TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE . . . i

TABLE DES AUTEURS . . . iii

SOMMAIRE . . . v

1. INTRODUCTION . . . 1

1.1. HISTORIQUE DE LA CONNAISSANCE DES TEMPS . . . 1
- 1.1.1 Les origines . . . 1
- 1.1.2. La Connaissance des Temps de 1795 à 1979 . . . 2
- 1.1.3. La Connaissance des Temps depuis 1980 . . . 3

1.2. L'INTRODUCTION AUX ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES (Supplément explicatif à la Connaissance des Temps) . . . 4
- 1.2.1. But de l'ouvrage . . . 4
- 1.2.2. Description sommaire de l'ouvrage . . . 5
- 1.2.3. Notations . . . 6
  - 1.2.3.1. Liste des sigles utilisés . . . 6
  - 1.2.3.2. Liste des publications . . . 7
- 1.2.4. Liste des tables . . . 9
- 1.2.5. Liste des figures . . . 12
- 1.2.6. Liste récapitulative des auteurs . . . 14

2. DÉFINITIONS ET DONNÉES ASTRONOMIQUES . . . 15

2.1. INTRODUCTION . . . 15

2.2. SYSTÈME D'UNITÉS . . . 16
- 2.2.1. Système fondamental . . . 16
- 2.2.2. Système UAI d'unités astronomiques . . . 18
- 2.2.3. Tables de correspondance . . . 19

2.3. LE SYSTÈME UAI DE CONSTANTES ASTRONOMIQUES . . . 19
- 2.3.1. Origine des temps . . . 20
- 2.3.2. Valeurs des constantes astronomiques . . . 21
- 2.3.3. Système des masses planétaires et données à utiliser pour le calcul des éphémérides . . . 21

2.4. DONNÉES CONCERNANT LES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE 27
2.4.1. Éléments orbitaux des planètes et des satellites 27
2.4.2. Paramètres physiques 30

2.5. VALEURS SUCCESSIVES DES CONSTANTES ASTRONOMIQUES 38
2.5.1. Constantes de définition 38
2.5.2. Constantes primaires et constantes dérivées 39
2.5.3. Rapports de la masse du Soleil aux masses des planètes 44

2.6. AUTRES CONSTANTES ET UNITÉS 46
2.6.1. Système de référence galactique 46
2.6.2. Système de référence extragalactique 47
2.6.3. Valeurs estimées de quantités cinématiques 47
2.6.4. Valeurs estimées de quantités dynamiques 48
2.6.5. Autres unités 48

2.7. BIBLIOGRAPHIE 49

3. ÉCHELLES DE TEMPS 55

3.1. INTRODUCTION. LE TEMPS ET LES ASTRONOMES 55

3.2. ÉVOLUTION DES ÉCHELLES DE TEMPS 56

3.3. LE TEMPS UNIVERSEL (TU OU UT, UNIVERSAL TIME) 58

3.4. LE TEMPS ATOMIQUE INTERNATIONAL (TAI) 59
3.4.1. Étalons de fréquence. La seconde SI 59
3.4.2. Réalisation du Temps atomique international 59
3.4.3. Uniformité du Temps atomique international 60

3.5. LE TEMPS UNIVERSEL COORDONNÉ (UTC, UNIVERSAL TIME COORDINATED) 61

3.6. LE TEMPS DES ÉPHÉMÉRIDES (TE OU ET, EPHEMERIS TIME) 63

3.7. LE TEMPS TERRESTRE (TT) 64

3.8. LES ÉCHELLES TDB, TCB ET TCG 65

3.9. RELATIONS ENTRE LES DIFFÉRENTES ÉCHELLES DE TEMPS 67

3.10. BIBLIOGRAPHIE 68

4. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE ET CHANGEMENTS DE COORDONNÉES 75

4.1. LES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE 75
4.1.1. Mécanique newtonienne et mécanique relativiste 75
4.1.1.1. La mécanique newtonienne 75
4.1.1.2. La mécanique relativiste 76
4.1.2. Systèmes de référence célestes et systèmes de référence terrestres 79
4.1.2.1. Systèmes de référence célestes 79
4.1.2.1. Systèmes de référence terrestres 79

