
Table des matières

Notes biographiques	iii
Avant-propos	v
Remerciements	vii
Chapitre 1 – Notions générales	1
1.1 INTRODUCTION	1
1.2 INSTRUMENTS DE CALCUL ET DE MESURE	2
1.2.1 Instruments de calcul	3
1.2.2 Instruments de mesure	3
1.3 SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE GÉODÉSIQUES	4
1.4 APPLICATIONS DE LA TOPOMÉTRIE	6
1.5 GÉODÉSIE	6
1.6 TOPOGRAPHIE	7
1.7 PHOTOGRAMMÉTRIE	8
1.8 ASTRONOMIE GÉODÉSIQUE	9
1.9 TÉLÉDÉTECTION	9
1.10 LIDAR	10
1.11 CARTOGRAPHIE PAR DRONE	11
1.12 GPS ET GNSS	11

x *Table des matières*

1.13 MESURES : NOTIONS PRÉLIMINAIRES	13
1.13.1 Unités de mesure	13
1.13.2 Précision et exactitude	14
1.13.3 Fautes et erreurs	14
1.14 REMARQUES GÉNÉRALES	16
EXERCICES	17
Chapitre 2 – Carnet de notes	19
2.1 GÉNÉRALITÉS	19
2.2 CARNETS DE NOTES CONVENTIONNELS	20
2.2.1 Types de carnets	20
2.2.2 Nature des notes	20
2.2.3 Renseignements de base	23
2.2.4 Croquis de repérage	24
2.3 CARACTÉRISTIQUES DES NOTES DE QUALITÉ	25
2.4 ENREGISTREMENT DE NOTES ÉLECTRONIQUES	27
2.5 TRANSFERT ET PRÉPARATION DES DONNÉES	29
2.5.1 Transfert des données terrain	29
2.5.2 Préparation des données terrain	30
2.5.3 Chargement de données calculées	30
Chapitre 3 – Principaux organes communs et instruments accessoires	33
3.1 PRINCIPAUX ORGANES COMMUNS : GÉNÉRALITÉS	33
3.1.1 Nivelle	34
3.1.2 Dispositif de lecture	37
3.1.3 Vis calante	40
3.1.4 Dispositifs de centrage	41
3.1.5 Trépied	43
3.2 INSTRUMENTS ACCESSOIRES : GÉNÉRALITÉS	44
3.2.1 Canne télescopique	44
3.2.2 Jalon	45
3.2.3 Mire	45
3.3 PETITS ACCESSOIRES : GÉNÉRALITÉS	48
3.3.1 Piquet	49
3.3.2 Repère	49
3.3.3 Borne	49
3.3.4 Équipements de télécommunication	50
3.3.5 Détecteur ferromagnétique	50
3.3.6 Fil à plomb	51
3.3.7 Niveau à main	51
3.3.8 Clinomètre	52
EXERCICES	53

Chapitre 4 – Mesure angulaire	55
4.1 GÉNÉRALITÉS	55
4.2 THÉODOLITE ET STATION TOTALE	55
4.2.1 Théodolite opto-mécanique	59
4.2.2 Théodolite électronique	60
4.2.3 Station totale	60
4.3 MISE EN STATION	61
4.3.1 Étapes de la mise en station	62
4.4 MESURE DES ANGLES	63
4.4.1 Angle horizontal	63
4.4.2 Angle vertical	67
4.4.3 Prise de notes des mesures angulaires	69
4.5 BOUSSOLE	69
4.6 RUBAN	70
4.6.1 Méthode du triangle rectangle	70
4.6.2 Méthode du triangle isocèle	71
4.7 FAUTES ET ERREURS DANS LA MESURE ANGULAIRE	71
EXERCICES	72
Chapitre 5 – Mesure linéaire	75
5.1 GÉNÉRALITÉS	75
5.2 MESURE DIRECTE	76
5.2.1 Podomètre	76
5.2.2 Odomètre	76
5.2.3 Chaîne	77
5.2.4 Ruban à mesurer	78
5.2.5 Graduation	78
5.2.6 Chaînage	79
5.3 MESURE INDIRECTE	83
5.3.1 Fils stadimétriques	84
5.4 MESURE ÉLECTRONIQUE	85
5.4.1 Principe de fonctionnement	85
5.4.2 Types de distancemètres	86
5.4.3 Précision du distancemètre	87
5.4.4 Accessoires	88
5.4.5 Erreurs systématiques relatives au mesurage électronique	91
5.4.6 Causes des fautes et erreurs	93
5.4.7 Écart type combiné d'une distance	93
EXERCICES	94

