

Table des matières

| | |
|---|----|
| Chapitre 1. Connaissances de base | 1 |
| 1.1 Travaux topographiques | 1 |
| 1.1.1 Le levé topographique | 1 |
| 1.1.2 Les calculs topométriques | 2 |
| 1.1.3 Les dessins topographiques | 2 |
| 1.1.4 Projets d'aménagement | 2 |
| 1.1.5 Implantations | 3 |
| 1.1.6 Suivi et contrôle des ouvrages | 3 |
| 1.2 Les systèmes de coordonnées | 3 |
| 1.2.1 Coordonnées cartésiennes géocentriques X, Y, Z..... | 3 |
| 1.2.2 Coordonnées géographiques λ, ϕ, h | 4 |
| 1.2.3 Coordonnées planes E, N..... | 5 |
| 1.2.3.1 <i>Systèmes de projection</i> | 5 |
| 1.2.3.2 <i>Lambert Zone</i> | 6 |
| 1.2.3.3 <i>Lambert 93</i> | 8 |
| 1.2.3.4 <i>Conique conforme 9 zones (CC 9 zones)</i> | 8 |
| 1.2.3.5 <i>Projection UTM (Universal Transverse Mercator)</i> | 9 |
| 1.2.3.6 <i>Paramètres des différents systèmes</i> | 10 |
| 1.2.4 Transformation de coordonnées..... | 10 |
| 1.2.4.1 <i>Coordonnées géographiques $\lambda, \phi \Leftrightarrow$ planes E, N</i> | 10 |
| 1.2.4.2 <i>Changement de système géodésique</i> | 11 |
| 1.3 Systèmes géodésiques | 12 |
| 1.3.1 Les systèmes terrestres | 12 |
| 1.3.1.1 <i>La Nouvelle Triangulation de la France</i> | 12 |
| 1.3.1.2 <i>ED50 (European Datum 1950)</i> | 13 |
| 1.3.2 Les systèmes spatiaux | 13 |
| 1.3.2.1 <i>RGF93 (Réseau Géodésique Français 1993)</i> | 13 |
| 1.3.2.2 <i>Autres réseaux</i> | 15 |

