

# MANUEL BEDROCK

Kit de  
sondage  
électrique  
et son  
application  
smartphone

**PRACTICA**  
FOUNDATION

# Index

- A. Introduction
- B. Principe du sondage électrique
- C. Matériels et procédure de mesures
- D. Interprétation avec l'application Bedrock
- E. Interprétation avancée
- F. Calibration locale
- G. Résolution des problèmes

# A. Introduction

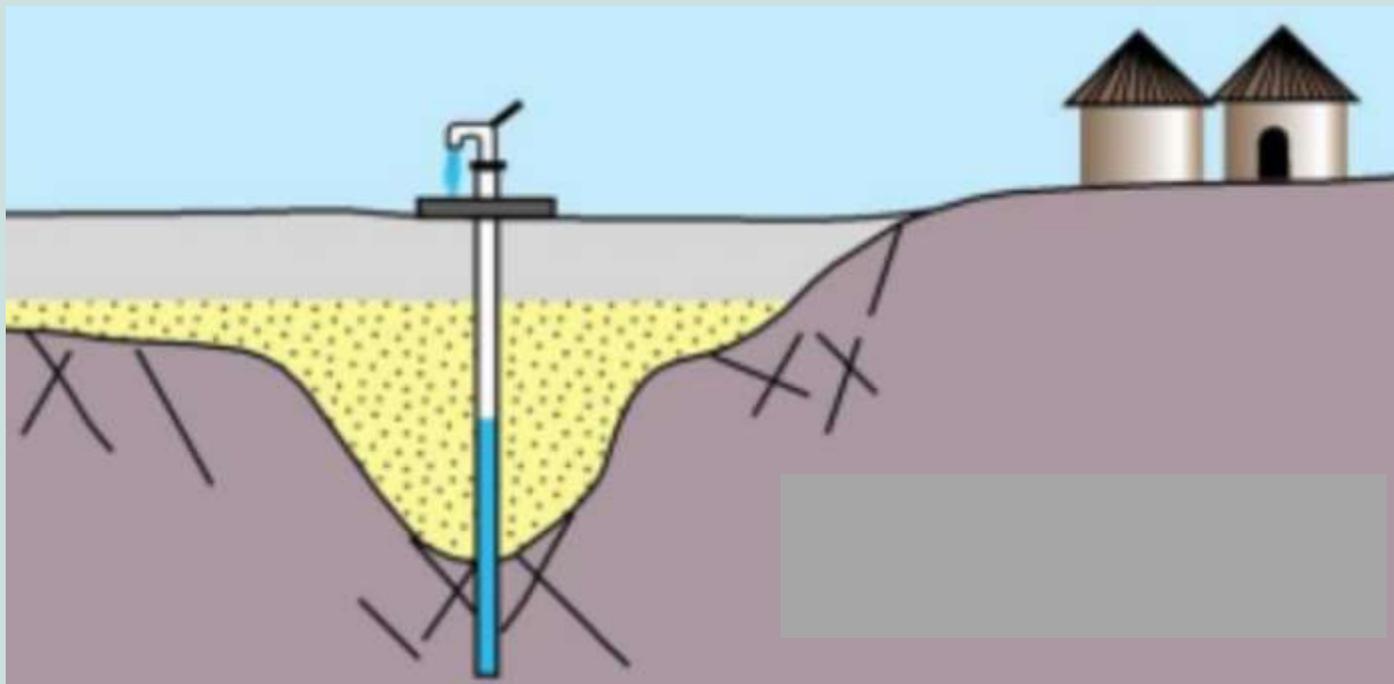
Ce manuel illustre le mode opératoire pour l'utilisation du kit de sondage électrique à faible coût et pour l'interprétation des mesures avec l'application mobile (App) Bedrock. Le kit a été mis au point par Clark et Page (2011) et adapté par PRACTICA pour satisfaire aux besoins des équipes de forage manuel. Une application Android, 'Bedrock' a été développée pour simplifier le processus de traitement de données.

La technologie de sondage électrique est utilisée pour estimer la profondeur du socle afin de diminuer le taux d'échec des forages. Il s'agit d'une méthode complémentaire pour l'implantation des forages et devrait être combinée avec des études de terrain, cartographie, analyses des profils lithologiques et des entretiens avec les communautés.

La technologie est encore en phase de développement. Toute évaluation peut être adressée à [info@practica.org](mailto:info@practica.org)

## B. Le principe de sondage électrique

Le sondage électrique fournit une indication sur la résistivité du sol aux profondeurs multiples. Une résistivité donnée peut correspondre à plusieurs types de sol (voir la page suivant). La méthode est valable en particulier pour identifier la profondeur du socle.



## Resistivité par type de sol ou roche

<b>Formation</b>	<b>Resistivity (Ohm-m)</b>
Eau salé	0 - 1
Argile saturée	1.0 - 50
Argile sèche	10-100
Eau de pluie	20 - 200
Shale	10-400
Sol argilo sableuse	30 - 500
Sable + gravier saturé	50-500
Latérite	800-1500
Zone altérée	1500-3000
Sable + gravier sec	1000-10000
Grès / Calcaire	1500-10000
Roche dure	3000-10000
Air	100000

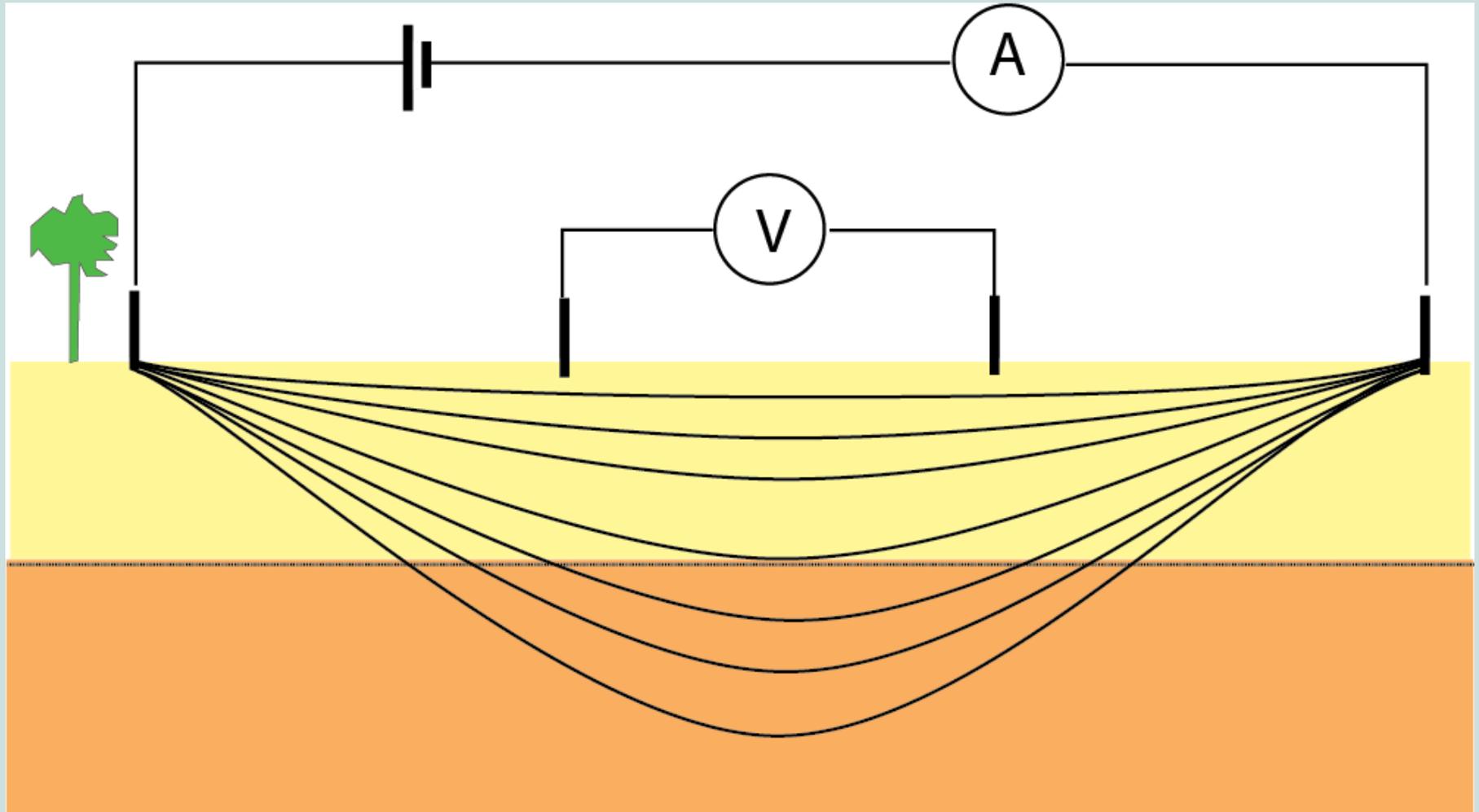
Notez: Les valeurs indiqués sont indicatives. La résistivité de tout type de sol dépend largement de son degré de saturation et d'altération.

La résistivité (en Ohm-m) d'une certaine profondeur peut être déterminée en introduisant un courant électrique dans le sol avec la mesure de la tension (Volt) et de l'intensité (Ampère) dans le circuit.

L'augmentation de la distance entre les électrodes implique une plus grande profondeur de mesure, comme illustré dans la page suivante. La profondeur maximale de mesure est environ égale à la distance entre les électrodes ( $a$ ), voir chapitre E1. Répéter les mesures à des distances particulières produira un profil du sol indicative pour un point donné sur le terrain.

Les résistivités mesurées sont les « résistivités apparentes », c'est-à-dire prenant en compte l'intégralité du sol et pas seulement une résistivité à une certaine profondeur. Les résistivités réelles apparaissent après l'interprétation du sondage total (après avoir cliqué sur « Calculer les résultats » sur l'application).

# Schéma d'un sondage électrique



Il existe deux méthodes pour déterminer les distances entre les électrodes: Schlumberger et Wenner. La boîte de sondage et l'application Bedrock sont compatibles avec les deux méthodes.

Ce manuel développe la méthode Wenner car jugée plus efficace et plus simple par les techniciens de terrain.

# C. Matériels et procédure de mesures

Le matériel nécessaire pour utiliser ce kit inclue:

- Une batterie de voiture (12 V)
- Un onduleur (12 V DC – 230 V AC)
- La boîte de sondage 2.0
- Deux multimètres
- Deux enrouleurs avec 42 m de câbles en cuivre
- Deux enrouleurs avec 124 m de câbles en cuivre
- Quatre électrodes inox de 16 mm et 50 cm de longueur
- Deux mètres à ruban de 100 m et deux de 5m
- Quatre marteaux
- Deux seuils remplis d'eau et deux petits tasses
- Un smartphone avec l'application 'Bedrock'
- Si nécessaire: des machettes pour enlever les végétaux

Utilisez la fiche de mesures pour noter les données avant de les introduire dans l'application.

N'oubliez pas de noter dans la fiche :

- Date
- Village, district
- Localisation GPS
- Nom et contact des techniciens
- Nome et contact du client
- Observations sur la géologie (niveau statique, profile lithologique)

# C1: Choisir le point central

1. Marquez le point central le plus proche possible du site d'implantation potentiel en tenant compte des points suivants:
  - Est-il possible d'étirer 120m de ruban d'un façon rectiligne aux deux côtés?
  - Est-ce que l'élévation est plus ou moins égale le long de la trajectoire?
  - Est-ce que le sol à la surface est plus ou moins homogène le long du ruban (route, sol, etc.)
  - Il n'y a pas des obstacles ou des fossés là où il faut planter les électrodes?
  - Peut-on placer l'équipement dans l'ombre? (sinon, utilisez une parapluie).
2. Utilisez cette position comme point de départ pour étirer les rubans
  - En étirant le ruban, regardez régulièrement en arrière pour vérifier si la ligne est droite.
  - Utilisez des machettes si nécessaire pour enlever des plantes pour que le ruban touche le sol.

# C2: Les électrodes

## 1. Choisissez les lettres des électrodes

- Toujours marquez les électrodes comme A – M – N – B en regardant de gauche à droite quand vous êtes en position de opérer l'équipement.

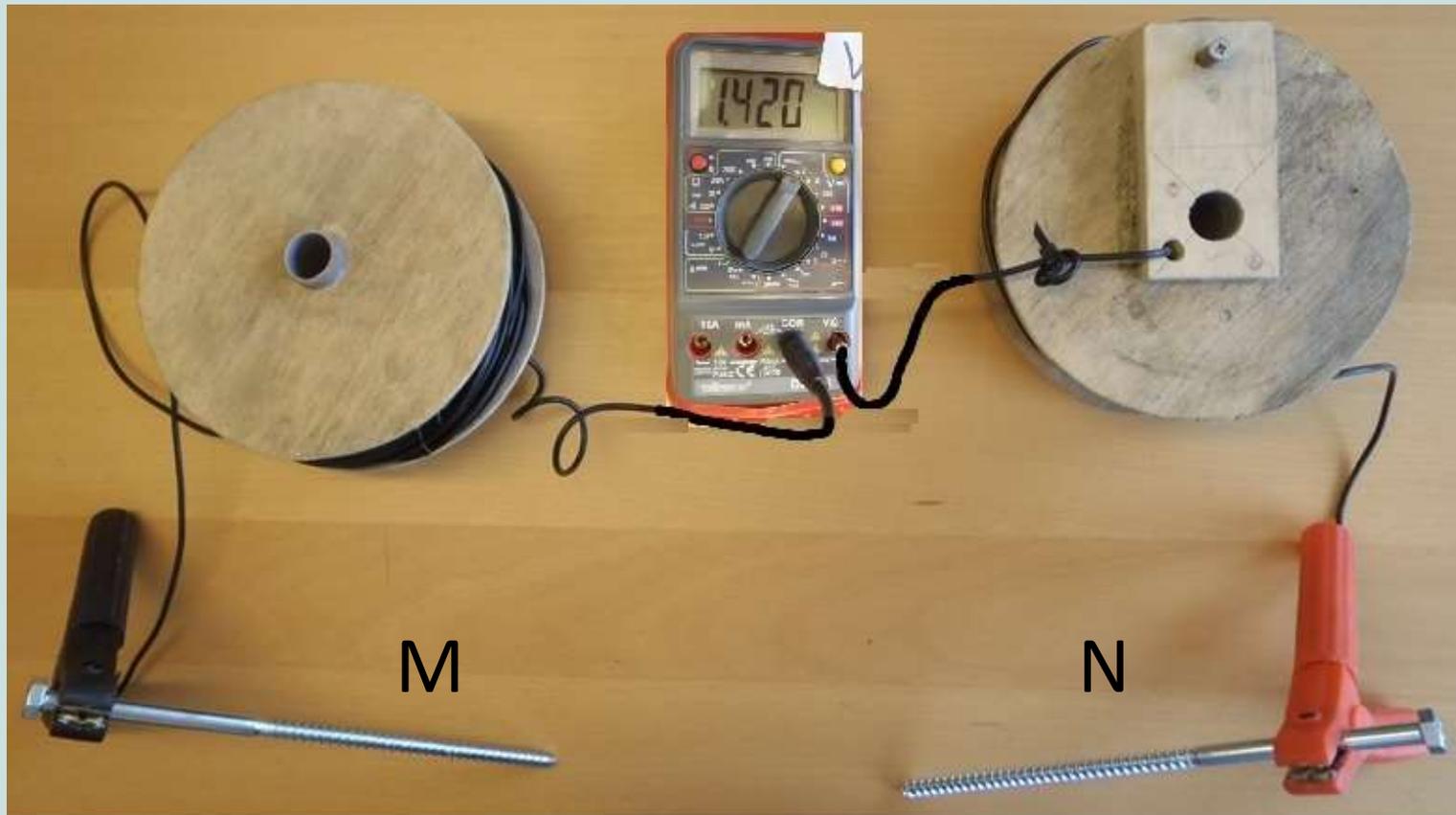
## 2. Plantez les électrodes dans le sol

- La position initiale est 0,25 m pour électrodes M et N et 0,75 m pour électrodes A et B. Celles-ci doivent être assez enfoncées pour rester fixes dans le sol.
- Toujours versez de l'eau autour des électrodes assurant ainsi une bonne connexion.



# C3: Le circuit “voltage”

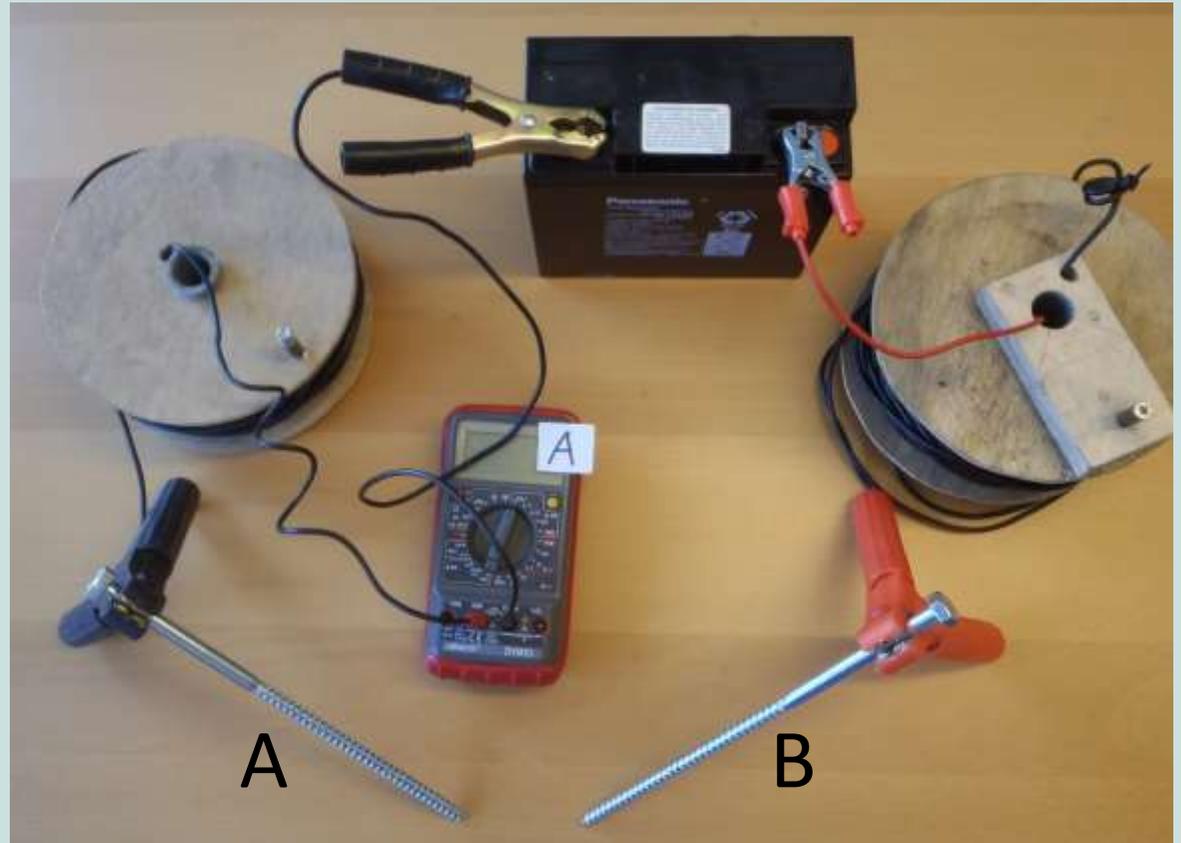
1. Reliez le voltmètre aux câbles venant d'électrodes M et N.
  - Branchez l'électrode M sur la borne COM et l'électrode N sur la borne mV.



