

# Table des matières

<b>Présentation</b> .....	vii	1.9.5	Images en couleurs .....	27
<b>Chapitre 1 – La prospection géophysique</b>		1.9.6	Images à relief ombré .....	27
<b>1.1 Définitions</b> .....	3	1.9.7	Perspective tridimensionnelle .....	28
<b>1.2 Géophysique appliquée à l'exploration minérale</b> .....	3	1.9.8	Cartes ou images composites .....	28
1.2.1 Propriétés physiques des roches ...	4	<b>1.10 Interprétation</b> .....		28
1.2.2 Approches de la prospection géophysique .....	4	1.10.1 Identification des anomalies .....		31
1.2.3 Classification des méthodes géophysiques .....	5	1.10.2 Modélisation .....		32
<b>1.3 Méthode scientifique en géophysique appliquée à l'exploration minérale</b> .....	6	1.10.3 Hypothèses géologiques .....		36
<b>1.4 Élaboration de la stratégie</b> .....	7	<b>1.11 Rédaction du rapport</b> .....		36
<b>1.5 Exécution des levés géophysiques</b> .....	7	<b>Chapitre 2 – La petite sismique</b>		
1.5.1 Levés terrestres .....	8	<b>2.1 Applications de la sismique</b> .....		41
1.5.2 Levés aériens .....	8	<b>2.2 Nature et mode de propagation des ondes sismiques</b> .....		43
1.5.3 Levés dans les trous de forage .....	9	2.2.1 Types d'ondes sismiques .....		43
1.5.4 Patrons d'échantillonnage .....	9	2.2.2 Théorie de l'élasticité .....		44
<b>1.6 Correction des mesures</b> .....	10	2.2.3 Relation vitesse/matériau .....		45
<b>1.7 Maillage des données</b> .....	10	2.2.4 Atténuation de l'énergie des ondes sismiques .....		45
<b>1.8 Traitement des données</b> .....	13	<b>2.3 Théorie élémentaire</b> .....		48
1.8.1 Atténuation du bruit de fond .....	15	2.3.1 Principe de Huygens .....		49
1.8.2 Séparation régionale-résiduelle ...	15	2.3.2 Loi de Snell .....		49
1.8.3 Rehaussement des anomalies superficielles .....	20	2.3.3 Réfraction critique .....		49
<b>1.9 Présentation cartographique des données</b> .....	20	2.3.4 Parcours des rayons sismiques ...		51
1.9.1 Carte de base .....	21	2.3.5 Sismique de réfraction et de réflexion .....		52
1.9.2 Profils .....	21	<b>2.4 Appareillage</b> .....		53
1.9.3 Pseudo-sections .....	22	2.4.1 Les géophones .....		54
1.9.4 Courbes d'isovaleurs .....	22	2.4.2 Le sismographe .....		55
		2.4.3 La source .....		57
		2.4.4 Le circuit déclencheur .....		59

<b>2.5</b>	<b>Exécution d'un levé de petite sismique de réfraction</b> . . . . .	59			
2.5.1	Paramètres d'exécution . . . . .	60			
2.5.2	Mise en œuvre . . . . .	61			
2.5.3	Récolte des données . . . . .	62			
2.5.4	Coût . . . . .	63			
<b>2.6</b>	<b>Correction des données de petite sismique de réfraction</b> . . . . .	63			
<b>2.7</b>	<b>Présentation des données de petite sismique de réfraction</b> . . . . .	64			
<b>2.8</b>	<b>Interprétation des données de petite sismique de réfraction</b> . . . . .	66			
2.8.1	Choix du modèle de départ : interprétation qualitative . . . . .	66			
2.8.2	Interprétation quantitative . . . . .	70			
2.8.3	Déduction de la nature des terrains . . . . .	71			
<b>2.9</b>	<b>Méthode des intercepts de temps et des distances critiques : modèle «deux terrains horizontaux»</b> . . . . .	72			
2.9.1	Calcul des vitesses . . . . .	72			
2.9.2	Calcul de l'épaisseur . . . . .	73			