| | |
|--|----|
| 1.4 Les systèmes d'altitudes | 17 |
| 1.4.1 Altitudes | 17 |
| 1.4.2 Réseaux de nivellement | 17 |
| 1.4.3 Repères de nivellement | 18 |
| 1.4.4 Hauteur et altitude | 21 |
| 1.5 Observations topographiques | 22 |
| 1.5.1 Angles (§ 2) | 22 |
| 1.5.2 Distances (§ 3) | 23 |
| 1.5.3 Dénivelées (§ 4) | 23 |
| 1.5.4 Positionnement satellitaire (§ 6) | 24 |
| 1.6 Précision des observations | 24 |
| 1.6.1 Lexique | 24 |
| 1.6.2 Erreurs parasites ou fautes | 24 |
| 1.6.3 Erreurs systématiques | 25 |
| 1.6.3.1 <i>Erreur de justesse</i> | 25 |
| 1.6.3.2 <i>Évaluation sommaire de l'erreur de justesse</i> | 25 |
| 1.6.3.3 <i>Droite moyenne</i> | 26 |
| 1.6.4 Erreurs accidentelles des mesures directes | 27 |
| 1.6.4.1 <i>Erreur absolue</i> | 27 |
| 1.6.4.2 <i>Répartition expérimentale</i> | 29 |
| 1.6.4.3 <i>Probabilité - Espérance mathématique</i> | 31 |
| 1.6.4.4 <i>Loi normale ou loi de Laplace-Gauss</i> | 31 |
| 1.6.4.5 <i>Indices de dispersion</i> | 34 |
| 1.6.4.6 <i>Estimation de la moyenne</i> | 35 |
| 1.6.4.7 <i>Tolérances</i> | 38 |
| 1.6.5 Erreurs accidentelles des mesures indirectes | 38 |
| 1.6.5.1 <i>Principe de l'indépendance des erreurs</i> | 38 |
| 1.6.5.2 <i>Composition des écarts-types d'une mesure indirecte</i> | 39 |
| 1.6.5.3 <i>Observations d'inégales précisions - Moyenne pondérée</i> | 40 |
| 1.6.6 Classes de précision | 42 |
| 1.6.6.1 <i>Précision</i> | 42 |
| 1.6.6.2 <i>Classes</i> | 42 |
| 1.7 La carte de base | 45 |
| 1.7.1 Série bleue et TOP 25 | 45 |
| 1.7.2 Exactitude | 46 |
| 1.7.3 Mesures planimétriques | 47 |
| 1.7.3.1 <i>Coordonnées géographiques dans le système géodésique français</i> | 47 |
| 1.7.3.2 <i>Système géodésique mondial WGS84 ou RGF93</i> | 48 |
| 1.7.3.3 <i>Coordonnées Lambert</i> | 48 |
| 1.7.3.4 <i>Coordonnées UTM</i> | 49 |
| 1.7.3.5 <i>Distances</i> | 49 |
| 1.7.3.6 <i>Gisement</i> | 50 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.7.3.7 | <i>Azimut géographique</i> | 50 |
| 1.7.3.8 | <i>Azimut magnétique</i> | 50 |
| 1.7.3.9 | <i>Orientation de la carte</i> | 51 |
| 1.7.3.10 | <i>Angle horizontal de deux directions</i> | 51 |
| 1.7.4 | <i>Orographie</i> | 51 |
| 1.7.5 | <i>Exploitation de l'orographie</i> | 52 |
| 1.7.5.1 | <i>Pente en un point</i> | 52 |
| 1.7.5.2 | <i>Altitude d'un point</i> | 53 |
| 1.7.5.3 | <i>Lignes et formes caractéristiques</i> | 53 |
| 1.7.5.4 | <i>Coupes et profils</i> | 53 |
| 1.7.5.5 | <i>Chevelu</i> | 54 |
| 1.7.5.6 | <i>Bassin versant</i> | 54 |
| 1.7.6 | <i>La cartographie numérique</i> | 55 |
| 1.7.6.1 | <i>Le Référentiel à grande échelle (RGE)</i> | 55 |
| 1.7.6.2 | <i>La Banque de données topographiques (BD Topo)</i> | 55 |
| 1.7.6.3 | <i>Le SCAN 25</i> | 55 |
| 1.7.6.4 | <i>Le Géoportail</i> | 55 |

Chapitre 2. Mesures des angles..... 57

2.1 Le théodolite..... 57

| | | |
|---------|-------------------------------------|----|
| 2.1.1 | <i>Conception</i> | 57 |
| 2.1.2 | <i>Pivot</i> | 59 |
| 2.1.2.1 | <i>Embase</i> | 59 |
| 2.1.2.2 | <i>Calage du pivot</i> | 60 |
| 2.1.3 | <i>Cercle horizontal</i> | 62 |
| 2.1.3.1 | <i>Goniomètre</i> | 62 |
| 2.1.3.2 | <i>Lectures</i> | 62 |
| 2.1.3.3 | <i>Mouvements</i> | 63 |
| 2.1.4 | <i>Cercle vertical</i> | 63 |
| 2.1.5 | <i>Axe optique</i> | 64 |
| 2.1.5.1 | <i>Lunette</i> | 64 |
| 2.1.5.2 | <i>Mise au point</i> | 65 |
| 2.1.5.3 | <i>Qualités d'une lunette</i> | 66 |

2.2 Précision des mesures d'angles..... 66

| | | |
|---------|---|----|
| 2.2.1 | <i>Erreurs parasites</i> | 66 |
| 2.2.2 | <i>Erreurs systématiques</i> | 67 |
| 2.2.2.1 | <i>Défaut de verticalité du pivot</i> | 67 |
| 2.2.2.2 | <i>Inégalité des échelons du limbe</i> | 67 |
| 2.2.2.3 | <i>Excentricité des cercles</i> | 67 |
| 2.2.2.4 | <i>Défaut d'horizontalité de l'axe de basculement</i> | 67 |
| 2.2.2.5 | <i>Excentricité du viseur</i> | 68 |
| 2.2.2.6 | <i>Collimation horizontale</i> | 68 |
| 2.2.2.7 | <i>Dérive</i> | 68 |