# C4: Le circuit “batterie uniquement”

Vous pouvez utiliser ce circuit si le sol est très conducteur.

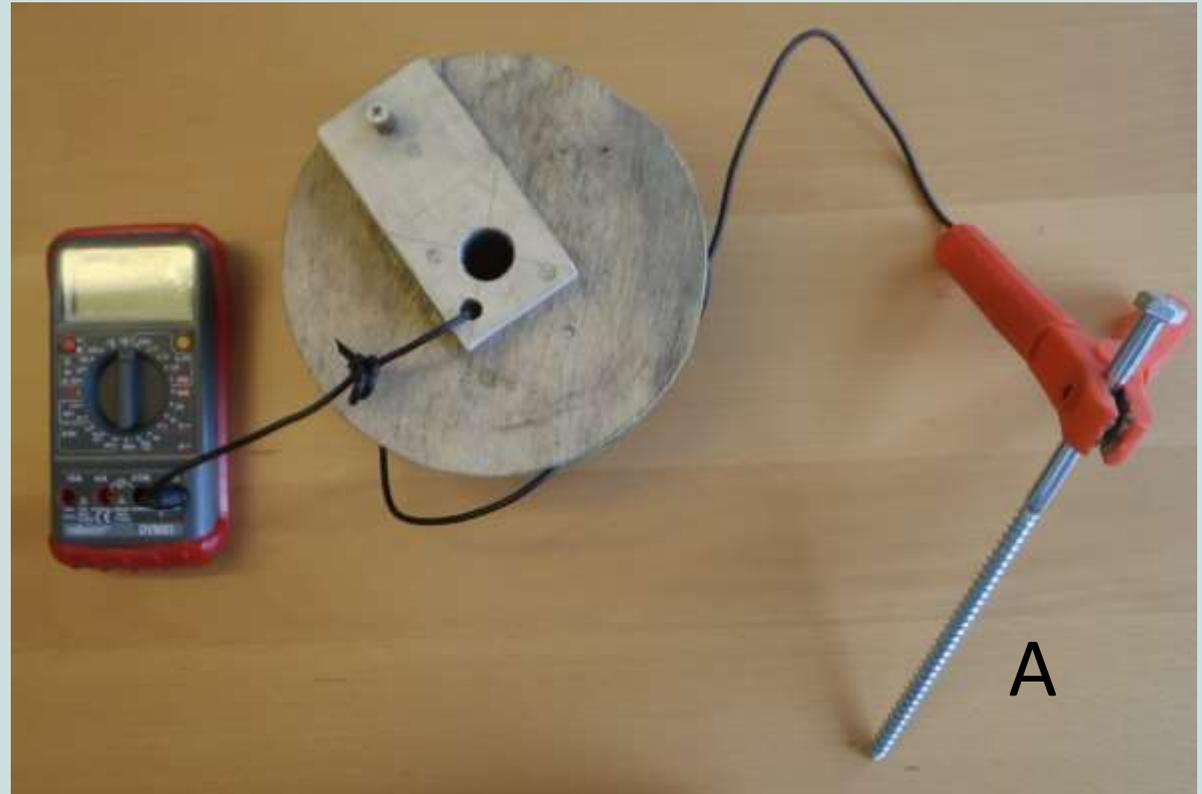
1. Branchez l'électrode A sur la borne 10 Amp de l'ampèremètre.  
C'est le réglage de départ. Si le courant est inférieur à 200 mA il faut le déplacer à la borne mA.
2. Reliez le pôle négatif de la batterie à la borne COM de l'ampèremètre.
3. Reliez l'électrode B au pôle positif de la batterie quand vous êtes prêt à prendre la mesure ‘avec courant’.  
Il y aura du courant dans le circuit toute de suite!



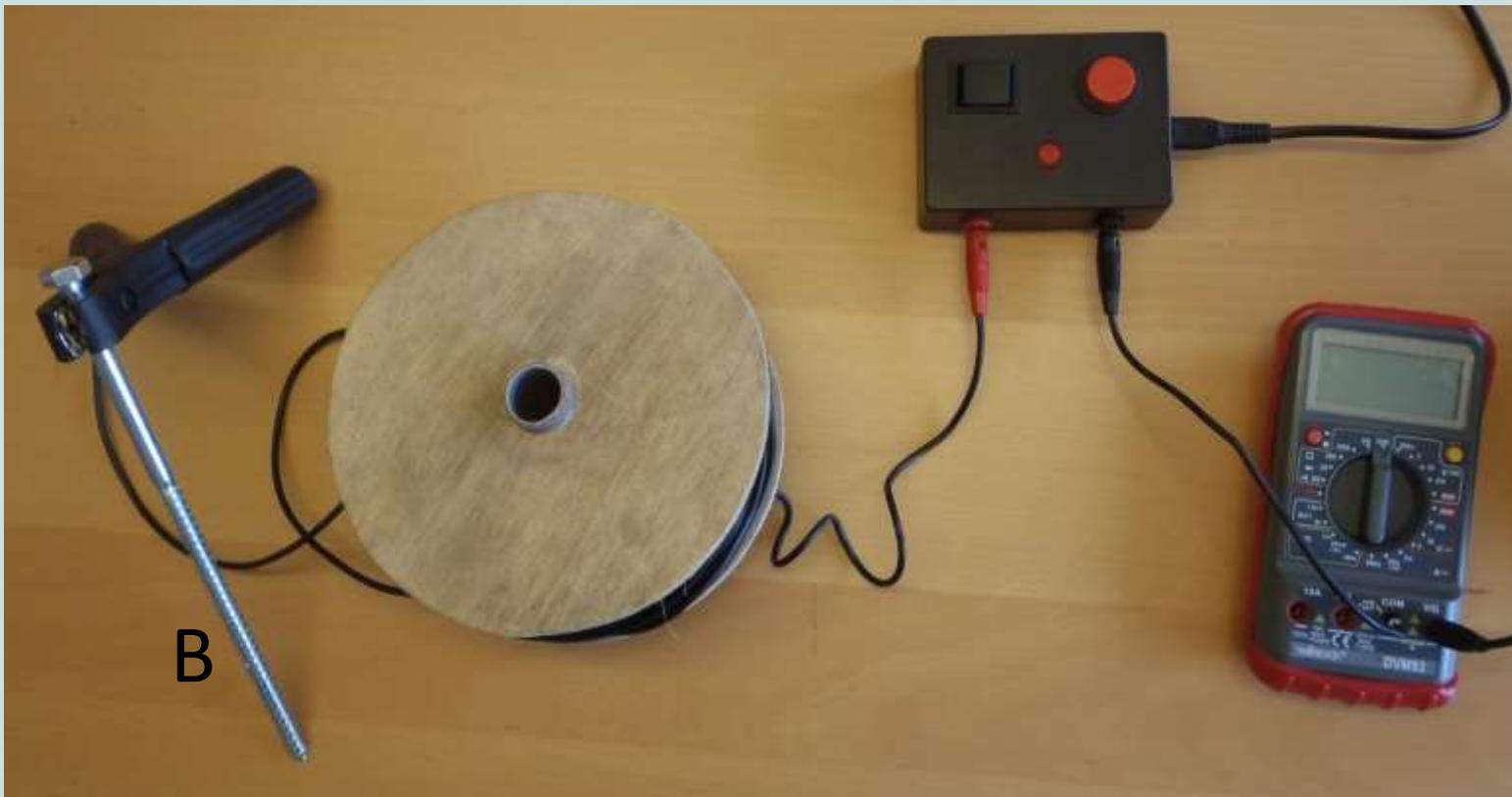
# C5: Le circuit “onduleur”

Utilisez le circuit “onduleur” pour augmenter la puissance de 12V à 300V DC si nécessaire (voir chapitre C6). Notez que cette haute puissance implique un risque de sécurité plus élevé! Voir chapitre C8 Sécurité.

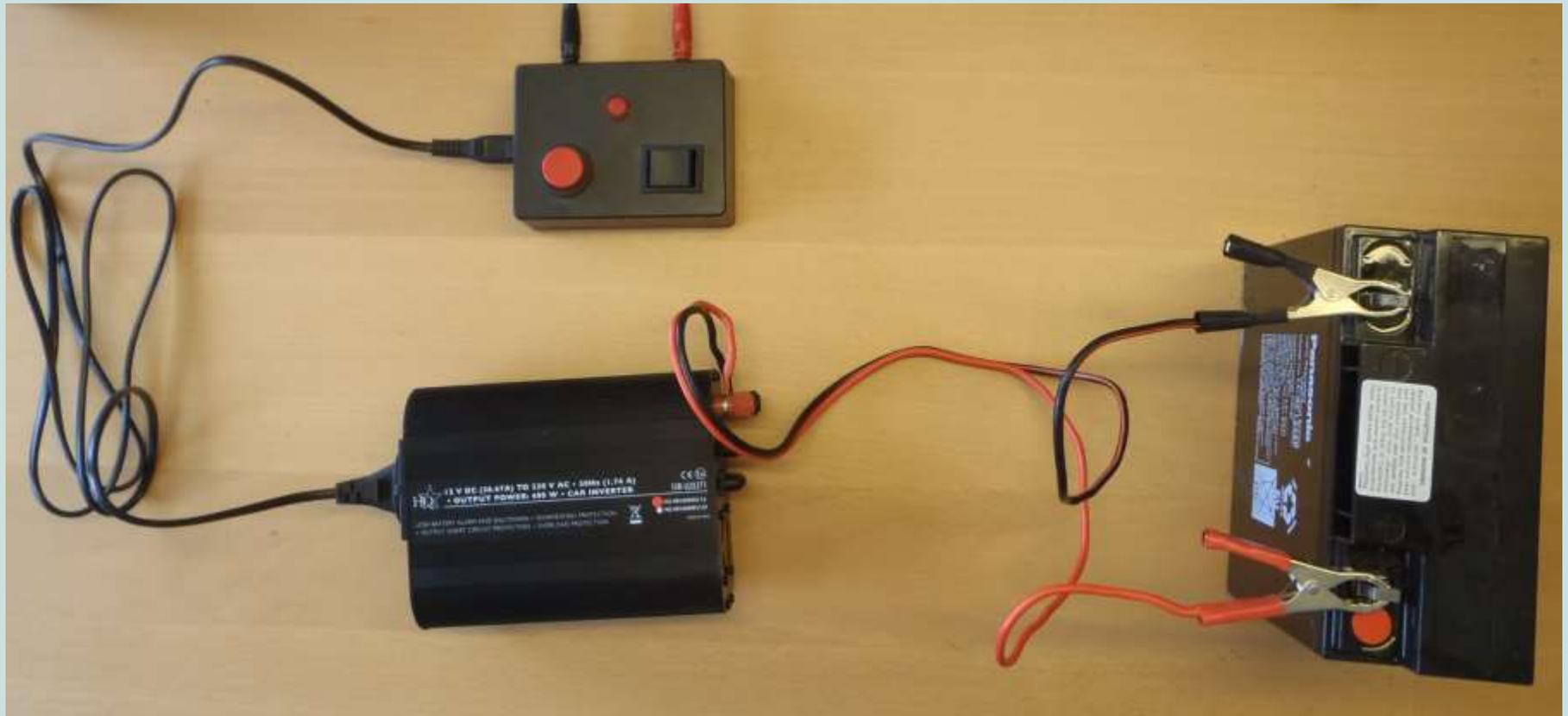
1. Branchez électrode A sur la borne 10 Amp de l'ampèremètre. C'est le réglage de départ. Si le courant est inférieur à 200 mA il faut le déplacer à la borne mA.



2. Reliez la borne COM de l'ampèremètre à la borne noire de la boîte de sondage.
3. Reliez l'électrode B sur la borne rouge de la boîte de sondage.



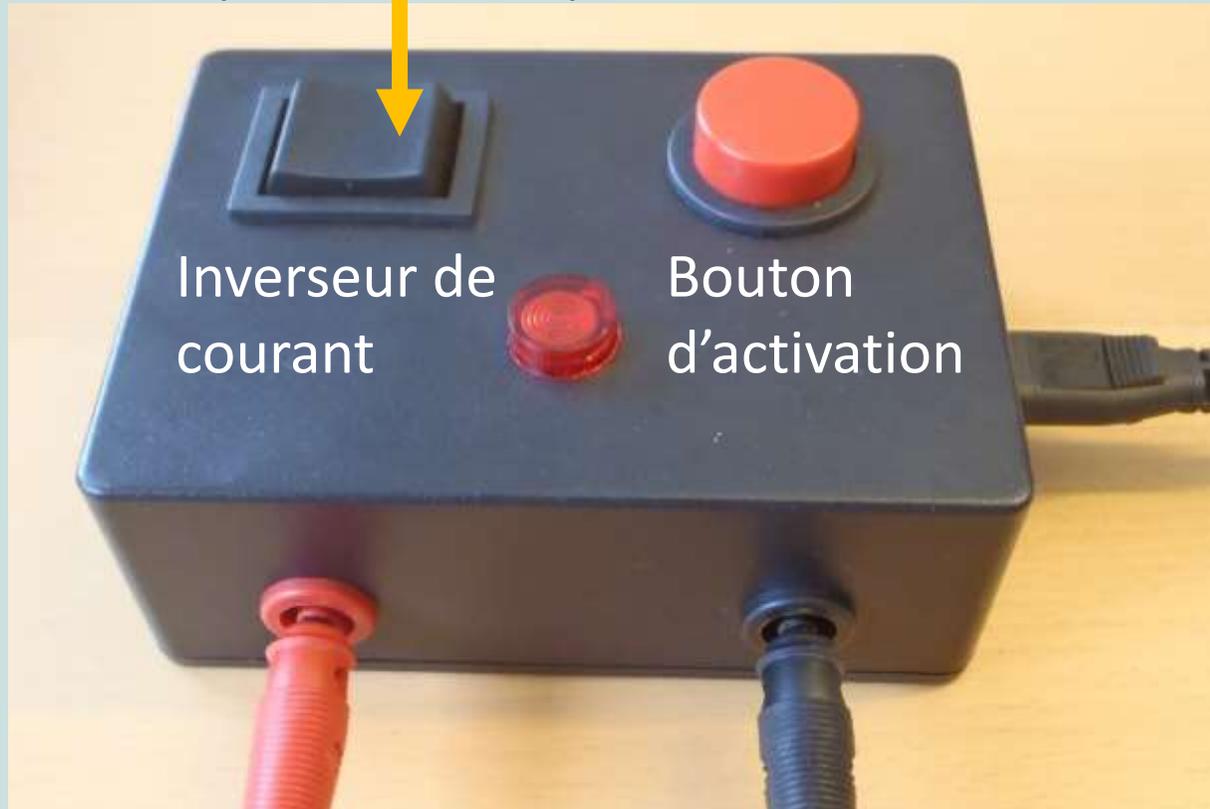
4. Contrôlez si l'onduleur est éteint. Reliez la fiche de la boîte à la prise de l'onduleur.
5. Reliez la batterie à l'onduleur.





7. Pour mettre le courant dans le circuit, allumez l'onduleur et appuyez sur les deux boutons de la boîte de sondage. Ils doivent rester enclenchés.

- La boîte a deux boutons: un inverseur de courant (noir) et un bouton d'activation (rouge).
- Il faut utiliser uniquement la côté positive de l'inverseur de courant (voir la flèche).



# C6: Prise de mesures

Ce manuel explique la “méthode zéro”, ce qui implique que 4 mesures sont prises pour chaque position des électrodes.

1. Prenez un mesure ‘zéro’: n’activez pas encore le circuit avec le courant, mais notez uniquement la ‘tension naturelle’. Si la valeur change rapidement, attendez pour qu’il se ralentisse.
2. Allumez rapidement le circuit avec le courant en branchant la batterie (circuit batterie uniquement) ou en appuyant sur les boutons de la boîte (circuit onduleur). Appuyez sur les boutons de mémorisation des deux multimètres 3 secondes après avoir branché le circuit. Notez le courant et le voltage.
3. Répétez étape 1 et 2 au minimum une fois.

Comme la tension naturelle évolue constamment, il est important de faire l’étape 2 immédiatement après avoir pris le mesure ‘zéro’. Plus le délai est court entre les mesures, meilleure sera la mesure.

- #### 4. Vérifiez la qualité des données avant de déplacer les électrodes.
- Le courant ne peut jamais être négatif. Assurez-vous que le circuit soit bien branché et que vous appuyez sur le bon côté de l'inverseur de courant.
  - Le voltage peut être positif ou négatif. Il est essentiel de noter le signe moins quand la valeur est négative.
  - Regardez la graphique dans l'application: les deux points doivent se trouver à la même position (Si les mesures sont très bonnes vous ne verrez qu'un seul point. Vous pouvez le vérifier en comparant les valeurs 'Res' dans l'onglet 'Données').
  - Les point doivent former une courbe lisse.
  - Le voltage effectif (=la différence de voltage entre le mesure 'zéro' et le mesure 'courant') ne devrait pas être inférieur à 10 mV. Les valeurs doivent aussi être plus ou moins égales (voir la page prochaine). Si le voltage effectif est inférieur à 10 mV il faut utiliser le circuit 'onduleur' pour augmenter la puissance et réduire l'erreur.
  - Répétez étape 1 et 2 si les données ne respectent pas ces critères de qualité.

Il est recommandé de noter les valeurs sur la fiche en papier (voir Annex A) et également de les introduire dans l'application après chaque mesure.