Chapitre 6 – Angles et orientation	97
6.1 GÉNÉRALITÉS	97
6.2 SORTES D'ANGLES HORIZONTAUX	98
6.2.1 Angle intérieur ou angle extérieur	98
6.2.2 Angle à droite ou angle à gauche	99
6.2.3 Angle de déflexion	99
6.3 ORIENTATION D'UNE DROITE	99
6.3.1 Gisement	100
6.3.2 Azimut	101
6.3.3 Course	101
6.4 PROPAGATION DES GISEMENTS	102
6.4.1 Calcul du gisement	102
6.4.2 Orientation inverse	102
6.4.3 Cas particulier avec un angle de déflexion	104
EXERCICES	105
Chapitre 7 – Opérations sur le terrain	109
7.1 GÉNÉRALITÉS	109
7.2 JALONNEMENT	109
7.2.1 Jalonnement à vue	110
7.2.2 Jalonnement au moyen d'un instrument	111
7.3 ÉTABLISSEMENT D'UNE LIGNE PERPENDICULAIRE	119
7.3.1 À l'aide d'une équerre optique	119
7.3.2 À l'aide d'un instrument	120
7.3.3 À l'aide d'un ruban	120
7.4 ÉTABLISSEMENT D'UNE LIGNE PARALLÈLE	121
7.4.1 Par triangles semblables	121
7.4.2 Par les diagonales d'un parallélogramme	122
7.5 INTERSECTION DE DEUX ALIGNEMENTS	122
7.6 IMPLANTATION D'UN POINT OU D'UN ANGLE À UN ANGLE DONNÉ	123
7.6.1 Avec un théodolite cumulateur	123
7.6.2 Avec un théodolite directionnel	123
7.6.3 Avec une station totale	123
7.6.4 Avec un système GNSS	123
7.6.5 Avec un ruban	123
7.7 POINTS D'APPUI	124
7.7.1 Par cheminement	125
7.7.2 Par système GNSS	125
7.7.3 Par station libre	126
7.8 LEVÉ DE DÉTAILS	133
7.8.1 Rayonnement	133
7.8.2 Biangulation	133

7.8.3	Bilatération	134
7.8.4	Ordonnées rectangulaires	134
7.8.5	Intersection de deux droites	135
7.9	RÈGLES DE BASE POUR UN TRAVAIL EFFICACE	135
7.9.1	Abondance des mesures	135
7.9.2	Choix des angles	136
7.9.3	Choix du côté	136
7.10	PROBLÈMES PARTICULIERS LIÉS AU MESURAGE	137
7.10.1	Localisation d'un arbre ou d'un poteau électrique	137
7.10.2	Distance entre deux points, A et B, dont l'un est inaccessible	137
7.10.3	Distance entre deux points inaccessibles	138
7.10.4	Hauteur d'une structure dont le sommet est inaccessible	139
7.11	SIGNAUX	142
7.12	TRANSPORT ET ENTRETIEN DES ÉQUIPEMENTS	143
	EXERCICES	144

Chapitre 8 – Polygonation	149
8.1 GÉNÉRALITÉS	149
8.2 TYPES DE POLYAGONALES	150
8.2.1 Polygonale fermée	151
8.2.2 Polygonale ouverte	151
8.2.3 Polygonale rattachée	151
8.3 SYSTÈMES DE COORDONNÉES	152
8.3.1 Coordonnées cartésiennes	152
8.3.2 Coordonnées polaires	152
8.3.3 Coordonnées cylindriques	153
8.3.4 Coordonnées géographiques	153
8.3.5 Coordonnées cartographiques	153
8.3.6 Coordonnées géocentriques	154
8.3.7 Coordonnées linéaires	155
8.4 TRANSFORMATION DE COORDONNÉES	155
8.4.1 Transformation de coordonnées polaires à coordonnées cartésiennes	156
8.4.2 Transformation de coordonnées cartésiennes à coordonnées polaires	156
8.4.3 Transformation de coordonnées géographiques, cartographiques et géocentriques	157
8.5 COMPENSATION D'UN CHEMINEMENT POLYGONAL	158
8.5.1 Calcul du gisement pour chacun des segments	159
8.5.2 Calcul de la fermeture angulaire	159
8.5.3 Calcul et application de la correction angulaire	161
8.5.4 Calcul des coordonnées	162
8.5.5 Calcul de la fermeture en position	162
8.5.6 Calcul des coordonnées compensées	164