| | | |
|------------|--|----|
| 2.2.2.8 | <i>Correction d'index ou collimation verticale</i> | 68 |
| 2.2.2.9 | <i>Erreur de réfraction</i> | 68 |
| 2.2.3 | Erreurs accidentelles | 68 |
| 2.2.3.1 | <i>Erreur de centrage</i> | 68 |
| 2.2.3.2 | <i>Erreur de pointé</i> | 68 |
| 2.2.3.3 | <i>Erreur de lecture</i> | 69 |
| 2.2.3.4 | <i>Flamboiemment de l'air</i> | 69 |
| 2.2.4 | Écarts-types | 69 |
| 2.3 | Mesurage d'un angle horizontal | 69 |
| 2.3.1 | Mises en station..... | 69 |
| 2.3.2 | Séquence | 70 |
| 2.3.3 | Paires de séquences | 71 |
| 2.3.4 | Tour d'horizon | 73 |
| 2.4 | Mesurage d'un angle zénithal | 75 |
| 2.4.1 | Observations | 75 |
| 2.4.2 | Correction d'index | 75 |
| 2.4.3 | Application..... | 76 |
| 2.5 | Orientation | 77 |
| 2.5.1 | Orientation dans le système de projection | 77 |
| 2.5.2 | Orientation magnétique | 77 |
| 2.5.3 | Orientation gyroscopique | 78 |
| 2.5.4 | Orientation astronomique | 78 |

Chapitre 3. Mesures des distances..... 81

| | | |
|------------|---|----|
| 3.1 | Mesurage au ruban | 81 |
| 3.1.1 | Jalonnement | 81 |
| 3.1.1.1 | <i>Jalonnement sans obstacle</i> | 82 |
| 3.1.1.2 | <i>Franchissement d'une butte</i> | 83 |
| 3.1.1.3 | <i>Obstacle de faible largeur</i> | 84 |
| 3.1.1.4 | <i>Prolongement</i> | 84 |
| 3.1.2 | Méthodes de mesurage | 85 |
| 3.1.2.1 | <i>À plat</i> | 85 |
| 3.1.2.2 | <i>Étalonnage et dilatation</i> | 85 |
| 3.1.2.3 | <i>Ruban suspendu horizontal</i> | 86 |
| 3.1.3 | Précision | 87 |
| 3.1.3.1 | <i>Erreurs parasites</i> | 87 |
| 3.1.3.2 | <i>Erreurs systématiques</i> | 87 |
| 3.1.3.3 | <i>Erreurs accidentelles</i> | 88 |
| 3.1.3.4 | <i>Écarts-types</i> | 88 |
| 3.1.4 | Réductions des mesures à plat..... | 88 |

| | |
|---|----|
| 3.2 Mesurage électronique | 89 |
| 3.2.1 Principe..... | 89 |
| 3.2.2 Onde modulée | 90 |
| 3.2.3 Synoptique..... | 91 |
| 3.2.3.1 Schéma..... | 91 |
| 3.2.3.2 Réflecteur | 92 |
| 3.2.4 Distancemètres de topographie..... | 93 |
| 3.2.4.1 Modulaires | 93 |
| 3.2.4.2 Intégrés | 93 |
| 3.2.4.3 Lasers pulsés sans réflecteur..... | 94 |
| 3.2.5 Précision..... | 95 |
| 3.2.5.1 Erreurs parasites..... | 95 |
| 3.2.5.2 Erreurs systématiques..... | 95 |
| 3.2.5.3 Erreurs accidentelles | 97 |
| 3.2.5.4 Écarts-types..... | 97 |
| 3.2.6 Réductions des mesures électroniques des distances..... | 97 |

