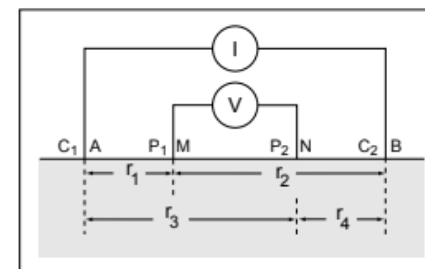
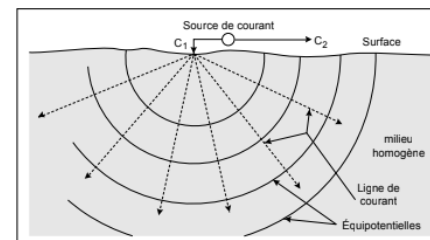


## Principe de la méthode

- L'ERT, appelée également panneau électrique, dispositif multi-électrodes ou tomographie électrique, est une méthode électrique active qui consiste à mesurer la résistivité apparente du sous-sol en y injectant un courant continu. La mesure est toujours effectuée à l'aide de 4 électrodes, deux pour l'injection du courant, et deux pour la mesure du potentiel. L'unité de mesure est l'ohm.m ( $\Omega.m$ ) ;
- La résistivité obtenue est calculée à partir de l'ampérage injecté ( $I$  en mA) et de la différence de potentiel mesurée ( $\Delta V$  en mV) selon la formule :

$$P = K \Delta V / I$$

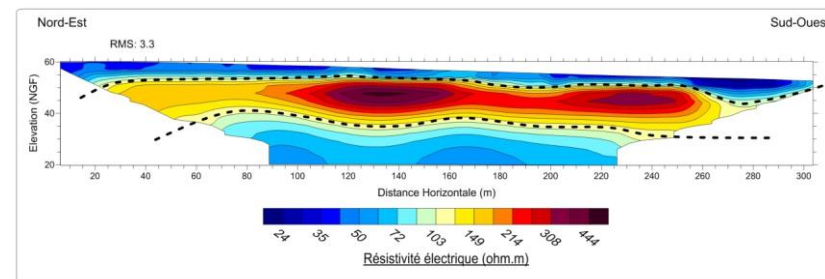
$$\text{avec } K = 2 \pi / (1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)$$



## Applications

Les principales applications de la mesure de la Tomographie électrique sont :

- La localisation de cavités, vides (uniquement si gros volume car une cavité vide dans un milieu résistant ne se voit pas, type conduits karstiques) ou emplies de matériel argileux ;
- La recherche de gisement de minerais ;
- L'estimation de l'épaisseur d'un recouvrement au-dessus d'un objectif lithologique type matériaux de granulats ;
- Structure de digues
- Structures géologiques et notamment la recherche de discontinuités sous réserve d'un contraste de résistivité suffisant entre les deux compartiments
- La recherche de fuite dans un barrage, une digue, ou dans une canalisation ;
- La délimitation des panaches de pollutions ;
- La profondeur du toit d'une nappe phréatique ;
- Le suivi temporel d'un site (variations saisonnières de nappes, déplacement d'une pollution, ...)
- On peut extraire des sondages électriques à partir des données de panneaux électriques et calculer la résistance transversale qui est un facteur de qualité en prospection alluvionnaire



Prospection alluvionnaire, recherche d'un niveau de sable propre dans un contexte sablo-argileux



### Moyens nécessaires à l'acquisition

- Equipements :

La mesure de la résistivité en mode TRE nécessite au moins un résistivimètre (Terrameter, Iris Syscal Switch), des câbles multiélectrodes, des électrodes, des connecteurs, et un marteau.

- Selon les instruments, la batterie peut être ou non intégrée au résistivimètre; Il est de toute façon nécessaire d'avoir une batterie externe d'appoint (12V) ainsi qu'un chargeur de batterie.
- Positionnement : matériel pour le repérage des profils, jalons, décamètre, GPS, cartes
- Véhicules : 1 x véhicule de transport léger (camionnette, break), de préférence tout-terrains/tout-chemins, permettant le transport du personnel et des équipements. Les mesures se font ensuite à pied
- Personnel et compétences : 1 x opérateur qualifié pour la mise en œuvre, 1 x géophysicien qualifié pour l'interprétation (Chef de Mission), 1 x aide non qualifié.