IC\_17\_mai\_2016

LISTE    MODIFIER No.2    GRAPHIQUE    DONNÉES

a	mA	mV	Res
0.5	15.4	395.9	80.8
0.5	15.3	396.0	81.3
1.0	21.8	289.3	83.4
1.0	21.6	289.0	84.1
1.5	10.7	95.2	83.9
1.5	10.7	96.4	84.9
2.0	11.4	72.0	79.4
2.0	11.4	72.5	79.9
3.0	24.8	118.6	90.1
3.0	24.5	116.1	89.3
5.0	23.2	76.7	103.9
5.0	23.3	76.8	103.6
7.5	45.6	121.6	125.7

Le voltage effectif est supérieur à 10 mV.

Les valeurs 'Res' sont plus ou moins égales pour la même 'a'.

# C7: Sécurité

Pour les deux circuits il y a des règles de sécurité à respecter:

- Il faut toujours produire un son (sifflet, talkie-walkie) avant d'allumer le courant.
- Débranchez le circuit immédiatement après avoir appuyé sur les boutons de mémorisation des multimètres (chapitre C6 étape 2). Cela préserve votre batterie et empêche la surchauffe de l'onduleur.
- Informez la communauté sur vos activités et assurez-vous qu'il y a des opérateurs autour des électrodes extérieures pour tenir à l'écart les enfants et les animaux.
- N'utilisez pas le circuit 'onduleur' pendant la pluie. Le circuit 'batterie uniquement' pourrait être utilisé depuis la voiture si nécessaire.

Le circuit 'onduleur' a 3 niveaux de sécurité. Le courant est dans le circuit quand tous les niveaux sont allumés. Assurez-vous d'utiliser le bon ordre pour le (dés)activation du système.

### **Activation:**

1. Branchez la batterie après avoir vérifié si personne ne touche le circuit.
2. Allumez l'onduleur.
3. Appuyez sur les boutons de la boîte de sondage pendant 3 secondes pour effectuer la mesure 'courant'.

### **Désactivation:**

1. Lâchez les boutons de la boîte de sondage immédiatement après avoir appuyé sur les boutons de mémorisation des deux multimètres.
2. Éteignez l'onduleur quand les 4 mesures ont été prises.
3. Débranchez la batterie.

# D. Interprétation avec l'application Bedrock

Bedrock est une application pour les smartphone Android, qui peut être téléchargé sur

<http://practica.org/publications/manual-siting-kit-and-bedrock-app/>

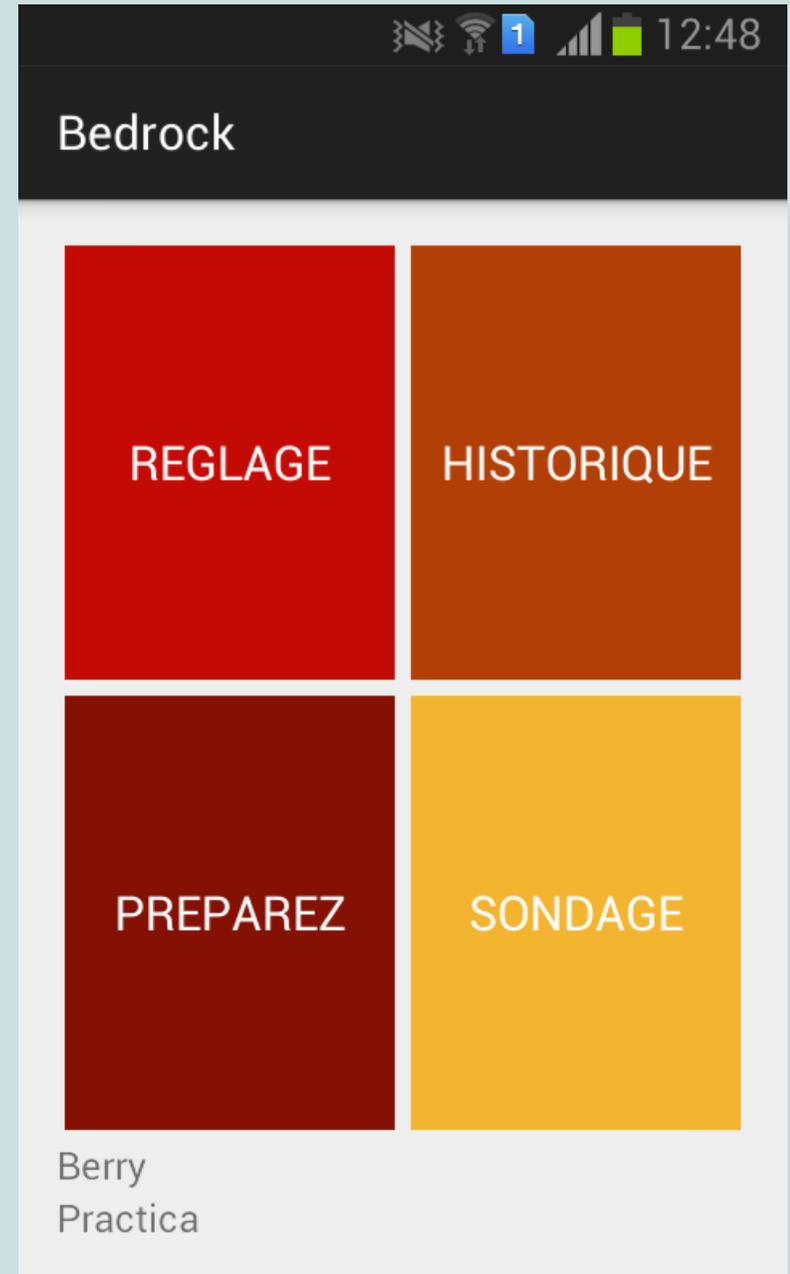
L'application permet d'entrer et d'analyser les données obtenues à partir d'un sondage électrique réalisée avec la méthode Schlumberger ou Wenner. Ce manuel décrit comment utiliser cette application en utilisant la méthode Wenner.

Veillez noter que l'application doit être considérée comme expérimentale. Les auteurs ne portent aucune responsabilité pour les conséquences de l'utilisation de cette application ou de ses résultats.

# Écran principal

L'écran principal possède 4 boutons:

- 1) **Réglage** – différents paramètres qui affectent le fonctionnement de l'application
- 2) **Historique** – données et résultats de précédents sondages qui ont été archivés
- 3) **Préparation** – pas utilisé pour le moment
- 4) **Sondage** – toutes les fonctionnalités impliquées dans l'édition et le calcul des résultats pour le sondage actif



# Écran principal

En dessous, le nom d'utilisateur et de l'organisation sont affichés.

L'application est disponible en deux langues : Anglais et Français. La langue utilisée par l'application dépend du réglage de la langue globale du téléphone.

# 1. Réglage

L'écran "Réglage" a deux boutons, **Utilisateur** et **Sondage**.



## 1.1 Utilisateur

Dans l'écran "Utilisateur", un nom d'utilisateur et d'organisation peut être entré. Si les données sont destinées à être téléchargées sur la base de données centrale, cette information est importante à connaître.



The screenshot shows a mobile application interface with a dark header bar containing a menu icon and the title "Reglage". The main content area is white and contains two text input fields. The first field is labeled "Entrez votre nom" and the second is labeled "Entrez le nom de votre organisation". Below the input fields is a grey button labeled "SAUVEGARDER". The top status bar shows various icons including signal strength, Wi-Fi, a notification for 1 message, and the time 12:50.

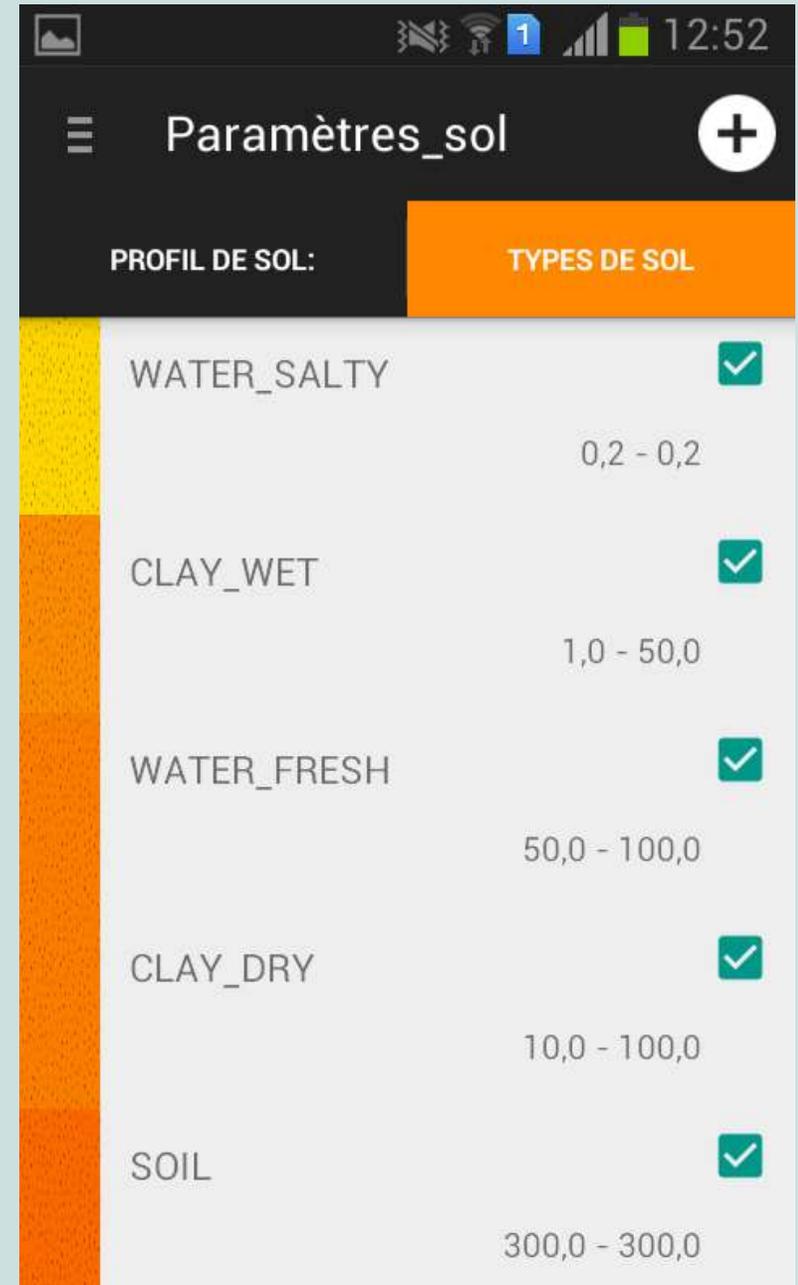
## 1.2 Sondage

### 1.2.1 Profil du sol

L'écran "Profil du Sol" est utilisé pour gérer les types de sols et le profil du sol.

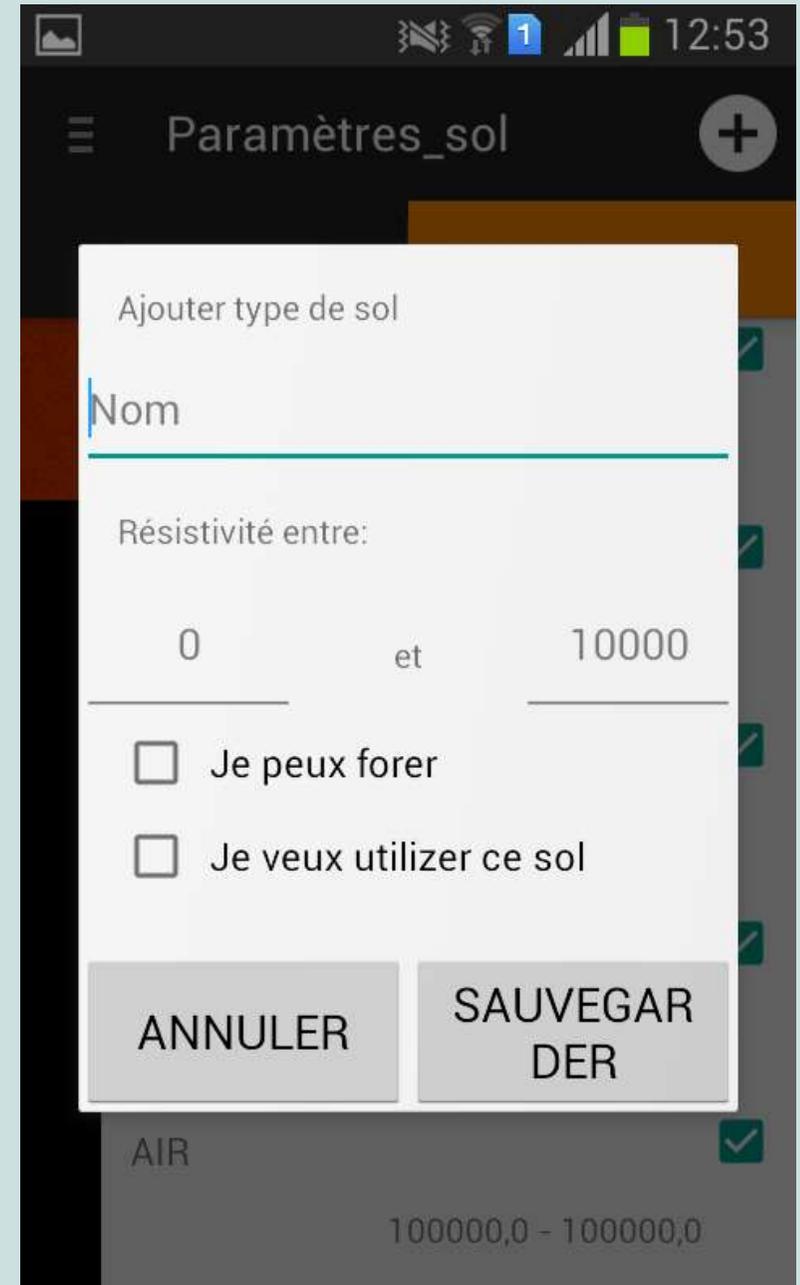
#### Types de sols

L'onglet type de sol, ci-contre, montre une liste des types de sols connus. Chaque type de sol a une case à cocher. Si la case est cochée, ce qui est la valeur par défaut, le type de sol sera utilisé lorsque les résultats d'analyse seront présentés. Si vous voulez que certains types de sol ne soient pas utilisés, vous pouvez les désactiver ici.



Chaque type de sol — par exemple EAU\_SALEE, ARGILE\_HUMIDE, GRES — a une gamme de résistivité, qui peut être éditée. Vous pouvez aussi indiquer si vous pouvez forer à travers ce type de sol, et si vous voulez l'utiliser dans le profil de sol. Vous pouvez éditer un type de sol en cliquant dessus.

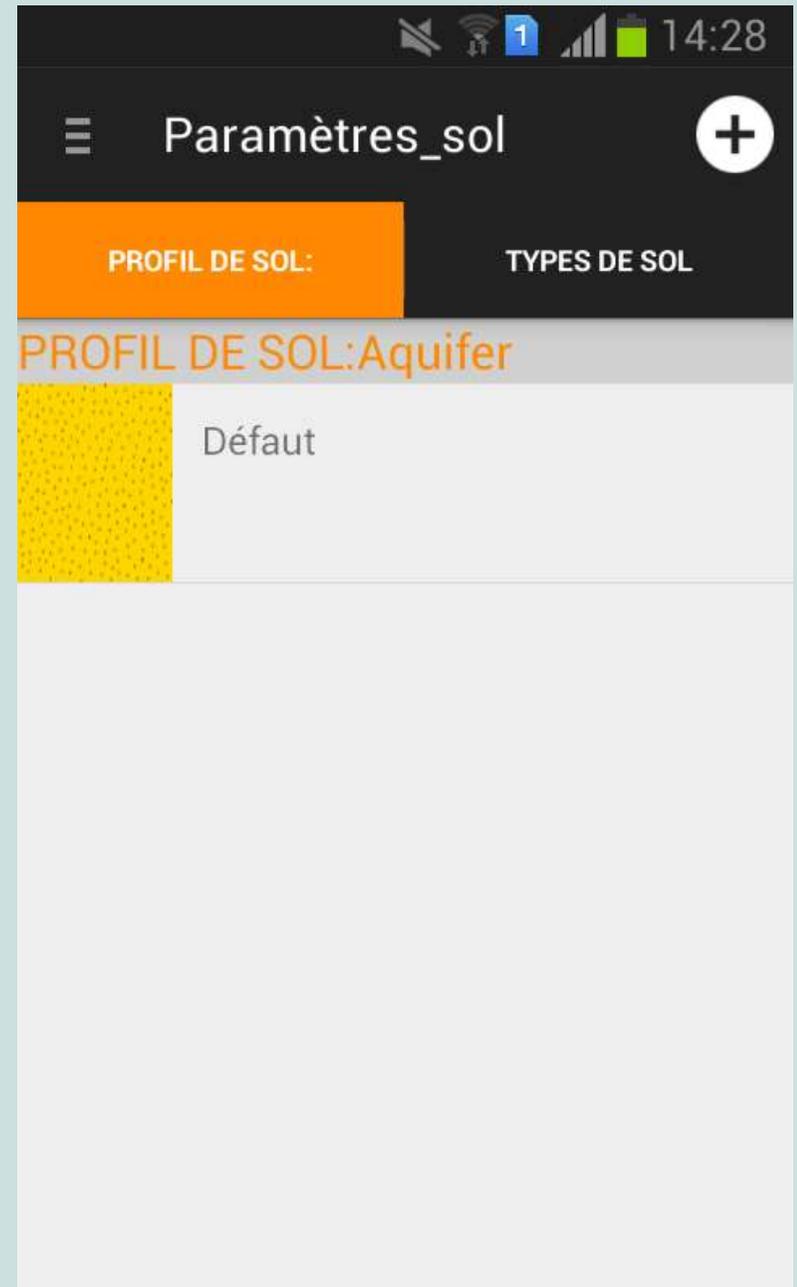
En cliquant sur l'icône du “+” au-dessus, vous pouvez ajouter votre propre type de sol si celui-ci n'est pas dans la liste.



## Profil de sol

Dans l'onglet profil de sol, vous pouvez gérer les profils de sol. Un profil de sol décrit les couches de sol que vous vous attendez à avoir dans le sol. Un nouveau profil de sol est ajouté en cliquant sur l'icône "+".

A l'intérieur d'un profil, des nouvelles couches peuvent être ajoutées en cliquant sur l'icône "+". Une nouvelle couche de type "défaut" est ajoutée en dessous. En cliquant sur cette couche, un type de sol spécifique peut être choisi. Un profil de sol ou une couche peut être supprimé en appuyant longuement sur l'item, et en sélectionnant « Effacer ».