Chapitre 4. Nivellement 101

| | |
|---|-----|
| 4.1 Nivellement direct ordinaire | 101 |
| 4.1.1 Observations..... | 101 |
| 4.1.2 Niveaux et mires | 102 |
| 4.1.2.1 Niveaux-blocs à nivelle torique | 102 |
| 4.1.2.2 Niveaux automatiques | 103 |
| 4.1.2.3 Lecture sur mire ordinaire..... | 104 |
| 4.1.2.4 Niveaux numériques, mires code-barres | 105 |
| 4.1.3 Dénivelée élémentaire..... | 106 |
| 4.1.3.1 Points en dessous du plan de visée..... | 106 |
| 4.1.3.2 Points au-dessus du plan de visée..... | 107 |
| 4.1.4 Cheminement encadré | 108 |
| 4.1.4.1 Observations..... | 108 |
| 4.1.4.2 Calcul des altitudes | 110 |
| 4.1.4.3 Algorithme | 111 |
| 4.1.4.4 Application..... | 112 |
| 4.1.5 Point nodal et cheminements nodaux altimétriques | 112 |
| 4.1.6 Cheminement fermé | 113 |
| 4.1.7 Nivellement simultané d'un cheminement et de points de détail | 115 |
| 4.1.8 Précision | 116 |
| 4.1.8.1 Erreurs parasites..... | 116 |
| 4.1.8.2 Erreurs systématiques..... | 117 |
| 4.1.8.3 Erreurs accidentelles | 118 |
| 4.1.8.4 Écart-type..... | 118 |
| 4.1.8.5 Vérification et réglage de la collimation..... | 118 |

| | |
|---|-----|
| 4.2 Nivellement géométrique de précision | 119 |
| 4.2.1 Matériels | 119 |
| 4.2.1.1 <i>Niveaux à nivelle</i> | 119 |
| 4.2.1.2 <i>Mire invar à double échelle</i> | 121 |
| 4.2.1.3 <i>Niveaux automatiques</i> | 121 |
| 4.2.2 Cheminement aller et retour | 122 |
| 4.2.3 Cheminement double à doubles stations | 123 |
| 4.2.4 Cheminement double à doubles points de mire | 125 |
| 4.2.5 Précision..... | 126 |
| 4.2.6 Nivellement géométrique motorisé | 127 |
| 4.3 Nivellement géodésique | 128 |
| 4.3.1 Dénivelée instrumentale | 128 |
| 4.3.2 Niveau apparent | 129 |
| 4.3.2.1 <i>Correction de sphéricité</i> | 129 |
| 4.3.2.2 <i>Correction de réfraction</i> | 130 |
| 4.3.2.3 <i>Correction de niveau apparent</i> | 130 |
| 4.3.3 Visée unilatérale | 130 |
| 4.3.4 Visées réciproques non simultanées | 130 |
| 4.3.5 Visées réciproques simultanées | 131 |
| 4.4 Nivellement trigonométrique | 131 |
| 4.4.1 Visée unilatérale | 131 |
| 4.4.2 Visées réciproques | 132 |
| 4.4.3 Cheminements..... | 133 |
| 4.5 Canevas de nivellement | 134 |
| 4.5.1 Avant-projet et reconnaissance | 134 |
| 4.5.2 Projet et matérialisation | 135 |
| 4.5.3 Observations et calculs | 135 |
| 4.5.4 Dossier et vérification | 136 |

Chapitre 5. Localisation terrestre

| | |
|--|-----|
| 5.1 Points de canevas | 137 |
| 5.1.1 Intersection | 137 |
| 5.1.2 Relèvement | 137 |
| 5.1.3 Recoupement | 138 |
| 5.1.4 Insertion | 138 |
| 5.1.5 Station libre | 138 |
| 5.2 Traitement des données | 138 |
| 5.2.1 Compensation par la méthode des moindres carrés..... | 138 |
| 5.2.1.1 Linéarisation des relations d'observation | 139 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 5.2.1.2 | Normalisation des relations d'observation | 139 |
| 5.2.1.3 | Résolution du système d'équations normalisées | 141 |
| 5.2.2 | Transformation d'Helmert | 141 |
| 5.2.3 | Calcul en bloc | 142 |
| 5.3 | Canevas polygonal | 142 |
| 5.3.1 | Chemins planimétriques | 142 |
| 5.3.2 | Cheminement ouvert | 143 |
| 5.3.2.1 | <i>Observations</i> | 143 |
| 5.3.2.2 | <i>Calculs</i> | 144 |
| 5.3.3 | Cheminement encadré | 148 |
| 5.3.3.1 | <i>Observations</i> | 148 |
| 5.3.3.2 | <i>Calculs</i> | 148 |
| 5.3.4 | Localisation des erreurs parasites | 154 |
| 5.3.4.1 | <i>Erreur parasite d'observation sur un angle</i> | 154 |
| 5.3.4.2 | <i>Erreur parasite d'observation sur une distance</i> | 156 |
| 5.3.4.3 | <i>Erreurs simultanées d'angles ou de distances</i> | 156 |
| 5.3.5 | Point nodal et chemins nodaux planimétriques | 157 |
| 5.3.5.1 | <i>Observations</i> | 157 |
| 5.3.5.2 | <i>Calculs</i> | 158 |
| 5.3.5.3 | <i>Points nodaux multiples</i> | 160 |
| 5.3.6 | Cheminement fermé | 161 |
| 5.3.6.1 | <i>L'orientation et les coordonnées à l'origine sont connues</i> | 161 |
| 5.3.6.2 | <i>Orientation sommaire, origine inconnue</i> | 162 |
| 5.3.6.3 | <i>Origine inconnue, orientation du premier côté strictement imposée</i> | 163 |
| 5.3.7 | Canevas de polygonation | 163 |
| 5.3.7.1 | <i>Chemins principaux et chemins secondaires</i> | 163 |
| 5.3.7.2 | <i>Désignation et matérialisation</i> | 164 |
| 5.3.8 | Observations et calculs | 165 |
| 5.3.9 | Centrage forcé | 165 |

