

# Table des matières

<b>Préface</b> . . . . .	9
André MARIOTTI	
<b>Chapitre 1. Introduction et généralités</b> . . . . .	13
1.1. Introduction : pour qui est ce livre ? . . . . .	13
1.1.1. Qu'est-ce que la géophysique appliquée (ou de subsurface) ? . . .	14
1.1.2. L'esprit de ce livre : des méthodes abordables, sur les plans technique et financier . . . . .	16
1.1.3. Un exemple pour commencer . . . . .	17
1.1.4. Du traçage des cartes en isovaleurs . . . . .	20
1.2. Méthode directe, méthode inverse . . . . .	20
1.3. Échantillonner les grandeurs sur la surface du sol, et pour quelle résolution dans le sous-sol ? . . . . .	26
1.3.1. Généralités sur les protocoles de mesure . . . . .	26
1.3.2. La question de la maille de mesure. . . . .	28
1.3.2.1. Premièrement : la méthode . . . . .	28
1.3.2.2. Deuxièmement : la profondeur d'investigation et le volume représentatif « vus » par les dispositifs . . . . .	29
1.3.2.3. Troisièmement : les longueurs d'onde ou tailles des anomalies attendues. . . . .	31
1.3.2.4. Quatrièmement : recherche d'un compromis résolution-durée de prospection . . . . .	31
1.3.3. La question du géoréférencement . . . . .	32
1.3.4. Les modes cartographiques de prospection : point par point, <i>walking</i> ou drones . . . . .	32
1.4. Adéquation des méthodes aux cibles . . . . .	36

<b>Chapitre 2. Méthodes électriques à courants continus . . . . .</b>	<b>37</b>
2.1. De l'électricité utilisée en géophysique . . . . .	37
2.1.1. Le courant dans les sols . . . . .	37
2.1.2. La résistivité . . . . .	39
2.1.3. Séparation des conductivités volumiques et de surface . . . . .	43
2.2. Résistance de prise de terre . . . . .	44
2.2.1. Première approche avec des électrodes hémisphériques . . . . .	44
2.2.2. Électrodes réalistes : piquets métalliques . . . . .	46
2.3. Le dispositif de base en prospection électrique . . . . .	47
2.3.1. Étape 1 : quel est le potentiel à la distance ( $r$ ) de l'électrode ? . . . . .	48
2.3.2. Étape 2 : donner un peu plus de sens à l'électrode « ponctuelle » . . . . .	50
2.3.3. Étape 3 : mettre en place toutes les électrodes, deux pour l'injection et deux pour la mesure . . . . .	52
2.3.4. Étape 4 : se prémunir contre les intrus, la polarisation spontanée (PS) et les courants vagabonds basses fréquences . . . . .	57
2.4. Dangers de la prospection électrique et règles de sécurité . . . . .	58
2.5. Résistivité apparente . . . . .	60
2.6. Les dispositifs en prospections électriques . . . . .	64
2.6.1. Profondeur d'investigation et sensibilité . . . . .	68
2.7. Le panneau électrique . . . . .	70
2.7.1. Le panneau électrique et les séquences . . . . .	70
2.7.2. Utilisation du logiciel RES2DMOD et RES2DINV . . . . .	74
2.8. La tomographie 3-D . . . . .	83
2.9. La cartographie de résistivité électrique par courants continus . . . . .	85
2.10. Le sondage électrique vertical (SEV ou sondage électrique tout simplement) . . . . .	86
2.10.1. SEV et terrains tabulaires . . . . .	86
2.10.1.1. Pourquoi travaille-t-on en logarithmes ? . . . . .	92
2.10.2. Difficultés et pièges du sondage électrique . . . . .	94
2.10.2.1. Comment éviter les pièges ? . . . . .	97
2.10.3. Pratique du sondage électrique vertical . . . . .	98
2.10.3.1. Choix du dispositif . . . . .	98
2.10.3.2. Le sondage Schlumberger . . . . .	99
2.11. La méthode du rectangle . . . . .	105
2.12. La méthode de mise à la masse . . . . .	106
2.13. Le suivi temporel en méthodes électriques . . . . .	110
2.14. Note sur la mesure de résistance de prise de terre . . . . .	111