8.5.7 Calcul des distances et des gisements compensés	166
8.5.8 Calcul des coordonnées des points de levé de détails	167
8.6 INFORMATIQUE APPLIQUÉE À LA TOPOMÉTRIE	189
EXERCICES	191
Chapitre 9 – Nivellement	195
9.1 GÉNÉRALITÉS	195
9.2 DÉFINITIONS	196
9.3 NIVEAU	197
9.3.1 Niveau automatique	198
9.3.2 Niveau de précision	200
9.3.3 Niveau numérique	201
9.3.4 Niveau à laser rotatif	202
9.4 ALTIMÈTRE	203
9.5 NIVELLEMENT GÉOMÉTRIQUE	204
9.5.1 Nivellement par rayonnement	206
9.5.2 Nivellement par cheminement	208
9.5.3 Nivellement avec un niveau numérique	220
9.5.4 Précision du nivellement géométrique	221
9.5.5 Compensation des altitudes	223
9.5.6 Sources d'erreurs relatives au nivellement géométrique	227
9.5.7 Fautes relatives au nivellement géométrique	229
9.6 NIVELLEMENT TRIGONOMÉTRIQUE	229
9.6.1 Précision du nivellement trigonométrique	232
EXERCICES	233
Chapitre 10 – Système de positionnement et de navigation par satellite	241
10.1 GÉNÉRALITÉS	241
10.2 COMPOSANTES DU SYSTÈME GNSS	242
10.2.1 Composante spatiale	243
10.2.2 Composante de contrôle	243
10.2.3 Composante d'utilisation	244
10.3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU GNSS	245
10.3.1 Types de positionnement par GNSS	247
10.3.2 Détermination de la distance entre le récepteur et le satellite	249
10.4 UTILISATION DU GNSS EN TOPOMÉTRIE	251
10.4.1 Mode de positionnement du GNSS	251
10.4.2 Paramètres d'observation	253
10.5 SOURCES D'ERREURS	254
10.6 BONNES PRATIQUES	256
EXERCICES	257

Chapitre 11 – Erreurs dues aux instruments et réglages	259
11.1 GÉNÉRALITÉS	259
11.2 VÉRIFICATION DU TRÉPIED	260
11.3 VÉRIFICATION DE L'EMBASE	260
11.3.1 Nivelles sphériques	261
11.3.2 Plomb optique	261
11.4 VÉRIFICATION DU JALON	263
11.4.1 Jalon bien droit	263
11.4.2 Longueur du jalon	263
11.4.3 Nivelles du jalon	264
11.5 VÉRIFICATION DE LA CONSTANTE DU PRISME	264
11.5.1 Constante du prisme	265
11.5.2 Vérification de la constante du prisme	268
11.6 VÉRIFICATION DU NIVEAU	269
11.6.1 Fil horizontal du réticule	269
11.6.2 Nivelles sphériques	270
11.6.3 Horizontalité de la ligne de visée	271
11.7 VÉRIFICATION DU THÉODOLITE ET DE LA STATION TOTALE	287
11.7.1 Fil vertical du réticule	288
11.7.2 Nivelles sphériques	288
11.7.3 Axe de la lunette perpendiculaire à l'axe de basculement	289
11.7.4 Axe de basculement perpendiculaire à l'axe vertical	290
11.7.5 Angle vertical au zénith égal à zéro	291
11.7.6 Compensateur à deux axes	293
11.7.7 Plomb laser de la station totale	293
11.8 VÉRIFICATION D'UN MESUREUR DE DISTANCE	294
11.9 VÉRIFICATION D'UN SYSTÈME GNSS EN MODE RTK	295
EXERCICES	297
Chapitre 12 – Représentation du relief, superficie et volume	301
12.1 GÉNÉRALITÉS	301
12.2 REPRÉSENTATION DU RELIEF	301
12.2.1 Courbes de niveau	302
12.2.2 Points cotés	307
12.2.3 Modélisation	307
12.3 SUPERFICIE	311
12.3.1 Formules de base	312
12.3.2 Méthode de décomposition en figures géométriques	312
12.3.3 Méthode des coordonnées	315
12.3.4 Méthode des ordonnées rectangulaires	318
12.4 VOLUME	318
12.4.1 Méthode des sections en travers	319