<b>2.10</b>	<b>Méthode des intercepts de temps et de distances critiques : modèle «deux terrains séparés par un plan incliné»</b> . . . . .	74			
2.10.1	Calcul des vitesses . . . . .	74			
2.10.2	Calcul des épaisseurs . . . . .	76			
2.10.3	Exemple . . . . .	76			
<b>2.11</b>	<b>Méthode des trois points : modèle «deux terrains»</b> . . . . .	78			
2.11.1	Calcul des vitesses . . . . .	79			
2.11.2	Calcul des épaisseurs . . . . .	79			
2.11.3	Exemple . . . . .	81			
<b>2.12</b>	<b>Limites de la petite sismique de réfraction</b> . . . . .	84			
2.12.1	Terrain lent intercalé . . . . .	84			
2.12.2	Terrain mince intercalé . . . . .	84			
<b>Chapitre 3 – La gravimétrie</b>					
<b>3.1</b>	<b>Applications</b> . . . . .	90			
3.1.1	Levés de reconnaissance et levés régionaux . . . . .	91			
3.1.2	Levés détaillés . . . . .	91			
<b>3.2</b>	<b>Champ gravitationnel terrestre</b> . . . . .	91			
3.2.1	Loi de Newton . . . . .	93			
3.2.2	Accélération gravitationnelle . . . . .	93			
3.2.3	Unités, symboles et constantes . . . . .	95			
3.2.4	Champ gravitationnel normal . . . . .	95			
3.2.5	Anomalies gravimétriques . . . . .	96			
<b>3.3</b>	<b>Densité des roches</b> . . . . .	97			
3.3.1	Notion de densité . . . . .	97			
3.3.2	Mesure de la densité . . . . .	97			
3.3.3	Propriétés des roches influant sur leur densité . . . . .	99			
<b>3.4</b>	<b>Appareillage</b> . . . . .	99			
3.4.1	Valeurs relatives et valeurs absolues de gravité . . . . .	100			
3.4.2	Principe de fonctionnement de gravimètres relatifs . . . . .	102			
3.4.3	Appareils pour levés en mer . . . . .	105			
3.4.4	Appareils pour levés aériens . . . . .	105			
3.4.5	Système de localisation . . . . .	106			
<b>3.5</b>	<b>Exécution des levés</b> . . . . .	107			
3.5.1	Levés de reconnaissance et levés régionaux . . . . .	107			
3.5.2	Levé détaillé . . . . .	109			
3.5.3	Données recueillies . . . . .	111			
3.5.4	Production et coûts . . . . .	111			
<b>3.6</b>	<b>Correction des données</b> . . . . .	112			
3.6.1	Correction des marées . . . . .	113			
3.6.2	Correction de la dérive instrumentale . . . . .	113			
3.6.3	Correction de la latitude . . . . .	117			
3.6.4	Correction d'air libre . . . . .	118			
3.6.5	Correction de Bouguer . . . . .	119			
3.6.6	Correction topographique . . . . .	121			
3.6.7	Correction de réajustement isostatique . . . . .	122			
3.6.8	Exemple de calcul des corrections gravimétriques . . . . .	123			
<b>3.7</b>	<b>Traitement des données</b> . . . . .	124			
3.7.1	Le filtrage du bruit de fond . . . . .	126			
3.7.2	La séparation régionale-résiduelle . . . . .	126			
3.7.3	Le rehaussement des anomalies superficielles . . . . .	132			
<b>3.8</b>	<b>Présentation des données</b> . . . . .	136			
3.8.1	Carte des anomalies à l'air libre . . . . .	136			
3.8.2	Carte des anomalies de Bouguer . . . . .	136			
<b>3.9</b>	<b>Interprétation des données</b> . . . . .	137			
3.9.1	Interprétation qualitative . . . . .	137			
3.9.2	Interprétation quantitative . . . . .	138			
<b>3.10</b>	<b>Estimation des masses</b> . . . . .	150			
<b>3.11</b>	<b>Histoire de cas</b> . . . . .	151			
3.11.1	Reconnaissance des anomalies . . . . .	151			