4.2. LES REPÈRES DE RÉFÉRENCE CÉLESTES . . . 79
4.2.1. Définitions . . . 80
4.2.2. Le repère du FK4 . . . 83
4.2.3. Le repère du FK5 . . . 84
4.2.4. Le repère de DE200/LE200 . . . 85
4.2.5. Le repère de VSOP82 et ELP 2000 . . . 87
4.2.6. Les repères de référence en construction . . . 88

4.3. LES COORDONNÉES PUBLIÉES DANS LA CONNAISSANCE DES TEMPS . . . 89
4.3.1. Éphémérides de la Lune, du Soleil et des planètes principales . . . 89
4.3.1.1. Coordonnées rapportées à l'équinoxe et à l'équateur moyens de J2000 . . 90
4.3.1.2. Coordonnées rapportées à l'équinoxe et à l'équateur vrais de la date . . 90
4.3.1.3. Coordonnées rapportées à l'équinoxe et à l'écliptique moyens de J2000 . 90
4.3.2. Éphémérides de Pluton et des petites planètes . . . 91
4.3.3. Éphémérides des satellites naturels des planètes . . . 91

4.4. PASSAGE D'UN REPÈRE DE RÉFÉRENCE CÉLESTE À UN REPÈRE DE RÉFÉRENCE TERRESTRE . . . 94
4.4.1. Introduction . . . 94
4.4.2. Expression classique de la transformation . . . 95
4.4.3. Expression de la transformation utilisant l'origine non-tournante . . . 96

4.5. CHANGEMENTS DE COORDONNÉES . . . 98
4.5.1. Notions préliminaires . . . 98
4.5.1.1. Coordonnées cartésiennes et coordonnées polaires . . . 98
4.5.1.2. Transformation des coordonnées sous l'effet d'une rotation des axes . . . 99
4.5.2. Coordonnées usuelles . . . 100
4.5.2.1. Coordonnées liées à un repère de référence céleste . . . 100
4.5.2.2. Coordonnées liées à un repère de référence terrestre . . . 103
4.5.3. Relations entre coordonnées équatoriales et coordonnées écliptiques . . . 103
4.5.4. Relations entre les coordonnées équatoriales moyennes de deux dates . . . 105
4.5.5. Relations entre les coordonnées écliptiques moyennes de deux dates . . . 107
4.5.6. Relations entre les coordonnées écliptiques moyennes de la date et les coordonnées écliptiques vraies . . . 108
4.5.7. Relations entre les coordonnées équatoriales moyennes de la date et les coordonnées équatoriales vraies . . . 108
4.5.8. Relations entre les coordonnées horaires et les coordonnées horizontales pour un même lieu . . . 109
4.5.9. Variations des éléments d'une orbite sous l'effet d'un changement de date de référence . . . 110
4.5.10. Changement de repère de référence . . . 112

4.6. BIBLIOGRAPHIE . . . 114

5. PRÉCESSION-NUTATION . . . 117

5.1. INTRODUCTION . . . 117

5.2. DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES COMPOSANTES DU PHÉNOMÈNE . . . 118
5.2.1. La précession luni-solaire . . . 118

5.2.2. La nutation luni-solaire 119
5.2.3. La précession planétaire 120
5.2.4. La précession générale 120
5.2.5. La précession géodésique 120
5.2.6. La nutation planétaire 120

5.3. EXPLICATION SCHÉMATIQUE DE LA PRÉCESSION ET DE LA NUTATION LUNI-SOLAIRES 121

5.4. REPRÉSENTATION CLASSIQUE DES EFFETS DE PRÉCESSION-NUTATION . 122

5.5. LA PRÉCESSION 125
5.5.1. Construction d'expressions précises 125
5.5.2. Construction du formulaire de la précession 129
5.5.3. Dérivées des quantités de précession par rapport aux masses des planètes et aux constantes $\mathcal{P}_1$ et ε_0 132
5.5.4. Expressions de Lieske et al. (1977) 134
5.5.5. Passage des coordonnées moyennes d'une date à une autre 134

5.6. LA NUTATION 135
5.6.1. Passage des éléments moyens aux éléments vrais 135
5.6.2. Le modèle UAI 1980 de la nutation 136

