collection informatique dirigée par Jean-Charles Pomerol

Bases de données relationnelles

concepts, mise en œuvre et exercices

Claude Chrisment
Karen Pinel-Sauvagnat
Olivier Teste
Michel Tuffery

Hermes
Lavoisier

Table des matières

Préface 15

Chapitre 1. Introduction 17

1.1. Un peu d'histoire 17
1.1.1. Fichiers 17
1.1.2. Bases de données 18
1.2. Objectifs fondamentaux 20
1.2.1. Centraliser l'information 20
1.2.2. Assurer l'indépendance données-traitements 20
1.2.3. Permettre des liaisons entre ensembles de données 21
1.2.4. Intégrité 21
1.2.5. Sécurité (mécanisme de reprise après panne ou *recovery*) 22
1.2.6. Confidentialité 22
1.2.7. Partage des données 23
1.3. L'environnement bases de données 24
1.4. Quelles évolutions aujourd'hui ? 25
1.4.1. Bases de données réparties 25
1.4.2. Bases de données orientées-objet 26
1.4.3. Bases de données multidimensionnelles 28
1.4.4. Bases de données semi-structurées 29

Chapitre 2. Modélisation : le modèle Entié-Relation et le diagramme de classes UML 31

2.1. La notion de schéma conceptuel 32
2.2. Le modèle de données Entité/Relation 34
2.2.1. Le modèle de données 34
2.2.1.1. Perception : entité-association 34
2.2.1.2. Description : attributs 35
2.2.1.3. Identification de l'information 37

2.2.2. Représentation d'un schéma Entité-Relation (E/R) d'une base de données . . . 40
2.2.2.1. Graphismes . . . 40
2.2.2.2. Classe d'entités . . . 40
2.2.2.3. Exemple de schéma E/R . . . 42
2.2.3. Le modèle entité-relation étendu aux notions d'abstraction . . . 48
2.2.3.1. Abstraction sur les classes d'entités : la généralisation . . . 48
2.2.3.2. Abstraction sur les liaisons . . . 51
2.3. Le diagramme de classes UML . . . 54
2.3.1. Concepts de base . . . 54
2.3.2. Types d'association . . . 55
2.3.2.1. Associations de type Mère-Fille (1-N) . . . 55
2.3.2.2. Associations de type multiple (N-N) sans attributs . . . 56
2.3.2.3. Associations de type multiple (N-N) avec attributs . . . 56
2.3.2.4. Associations de type multiple (N-N) n-aires (n>2) . . . 57
2.3.2.5. Associations de type symétrique (1-1) . . . 57
2.3.2.6. Associations réflexives . . . 57
2.3.2.7. Assemblage de classes . . . 58
2.3.3. Agrégation, composition et généralisation . . . 59
2.3.3.1. Associations d'agrégation et de composition . . . 59
2.3.3.2. Généralisation et spécialisation . . . 61
2.4. Exercices . . . 61
2.4.1. Eléments méthodologiques pour la construction d'un schéma Entité-Relation . . . 61
2.4.2. Exercice 1. Modèle Entité-Relation : gestion des pays, fleuves et espaces maritimes . . . 62
2.4.2.1. Enoncé . . . 62
2.4.2.2. Corrigé . . . 62
2.4.3. Exercice 2. Modèle Entité-Relation : syndic de copropriété . . . 63
2.4.3.1. Enoncé . . . 63
2.4.3.2. Questions . . . 66
2.4.3.3. Corrigé . . . 66
2.4.4. Exercice 3. Modèle Entité-Relation : gestion de nomenclature . . . 69
2.4.4.1. Enoncé . . . 69
2.4.4.2. Corrigé . . . 70
2.4.5. Exercice 4. Diagramme de classes UML : vente d'ordinateurs . . . 74
2.4.5.1. Enoncé . . . 74
2.4.5.2. Corrigé . . . 75
2.4.6. Exercice 5. Diagramme de classes UML : courses automobiles . . . 75
2.4.6.1. Enoncé . . . 75
2.4.6.2. Corrigé . . . 76
2.4.7. Exercice 6. Diagramme de classes UML : gestion des notes d'un établissement . . . 77