<b>Chapitre 3. La méthode de polarisation spontanée (PS)</b> . . . . .	<b>113</b>
3.1. Principe de la PS . . . . .	113
3.2. Origine des potentiels en PS . . . . .	115
3.2.1. Les électrodes . . . . .	115
3.2.1.1. Les électrodes impolarisables . . . . .	117
3.2.2. Les sources de PS relevant de l'équation de Nernst . . . . .	118
3.2.2.1. Le cas redox . . . . .	119
3.2.2.2. Le cas diffusion . . . . .	119
3.2.2.3. Le cas température . . . . .	120
3.2.3. Les sources de PS relevant de l'équation de l'électrofiltration et application aux aquifères et aux pertes . . . . .	122
 <b>Chapitre 4. La méthode de polarisation provoquée (PP)</b> . . . . .	 <b>129</b>
4.1. Principe de la PP . . . . .	129
4.2. Les quatre modalités de mesure . . . . .	133
4.2.1. La PP temporelle (PPT) . . . . .	133
4.2.2. La PP fréquentielle (PPF) . . . . .	137
4.2.3. La PP par la phase (PPP) . . . . .	139
4.2.4. La PP spectrale (PPS) . . . . .	139
 <b>Chapitre 5. Instrumentation.</b> . . . . .	 <b>143</b>
5.1. Électrodes, bobines, câbles . . . . .	143
5.2. Appareillage et procédures pour la polarisation spontanée (PS) . . . . .	144
5.2.1. S'affranchir des parasites et faire une bonne mesure PS . . . . .	145
5.2.2. Fluctuations de mesures . . . . .	145
5.3. Appareillage et procédures pour les méthodes à courant continu . . . . .	146
5.3.1. Adaptation d'impédance pour l'injection . . . . .	147
5.3.2. Passer du continu à l'alternatif . . . . .	149
5.3.2.1. Mesures avec du courant continu . . . . .	149
5.3.2.2. Passage à l'alternatif . . . . .	150
5.3.3. Injecteurs à courant alternatif . . . . .	152
5.3.3.1. Systèmes populaires existants . . . . .	152
5.3.3.2. Injecteur à courant régulé MINELEC1 . . . . .	153
5.3.3.3. Récepteur pour le MINELEC1 . . . . .	158
5.3.4. Injecteurs « haute tension » . . . . .	159
5.3.4.1. Avec un onduleur du commerce . . . . .	160
5.3.4.2. Un injecteur à courant régulé : le MINELEC3 . . . . .	160
5.4. Appareillage pour la polarisation provoquée . . . . .	162

<b>Chapitre 6. Un système d'acquisition dédié à la prospection électrique du sol</b> . . . . .	<b>163</b>
6.1. Présentation du projet <i>open source</i> . . . . .	163
6.2. Étude préalable : analyse . . . . .	163
6.3. Choix des composants . . . . .	164
6.3.1. Le microcontrôleur . . . . .	164
6.3.2. Les protocoles de communication du microcontrôleur . . . . .	167
6.3.3. Le convertisseur analogique-numérique. . . . .	168
6.3.4. De l'interface homme-machine à la sauvegarde des données . . . . .	170
6.3.5. Le module RTC et sauvegarde des données . . . . .	171
6.4. Schéma d'implantation des composants . . . . .	173
6.4.1. Connexions. . . . .	173
6.4.2. Nomenclature . . . . .	174
6.5. Préparer la carte microSD . . . . .	174
6.6. Déployer le programme sur le microcontrôleur. . . . .	176
6.7. Le logiciel et ses menus . . . . .	181
6.7.1. Étapes d'initialisation de l'appareil . . . . .	181
6.7.2. Présentation des menus . . . . .	182
6.8. Cas pratique d'utilisation de l'appareil. . . . .	183
6.8.1. Étapes préalables de configuration. . . . .	183
6.8.2. Acquisition des mesures . . . . .	184
6.8.3. Fichier résultat. . . . .	186
 <b>Annexe</b> . . . . .	 <b>189</b>
 <b>Bibliographie</b> . . . . .	 <b>193</b>
 <b>Index</b> . . . . .	 <b>195</b>