5.7. BIBLIOGRAPHIE 141

6. ROTATION DE LA TERRE ET TEMPS UNIVERSEL 143

6.1. INTRODUCTION 143

6.2. DESCRIPTION DE LA ROTATION DE LA TERRE 144
6.2.1. Définitions 144
6.2.2. Historique 144
6.2.3. Le mouvement de l'axe de rotation dans l'espace 145
6.2.4. Le mouvement de l'axe de rotation à l'intérieur de la Terre 145
6.2.5. Les variations de la vitesse angulaire de rotation 146

6.3. REPRÉSENTATION DE LA ROTATION DE LA TERRE 146
6.3.1. Utilité d'une connaissance précise de la rotation de la Terre 146
6.3.2. Les paramètres et leur signification géométrique 147

6.4. THÉORIE DE LA ROTATION DE LA TERRE 148
6.4.1. Bases de la théorie 148
6.4.2. Équations et solutions relatives à un modèle de Terre rigide 151
6.4.3. Modification des solutions par la non-rigidité de la Terre 155

6.5. LE TEMPS UNIVERSEL 158
6.5.1. Définitions relatives au Temps universel 158
6.5.2. Détermination du Temps universel à partir d'observations 163
6.5.3. Relation de définition du Temps universel en fonction du temps sidéral . . . 164
6.5.4 Définition exacte de UT1 166

6.6. BIBLIOGRAPHIE 168

7. CORRECTIONS POUR LA RÉDUCTION DES OBSERVATIONS 171

7.1. CORRECTIONS DE MOUVEMENT PROPRE, DE PARALLAXE ET D'ABERRATION POUR LES ÉTOILES 171
7.1.1. Généralités 171
7.1.1.1. Mouvement propre 171
7.1.1.2. Parallaxe 172
7.1.1.3. Aberration 172
7.1.1.4. Déplacements du plan de référence et de l'origine 174
7.1.1.5. Historique 175
7.1.2. Corrections de mouvement propre 175
7.1.3. Formulaire classique pour le calcul des corrections de parallaxe et d'aberration stellaires 177
7.1.3.1. Corrections de parallaxe annuelle 177
7.1.3.2. Corrections globales d'aberration annuelle 178
7.1.3.3. Aberration elliptique 180
7.1.3.4. Formules de Bessel 180
7.1.3.5. Corrections d'aberration diurne 181
7.1.4. Formulaire relativiste pour le calcul des corrections de parallaxe et d'aberration stellaires 182
7.1.4.1. Déviation gravitationnelle des rayons lumineux 182
7.1.4.2. Coordonnées apparentes d'une étoile 183
7.1.4.3. Coordonnées apparentes topocentriques d'une étoile 184

7.2. CORRECTIONS DE PARALLAXE ET D'ABERRATION POUR LES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE 185
7.2.1. Généralités 185
7.2.2. Formulaire classique pour le calcul des corrections de parallaxe et d'aberration concernant les corps du système solaire 186
7.2.2.1. Corrections de parallaxe diurne 186
7.2.2.2. Temps de lumière 187
7.2.2.3. Corrections d'aberration planétaire, coordonnées apparentes 187
7.2.2.4. Coordonnées astrométriques 188
7.2.2.5. Corrections d'aberration diurne 189
7.2.3. Formulaire relativiste pour le calcul des corrections de parallaxe et d'aberration concernant les corps du système solaire 189
7.2.3.1. Temps de lumière 189
7.2.3.2. Déviation gravitationnelle des rayons lumineux. Coordonnées astrométriques 189
7.2.3.3. Coordonnées apparentes d'un corps du système solaire 190
7.2.3.4. Coordonnées apparentes topocentriques d'un corps du système solaire . . 190

7.3. LA RÉFRACTION ASTRONOMIQUE 190
7.3.1. Théorie approchée de la réfraction astronomique 191
7.3.1.1. Formule de Laplace 191
7.3.1.2. Dépendance vis à vis des paramètres physiques 193
7.3.1.3. Évaluation de la réfraction pour des distances zénithales inférieures à 70° 196