2.4.7.1. Enoncé 77
2.4.7.2. Corrigé 78

Chapitre 3. Le modèle relationnel : introduction 79

3.1. Définitions et notations 79
3.2. Représentation graphique 80
3.3. Première forme normale 81
3.4. Dépendances fonctionnelles 82
3.4.1. Définition 82
3.4.2. Propriétés des dépendances fonctionnelles 83
3.5. Clés de relation 83
3.5.1. Définition 84
3.5.2. Exemple 84
3.6. Schéma de base de données relationnelle 85
3.6.1. Intégrité référentielle 85
3.6.2. Exemple 86
3.7. Passage du schéma conceptuel au schéma relationnel 86
3.7.1. Règle n° 1 : classes normales 87
3.7.2. Règle n° 2 : classes d'associations 1-N (mère-fille) 87
3.7.3. Règle n° 3 : classes d'associations N-M (et n-aires) 89
3.7.4. Règle n° 4 : classes d'associations 1-1 92
3.7.5. Règle n° 5 : généralisation et spécialisation 93
3.8. Exercices 94
3.8.1. Exercice 1 : vente d'ordinateurs 94
3.8.1.1. Enoncé 94
3.8.1.2. Corrigé 95
3.8.2. Exercice 2 : courses automobiles 95
3.8.2.1. Enoncé 95
3.8.2.2. Corrigé 95
3.8.3. Exercice 3 : gestion des notes d'un établissement 95
3.8.3.1. Enoncé 95
3.8.3.2. Corrigé 96

Chapitre 4. Algèbre relationnelle 97

4.1. Introduction 97
4.2. L'union (de deux relations) 98
4.3. L'intersection (de deux relations) 99
4.4. La différence (de deux relations) 100
4.5. Le produit (de deux relations) 101
4.6. La projection d'une relation 102
4.7. Sélection de lignes 103
4.8. La jointure (de deux relations) 106
4.9. La division 109

4.10. L'agrégation 111
4.11. Exercice : base chercheurs et projets 115
4.11.1. Enoncé 115
4.11.2. Corrigé 118

Chapitre 5. Normalisation 151

5.1. Deuxième forme normale – Dépendances fonctionnelles élémentaires . 151
5.2. Troisième forme normale – Dépendances fonctionnelles directes . . . 152
5.3. Forme normale étendue de Boyce Codd (*Boyce Codd Normal Form*) . 157
5.4. Quatrième forme normale – Dépendances multivaluées 159
5.4.1. Définition préliminaire : projection conditionnelle 159
5.4.2. Dépendance multivaluée 159
5.4.3. Quatrième forme normale 161
5.5. Cinquième forme normale – Dépendances mutuelles 161
5.5.1. Dépendances mutuelles 161
5.5.2. Cinquième forme normale 162
5.6. Exercices 162
5.6.1. Eléments méthodologiques et rappels 162
5.6.2. Exercice 1 164
5.6.2.1. Enoncé 164
5.6.2.2. Corrigé 164
5.6.3. Exercice 2 170
5.6.3.1. Enoncé 170
5.6.3.2. Corrigé 170

Chapitre 6. Conception de schémas 175

6.1. Approche par synthèse 175
6.1.1. Principe 175
6.1.2. Algorithme de synthèse 176
6.1.3. Contraintes pour la construction de schéma par synthèse 178
6.1.3.1. Critère d'unicité 178
6.1.3.2. Pièges d'inférence 179
6.1.3.3. Associations sans attributs 180
6.2. Méthode du graphe des dépendances fonctionnelles 181
6.3. Méthode par décomposition 182
6.4. Exercices 182
6.4.1. Exercice 1 182
6.4.1.1. Enoncé 182
6.4.1.2. Correction 183
6.4.2. Exercice 2 187
6.4.2.1. Enoncé 187
6.4.2.2. Corrigé 187
6.4.3. Exercice 3 : compagnie aérienne 192

6.4.3.1. Enoncé 192
6.4.3.2. Corrigé 193
6.4.4. Exercice 4 : gestion de scolarité 196
6.4.4.1. Enoncé 196
6.4.4.2. Corrigé 198

Chapitre 7. Le langage SQL 207

7.1. Introduction 207
7.2. Les bases de SQL 208
7.2.1. Application 208
7.2.2. L'instruction SELECT 209
7.2.2.1. Syntaxe de base 209
7.2.2.2. Exemples 210
7.2.3. Les variables paramétrées 210
7.2.3.1. Définition 210
7.2.3.2. Exemple 210
7.3. Le Langage de Définition des Données 211
7.3.1. Présentation 211
7.3.2. Création d'un schéma de relation : l'ordre CREATE 211
7.3.2.1. Syntaxe 211
7.3.2.2. Contraintes 212
7.3.2.3. Exemples 214
7.3.3. Modification de la structure : l'ordre ALTER 216
7.3.3.1. Syntaxe 216
7.3.3.2. Exemples 216
7.3.4. Effacement d'une table : l'ordre DROP 217
7.3.5. Changement du nom d'une table : l'ordre RENAME 217
7.3.6. Ajout, suppression et activation de contraintes 218
7.3.6.1. Ajout et suppression de contraintes 218
7.3.6.2. Activation ou inhibition d'une contrainte 218
7.3.7. Affichage de la structure : l'ordre DESC 220
7.3.8. Index et clusters 221
7.3.8.1. Gestion des index 221
7.3.8.2. Cluster 221
7.3.9. Séquences 224
7.4. Le Langage de Manipulation des Données 225
7.4.1. Insertion : l'ordre INSERT 225
7.4.1.1. Syntaxe 225
7.4.1.2. Exemple 225
7.4.2. Suppression de lignes/tuples : l'ordre DELETE 226
7.4.2.1. Syntaxe 226
7.4.2.2. Exemples 226
7.4.3. Modification de valeurs : l'ordre UPDATE 227