3.11.2	Modélisation de l'anomalie . . . . .	153	4.7.1	Correction des variations temporelles d'origine externe ; levés au sol . . . . .	203
3.11.3	Traduction des anomalies en modèle géologique . . . . .	157	4.7.2	Correction des variations temporelles d'origine externe et nivellement ; levés aériens . . . . .	205
3.11.4	Estimation de la masse . . . . .	157	4.7.3	Corrections d'élévation et de topographie . . . . .	205
3.11.5	Sondages . . . . .	157	4.7.4	Soustraction du champ magnétique principal . . . . .	207
<b>Chapitre 4 – La magnétométrie</b>			<b>4.8</b>	<b>Traitement des données</b> . . . . .	207
<b>4.1</b>	<b>Domaines d'application</b> . . . . .	165	4.8.1	Le filtrage du bruit de fond . . . . .	209
4.1.1	Historique . . . . .	165	4.8.2	La séparation régionale-résiduelle . . . . .	211
4.1.2	Applications . . . . .	165	4.8.3	Le rehaussement des anomalies superficielles . . . . .	211
<b>4.2</b>	<b>Théorie</b> . . . . .	167	4.8.4	Le filtrage directionnel . . . . .	212
4.2.1	Origine du magnétisme . . . . .	167	4.8.5	La réduction au pôle ou à l'équateur . . . . .	214
4.2.2	Pôles magnétiques et force magnétique . . . . .	168	4.8.6	Le calcul de la susceptibilité apparente . . . . .	214
4.2.3	Magnétisme induit et susceptibilité magnétique . . . . .	169	<b>4.9</b>	<b>Présentation des données</b> . . . . .	216
4.2.4	Effet de démagnétisation . . . . .	171	<b>4.10</b>	<b>Interprétation</b> . . . . .	217
4.2.5	Magnétisme rémanent . . . . .	172	4.10.1	L'identification des anomalies, outil de cartographie géologique . . . . .	218
4.2.6	Unités, constantes et symboles . . . . .	172	4.10.2	Interprétation qualitative . . . . .	219
<b>4.3</b>	<b>Champ magnétique terrestre</b> . . . . .	172	4.10.3	La modélisation directe comme interprétation quantitative . . . . .	220
4.3.1	Champ magnétique principal . . . . .	174	4.10.4	Interprétation quantitative : inversion . . . . .	230
4.3.2	Champ magnétique d'origine externe . . . . .	181	<b>Chapitre 5 – La radiométrie</b>		
4.3.3	Champ magnétique dû aux roches de la croûte terrestre . . . . .	182	<b>5.1</b>	<b>Application des méthodes radiométriques naturelles</b> . . . . .	237
<b>4.4</b>	<b>Appareils de mesure</b> . . . . .	184	5.1.1	Efficacité de la méthode et limites d'application . . . . .	238
4.4.1	Balance magnétique . . . . .	186	<b>5.2</b>	<b>Théorie élémentaire</b> . . . . .	238
4.4.2	Magnétomètre à saturation de flux . . . . .	186	5.2.1	Les isotopes . . . . .	239
4.4.3	Magnétomètre à précession nucléaire . . . . .	186	5.2.2	Le rayonnement radioactif . . . . .	239
4.4.4	Magnétomètre à pompage optique . . . . .	189	5.2.3	L'interaction des rayons gamma avec la matière . . . . .	240
4.4.5	Magnétomètre SQUID . . . . .	191	5.2.4	La classification des noyaux radioactifs naturels . . . . .	243
4.4.6	Gradiomètre . . . . .	191	5.2.5	Le processus de désintégration . . . . .	244
<b>4.5</b>	<b>Exécution des levés aériens</b> . . . . .	192	5.2.6	L'équilibre radioactif . . . . .	245
4.5.1	Paramètres d'exécution . . . . .	192	5.2.7	L'origine des radiations mesurées en radiométrie . . . . .	245
4.5.2	Mise en œuvre . . . . .	195	5.2.8	Les conditions atmosphériques et les radiations . . . . .	246