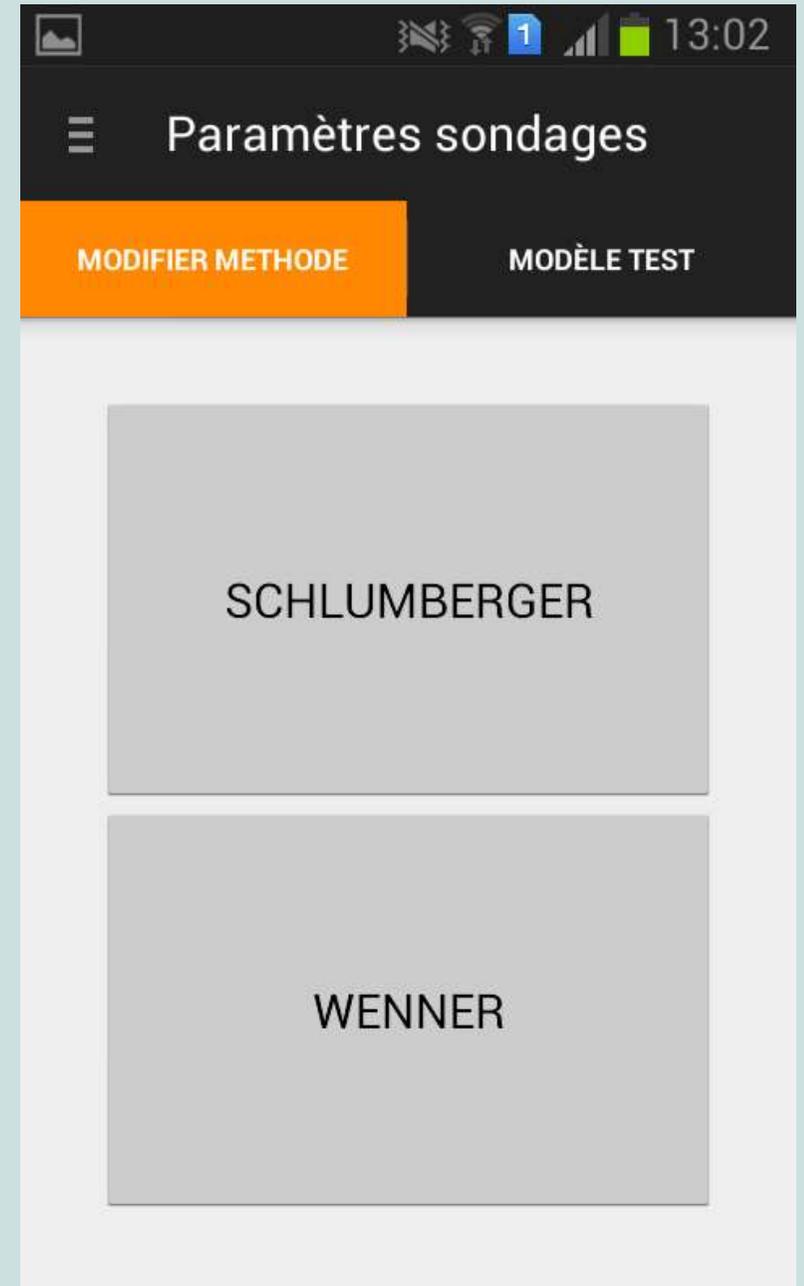
## 1.2.2 Sondages

### Méthode

L'écran "Paramètres du sondage" a deux onglets: Modifier Méthode et Modèle Test. Ici, les valeurs par défauts pour le dispositif Schlumberger et Wenner, comme les distances, peuvent être changées. Ci-contre, un exemple avec le dispositif Wenner => dispositif conseillé dans la partie A du manuel.

### Modèle test

Cet onglet est seulement utilisé dans le but de tests. Vous pouvez ignorer cet onglet.



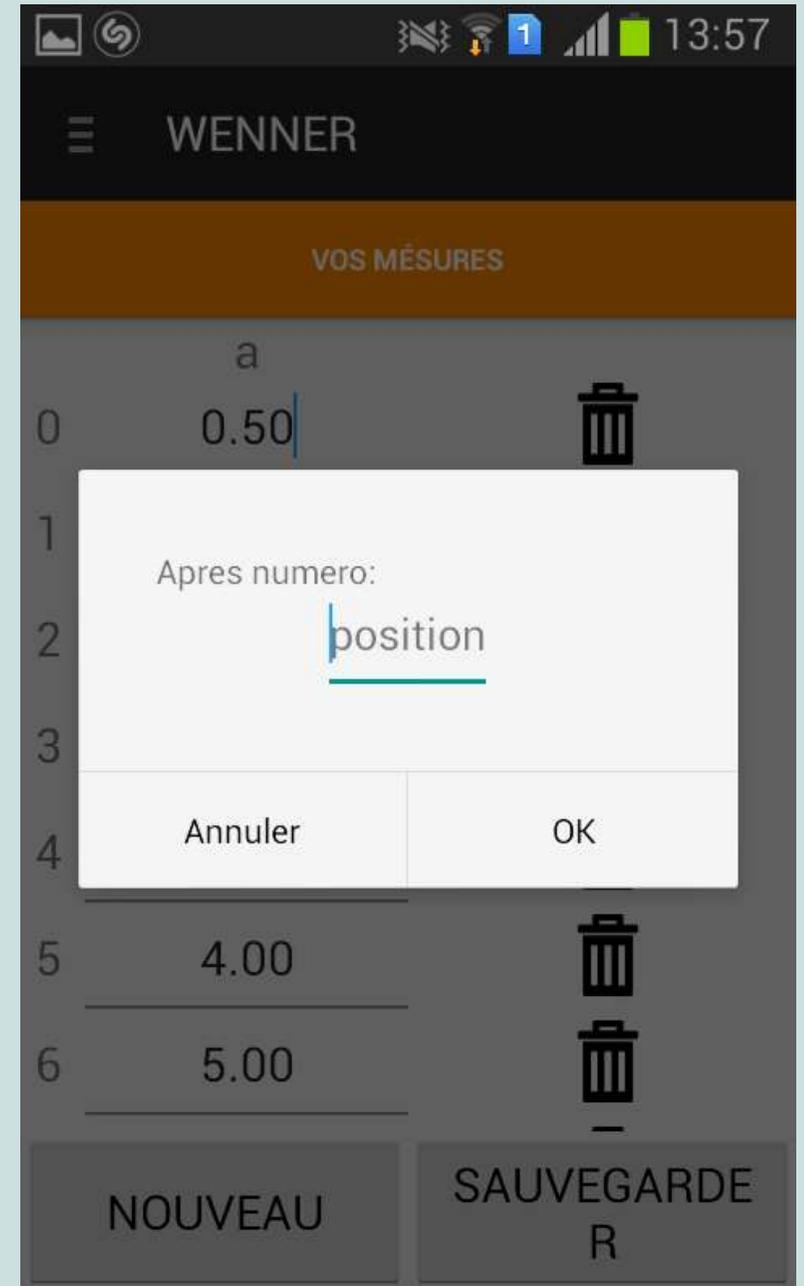
## Modifier méthode

Une liste de position par défaut est visible. En appuyant sur ces valeurs, elles peuvent être éditées. Cliquer sur 'Sauvegarder' pour sauvegarder la nouvelle valeur. En appuyant sur l'icône de la poubelle, une distance peut être supprimée.



Une nouvelle mesure peut être ajoutée en appuyant sur « Nouveau ».

Entrer la position ou vous voulez que la nouvelle mesure soit ajoutée, et cliquer sur OK. Après cela, éditez les valeurs de a (a = la distance entre les électrodes en utilisant le dispositif Wenner).



## 2. Historique

L'onglet historique contient la liste des sondages archivés. Seul un sondage peut être actif. Les sondages qui ont été archivés ne peuvent plus être modifiés, mais les résultats peuvent être affichés.

Quand un sondage est sélectionné, plusieurs actions peuvent être entreprises :

En appuyant sur l'icône de la poubelle, le sondage peut être supprimé de l'historique.



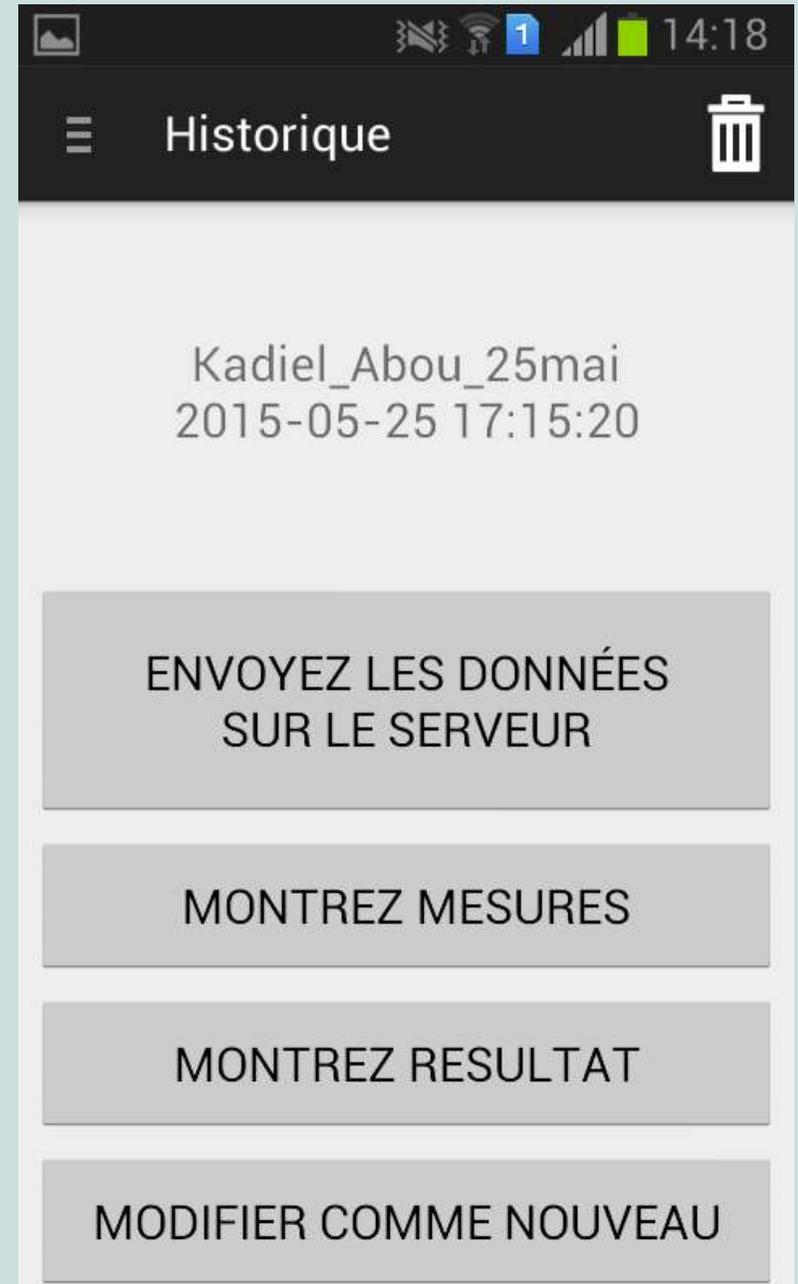
**Envoyez les données sur le serveur** – cela va télécharger les données sur une base de données centrale. À ce niveau, les données peuvent être vues, et téléchargées par un ordinateur. L'adresse de la base de données est :

<http://practica.org/publications/manual-siting-kit-and-bedrock-app/>

**Montrez mesures** – cela va montrer une liste des mesures effectuées

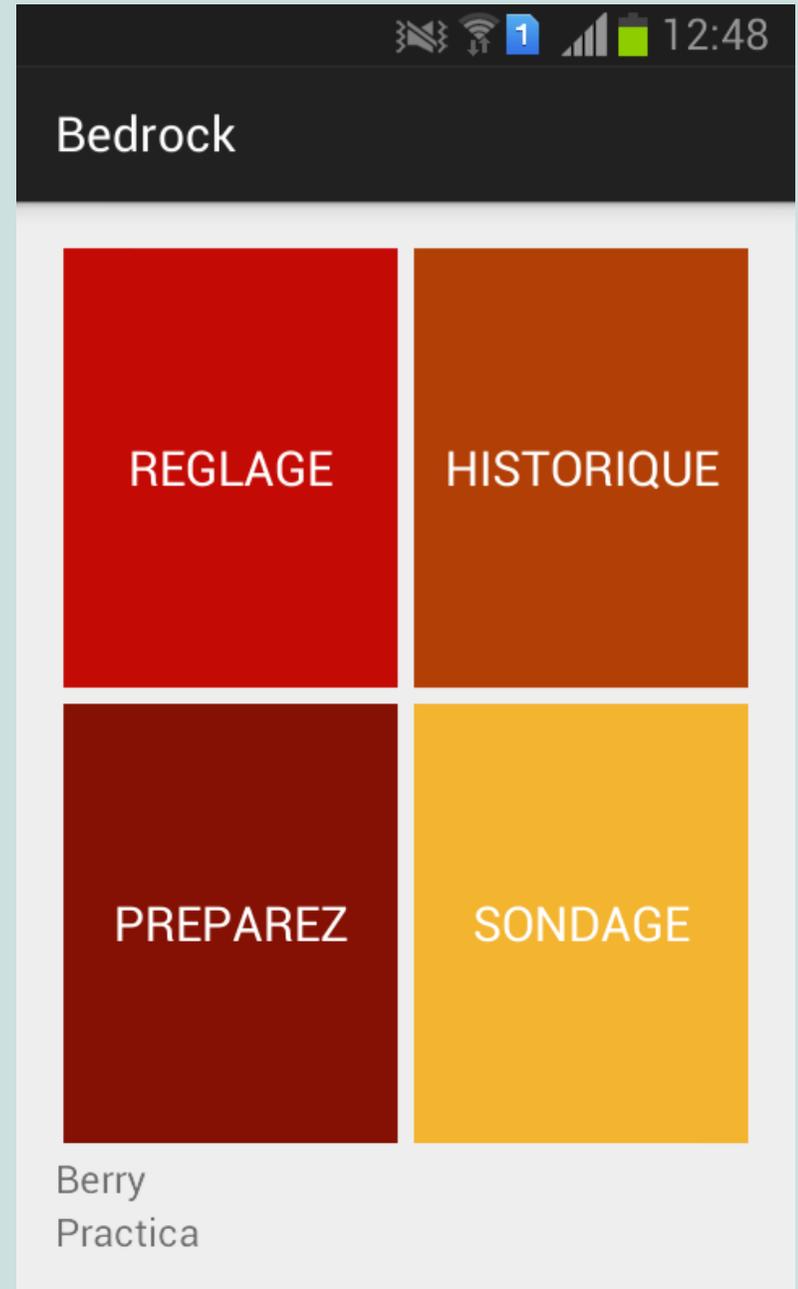
**Montrez résultat** – cela va afficher le résultat de l'interprétation du sondage électrique

**Modifier comme nouveau** – cela va rendre le sondage à nouveau actif



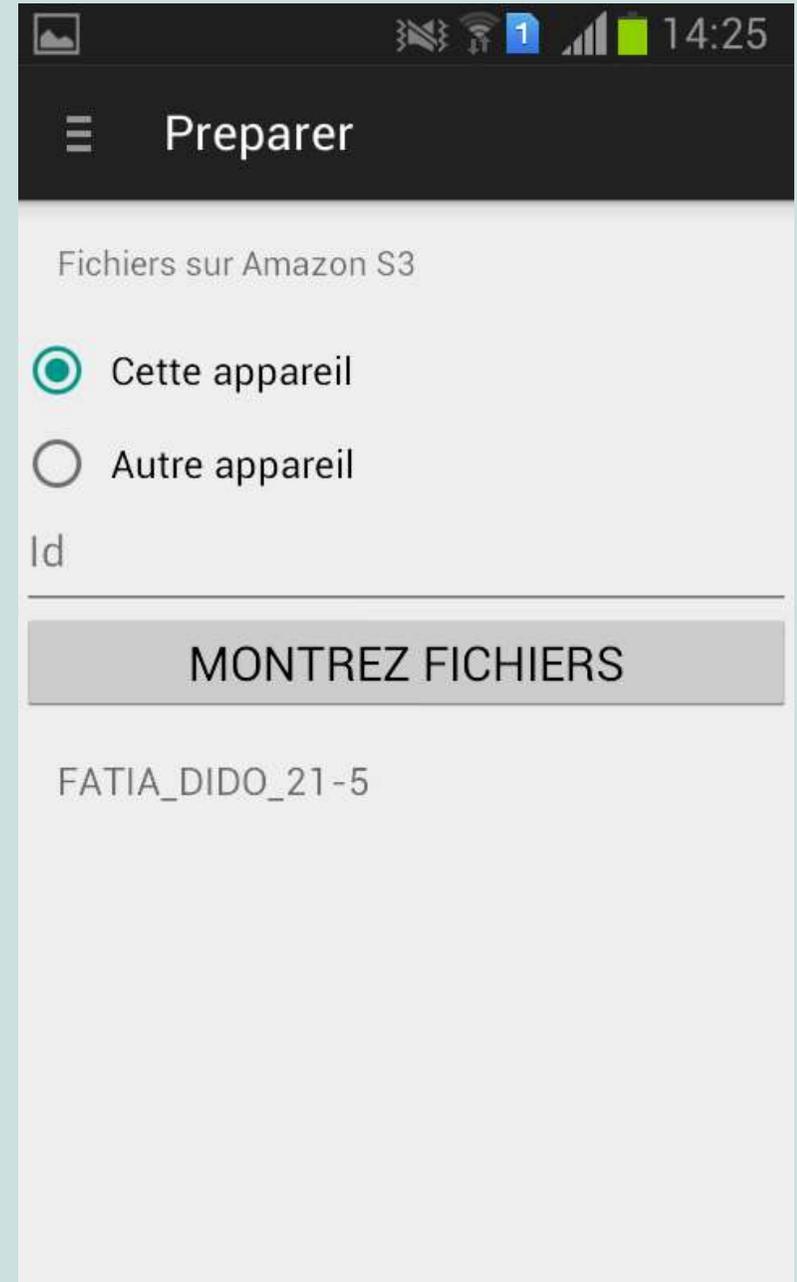
# 3. Préparez

Cette partie est principalement expérimentale, et sera utilisé dans une version future pour fournir des fonctionnalités additionnelles. Pour le moment, il peut être utilisé pour télécharger des données de sondages depuis le serveur central.