7.4.3.1. Syntaxe 227
7.4.3.2. Exemples 227
7.4.4. Prise en compte des mises à jour : les ordres COMMIT et ROLLBACK 228
7.4.4.1. Syntaxe 228
7.4.4.2. Principe 228
7.5. Le Langage d'Interrogation des Données : les requêtes mono-tables . . 228
7.5.1. L'instruction SELECT 228
7.5.2. L'affichage 229
7.5.3. Les conditions 229
7.5.3.1. Syntaxe 229
7.5.3.2. Opérandes 230
7.5.3.3. Opérateurs arithmétiques 230
7.5.3.4. Opérateurs de concaténation de chaînes 230
7.5.3.5. Opérateurs de comparaison 230
7.5.3.6. Exemples 231
7.5.4. Les fonctions 232
7.5.4.1. Les fonctions numériques 233
7.5.4.2. Les fonctions sur les chaînes de caractères 233
7.5.4.3. Les fonctions sur les dates 234
7.5.4.4. Exemples 234
7.5.5. Les traitements de groupe 235
7.5.5.1. Syntaxe 235
7.5.5.2. Exemples 236
7.5.6. Les tris 238
7.5.6.1. Tris implicites 238
7.5.6.2. Tri explicite pour affichage 238
7.5.6.3. Exemples 238
7.6. Le Langage d'Interrogation des Données : les requêtes multi-tables . . 238
7.6.1. Les opérateurs ensemblistes 239
7.6.1.1. Syntaxe 239
7.6.1.2. Exemples 239
7.6.2. Les requêtes imbriquées 240
7.6.2.1. Requêtes non-synchronisées 240
7.6.2.2. Requêtes synchronisées 241
7.6.3. Les jointures 243
7.6.3.1. Syntaxe 243
7.6.3.2. Exemples 244
7.6.4. Traduction des opérateurs relationnels 246
7.6.4.1. Opérateurs ensemblistes 246
7.6.4.2. Opérateurs spécifiques 246
7.6.4.3. La division 247
7.7. Le Langage de Contrôle Des données 248
7.7.1. Restriction de la portée des actions 248

7.7.1.1. L'objet VUE 248
7.7.1.2. Syntaxe 249
7.7.1.3. Exemples 249
7.7.2. Restriction des actions : les privilèges 251
7.7.2.1. Privilèges Système 251
7.7.2.2. Privilèges Objet 253
7.7.2.3. Les rôles 254
7.7.3. Déclencheurs 255
7.8. Exercices 255
7.8.1. Exercice 1 : base Chercheurs et projets 255
7.8.1.1. Enoncé 255
7.8.1.2. Corrigé 256
7.8.2. Exercice 2 : base Equipes et chercheurs 268
7.8.2.1. Enoncé 268
7.8.2.2. Corrigé 276

Chapitre 8. Le langage de bloc PL/SQL 291

8.1. Principes de base 292
8.1.1. Format d'un bloc PL/SQL 292
8.1.2. Variables 293
8.1.2.1. Variables simples 294
8.1.2.2. Variables faisant référence au dictionnaire de données . . . 294
8.1.2.3. Tableaux dynamiques 295
8.1.2.4. Variables paramétrées lues sous SQL*Plus 296
8.1.3. Structures PL 297
8.1.3.1. Structures alternatives ou conditionnelles 297
8.1.3.2. Structures itératives 298
8.1.3.3. Le paquetage DBMS_OUTPUT 298
8.2. Sélections 299
8.2.1. Sélections mono-ligne 299
8.2.2. Sélection multi-lignes : les curseurs 300
8.2.2.1. Principe 300
8.2.2.2. Exemples 301
8.3. Gestion des exceptions 303
8.3.1. Anomalies utilisateur 303
8.3.2. Erreurs Oracle 305
8.4. Procédures et fonctions stockées 307
8.4.1. Procédures stockées 307
8.4.2. Fonctions stockées 309
8.5. Paquetages 311
8.5.1. Structure d'un paquetage 311
8.5.2. Exemple 312
8.6. Exercices 313