Chapitre 6. Positionnement satellitaire

6.1 Introduction

6.2 Rappel sur les réseaux géodésiques

6.3 Composition du système

6.3.1 Le secteur Espace

6.3.1.1 NAVSTAR GPS

6.3.1.2 GLONASS

6.3.1.3 GALILEO

| | | |
|-------------|--|-----|
| 6.3.2 | Le secteur Contrôle | 170 |
| 6.3.3 | Le secteur Utilisateur | 170 |
| 6.4 | Mesures GNSS | 172 |
| 6.4.1 | Principe théorique | 172 |
| 6.4.2 | Principe de la mesure de distance | 172 |
| 6.4.3 | Le signal émis par un satellite GNSS | 172 |
| 6.4.4 | La mesure de distance par le code (pseudo-distance) | 173 |
| 6.4.5 | La mesure de distance par la phase | 174 |
| 6.5 | Erreurs | 175 |
| 6.5.1 | Erreurs dues aux satellites | 175 |
| 6.5.2 | Erreurs dues à la propagation du signal | 175 |
| 6.5.3 | Erreurs dues au récepteur | 177 |
| 6.6 | Le mode différentiel | 178 |
| 6.6.1 | Simple différence | 178 |
| 6.6.2 | Double différence | 179 |
| 6.6.3 | Triple différence | 179 |
| 6.7 | Positionnement GNSS absolu | 180 |
| 6.8 | Positionnement GNSS différentiel post-traité | 181 |
| 6.8.1 | Positionnement différentiel statique post-traité | 181 |
| 6.8.1.1 | <i>Le statique</i> | 182 |
| 6.8.1.2 | <i>Le statique rapide</i> | 182 |
| 6.8.2 | Positionnement différentiel cinématique post-traité (PPK) | 182 |
| 6.9 | Positionnement GNSS différentiel temps réel | 184 |
| 6.9.1 | Principe du temps réel | 184 |
| 6.9.2 | Positionnement différentiel cinématique par la phase (RTK) | 184 |
| 6.9.3 | Positionnement différentiel cinématique par le code (DGPS) | 185 |
| 6.10 | Les réseaux permanents | 187 |
| 6.10.1 | Intérêt | 187 |
| 6.10.2 | Le réseau GNSS permanent | 187 |
| 6.10.3 | Les réseaux temps réel | 188 |
| 6.11 | Missions pour la création de canevas GNSS | 189 |
| 6.11.1 | Procédure de création d'un canevas GNSS : le pivot central | 189 |
| 6.11.1.1 | <i>Principe</i> | 189 |
| 6.11.1.2 | <i>Mise en place des points de canevas</i> | 190 |
| 6.11.1.3 | <i>Choix du pivot central</i> | 190 |
| 6.11.2 | Rattachement altimétrique | 191 |
| 6.11.3 | Rattachement GNSS à un système local | 191 |
| 6.11.4 | Planification et organisation | 192 |