### 3.1 Télécharger des données depuis cet appareil

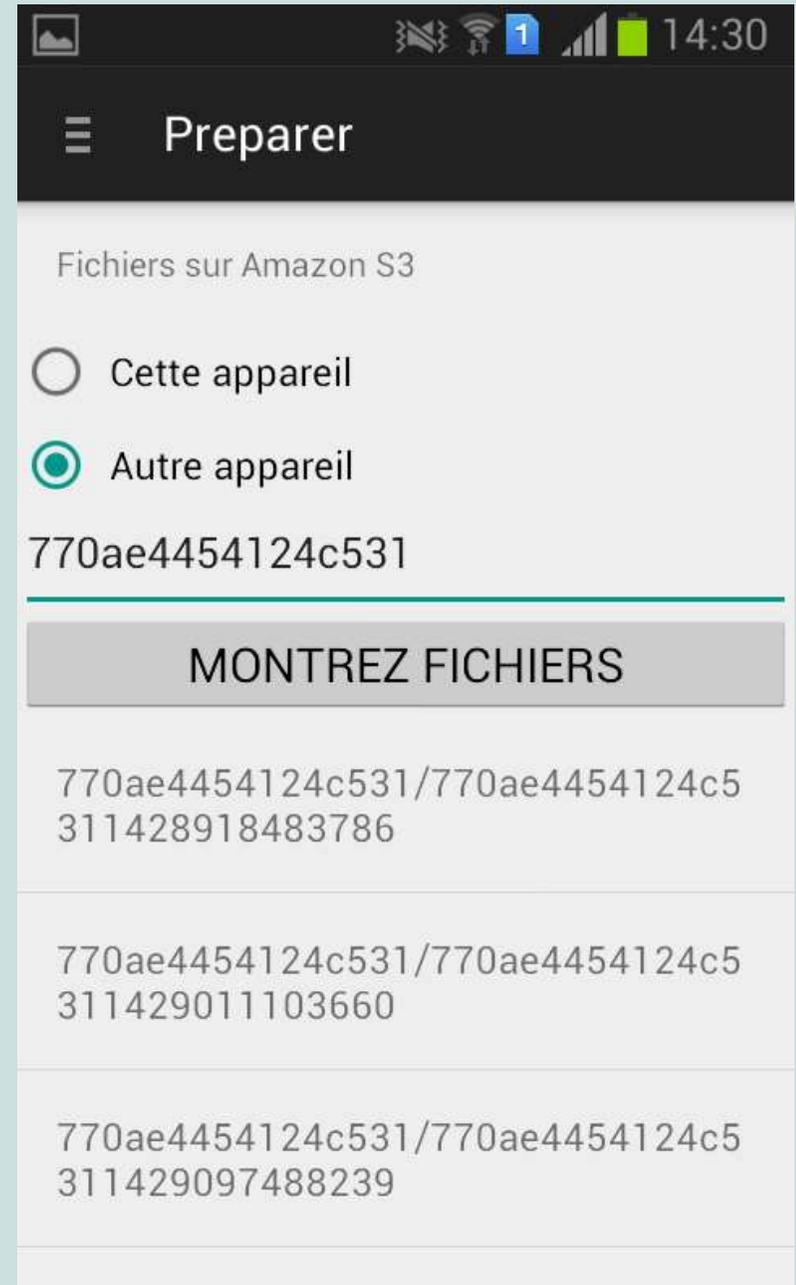
Quand “Cet appareil” est sélectionné, et qu’on appuie sur “Montrez fichiers”, les fichiers présents sur la base de données sont visibles. En appuyant sur l’un des items, les données sont téléchargées et placées dans l’historique. De là, les sondages pourront être affichés.



## 3.2 Télécharger les données depuis un autre appareil

Si “Autre appareil” est sélectionnée, et l’identifiant d’un autre appareil est entré, les données disponibles pour cet appareil seront affichées. L’identifiant de l’appareil est la longue chaîne affichée dans la liste des données en ligne.

Dans une prochaine version, cela sera plus facile.



# 4. Sondage

Quand il n'y a pas de sondage actif, un écran est visible qui suit la création d'un nouveau sondage.

L'application utilise le GPS pour déterminer l'emplacement actuel. Il est recommandé d'allumer le GPS uniquement pendant cette étape. Pour préserver votre batterie, éteignez le GPS après cette étape et mettez votre smartphone en mode avion.

**Localisation GPS** – Lorsqu'on appuie sur "Obtenir l'emplacement", l'application va déterminer l'emplacement actuel. Cela doit être fait au centre du dispositif de mesures.

Ajouter sondage

OBTENIR L'EMPLACEMENT STOP

Lat:  
Lon:  
Acc:

nom

Technique REVERSE

Maths S.v.p. choisir

SAUVEGARDER

Quand l'emplacement est trouvé, le cercle va s'afficher en vert, et les coordonnées seront visibles. La précision de la position en mètres est affichée à l'intérieur du cercle vert.

**Nom** – Mettez comme nom du sondage le numéro d'identification et le nom de la localité.

**Technique** – La méthode pour l'entrée des données. Les options sont: 'simple', 'zéro', ou « courant inversé ». Tout cela est expliqué plus bas.

**Maths** – Le dispositif utilisé pour le sondage: Schlumberger ou Wenner.

Cliquez sur '**Sauvegarder**' pour créer un nouveau sondage.

Ajouter sondage

LOCALISATION TROUVÉE STOP

8

Lat:51.82965688147146  
Lon:4.722770866363385  
Acc:8.0

location 3

Technique SINGLE

Maths WENNER

SAUVEGARDER

## 4.1 Méthodes d'entrée des données

L'application supporte 3 méthodes pour entrer les données: 'simple', 'zéro', ou courant inversé. Si vous suivez la procédure de mesure décrit ci-dessus, il faut sélectionner la méthode '**Zéro**'.

Voici ce que signifient les méthodes:

- Simple [SINGLE] – une seule mesure est effectuée. Cela peut être utilisé lorsqu'on utilise un compensateur, qui compense le potentiel naturel de la terre.

Ajouter sondage

LOCALISATION TROUVÉE

STOP

8

Lat:51.82965688147146  
Lon:4.722770866363385  
Acc:8.0

location 3

Technique SINGLE

Maths WENNER

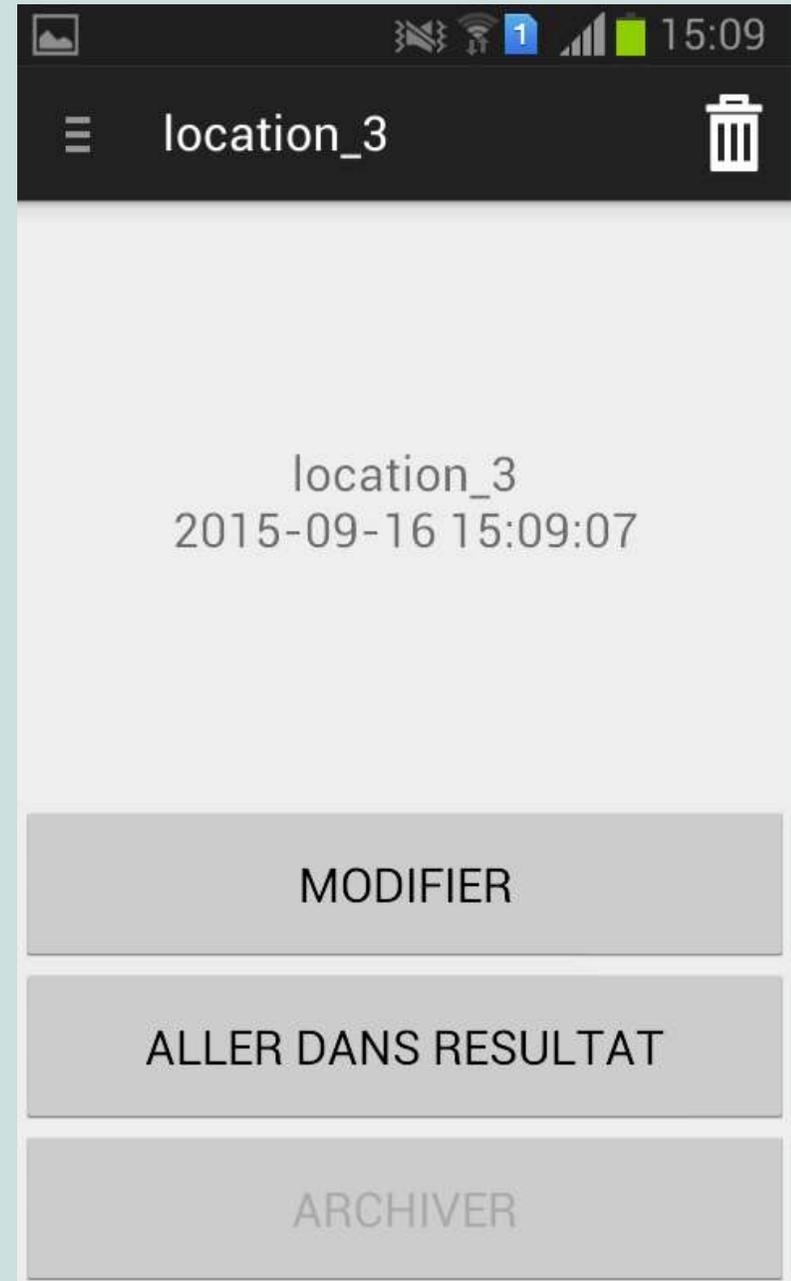
SAUVEGARDER

- **Zéro [ZERO]**– 2 mesures sont prises. La première mesure est la tension mesurée sans courant. C’est le potentiel naturel de la terre. La seconde mesure est la mesure avec le courant. Pour calculer la résistivité apparente, l’application soustrait la première mesure à la deuxième.
- **Courant inversé [REVERSE]** – 2 mesures sont prises. Pour la deuxième mesure, l’équipement doit inverser la direction du courant. Cela peut être utilisé seulement si l’équipement peut inverser aussi la direction de la mesure. Pour calculer la résistivité apparente, l’application additionne les deux mesures, et calcule la moyenne. Pour que les résultats soient validés, tous les signes “moins” doivent être entrés. C’est très facile d’invalider les résultats avec cette méthode lorsque le signe des mesures est méconnu. A utiliser seulement si vous savez ce que vous faites.

## 4.2 Sondage existant

Quand le sondage a été créé, les actions suivantes sont possibles:

- **Modifier** – Ajouter des mesures à ce sondage
- **Aller aux résultats** – Aller à l'analyse des données
- **Archiver** - Archiver les données. Cela est seulement possible après que les données aient été ajoutées, et qu'une analyse ait été faite



## 4.2.1 Modifier

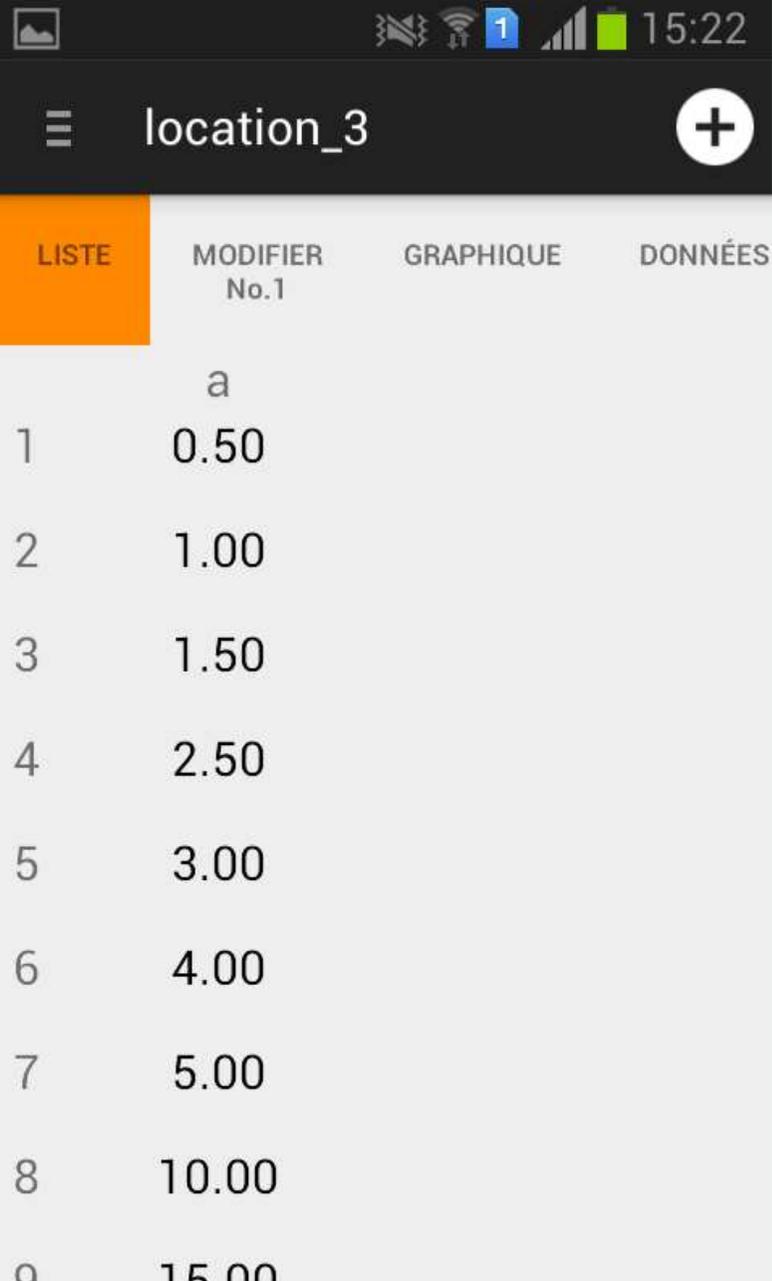
Dans l'écran "Modifier", les mesures peuvent être sauvegardées. Il y a 4 onglets:

**Liste** – liste la position des mesures.

**Modifier** – montre une seule mesure

**Graphique** – montre un graphique de toutes les mesures.

**Données** – montre une liste numérique de toutes les mesures



The screenshot shows a mobile application interface for 'location\_3'. At the top, there is a status bar with icons for signal, Wi-Fi, battery, and the time 15:22. Below the status bar is a dark header with a hamburger menu icon on the left, the text 'location\_3' in the center, and a white plus sign in a circle on the right. Below the header is a white area with four tabs: 'LISTE' (highlighted in orange), 'MODIFIER No.1', 'GRAPHIQUE', and 'DONNÉES'. Below the tabs is a list of measurements. The list has two columns: an index column and a value column. The values are: 'a', '0.50', '1.00', '1.50', '2.50', '3.00', '4.00', '5.00', '10.00', and '15.00'.

	MODIFIER No.1
	a
1	0.50
2	1.00
3	1.50
4	2.50
5	3.00
6	4.00
7	5.00
8	10.00
9	15.00

## Liste

Dans l'onglet "Liste", les positions des mesures sont visibles. Cliquer sur une position pour l'éditer.

Les mesures qui ont déjà été remplies sont cochées en noir. S'il y a un problème avec la mesure, un point d'exclamation rouge est visible.



The screenshot shows a mobile application interface for 'location\_3'. The top status bar displays signal strength, Wi-Fi, a notification for '1', and the time '15:33'. The app header includes a menu icon, the title 'location\_3', and a plus icon. Below the header, there are four tabs: 'LISTE' (highlighted in orange), 'MODIFIER No.15', 'GRAPHIQUE', and 'DONNÉES'. The 'LISTE' tab displays a table of measurements.

	MODIFIER No.15	GRAPHIQUE	DONNÉES
	a		
1	0.50	✓	
2	1.00	✓	
3	1.50	✓	
4	2.50	✓	
5	3.00	✓	
6	4.00	✓	
7	5.00	✓	
8	10.00	✓	
9	15.00	✓	

## Modifier

Dans l'onglet "Modifier", une seule mesure peut être éditée. La valeur défaut pour les distances est affichée :

**a** dans le cas de Wenner,

**AB/2** et **MN/2** dans le cas de Schlumberger,

Les valeurs peuvent être modifiées en cliquant dessus.



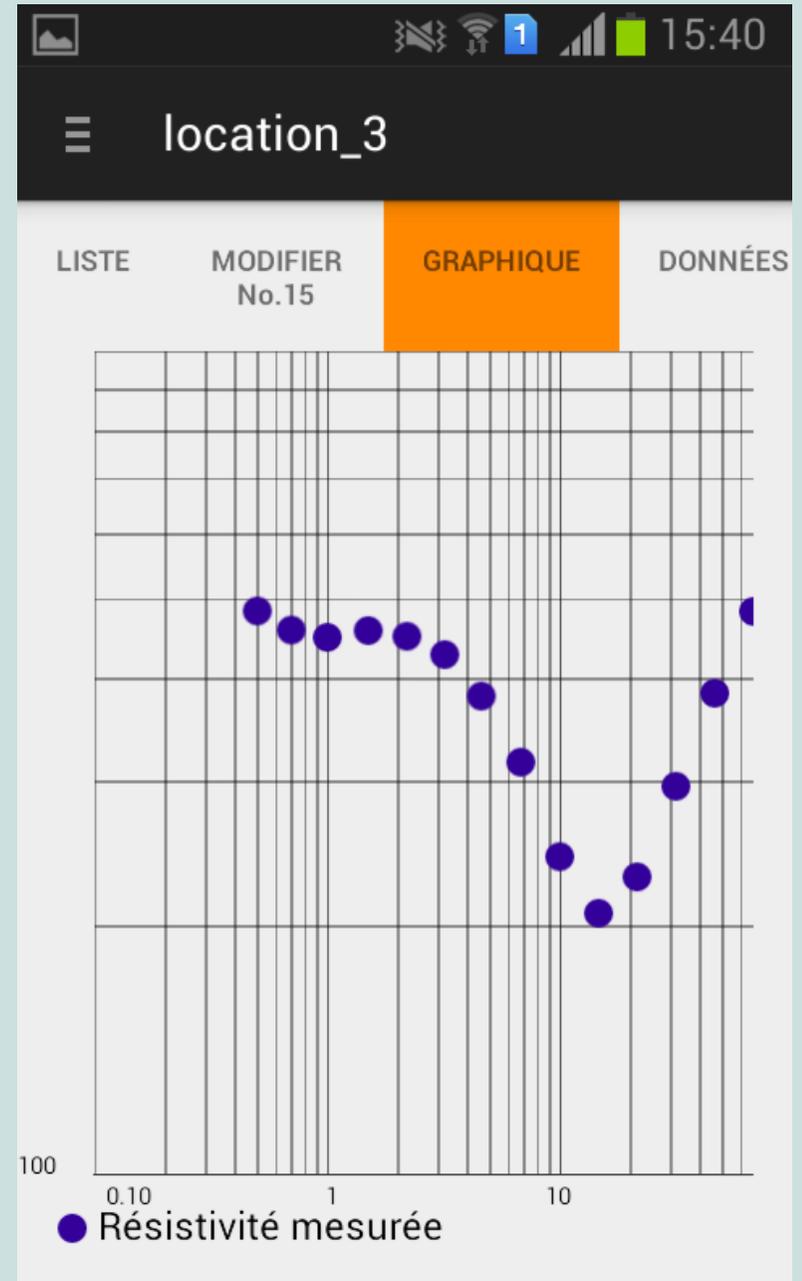
Lorsque les valeurs de tension et d'intensité sont remplies, la résistivité apparente 'Res' est affichée en dessous.