12.4.2	Méthode des prismes tronqués	322
12.4.3	Méthode par logiciel spécialisé	324
EXERCICES	.....	325
Chapitre 13 – Topométrie de construction	.....	331
13.1	GÉNÉRALITÉS	331
13.2	PRÉCISION DE L'IMPLANTATION	332
13.3	REPÈRES DE CONSTRUCTION	332
13.3.1	Repères permanents	332
13.3.2	Repères temporaires	332
13.4	IMPLANTATION D'UN BÂTIMENT	333
13.4.1	Repères d'implantation	333
13.4.2	Calcul des coordonnées des repères décalés	334
13.4.3	Techniques d'implantation de repères	336
13.5	IMPLANTATION D'ALTITUDES	339
13.5.1	Implantation d'un profil	340
13.5.2	Marquage des altitudes	340
13.5.3	Implantation d'un profil de canalisation	345
EXERCICES	.....	353
Chapitre 14 – Topométrie routière – portion horizontale	.....	357
14.1	GÉNÉRALITÉS	357
14.2	TRACÉ EN PLAN D'UNE ROUTE	358
14.3	COURBE CIRCULAIRE	359
14.3.1	Géométrie de la courbe	359
14.3.2	Choix du rayon de la courbe	361
14.3.3	Implantation de la section en courbe	364
14.4	COURBE CIRCULAIRE PSEUDO-RENVERSÉE	377
14.4.1	Géométrie de la courbe circulaire pseudo-renversée	377
14.4.2	Implantation de courbes pseudo-renversées	384
14.5	COURBES CIRCULAIRES EN PARALLÈLE	384
14.5.1	Géométrie des courbes circulaires en parallèle	384
14.5.2	Implantation des courbes en parallèle	385
14.6	SPIRALE	395
14.6.1	Géométrie de la spirale	396
14.6.2	Longueur de la spirale	397
14.6.3	Raccordement d'une conception spirale-courbe-spirale	399
14.6.4	Implantation de la spirale par coordonnées	404
14.6.5	Calcul du gisement de la droite tangente à la courbe au point SC	412
14.6.6	Implantation de la courbe circulaire par angles de déviation et longueurs de corde à partir du point SC	413
14.6.7	Implantation d'une spirale décalée par coordonnées	417
EXERCICES	.....	427

Chapitre 15 – Topométrie routière – portion verticale	431
15.1 GÉNÉRALITÉS	431
15.2 PROFIL POUR LES TRAVAUX ROUTIERS	431
15.2.1 Conception d'un profil théorique	432
15.2.2 Géométrie de la courbe verticale	435
15.2.3 Altitudes des bords de routes	445
15.3 DÉVERS	448
15.3.1 Gradation du dévers	448
15.3.2 Rotation de la chaussée	450
EXERCICES	484
Annexe A – Systèmes d'unités de mesure	489
A.1 GÉNÉRALITÉS	489
A.2 SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS (SI)	489
A.3 UNITÉS DÉRIVÉES DÉSIGNÉES PAR DES NOMS SPÉCIAUX	490
A.4 MULTIPLES DES UNITÉS SI	491
A.5 UNITÉS HORS DU SI	492
A.6 RÈGLES D'ÉCRITURE DU SI	492
A.6.1 Noms et symboles des unités	492
A.6.2 Préfixes, multiples et sous-multiples	493
A.6.3 Nombres	494
A.6.4 Multiplication et division	494
A.6.5 Date et heure	495
A.6.6 Symboles de grandeurs et indices	495
A.7 CONVERSION ENTRE SYSTÈMES DE MESURE	495
Annexe B – Réponses aux exercices	499
Sources iconographiques	521
Lexique	525
Index	547