| | |
|--|-----|
| 6.12 Qualité des mesures | 193 |
| 6.12.1 DOP | 193 |
| 6.12.2 Redondance | 194 |
| 6.12.3 Temps d'observation | 195 |
| 6.13 Post-traitement des observations | 195 |
| 6.13.1 Transfert des données | 195 |
| 6.13.2 Calcul et validation des lignes de base | 196 |
| 6.13.2.1 <i>Choix du point fondamental</i> | 196 |
| 6.13.2.2 <i>Choix et calcul des vecteurs</i> | 196 |
| 6.13.3 Ajustement..... | 197 |
| 6.13.4 Adaptation | 197 |
| | |
| Chapitre 7. Levé des détails et implantations | 199 |
| | |
| 7.1 Levé des détails planimétriques | 199 |
| 7.1.1 Points à lever | 199 |
| 7.1.2 Reconnaissance | 200 |
| 7.1.3 Techniques de levé | 201 |
| 7.1.3.1 <i>Limites et points</i> | 201 |
| 7.1.3.2 <i>Abscisses et ordonnées</i> | 202 |
| 7.1.3.3 <i>Multilatération des détails</i> | 206 |
| 7.1.3.4 <i>Rayonnement</i> | 206 |
| 7.1.4 Saisie des données | 207 |
| 7.1.5 Nuage de points 3D par scanner | 210 |
| | |
| 7.2 Levé du relief | 211 |
| 7.2.1 Lignes caractéristiques et semis de points | 211 |
| 7.2.2 Balayage et quadrillage | 213 |
| 7.2.3 Profils..... | 213 |
| | |
| 7.3 Tachéométrie | 214 |
| 7.3.1 Instruments | 214 |
| 7.3.2 Méthodologie..... | 218 |
| 7.3.3 Observations | 219 |
| 7.3.4 Enregistrement | 222 |
| 7.3.5 Géocodification | 223 |
| | |
| 7.4 Implantations | 224 |
| 7.4.1 Caractères généraux | 224 |
| 7.4.2 Alignements | 224 |
| 7.4.2.1 <i>Points alignés</i> | 224 |
| 7.4.2.2 <i>Parallèle à un mur</i> | 225 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 7.4.3 | Arcs de cercle tangents à des alignements droits | 226 |
| 7.4.3.1 | <i>Points de tangence</i> | 226 |
| 7.4.3.2 | <i>Abscisses et ordonnées</i> | 227 |
| 7.4.3.3 | <i>Implantation polaire</i> | 229 |
| 7.4.3.4 | <i>Intersection</i> | 230 |
| 7.4.3.5 | <i>Raccordement circulaire double</i> | 231 |
| 7.4.4 | Clothoïde..... | 232 |
| 7.4.4.1 | <i>Caractéristiques géométriques et formules</i> | 232 |
| 7.4.4.2 | <i>Calculs des éléments d'implantation</i> | 233 |
| 7.4.5 | Piquetage planimétrique..... | 235 |
| 7.4.6 | Repères altimétriques | 236 |
| 7.4.7 | Chronologie des travaux d'implantation..... | 237 |

Chapitre 8. Travaux topographiques spécifiques..... 241

| | | |
|------------|--|-----|
| 8.1 | Bâtiment | 241 |
| 8.1.1 | Levé d'intérieur | 241 |
| 8.1.1.1 | <i>Saisie manuelle</i> | 241 |
| 8.1.1.2 | <i>Chaîne numérique</i> | 243 |
| 8.1.2 | Levé des façades | 243 |
| 8.1.3 | Contrôles de verticalité..... | 244 |
| 8.1.3.1 | <i>Piliers et poteaux</i> | 244 |
| 8.1.3.2 | <i>Façades planes</i> | 245 |
| 8.1.4 | Chaises..... | 245 |
| 8.1.5 | Le GPS dans le monde de la construction | 245 |
| 8.2 | Travaux publics | 246 |
| 8.2.1 | Entrées en terre et gabarits de talutage | 246 |
| 8.2.5 | Localisation et guidage des engins de chantier | 248 |
| 8.3 | Topographie souterraine | 249 |
| 8.3.1 | Transfert au fond des canevas du jour | 249 |
| 8.3.2 | Creusement d'une galerie | 251 |
| 8.3.3 | Contrôle des profils en travers | 252 |
| 8.4 | Métopologie | 252 |
| 8.4.1 | Métopologie géodésique | 252 |
| 8.4.1.1 | <i>Autocollimation</i> | 253 |
| 8.4.1.2 | <i>Rayonnement spatial</i> | 254 |
| 8.4.1.3 | <i>Intersection spatiale</i> | 254 |
| 8.4.1.4 | <i>Nivellement géométrique de très haute précision</i> | 255 |
| 8.4.2 | Métopologie photogrammétrique | 255 |
| 8.4.3 | Auscultation d'ouvrage | 256 |