Dans plusieurs cas, l'application va afficher un avertissement. Par exemple, quand la résistivité apparente est très différente de la valeur précédente, cela peut indiquer une erreur de mesure, un avertissement sera donc affiché.



## Graphique

L'onglet "Graphique" montre un graphique des valeurs mesurées. Pendant la prise des mesures, cet onglet est très utile, il peut être utilisé pour vérifier la qualité des données. La courbe doit être lisse, les valeurs aberrantes peuvent être facilement détectées. Souvent, une valeur aberrante sera causée par une valeur incorrecte, par exemple une mauvaise distance, ou les valeurs de tension en volt au lieu de millivolt.



## Données

L'onglet "Données" montre une liste numérique de toutes les mesures, la résistivité apparente incluse.



The screenshot shows a mobile application interface for 'location\_3'. At the top, there is a status bar with icons for signal, Wi-Fi, and battery, and the time 15:40. Below the status bar is a navigation bar with a hamburger menu icon and the title 'location\_3'. The main content area is a table with four columns: 'LISTE', 'MODIFIER No.15', 'GRAPHIQUE', and 'DONNÉES'. The 'DONNÉES' column is highlighted in orange. The table contains 15 rows of data, with the first row being a header row. The data rows show values for 'a', 'mA', 'mV', and 'Res'.

LISTE	MODIFIER No.15	GRAPHIQUE	DONNÉES
a	mA	mV	Res
0.5	6.5	1000.0	483.3
0.7	9.6	1000.0	458.1
1.0	14.0	1000.0	448.8
1.5	20.6	1000.0	457.5
2.2	30.7	1000.0	450.3
3.2	47.0	1000.0	427.8
4.6	75.9	1000.0	380.8
6.8	135.0	1000.0	316.5
10.0	258.6	1000.0	243.0
14.7	445.5	1000.0	207.3
21.5	588.5	1000.0	229.5
31.6	671.2	1000.0	295.8
46.4	759.5	1000.0	383.9
68.1	886.3	1000.0	482.8
100.0	1070.4	1000.0	587.0

## 4.2.2 Aller aux résultats

Dans l'écran "Aller aux Résultats", les données peuvent être analysées. D'abord, sélectionner le nombre de couches que vous attendez avoir, et appuyer sur 'Calculer le résultat'. Cela va analyser les données, et les valeurs de calcul pour l'épaisseur et la résistivité des couches qui correspondent au mieux aux données mesurées. Pour chaque couche, il essaie un certain nombre de conditions de démarrage, afin d'améliorer les chances de trouver une bonne solution. Après que l'analyse soit complète, l'épaisseur et la résistivité des couches sont visibles.

The screenshot shows a mobile application interface for geophysical data analysis. At the top, there is a status bar with icons for signal strength, Wi-Fi, and battery, along with the time 15:44. Below the status bar is a header with a hamburger menu icon and the text "location\_3". The main content area features a dropdown menu labeled "Nombre de couches" with the value "3" and a downward arrow. Below this is a table with two columns: "profondeur (m)" and "résistivité". The table contains three rows of data, each with a range of depths and a corresponding resistivity value. To the right of each resistivity value is a lock icon, indicating that the results are locked. At the bottom of the screen, there are two buttons: "CALCULER LE RESULTAT" and "MONTREZ RESULTATS".

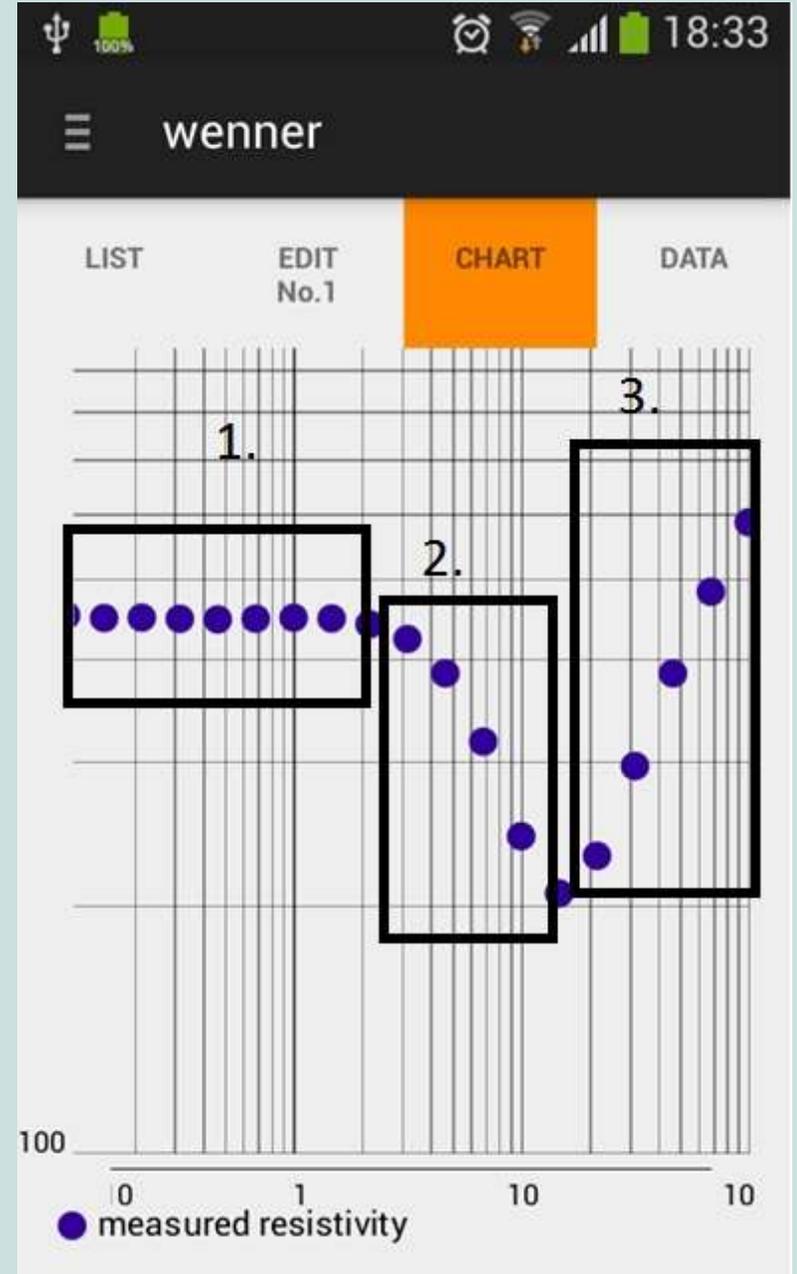
profondeur (m)	résistivité
0,00 - 5,1	463
5,1 - 15	102
> 15	950

## Sélectionner le nombre de couches

Le nombre de couches utilisé dans le calcul a une grande influence sur le résultat de l'interprétation.

Pour bien sélectionner le nombre de couches; il faut suivre le graphique. Si la courbe change de direction cela indique qu'il y a une autre couche. Dans l'exemple à côté il faut sélectionner 3 couches.

Il est recommandé de limiter l'usage des modèles de 4 ou 5 couches, car le résultat sera moins fiable.



## Valeurs verrouillées

Dans plusieurs cas, il est préférable de verrouiller la valeur de résistivité pour une certaine couche. Par exemple, on peut connaître la résistivité de la couche la plus profonde. Les valeurs de résistivité peuvent être verrouillées en cliquant sur l'icône du cadenas. Les valeurs peuvent être éditées en cliquant sur la valeur. Lorsqu'on appuie sur "Calculer le résultat", les valeurs qui sont verrouillées seront maintenues constantes.

location\_3

Nombre de couches 3

profondeur (m)	résistivité	
0,00 - 5,1	463	
5,1 - 15	102	
> 15	950	

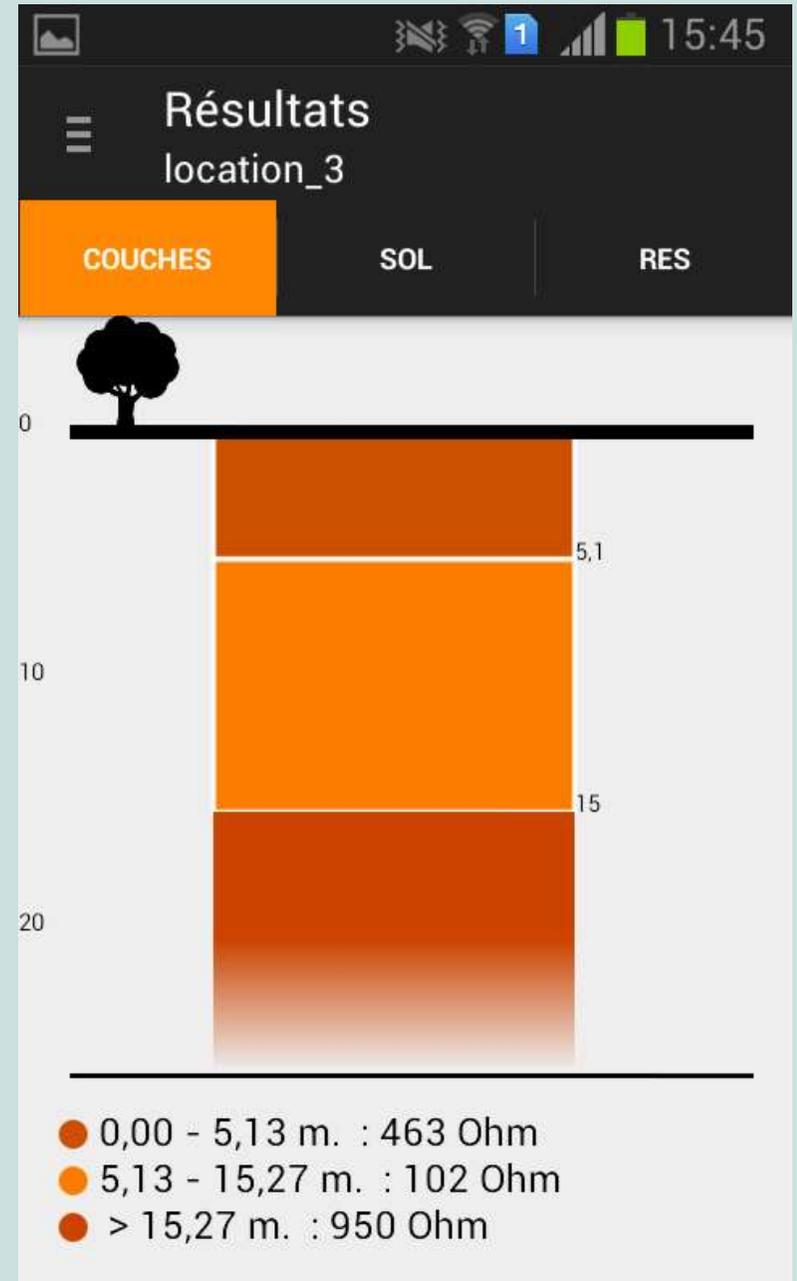
CALCULER LE RESULTAT

MONTREZ RESULTATS

Après avoir appuyé sur “Montrez résultats”, 3 onglets sont disponibles: 'Couches', 'Sol', et 'Rés'. Chacun d’entre eux montre une visualisation différente des résultats. Les onglets sont décrits ci-dessous.

#### 4.2.2.1 Couches

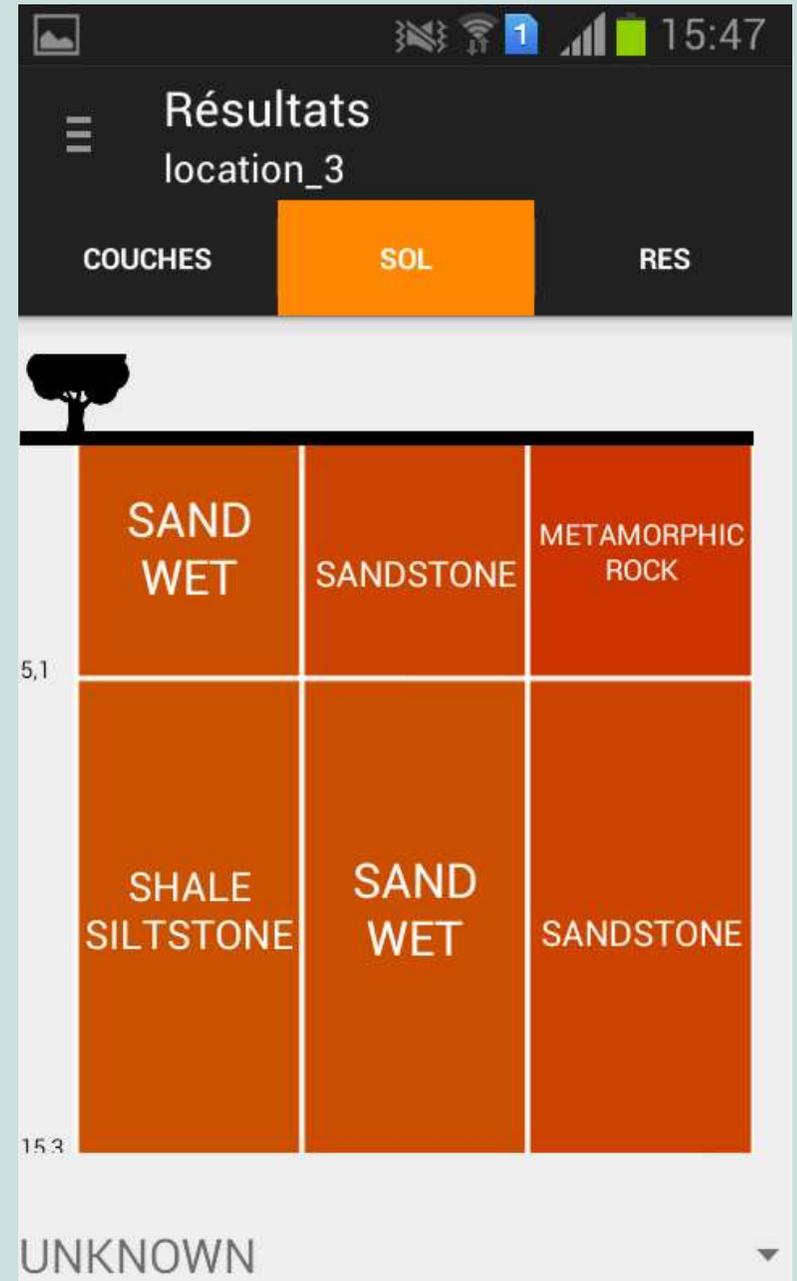
L’onglet ‘Couches’ montre une visualisation des couches du sol. La couleur de la couche représente sa résistivité : plus la couleur est sombre et plus la résistivité est élevée. On peut aussi voir une indication de la profondeur des couches (voir ci-contre). En dessous, une légende est visible avec la profondeur des couches, et les résistivités.



## 4.2.2.2 Sol

L'onglet "Sol" montre une visualisation différente des couches. Pour chaque couche, plusieurs types de sols sont visibles puisque la résistivité calculée peut tomber dans plusieurs gammes de résistivité de types de sols.

Si vous avez créé un profil de sol, vous pouvez le sélectionner dans le menu déroulant en bas.



### 4.2.2.3 Rés

L'onglet 'Rés' (résistivité) affiche un graphique qui combine les résistivités mesurées et les résistivités calculées par le modèle. La courbe bleue représente la résistivité mesurée. La courbe rouge est la résistivité calculée par le modèle. La courbe verte représente les valeurs de résistivité des couches à différentes profondeurs. On peut zoomer sur le graphique en utilisant 2 doigts.

Faites attention du fait que l'application ne montre pas les couches et profondeurs exactes. L'interprétation par des experts est indispensable (voir chapitre E).



# E. Interprétation avancée

Ce chapitre donne des clés aux experts pour l'interprétation des données qui ont été collectées et archivées en utilisant le kit de sondage et l'application Bedrock. Ce chapitre n'est pas exhaustif et est encore en phase de développement. Une version complémentaire est prévu début 2017.

Soyez conscient que l'expérience de l'expert qui fait l'interprétation des données est le facteur le plus déterminant pour la qualité de l'analyse des sondages électriques. L'application Bedrock n'est qu'un outil pour faciliter l'interprétation mais il ne peut pas se substituer à l'analyse d'un expert.