7.3.2. Réfraction aux grandes distances zénithales . . . 196
7.3.2.1. Réfraction normale . . . 196
7.3.2.2. Corrections de température et pression . . . 197
7.3.2.3. Correction de réfraction chromatique . . . 197
7.3.2.4. Correction d'humidité . . . 197
7.3.2.5. Correction de latitude . . . 197
7.3.2.6. Correction d'altitude . . . 197
7.3.2.7. Lever et coucher des astres . . . 199
7.3.2.8. Réfraction à une distance finie . . . 203
7.3.3. Effet de la réfraction sur les mesures de distance . . . 203
7.3.4. Réfraction dans le domaine des ondes radio . . . 205
7.3.4.1. Réfraction troposphérique . . . 205
7.3.4.2. Retard dû à la troposphère . . . 206
7.3.4.3. Réfraction ionosphérique . . . 206

7.4. BIBLIOGRAPHIE . . . 207

8. MOUVEMENT DES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE . . . 209

8.1. THÉORIES PLANÉTAIRES . . . 209
8.1.1. Historique . . . 209
8.1.2. Éléments de Mécanique Céleste . . . 214
8.1.2.1. Remarques générales sur les théories planétaires . . . 214
8.1.2.2. Mouvement képlérien . . . 215
8.1.2.3. Mouvement perturbé . . . 215
8.1.2.4. Équations de Lagrange . . . 216
8.1.2.5. Forme des théories analytiques . . . 217
8.1.3. Construction de théories planétaires à variations séculaires . . . 219
8.1.3.1. Méthodes d'intégration . . . 219
8.1.3.2. Calcul des seconds membres des équations . . . 220
8.1.3.3. Compléments à la fonction perturbatrice . . . 221
8.1.3.4. Détermination des constantes d'intégration . . . 222
8.1.4. Théories planétaires utilisées pour les éphémérides de la Connaissance des Temps . . . 223
8.1.4.1. Système des masses planétaires . . . 223
8.1.4.2 Théories anciennes . . . 223
8.1.4.3. Théories du Bureau des longitudes . . . 225
8.1.4.4. Comparaison des théories du Bureau des longitudes à DE200 . . . 226
8.1.4.5. Précision des théories . . . 226
8.1.5. Éléments moyens des planètes . . . 228
8.1.5.1. Définition . . . 228
8.1.5.2. Usage . . . 229
8.1.5.3. Termes séculaires des demi-grands axes . . . 229
8.1.5.4. Expressions numériques des éléments moyens . . . 230

8.2. LA LUNE . . . 235
8.2.1. Historique . . . 235
8.2.1.1. De 1760 à 1861 . . . 235

8.2.1.2. De 1862 à 1914 . . . 236
8.2.1.3. De 1915 à 1925 . . . 237
8.2.1.4. De 1926 à 1959 . . . 237
8.2.1.5. De 1960 à nos jours . . . 238
8.2.1.6. Évolution de la précision . . . 239
8.2.2. Remarques générales sur les solutions du mouvement orbital de la Lune . . . 240
8.2.2.1. Les différentes attractions . . . 240
8.2.2.2. Méthodes analytiques et intégration numérique . . . 241
8.2.2.3. Les différentes étapes en méthode analytique . . . 242
8.2.2.4. Le problème principal . . . 242
8.2.2.5. Le problème complet . . . 245
8.2.3. L'éphéméride DE200/LE200 . . . 245
8.2.4. La théorie ELP 2000–82 et l'éphéméride ELP 2000 . . . 247
8.2.4.1. Système de référence . . . 247
8.2.4.2. Le problème principal . . . 247
8.2.4.3. La solution complète . . . 248
8.2.4.4. Ajustement sur LE200 . . . 249
8.2.4.5. Précision . . . 252
8.2.5. Éléments de l'orbite de la Lune . . . 253
8.2.6. Périodes usuelles . . . 255

8.3. LES SATELLITES DE MARS . . . 255
8.3.1. Découverte et observations . . . 255
8.3.2. Les théories . . . 256
8.3.2.1. Le modèle de Struve . . . 256
8.3.2.2. Les théories analytiques . . . 259
8.3.3. Bases de l'éphéméride de la Connaissance des Temps . . . 260