| | |
|--|-----|
| 8.5 Photogrammétrie | 256 |
| 8.5.1 Prise de vue et clichés | 256 |
| 8.5.2 Photo-interprétation | 258 |
| 8.5.3 Stéréophotogrammétrie | 258 |
| 8.6 Bathymétrie | 261 |
| 8.7 SIG | 262 |
| 8.7.1 Les données d'un SIG | 262 |
| 8.7.2 Les utilisations d'un SIG | 263 |
| 8.7.3 Architecture et fonctionnalités | 263 |
| 8.7.4 Modélisation et articulation des données | 265 |
| 8.7.5 Les sources de données | 265 |

Chapitre 9. Calculs topométriques

| | |
|---|-----|
| 9.1 Modes de calcul | 267 |
| 9.1.1 Rappels mathématiques | 267 |
| 9.1.1.1 <i>Trigonométrie circulaire</i> | 267 |
| 9.1.1.2 <i>Équation du second degré</i> | 271 |
| 9.1.1.3 <i>Développements limités</i> | 271 |
| 9.1.1.4 <i>Dérivées et différentielles</i> | 271 |
| 9.1.1.5 <i>Géométrie</i> | 273 |
| 9.1.2 Calcul séquentiel | 275 |
| 9.1.3 Traitement informatique | 278 |
| 9.2 Coordonnées | 278 |
| 9.2.1 Conversions | 278 |
| 9.2.1.1 <i>Conversion des coordonnées polaires en coordonnées rectangulaires ($P \rightarrow R$)</i> | 278 |
| 9.2.1.2 <i>Conversion des coordonnées rectangulaires en coordonnées polaires ($R \rightarrow P$)</i> | 279 |
| 9.2.1.3 <i>Application</i> | 280 |
| 9.2.1.4 <i>Distance d'un point à une droite</i> | 282 |
| 9.2.2 G0 de station | 282 |
| 9.2.3 Stations excentrées | 284 |
| 9.2.4 Rattachement – rabattement | 286 |
| 9.2.5 Changement de repère orthonormé | 287 |
| 9.2.5.1 <i>Angle des repères</i> | 287 |
| 9.2.5.2 <i>Formules</i> | 288 |
| 9.2.5.3 <i>Algorithme</i> | 289 |
| 9.2.5.4 <i>Application</i> | 291 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 9.3 | Intersections de droites et de cercles | 293 |
| 9.3.1 | Intersection de deux visées..... | 293 |
| 9.3.2 | Intersection de deux droites | 294 |
| 9.3.3 | Intersection de deux cercles | 296 |
| 9.3.4 | Centre et rayon d'un cercle défini par les coordonnées de trois de ses points | 297 |
| 9.3.5 | Relèvement sur trois points | 297 |
| | 9.3.5.1 <i>Intersection des arcs capables</i> | 298 |
| | 9.3.5.2 <i>Relèvement italien</i> | 301 |
| | 9.3.5.3 <i>Formule de Delambre</i> | 302 |
| 9.3.6 | Relèvement double..... | 303 |
| 9.3.7 | Intersection d'une droite et d'un cercle..... | 304 |
| 9.3.8 | Intersection d'une visée et d'un arc capable | 305 |
| 9.4 | Superficies | 305 |
| 9.4.1 | Superficies graphiques | 305 |
| | 9.4.1.1 <i>Décomposition d'un polygone en triangles et en trapèzes</i> | 305 |
| | 9.4.1.2 <i>Surfaces à limites sinueuses</i> | 306 |
| | 9.4.1.3 <i>Planimètres</i> | 306 |
| | 9.4.1.4 <i>Surfaces digitalisées</i> | 309 |
| | 9.4.1.5 <i>Jeu du papier</i> | 310 |
| 9.4.2 | Superficies numériques élémentaires..... | 312 |
| | 9.4.2.1 <i>Triangles</i> | 312 |
| | 9.4.2.2 <i>Trapèzes</i> | 314 |
| | 9.4.2.3 <i>Quadrilatères</i> | 316 |
| | 9.4.2.4 <i>Secteur et segment circulaires</i> | 317 |