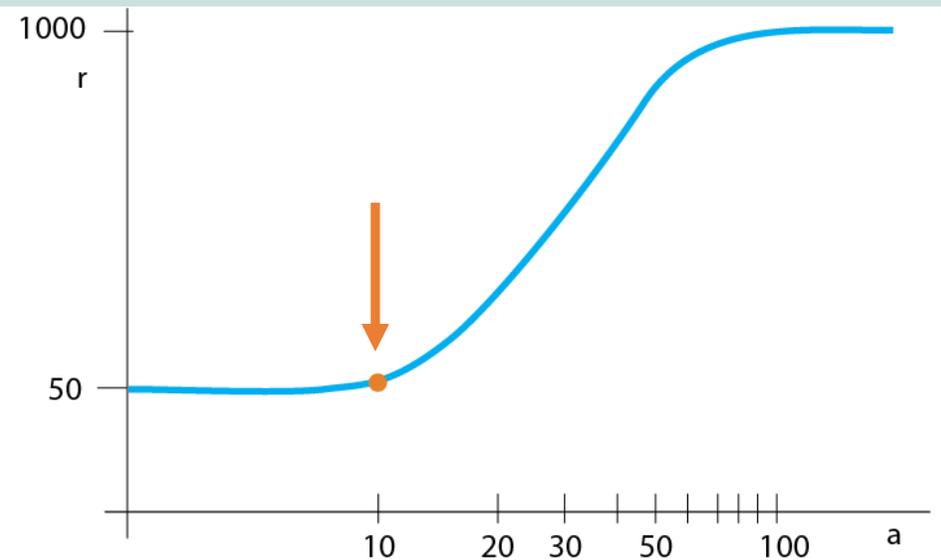
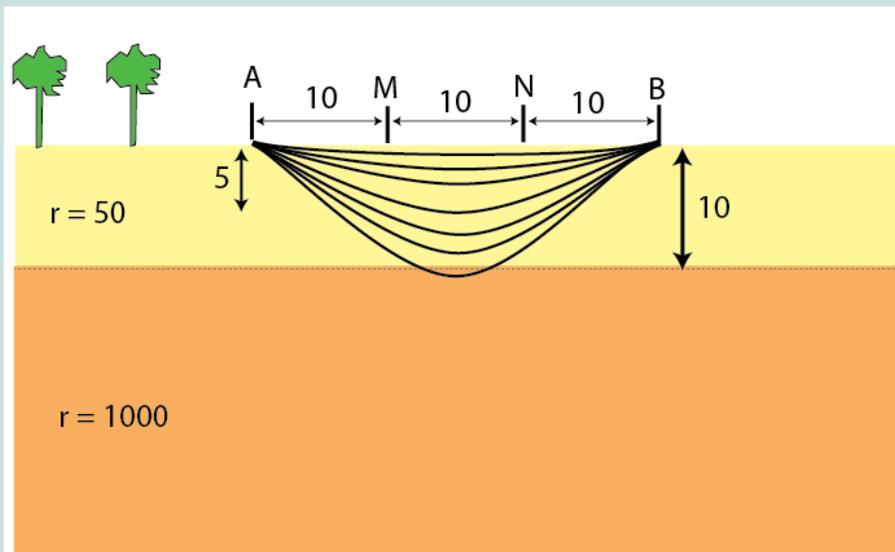
# E1. Relation distance (a) et profondeur

Les pages suivantes illustrent la profondeur de mesure correspondante à la distance entre les électrodes “a”. Trois images montrent le même profil du sol composé de deux couches: une couche de surface avec une résistivité faible (50 Ohm-m) et une deuxième couche avec une résistivité élevée (1000 Ohm-m). À chaque image, la distance entre les électrodes “a” ainsi que la profondeur de mesure sont agrandies. Le point en orange dans la graphique indique la résistivité mesurée (résistivité apparente) pour la distance des électrodes.

Le courant se déplace dans le sol comme un faisceau de lignes. C’est pourquoi la résistivité apparente indique une valeur moyenne de toutes les couches traversées; au lieu d’une résistivité d’une couche spécifique à une profondeur particulière.

## Distance $a = 10$

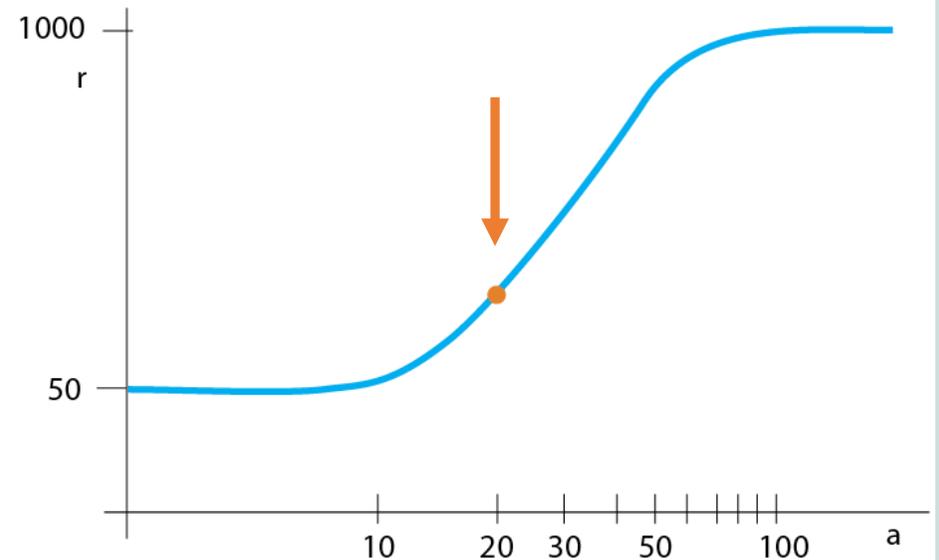
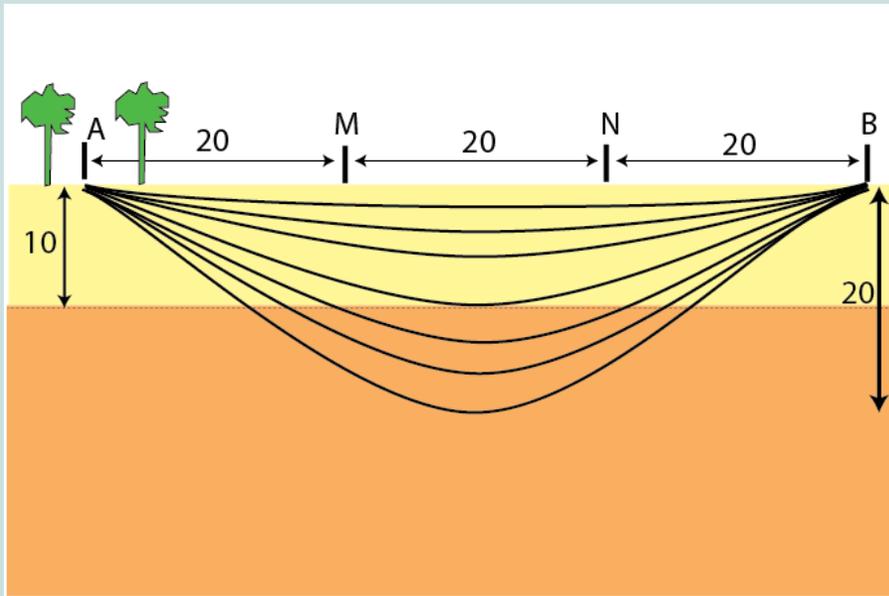
Dans cette image la ligne la plus profonde du faisceau de courant touche à peine la deuxième couche de sol. C'est sur ce point où la graphique commence à changer sa pente. La profondeur à laquelle commence la nouvelle couche est égale à " $a$ ", ce qui correspond à 10m dans l'exemple ci-dessous. Le fait que la résistivité à la première partie du graphique soit constante (horizontale), indique que les premiers 10 mètres du sol de la surface sont homogènes et que la résistivité de cette couche est égale à 50 Ohm-m.



## Distance $a = 20$

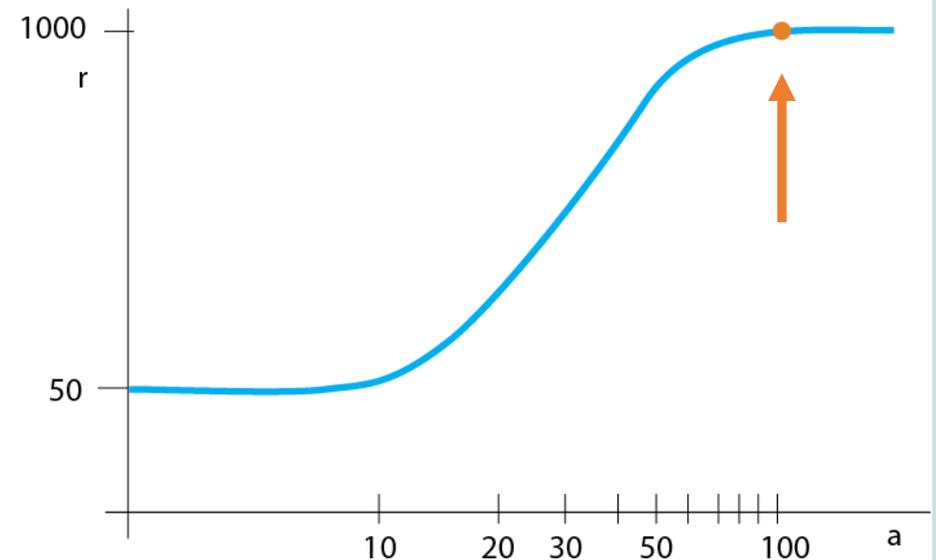
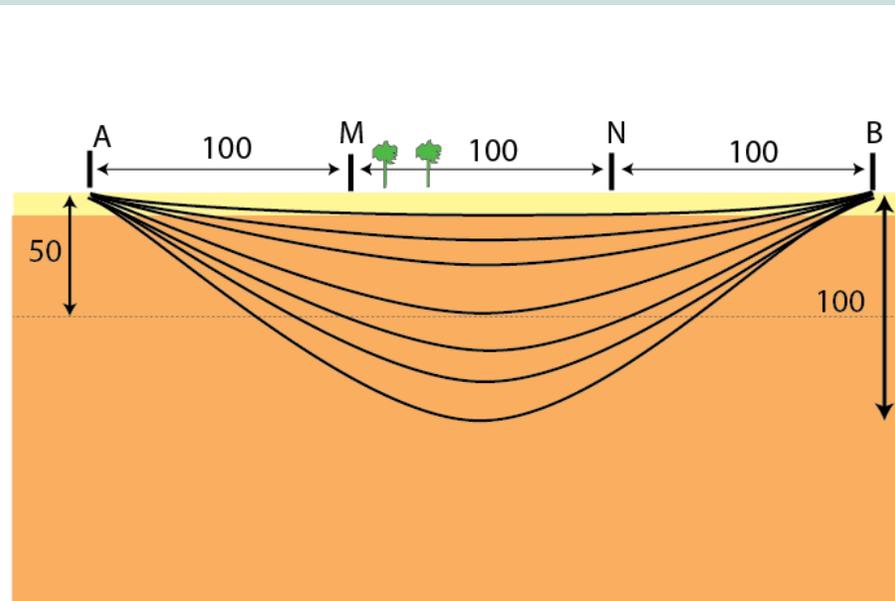
Quand on agrandit le “ $a$ ”, la profondeur de mesure s’accroît également. Sur cette image une partie plus importante du faisceau de courant traverse la deuxième couche de sol. Comme la résistivité de la deuxième couche est supérieure à 50 Ohm-m, la résistivité apparente s’accroît.

En entrant dans une couche de sol caractérisée par une résistivité beaucoup plus faible ou élevée, le graphique baisse où monte de 45 degrés. Finalement (voir prochaine page) le graphique montrera une asymptote, ce qui implique que la pente diminue graduellement vers zéro degrés (ligne horizontale).



## Distance $a = 100$

Cette image montre le même profil de sol pour une distance entre les électrodes encore plus grande; et donc une profondeur également plus grande. On a atteint l'asymptote parce que la profondeur s'est agrandie d'une telle ampleur que la partie de courant qui passe par la première couche est devenue négligeable. La résistivité apparente à l'asymptote indique la résistivité réelle de la deuxième couche de sol (voir graphique: 1000 Ohm-m).



# E2. Interprétation du graphique

Il est recommandé de baser votre analyse principalement sur l'interprétation du graphique. L'analyse fait par l'application Bedrock n'est qu'un outil pour faciliter cette interprétation (en présentant les résultats de plusieurs modèles mathématiques pour que vous puissiez comparer les différentes options).

- Un changement de la pente de la graphique indique le début d'une nouvelle couche à une profondeur qui est environ égal à "a".
- Une exception de cette règle est quand le graphique atteint la valeur d'une asymptote. Dans ce cas le changement de la pente n'indique pas une nouvelle couche mais résulte uniquement du fait que la résistivité mesurée est complètement déterminée par la couche la plus profonde.
- Si l'asymptote n'est pas totalement atteinte, on pourra prévoir la résistivité par extrapolation (voir chapitre D - 4.2.2). Cette méthode est valable quand on dispose d'informations de sondages réalisés antérieurement dans la zone.

# F. Calibration locale

Si vous ne connaissez pas la zone de sondage, il est important de collecter les données sur l'hydrogéologie avant de commencer.

## **Étape 1: Collecter les données locales et décidez: Sondage Oui/Non**

Une analyse des cartes de géologie, des profils lithologiques, des observations du terrain et des entretiens avec les communautés est nécessaire pour répondre aux questions suivantes:

- Quelle est le niveau statique d'eau?
- Quelle est la profondeur du socle?
- Quelle est la lithologie? Quelles sont les variations dans la zone?
- Quelles couches et résistivités peut-on s'attendre?

Basé sur cette analyse on peut décider si un sondage est nécessaire ou non.

Les résistivités des différentes couches coïncident souvent (voir chapitre B). Pour diminuer la gamme des types de sol potentiels et pour vérifier la fiabilité des sondages à venir, on peut mesurer la résistivité pour des profils de sol connus.

## **Étape 2: Sondages sur des puits avec des couches connues**

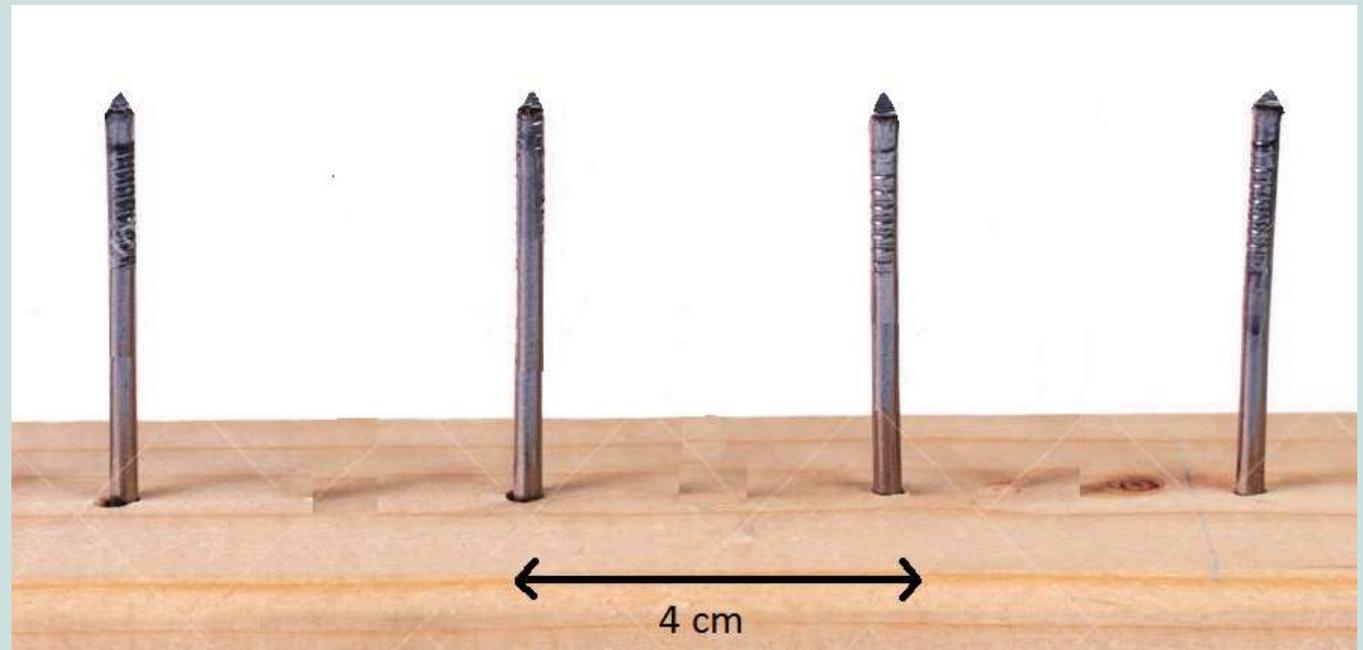
Cherchez un puits ou forage où vous connaissez la lithologie; ou demandez aux villageois de décrire les couches et leur profondeur remarquées pendant la construction du puits.

Ensuite, à côté du puits, faire un sondage et une interprétation complète comme décrit au chapitre C et D. Essayez de lier les résistivités mesurées avec les couches décrites.

### Étape 3: Un Mini Wenner sur des 'couches typiques'

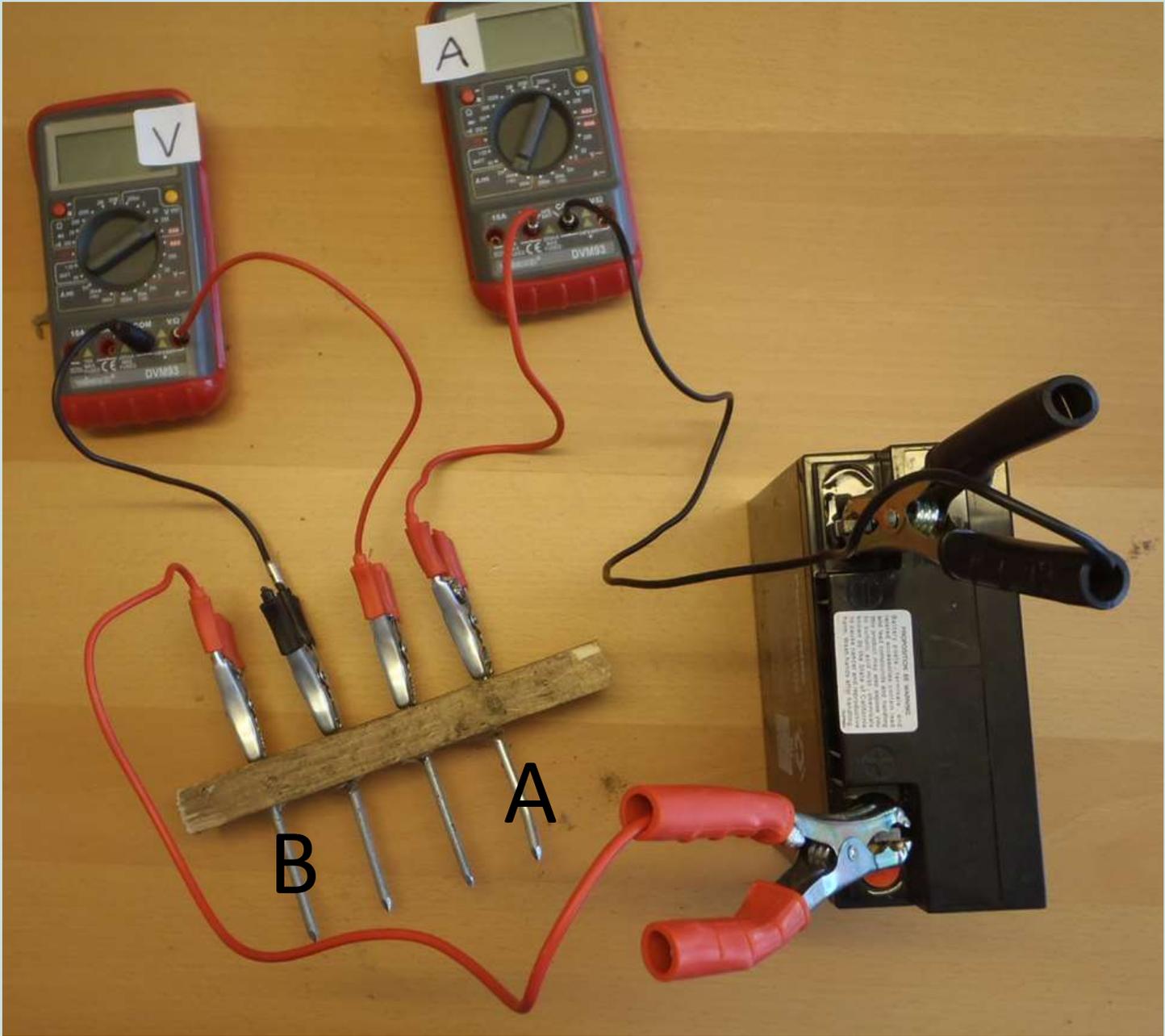
Vérifiez les résistivités locales obtenues par étape 2 en réalisant quelques mesures directes dans des couches de sols ouvertes. Des couches ouvertes pourront être trouvées là où il y a des travaux de terrassement ou des puits traditionnels. Notez que le niveau de saturation en eau déterminera largement le résultat.