4.5.3	Données recueillies . . . . .	199	<b>5.3</b>	<b>L'appareillage</b> . . . . .	247
4.5.4	Coûts . . . . .	199			
<b>4.6</b>	<b>Exécution des levés au sol</b> . . . . .	201			
4.6.1	Paramètres d'exécution . . . . .	201			
4.6.2	Mise en œuvre . . . . .	202			
4.6.3	Données recueillies . . . . .	202			
4.6.4	Coûts . . . . .	202			
<b>4.7</b>	<b>Correction des données</b> . . . . .	203			

5.3.1	Les chambres d'ionisation . . . . .	248	<b>5.9</b>	<b>Traitement des données</b> . . . . .	301	
5.3.2	Les compteurs Geiger-Müller . . . . .	248	<b>5.10</b>	<b>Présentation des données</b> . . . . .	303	
5.3.3	Les scintillomètres . . . . .	249	5.10.1	Les profils . . . . .	303	
5.3.4	Les spectromètres . . . . .	250	5.10.2	Les cartes de profil . . . . .	305	
5.3.5	Les autres appareils . . . . .	253	5.10.3	Les cartes de courbes d'isovaleurs	305	
<b>5.4</b>	<b>Exécution des levés aériens</b> . . . . .	254	5.10.4	Les images en couleurs . . . . .	305	
5.4.1	Paramètres d'exécution . . . . .	254	5.10.5	Les images composites ternaires .	305	
5.4.2	Comparaison des systèmes . . . . .	262	<b>5.11</b>	<b>Interprétation des données</b> . . . . .	308	
5.4.3	Mise en œuvre . . . . .	263	5.11.1	Concentration et dispersion des ra-	dioéléments dans la lithosphère . .	309
5.4.4	Données recueillies . . . . .	271	5.11.2	Guide d'interprétation . . . . .	310	
5.4.5	Coûts de réalisation . . . . .	272	<b>Annexe 1 - Analyse de Fourier</b> . . . . .		313	
<b>5.5</b>	<b>Prétraitement et correction</b>		<b>Annexe 2 - Notions de monopôles et dipôles</b>		323	
	<b>des données issues de levés aériens</b> . .	273	<b>Définitions</b> . . . . .		327	
5.5.1	Réalisation de la base de données		<b>Bibliographies</b> . . . . .		335	
	brutes . . . . .	273				
5.5.2	Épuration des données . . . . .	273				
5.5.3	Correction relative au temps mort	274				
5.5.4	Filtrage des données . . . . .	274				
5.5.5	Correction relative aux bruits de					
	fond cosmique et instrumental . .	274				
5.5.6	Correction relative au bruit					
	de fond atmosphérique . . . . .	274				
5.5.7	Correction relative à l'interférence					
	des taux de comptes . . . . .	276				
5.5.8	Correction relative à la hauteur					
	de vol . . . . .	277				
5.5.9	Calcul des concentrations en					
	radioéléments . . . . .	277				
5.5.10	Filtrage et krigeage . . . . .	278				
<b>5.6</b>	<b>Levés au sol</b> . . . . .	278				
5.6.1	Paramètres d'exécution . . . . .	278				
5.6.2	Mise en œuvre . . . . .	280				
5.6.3	Données recueillies . . . . .	282				
5.6.4	Coûts . . . . .	282				
<b>5.7</b>	<b>Levés en forage</b> . . . . .	283				
5.7.1	Paramètres d'exécution . . . . .	283				
5.7.2	Mise en œuvre . . . . .	286				
5.7.3	Données recueillies . . . . .	293				
5.7.4	Exemple d'une diagraphie . . . . .	294				
5.7.5	Coûts . . . . .	296				
<b>5.8</b>	<b>Incertitudes statistiques</b> . . . . .	296				
5.8.1	Écart type et précision de l'essai .	296				
5.8.2	Exemple de calculs . . . . .	297				
5.8.3	Limite de détection et limite de					
	détermination . . . . .	298				
5.8.4	Exemples de calcul des limites de					
	détection et de détermination . . .	299				