8.6.1. Exercice 1. Base Equipes et chercheurs : blocs, gestion de curseurs 313
8.6.1.1. Enoncé 313
8.6.1.2. Corrigé 316
8.6.2. Exercice 2. Base Equipes et chercheurs : gestion des exceptions . 318
8.6.2.1. Enoncé 318
8.6.2.2. Corrigé 320
8.6.3. Exercice 3. Base Equipes et chercheurs : procédures cataloguées 325
8.6.3.1. Enoncé 325
8.6.3.2. Corrigé 328
8.6.4. Exercice 4. Base Equipes et chercheurs : paquetages 336
8.6.4.1. Enoncé 336
8.6.4.2. Corrigé 337

Chapitre 9. Intégrité des données : les déclencheurs 347

9.1. Principes 347
9.2. Déclencheur ligne : *row trigger* 349
9.2.1. Principe 349
9.2.2. Annulation de la transaction 349
9.2.3. Exemple 349
9.2.4. Prédicats 351
9.3. Déclencheur d'état : *statement strigger* 351
9.4. Les déclencheurs « *Instead Of* » 352
9.5. Manipulation des déclencheurs 353
9.6. Exercice : base Equipes et chercheurs 354
9.6.1. Enoncé 354
9.6.2. Corrigé 356

Chapitre 10. L'interface Pro*C 365

10.1. Introduction 365
10.2. Le prologue 366
10.2.1. La section DECLARE 366
10.2.2. La section INCLUDE 367
10.3. Le corps du programme 368
10.3.1. Connexion à la base de données 368
10.3.2. Manipulation de la base de données : primitives SQL 369
10.3.2.1. Requête retournant un seul tuple 371
10.3.2.2. Requête retournant un nombre déterminé de tuples 371
10.3.2.3. Requête retournant un nombre indéterminé de tuples . . . 372
10.4. Exemple de programme 373
10.5. Exercices 375
10.5.1. Exercice 1. Base Equipes et chercheurs : sélection mono-tuple . 375
10.5.1.1. Enoncé 375
10.5.1.2. Corrigé 376

10.5.2. Exercice 2. Base Equipes et chercheurs : sélection multi-tuple . 381
10.5.2.1. Enoncé 381
10.5.2.2. Corrigé 381

Chapitre 11. Gestion des accès concurrents 387

11.1. Transactions 387
11.2. Interférences 389
11.3. Verrous exclusifs 390
11.4. Sérialisation 392
11.5. Interblocage 395
11.6. Pertes de mise à jour : réanalyse 396
11.7. Verrous partagés 398
11.8. Verrous de mise à jour 403
11.9. Verrouillage en deux phases 404
11.10. Prévention des interblocages 409
11.10.1. Gestion de transactions 409
11.10.2. Rejet des demandes 409
11.10.3. Redémarrage de transactions 410
11.10.4. Estampilles 411
11.11. Unité de verrouillage 411
11.12. Techniques d'estampilles 412
11.13. Exercices 413
11.13.1. Exercice 1 413
11.13.1.1. Enoncé 413
11.13.1.2. Corrigé 415
11.13.2. Exercice 2 431
11.13.2.1. Enoncé 431
11.13.2.2. Corrigé 432
11.13.3. Exercice 3 441
11.13.3.1. Enoncé 441
11.13.3.2. Corrigé 442

Chapitre 12. Résistance aux pannes et sécurité des données 455

12.1. Transaction et anomalies 456
12.1.1. Messages 456
12.1.2. Structure d'une transaction 457
12.1.3. Types d'anomalies 458
12.2. Anomalies de transaction 458
12.2.1. Défaire les modifications 459
12.2.2. Journal en ligne 459
12.2.3. Annulations logiques 460
12.2.4. Longues transactions 460
12.2.5. Compression du journal 461

12.3. Anomalies système 462
12.3.1. Algorithme de reprise 464
12.3.2. Refaire les modifications 465
12.3.3. Protocole d'écriture d'abord dans le journal (*Write-Ahead Log Protocol*) 465
12.3.4. Types de reprise/redémarrage 465
12.3.5. Raffinage de la procédure de reprise 466
12.4. Défaillances de support – Anomalies matérielles 468
12.5. Achèvement en deux phases (*Two-Phases Commit Protocol*) 469

Annexe. Exercices 473

A.1. Exercice 1 : algèbre relationnelle - SQL 473
A.2. Exercice 2 : algèbre relationnelle - SQL 476
A.3. Exercice 3 : algèbre relationnelle - SQL 478
A.4. Exercice 4 : triggers - PL/SQL - Pro*C 481
A.5. Exercice 5 : triggers - PL/SQL - Pro*C 484
A.6. Exercice 6 : normalisation 485
A.7. Exercice 7 : normalisation 486
A.8. Exercice 8 : accès concurrents 487

Bibliographie 489

Index 491