Exemple de matériel employé pour effectuer de la Tomographie de Résistivité Electrique

### Mise en œuvre sur le terrain

- La méthode consiste à planter sur le terrain des électrodes de manière équidistante (entre 1 et 10 m) et de les connecter individuellement à un câble multi électrodes (appelé "flûte") à l'aide de connecteurs. Cette distance entre électrodes (appelée pas de mesure) est un compromis entre la précision latérale recherchée et la profondeur d'investigation envisagée. Le résistivimètre est placé au centre du dispositif (Figure 4). On lance ensuite la séquence de mesures pré enregistrée par l'opérateur, et le résistivimètre procède alors successivement à toutes les combinaisons possibles d'électrodes pour le dispositif géométrique envisagé.
- Plusieurs dispositifs peuvent en effet être utilisés, selon l'objectif recherché et les conditions de mesures. Ils ont chacun des avantages et des inconvénients et leur choix peut s'avérer crucial pour la réussite de la campagne de mesures. On peut noter parmi les plus courants le Pôle-Pôle, le Pôle-Dipôle, le Dipôle-Dipôle, le Wenner et le Schlumberger.
- Petit Laïus à écrire sur les différents dispositifs
- Vérifier la qualité du contact électrique à chaque électrode avec la valeur de la résistance de prise avant de lancer la mesure et qui, dans l'idéal, doit être inférieure à 5 kOhm.
- Vérifier la déviation standard dans le fichier de données qui doit être inférieure à 3% pour le protocole Wenner-Schlumberger et 5% pour le dipôle-dipôle (plus instable en raison de la configuration du quadripôle de mesure)
- Les profils de mesure devront être, dans la mesure du possible, perpendiculaires à la direction des anomalies recherchées. Si l'objectif est de grande taille, on peut effectuer plusieurs panneaux parallèles entre eux.
- Si l'objectif recherché est un objet 3D, il est alors utile d'effectuer plusieurs TRE avec des directions différentes.
- Si le profil de mesure s'avère trop court et qu'on souhaite le prolonger, il est assez classique une fois les mesures terminées, de rajouter une flûte d'électrodes au bout du dispositif, et de replacer le résistivimètre au milieu des deux dernières flûtes.
- Les appareils d'acquisition sont maintenant familiers avec ce type de procédure appelée roll-along et poursuivent les nouvelles mesures en les raccordant aux mesures précédentes.

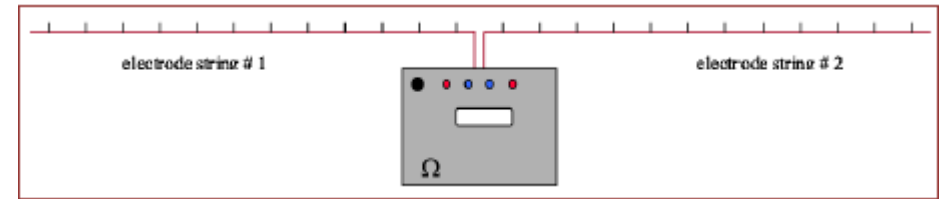
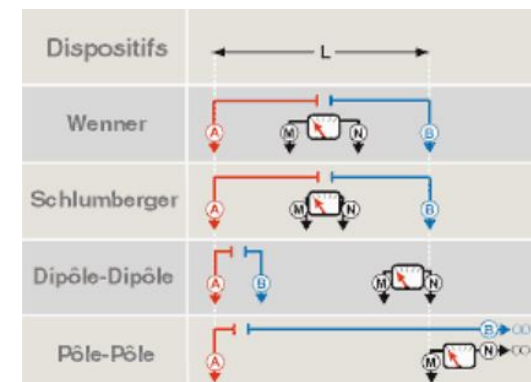


Figure 4 : Schéma du résistivimètre entouré des deux flûtes



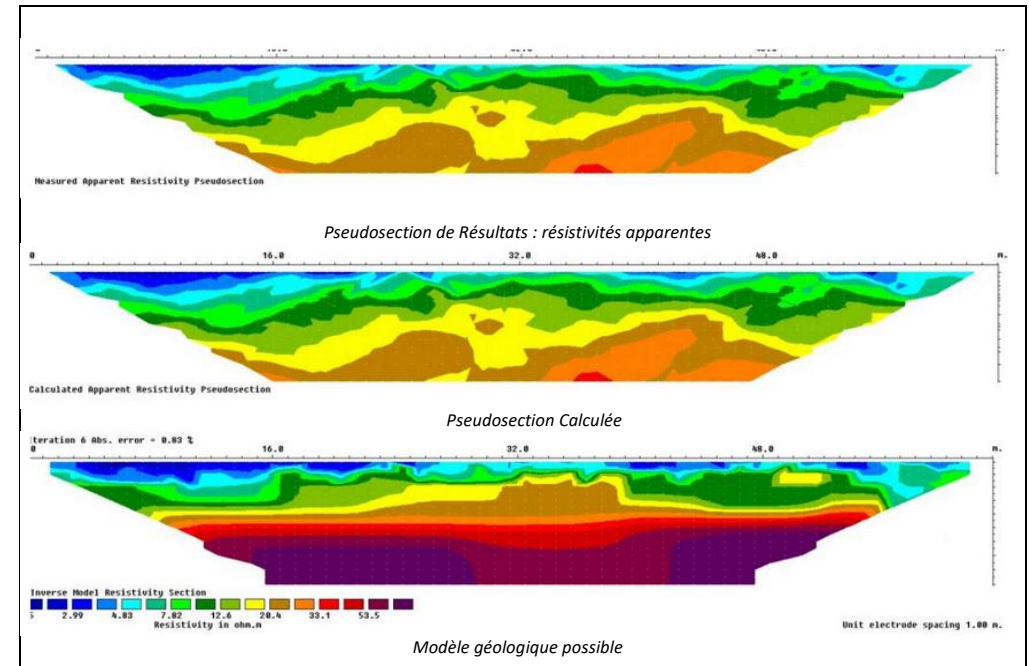
Flûtes multiélectrodes en place sur le terrain