8.4. LES SATELLITES GALILÉENS . . . 263
8.4.1. Historique . . . 263
8.4.2. Théorie des mouvements des satellites galiléens . . . 264
8.4.2.1. Introduction . . . 264
8.4.2.2. Généralités sur les mouvements . . . 265
8.4.2.3. La théorie des mouvements . . . 268
8.4.2.4. Élaboration des éphémérides . . . 274
8.4.3. Les phénomènes des satellites galiléens . . . 275
8.4.3.1. Définitions . . . 275
8.4.3.2. Méthode de calcul des dates des phénomènes . . . 276
8.4.3.3. Compléments dus à l'effet de phase et à l'aberration . . . 277
8.4.4. Les phénomènes mutuels des satellites galiléens . . . 278
8.4.4.1. Introduction . . . 278
8.4.4.2. Définitions et circonstances . . . 278
8.4.4.3. Description des phénomènes mutuels . . . 280
8.4.4.4. Calcul des prédictions de phénomènes mutuels . . . 280
8.4.4.5. Le temps de lumière et la géométrie des phénomènes mutuels . . . 281
8.4.4.6. Calcul d'une occultation . . . 282

8.4.4.7. Calcul d'une éclipse . . . 283
8.4.4.8. Observation des phénomènes mutuels et réduction . . . 283

8.5. LES SATELLITES FAIBLES DE JUPITER . . . 284
8.5.1. Introduction . . . 284
8.5.2. Satellites proches de Jupiter (J V, J XIV, J XV, J XVI) . . . 284
8.5.3. Satellites lointains . . . 284
8.5.3.1. Satellites directs (J VI, J VII, J X, J XIII) . . . 284
8.5.3.2. Satellites rétrogrades (J VIII, J IX, J XI, J XII) . . . 285
8.5.4. Positions des satellites lointains . . . 285

8.6. LES SATELLITES DE SATURNE . . . 288
8.6.1. Historique . . . 288
8.6.1.1. La liste des satellites de Saturne . . . 288
8.6.1.2. Les théories des neuf premiers satellites . . . 289
8.6.2. Les caractéristiques dynamiques principales des neuf premiers satellites . . . 290
8.6.2.1. Généralités . . . 290
8.6.2.2. Le plan des anneaux . . . 291
8.6.2.3. Notations . . . 293
8.6.2.4. Sources . . . 293
8.6.2.5. Les couples Mimas-Téthys et Encelade-Dioné . . . 295
8.6.2.6. Rhéa, Titan, Japet . . . 297
8.6.2.7. Hypérion . . . 300
8.6.2.8. Phœbé . . . 302
8.6.3. La dynamique des nouveaux satellites de Saturne . . . 303
8.6.3.1. Généralités . . . 303
8.6.3.2. Les satellites lagrangiens : Janus, Épiméthée, Hélène, Télesto, Calypso . 304
8.6.3.3. Les satellites bergers : Atlas, Prométhée, Pandore . . . 307
8.6.3.4. Le satellite Pan . . . 308

8.7. LES SATELLITES D'URANUS . . . 309
8.7.1. Découverte et observations . . . 309
8.7.2. Théorie du mouvement . . . 310
8.7.3. Éléments orbitaux et masses des satellites . . . 312
8.7.4. Éphéméride des cinq satellites principaux . . . 314

8.8. LES SATELLITES DE NEPTUNE . . . 315
8.8.1. Brève présentation du système de Neptune . . . 315
8.8.2. Triton et Néréide . . . 316
8.8.2.1. Observations et modèles . . . 316
8.8.2.2. Éléments orbitaux . . . 318
8.8.3. Les nouveaux satellites . . . 319
8.8.3.1. Images et modèles . . . 319
8.8.3.2. Éléments orbitaux . . . 321

8.9. CHARON, SATELLITE DE PLUTON . . . 322
8.9.1. Présentation du système Pluton-Charon . . . 322
8.9.2. Éléments orbitaux . . . 323

8.10. LES COMÈTES . . . 324
8.10.1. Historique . . . 324
8.10.2. Origine et évolution . . . 324
8.10.3. Ancienne nomenclature des comètes . . . 325
8.10.3.1. Le nom des comètes . . . 325
8.10.3.2. Les références provisoires et définitives . . . 326
8.10.3.2. Quelques exceptions . . . 326
8.10.4. Nouvelle nomenclature des comètes . . . 326
8.10.5. Observations des comètes . . . 327
8.10.5.1. Problèmes liés à la physique des comètes . . . 327
8.10.5.1. Nature des observations . . . 327
8.10.6. Détermination des orbites . . . 329
8.10.6.1. Les méthodes d'intégration numérique . . . 330
8.10.6.2. Les perturbations . . . 330
8.10.7. Les éphémérides . . . 331
8.10.7.1. Le calcul des magnitudes . . . 332
8.10.7.2. Publications d'éphémérides et catalogues . . . 333
8.10.7.3. Liste alphabétique des comètes . . . 333

