il va constituer une source de courant. La propagation de ce courant dans le sol au voisinage du piquet suit la loi en $1/r$, comme établie pour la tension de pas lors de la foudre. A partir d'une certaine distance la résistance du sol est nulle et il n'y a plus de différence de potentiel entre deux points du sol (tension de pas) : ils sont alors au même potentiel. Cette distance définit la zone de référence à partir de laquelle la mise à la terre est réelle. La distance de référence sera d'autant plus grande (donc la mise à la terre réelle d'autant plus lointaine) que la résistivité du sol est élevée : d'où la nécessité de bien connaître celle-ci pour réaliser une bonne mise à la terre.

Si le sol a une grande résistivité (compacité, absence d'humidité) le conducteur PE devra être placé jusqu'aux couches profondes présentant une humidité constante.

Différentes réalisations d'une prise de terre :

- par boucle à fond de fouille : le conducteur qui fait le pourtour de l'habitat est noyé dans les fondations en béton, enfoui à 1 m de profondeur minimal. Si L est la longueur totale du conducteur, et r la résistivité du sol, la résistance de terre est donnée par $R = 2r/L$.
- par conducteur en tranchée : le conducteur est noyé dans une tranchée à 1 m minimal de profondeur et doit être éloigné d'au moins 20 cm de toute canalisation. La résistance de terre est donnée par : $R = 2r/L$, avec r résistivité du sol et L longueur du conducteur.
- Par piquet de terre : le piquet conducteur (acier, cuivre...) est enfoncé d'une hauteur H minimale de 2 m dans le sol. Résistance de terre : $R = r/H$, avec r résistivité du sol.
- Par plaque verticale : une plaque rectangulaire de 1 m^2 de surface, ou une grille en métal déployé, épaisses de 3mm minimal (pour l'acier), est enfouie dans le sol à une profondeur minimale de 1 m. Si le terrain est très peu conducteur (par gel ou sécheresse), cette profondeur doit être de 2m. Résistance de terre : $R = 0,8 r/L$, avec r résistivité du sol et L périmètre de la plaque.

Ces différentes solutions ont des avantages et des inconvénients :

- la résistance la plus faible est obtenue avec la boucle de fond, et la plus élevée avec le piquet
- la stabilité dans le temps est excellente avec la boucle de fond, mauvaise avec le piquet en terre
- la transmission du courant de défaut est la mieux assurée avec la boucle de fond, et mauvaise avec le piquet en terre
- mais la zone perturbée est la plus grande avec la boucle de fond et la plus réduite avec le piquet.