Le mini Wenner c'est une méthode pour réaliser ce type de mesures; en utilisant des clous inox de 10-15 cm de longueur pour  $a = 0,04$  et  $a = 0,10$  m.



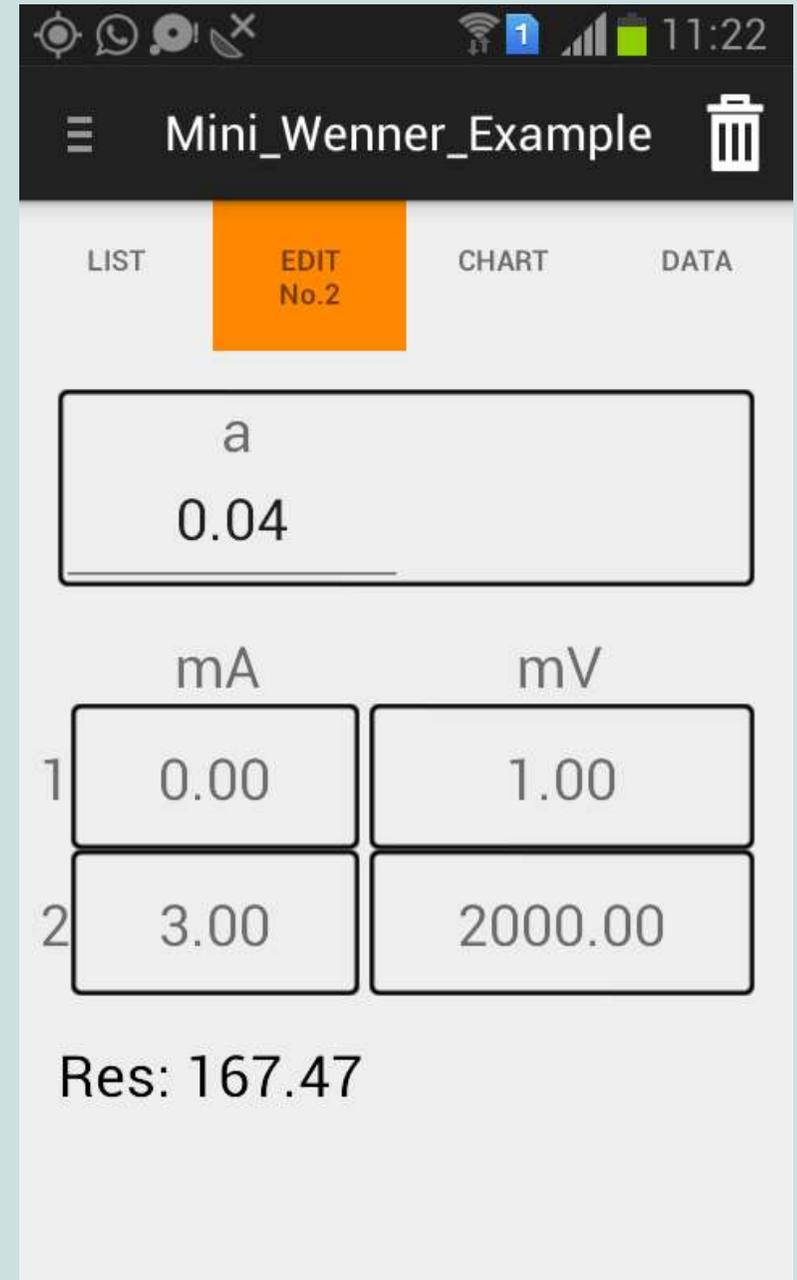
## La procédure d'un Mini Wenner

1. Enfoncez les clous dans la couche de sol.
2. N'utilisez pas l'onduleur ni la boîte de résistivité.
3. Connectez les clous du milieu au voltmètre.
4. Connectez l'ampèremètre à l'électrode A et au pôle négatif de la batterie (voir la photo suivante).
5. Prenez une mesure zéro.
6. Connectez l'électrode B au pôle positif de la batterie. Maintenant le courant circule dans le circuit tout de suite!
7. Notez l'intensité et la tension. Ensuite déconnectez le câble venant du pôle positif de la batterie.



## Mini Wenner procédure

- Ouvrez l'application Bedrock et commencez un nouveau sondage. Sélectionnez la méthode Wenner et Zéro.
- À l'écran 'Modifier' cliquez sur le bouton (+) pour ajouter  $a = 0.04$
- Introduisez le voltage et l'ampérage mesuré pour  $a = 0.04$ .
- La résistivité apparente (Res) est égal à la résistivité de la couche typique.
- Répétez la procédure en utilisant une planche avec des clous à 10 cm de distance ( $a = 0.1$ ). La Res devrait être à peu près égale.

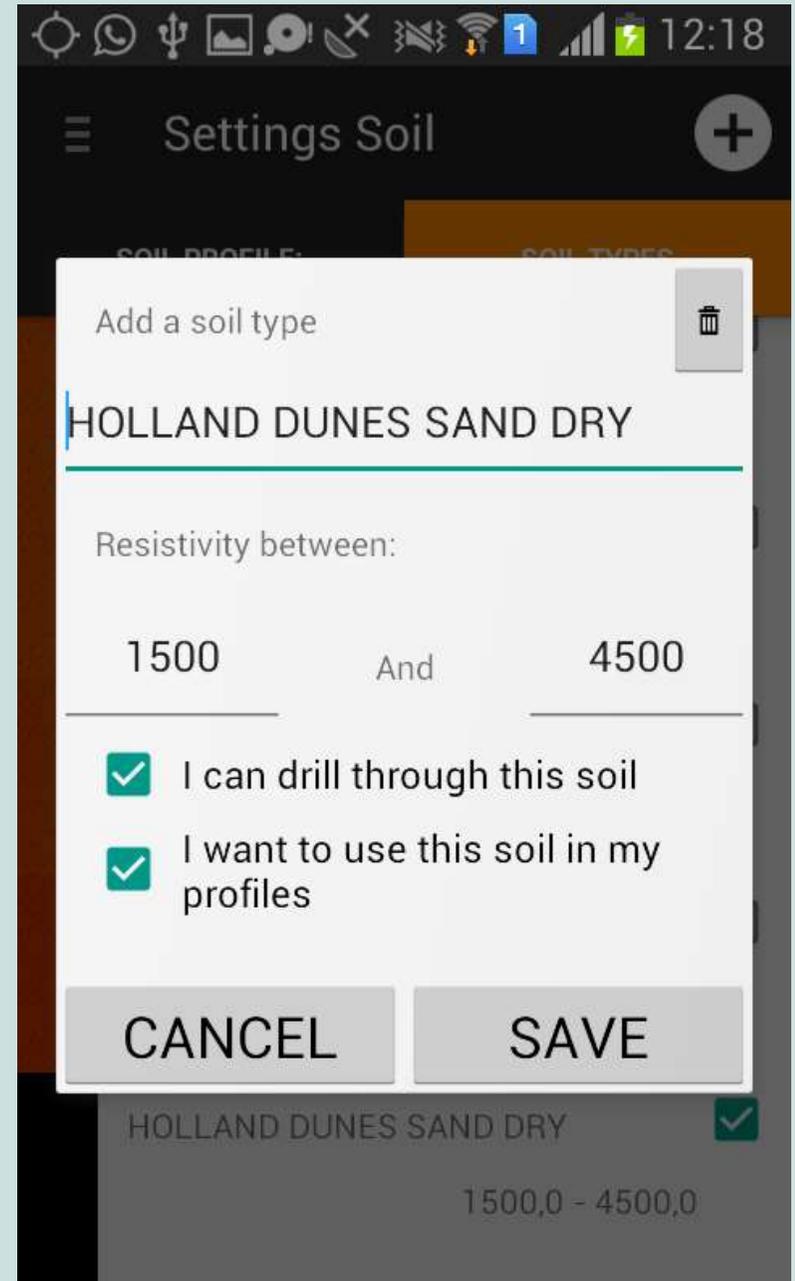


## Étape 4: Ajouter des données locales à Bedrock

S'il y a une résistivité qui revient souvent pendant vos sondages et mini-wenners; vous pourrez l'ajouter comme type de sol local dans l'application Bedrock.

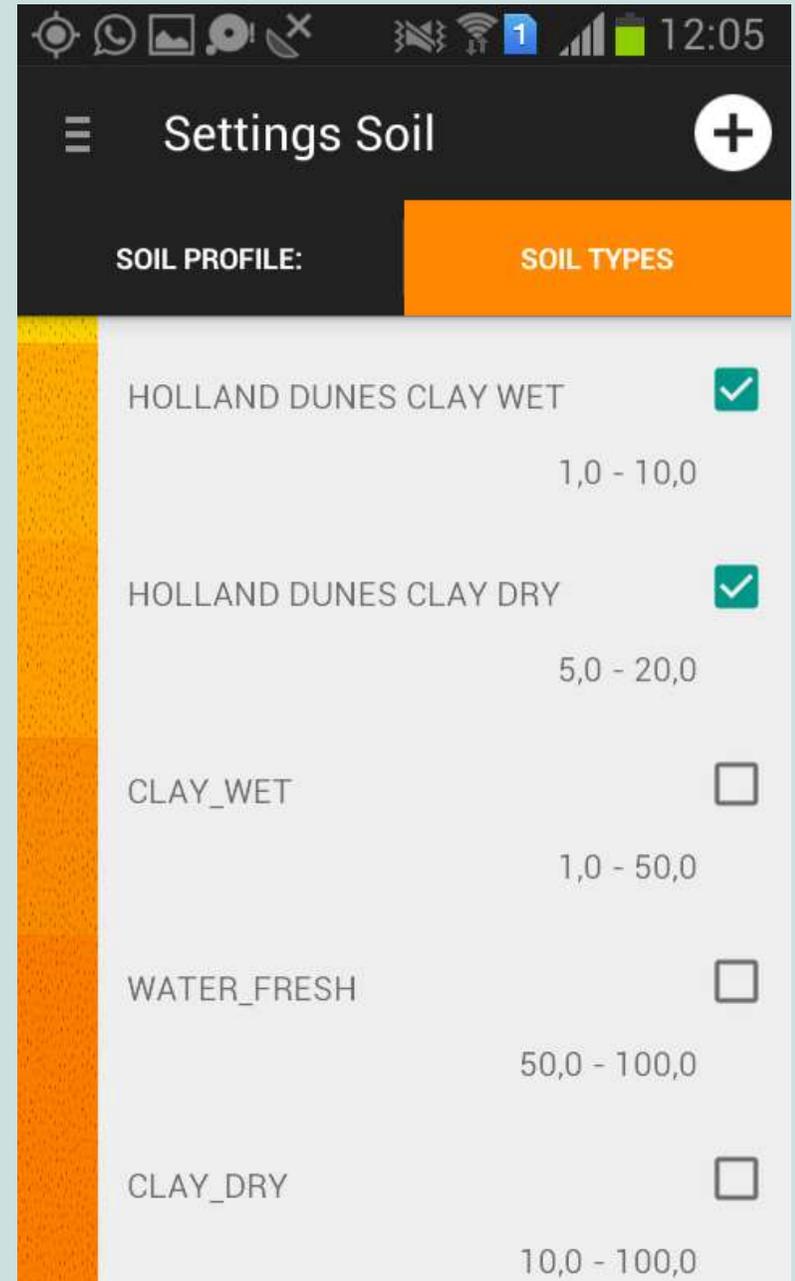
1. Cliquez sur Réglage; Paramètres sol; Types de sol.
2. Cliquez sur le bouton + pour ajouter une couche de sol mesuré. Utilisez la location est le type de sol dans le nom de la couche.

Il est recommandé d'introduire une gamme de résistivité assez large pour permettre des variations sur le degré d'humidité et d'altération du sol.



3. Après avoir ajouté les types de sol; contrôlez que les couches locales sont cochées.
4. En ajoutant plus de types de sols locaux et en l'ajustant continuellement vous pourrez adapter le résultat de l'onglet 'Sol' sous 'Résultats' (chapitre D-4.2.2.2) à une zone spécifique.

Néanmoins, il faudrait baser l'analyse surtout sur l'interprétation du graphique. L'onglet 'Sol' est une façon de montrer les résultats aux clients; plutôt que d'offrir un outil d'interprétation.



# F. Résolution des problèmes

Ce chapitre explique l'identification et des solutions possibles pour quelques problèmes fréquentes:

- A. Problèmes avec les valeurs indiquées par le multimètre
- B. Erreur de l'onduleur (souvent exprimé par signal sonore)
- C. L'application ne fonctionne pas.

# A. Problèmes avec le multimètre

Il y a quelques problèmes fréquentes:

1. Le multimètre indique -1 or 1
2. Les valeurs ne sont pas stable
3. Les valeurs sont trop basses

## 1. Le multimètre indique -1 or 1

Cela veut dire qu'il y a une erreur de calibration. Soyez conscient que la valeur mesurée devrait être moins de l'échelle choisie, mais plus grande que l'échelle en dessous.

Exemple: Si la valeur mesurée est 500 mV; c'est moins de 2000 mV et plus de 200 mV. Donc il faut choisir l'échelle de 2000 mV.



## 2. Les valeurs ne sont pas stables

Les valeurs peuvent changer sans cesse à cause des tensions naturelles dans le sol et des processus de 'polarisation'. Pour minimiser l'erreur qui en résulte, il faut limiter à quelques secondes le délai entre la mesure zéro et la mesure de courant.

S'il y a des grandes variations chaotiques; il peut y avoir un problème de connexion. Utilisez le mode de résistance dans le multimètre pour vérifier les connexions dans le circuit (voir photo). Souvent les multimètres produisent un signal sonore si la connexion est bonne.



### 3. Les valeurs sont trop basses

Si le voltage effectif (voir chapitre C6) est au-dessous de 10 mV, la mesure n'est plus fiable. Il y a 4 causes possibles.

Vérifiez-les dans l'ordre suivant:

#### **Le multimètre affiche la valeur en Volt**

Si la calibration est changé de 200mV à 2V, la valeur est affichée en Volt au lieu de millivolt (voir photo). Dans ce cas il faut multiplier la valeur par 1000.

#### **Manque de contact entre l'électrode et le sol**

Ceci peut être résolu en versant de l'eau (salée) sur les électrodes.



## Puissance basse

Contrôlez l'équipement pour vérifier si la puissance de sortie est suffisante:

1. Mesurez le voltage et l'ampérage qui sortent de la boîte de sondage. Les valeurs devraient être environ 250 Volt DC et 1.3 Amp DC.
2. Si les valeurs sont plus basses; mesurez le voltage de l'onduleur. Ceci doit être environ 230 Volt AC.
3. Vérifiez le voltage de la batterie: environ 12 Volt DC.



## **Limite de la capacité du kit atteinte**

Quand les distances (a) entre les électrodes sont grandes; vous pouvez atteindre la limite de la capacité du kit de sondage. Vous pouvez continuer vos mesures; mais les résultats seront moins fiable si le voltage effectif se trouve en dessous de 10 mV.

Après l'introduction des données dans l'application: vérifiez si la courbe est lisse. Si les mesures avec des bas voltages effectifs se trouvent isolées (ne suivant pas la courbe) vous pouvez les enlever.

## **B: Erreur de l'onduleur**

L'onduleur peut indiquer une erreur (par exemple par un signal sonore) s'il y a une surchauffe ou un court-circuit.

### **Surchauffe**

Laisse l'onduleur se refroidir. Assurez-vous qu'il est bien positionné à l'ombre.

### **Des couches très conductrices**

Si le sol à la surface est très conducteur (résistivité très basse) le courant peut devenir très élevé et ainsi surcharger l'onduleur (et brûler la fusible de 200 mA de votre multimètre). Ce phénomène se passe souvent dans les sols saturés ou argileux. Si le sol est trop conducteur il faut utiliser le circuit 'batterie uniquement' (voir chapitre C4).

### **Court-circuit dans l'équipement**

Si l'erreur de l'onduleur persiste même quand le courant est bas (moins de 200 mA mesuré pendant le sondage) il faut demander à un électricien d'ouvrir la boîte de sondage et de vérifier le circuit.

## C: L'app Bedrock ne marche pas

Si l'application Bedrock ne marche pas; suivez les actions suivantes en commençant par 1.

1. Redémarrez votre smartphone – essayez de nouveau
2. Supprimez le sondage actif et commencez un autre– essayez de nouveau
3. Essayez d'envoyer vos données sur le serveur. Supprimez et réinstallez l'application– essayez de nouveau
4. Consultez [info@practica.org](mailto:info@practica.org)



## C2: Difficulté de capter la localisation GPS

Il est essentiel de capter la localisation GPS au début de chaque sondage. Avant il faut redemarrer le smartphone pour que le GPS fonctionne. En plus il est recommandé de télécharger l'application suivante:

GPS Status & Toolbox

Téléchargez:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eclipsim.gpsstatus2>

Manuel d'utilisation (en Anglais):

<http://mobiwia.com/gpsstatus>

L'application indiquera si votre GPS marche bien et améliorera sa performance. En plus c'est un outil pour mesurer l'altitude (par exemple pour comparer l'altitude du sondage à celle du niveau de la nappe d'eau).





PRACTICA Foundation  
Geulweg 16  
3356LB Papendrecht  
The Netherlands

Tel. +31 786 150 125

[www.practica.org](http://www.practica.org)

[www.facebook.com/practicafoundation](https://www.facebook.com/practicafoundation)