8.11. LES ASTÉROÏDES . . . 338
8.11.1. Historique . . . 338
8.11.2. Origine et évolution . . . 338
8.11.3. Nomenclature des astéroïdes . . . 338
8.11.4. Répartition orbitale des astéroïdes . . . 339
8.11.5. Ajustement des orbites et production d'éphémérides . . . 339

8.12. BIBLIOGRAPHIE . . . 340

9. PRÉSENTATION DES ÉPHÉMÉRIDES DE LA CONNAISSANCE DES TEMPS . . . 353

9.1. REPRÉSENTATION DES ÉPHÉMÉRIDES . . . 353
9.1.1. Les éphémérides tabulées . . . 353
9.1.2. Approximation d'une fonction . . . 355
9.1.3. Les polynômes de Tchebychev . . . 358
9.1.4. Approximation par des fonctions mixtes . . . 361
9.1.5. Approximation de Fourier-Tchebychev . . . 363

9.2. ÉPHÉMÉRIDES DU SOLEIL, DE LA LUNE ET DES PLANÈTES . . . 365
9.2.1. Sources des éphémérides . . . 365
9.2.1.1. Éphémérides du Soleil, de la Lune et des planètes principales . . . 365
9.2.1.2. Éphémérides de Pluton et des petites planètes Cérès, Pallas, Junon et Vesta 365
9.2.1.3. Représentation des sources sous forme d'éphémérides Tchebychev . . . 365
9.2.1.4. Précision des sources et précision de représentation . . . 366
9.2.2. Éphémérides Tchebychev BDL82 . . . 367
9.2.2.1. Intervalle de validité . . . 367
9.2.2.2. Échelle de temps . . . 367
9.2.2.3. Système de référence . . . 368

9.2.2.4. Types de coordonnées 369
9.2.2.5. Paramètres de représentation 369
9.2.3. Éphémérides de la Connaissance des Temps 370
9.2.3.1. Éphémérides publiées pour le Soleil, la Lune et les planètes 370
9.2.3.2. Échelle de temps 371
9.2.3.3. Système de référence 371
9.2.3.4. Temps sidéral et nutation 372
9.2.3.5. Correction de l'aberration des fixes 372
9.2.3.6. Calcul des coordonnées 373
9.2.3.7. Coordonnées moyennes J2000 373
9.2.3.8. Coordonnées apparentes et astrométriques 374
9.2.3.9. Temps de passage du Soleil 376
9.2.3.10. Paramètres de représentation 376

9.3. ÉPHÉMÉRIDES DES SATELLITES NATURELS DES PLANÈTES 379
9.3.1. Sources des éphémérides 379
9.3.2. Échelle de temps 379
9.3.3. Calcul des coordonnées 379
9.3.4. Précision des éphémérides 380
9.3.5. Représentation des éphémérides des satellites naturels des planètes 381

9.4. UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES 383
9.4.1. Description des éphémérides publiées dans la Connaissance des Temps . . . 383
9.4.2. Calcul d'une coordonnée 384
9.4.3. Dérivées des développements 385
9.4.4. Calcul d'une date de phénomène 386
9.4.5. Exemples 386

9.5. BIBLIOGRAPHIE 391

10. ÉPHÉMÉRIDES POUR LES OBSERVATIONS PHYSIQUES DU SOLEIL, DE LA LUNE, DES PLANÈTES ET DES SATELLITES 393

10.1. DÉFINITION DES PARAMÈTRES DE LA ROTATION 394

10.2. DÉFINITION DES SYSTÈMES DE COORDONNÉES 408

10.3. CALCUL DE QUANTITÉS LIÉES À LA ROTATION 409

10.4. CALCUL DE QUANTITÉS LIÉES À LA PHASE 411

10.5. BIBLIOGRAPHIE 413

GLOSSAIRE 415

INDEX 431

TABLE DES MATIÈRES 441