Différents dispositifs d'acquisition

### Traitement et interprétation des données

- Il est nécessaire d'effectuer un "nettoyage" des données avant de lancer les calculs et interprétations. Lors de ce nettoyage sont éliminées les valeurs aberrantes, celles où la différence de potentiel mesurée est trop faible, et ne peut être significative, et celles où le Coefficient de Qualité, généralement une forme d'écart type qui rend compte de la stabilité de la mesure lors des stacks, est trop élevé.
- Une fois les données nettoyées, un profil 2D de résultats présente les valeurs de résistivité obtenues sous forme de gammes de couleurs. C'est la "Pseudosection de Résultats"
- On cherche ensuite à obtenir le modèle géologique qui aurait généré cette carte de résultats de façon la plus proche par la méthode d'inversion. Une fois ce "Modèle" obtenu, on calcule les résistivités apparentes que l'on aurait mesurées avec ce modèle. C'est la "Pseudosection Calculée"
- Le logiciel compare alors les deux cartes de résultats et calcule un pourcentage d'erreur point à point, que l'on souhaite être le plus faible possible.
- Un des problèmes majeurs est la non-unicité des solutions, c'est à dire qu'il existe une infinité de modèles pouvant donner le même résultat.
- C'est donc ici qu'apparaît un point très important. Il est absolument indispensable d'avoir une bonne connaissance de la géologie locale, soit par l'étude de documents, soit par l'information de forages existants, soit encore par l'intermédiaire d'un géologue compétent dans la région étudiée, pour concevoir un modèle réaliste dans le milieu considéré.
- Il est notamment possible de "diriger" les calculs d'inversion en introduisant des paramètres de résistivité, de profondeur, ou de pentages de structures qui cadrent les calculs dans la direction souhaitée



### Résultats et livrables

Le rapport d'étude comprendra :

- Le contexte géologique le plus détaillé possible afin d'interpréter correctement les résultats de la prospection géophysique.
- Les conditions d'intervention sur site (Environnement électrique, routes, débroussaillage, etc.).
- Une carte de localisation des points de mesure géo référencée.
- Les résultats bruts.
- Les résultats interprétés avec les cartes ou profils résultants et commentaires sur la mise en évidence de structures nouvelles.
- Carte d'interprétation regroupant tous les résultats de la prospection géophysique et proposition d'implantation de forages de reconnaissance par exemple.

Plan de position des mesures par exemple

#### Dialogue donneur d'ordre / prestataire

- A la charge du donneur d'ordre
  - Cahier des charges détaillé avec objectifs clairs
  - Plans et documents relatifs à l'ouvrage, à la zone à prospecter
  - Informations concernant les accès et la sécurité du site, et les autorisations administratives.
  - Documents relatifs à d'éventuelles investigations antérieures
- A la charge du prestataire
  - Proposition explicite : Justification de la méthode proposée, adaptation à l'objectif, description des avantages et limitations, facteurs d'influence et/ou non maîtrisable, précision des mesures et résultats finaux réalistes.
  - Rapport d'étude de qualité professionnelle : Rappel des objectifs, méthodologies appliquées, discussion des résultats, conclusions et recommandations pratiques.

#### Pour aller plus loin...

- **1956**, Prospection électrique, manuel interne CGG
- **1966**, Kunetz G., Principles of Direct Current Resistivity Prospecting, Geopublication Associates
- **1990**, Telford W.M, Geldart L.P., Sheriff R.E., Applied geophysics, 2<sup>nd</sup> Edition, Resistivity methods, Chapter 8
- **2003**, Milsom.J., Field Geophysics, Third Edition
- **2004**, Naudet F., Les méthodes de résistivité électrique et de potentiel spontané appliquées aux sites contaminés
- **2005**, Chouteau M & Giroux B., Méthodes électriques
- **2007**, Ogilvy & al (1979)

#### Liens

- [www.iris-instruments.com](http://www.iris-instruments.com)
- [www.georeva.eu](http://www.georeva.eu)