| 9.4.3 | Superficie d'un polygone défini en coordonnées polaires | 317 |
| 9.4.4 | Superficie d'un polygone défini en coordonnées rectangulaires | 319 |
| | 9.4.4.1 <i>Superficie positive</i> | 319 |
| | 9.4.4.2 <i>Superficie négative</i> | 320 |
| | 9.4.4.3 <i>Polygone quelconque</i> | 320 |
| 9.4.5 | Formule polygonale ou formule de Sarron' | 322 |
| | 9.4.5.1 Notations | 322 |
| | 9.4.5.2 Formule | 322 |
| | 9.4.5.3 Calcul direct du côté inconnu | 325 |
| | 9.4.5.4 Calcul des angles inconnus | 326 |
| | 9.4.5.5 Arrondis et troncatures | 327 |
| 9.4.6 | Redressement des limites | 327 |
| | 9.4.6.1 Segment de redressement | 327 |
| | 9.4.6.2 Ligne brisée | 328 |
| 9.5 | Divisions des surfaces | 330 |
| 9.5.1 | Triangles | 330 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| 9.5.2 | Trapèzes | 335 |
| 9.5.3 | Quadrilatères | 337 |
| 9.6 | Calculs itératifs | 344 |
| 9.6.1 | Racines d'une équation à une inconnue | 344 |
| 9.6.1.1 | <i>Approximations successives</i> | 344 |
| 9.6.1.2 | <i>Linéarisation ou méthode de Newton</i> | 345 |
| 9.6.1.3 | <i>Dichotomie</i> | 346 |
| 9.6.1.4 | <i>Incrémentation</i> | 347 |
| 9.6.2 | Algorithmes itératifs | 348 |
| Chapitre 10. | Dessins et plans | 353 |
| 10.1 | Dessins | 353 |
| 10.1.1 | Minutes et calques | 353 |
| 10.1.2 | Reports par multilatération | 354 |
| 10.1.3 | Quadrillage et points connus en coordonnées ; échelles 1/100 à 1/5 000 | 357 |
| 10.1.4 | Dessin des courbes de niveau | 359 |
| 10.1.5 | Profils | 360 |
| 10.1.5.1 | <i>Tracé en plan</i> | 360 |
| 10.1.5.2 | <i>Profil en long</i> | 364 |
| 10.1.5.3 | <i>Profils en travers</i> | 369 |
| 10.1.6 | Cubature des terrassements | 374 |
| 10.1.6.1 | <i>Principe</i> | 374 |
| 10.1.6.2 | <i>Moyenne des aires</i> | 375 |
| 10.1.6.3 | <i>Distances des profils encadrants à la ligne de passage</i> | 377 |
| 10.1.6.4 | <i>Moyenne des entre-profils</i> | 378 |
| 10.1.6.5 | <i>Cubature simplifiée</i> | 382 |
| 10.2 | Plans numériques | 383 |
| 10.2.1 | Infographie | 383 |
| 10.2.1.1 | <i>Levé et saisie des données</i> | 384 |
| 10.2.1.2 | <i>Constitution du fichier-points</i> | 384 |
| 10.2.1.3 | <i>Établissement du fichier-dessin</i> | 384 |
| 10.2.1.4 | <i>Dessins</i> | 385 |
| 10.2.1.5 | <i>Incorporation des résultats dans un SIG</i> | 385 |
| 10.2.2 | Les logiciels | 385 |
| 10.2.2.1 | <i>La modélisation</i> | 385 |
| 10.2.2.2 | <i>Les entités</i> | 386 |
| 10.2.2.3 | <i>Les commandes utiles</i> | 387 |
| 10.2.3 | Interactivité | 387 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 10.3 Plans numérisés | 387 |
| 10.4 Présentation | 388 |
| 10.4.1 Formats | 388 |
| 10.4.2 Habillage | 389 |
| 10.4.3 Indications | 389 |
| 10.4.4 Exemples | 390 |
| Index | 393 |

Cet ouvrage comporte un cahier en couleur folioté de A à H, inséré entre les pages 366 et 367.

Contenu protégé par copyright