

SCIENCES SUP

Cours et exercices corrigés

Licence 1^{re} et 2^e années • IUT • BTS

BASES DE DONNÉES ET MODÈLES DE CALCUL

**Outils et méthodes
pour l'utilisateur**

4^e édition

**Compléments
sur le web**

Jean-Luc Hainaut

DUNOD

2-005-674-1



2-005-674-1

BASES DE DONNÉES ET MODÈLES DE CALCUL

Outils et méthodes pour l'utilisateur

Cours et exercices corrigés

Jean-Luc Hainaut

Professeur à l'Institut d'Informatique
des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur

4^e édition

DUNOD

Table des matières

| | |
|---|----|
| AVANT-PROPOS | 15 |
| CHAPITRE 1 • MOTIVATION ET INTRODUCTION | 17 |
| 1.1 L'utilisateur-développeur, heurs... | 17 |
| 1.2 ... et malheurs | 18 |
| 1.3 Objectif de l'ouvrage | 21 |
| PARTIE 1 | |
| LES BASES DE DONNÉES | |
| CHAPITRE 2 • INTRODUCTION | 25 |
| 2.1 L'utilisateur et les données | 25 |
| 2.2 Bases de données et SGBD relationnels | 26 |
| 2.3 Construction d'une base de données | 28 |
| 2.4 Description de la première partie | 29 |
| 2.5 Pour en savoir plus | 30 |
| CHAPITRE 3 • CONCEPTS DES BASES DE DONNÉES | 31 |
| 3.1 Table, ligne et colonne | 31 |
| 3.2 Rôles d'une colonne | 33 |
| 3.2.1 Les identifiants | 33 |
| 3.2.2 Les clés étrangères | 34 |
| 3.2.3 Les informations complémentaires | 34 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 3.2.4 | Les identifiants et clés étrangères multicomposants | 34 |
| 3.2.5 | Les identifiants primaires | 34 |
| 3.2.6 | Les contraintes référentielles | 35 |
| 3.2.7 | Les colonnes facultatives | 35 |
| 3.3 | Structure et contenu d'une base de données | 36 |
| 3.4 | Représentation graphique d'un schéma | 37 |
| 3.5 | Un exemple de base de données | 38 |
| 3.6 | Autres notations graphiques | 40 |
| 3.7 | Note sur les contraintes référentielles | 41 |
| 3.8 | Modification et contraintes d'intégrité | 43 |
| 3.8.1 | Les contraintes d'unicité (identifiants) | 43 |
| 3.8.2 | Les contraintes référentielles (clés étrangères) | 43 |
| 3.8.3 | Les colonnes obligatoires | 45 |
| 3.9 | La normalisation | 45 |
| 3.9.1 | Le phénomène de redondance interne | 46 |
| 3.9.2 | Normalisation par décomposition | 46 |
| 3.9.3 | Analyse du phénomène | 47 |
| 3.9.4 | Remarques | 49 |
| 3.10 | Les structures physiques | 50 |
| 3.11 | Les systèmes de gestion de données | 51 |
| 3.12 | SQL et les bases de données | 53 |
| 3.13 | Exercices | 54 |
| CHAPITRE 4 • LE LANGAGE SQL DDL | | 55 |
| 4.1 | Introduction | 55 |
| 4.2 | Le langage SQL DDL | 56 |
| 4.3 | Création d'un schéma | 56 |
| 4.4 | Création d'une table | 57 |
| 4.5 | Suppression d'une table | 61 |
| 4.6 | Ajout, retrait et modification d'une colonne | 61 |
| 4.7 | Ajout et retrait d'une contrainte | 62 |
| 4.8 | Les structures physiques | 63 |
| CHAPITRE 5 • LE LANGAGE SQL DML | | 65 |
| 5.1 | Introduction | 65 |
| 5.2 | Consultation et extraction de données dans une table | 66 |
| 5.2.1 | Principes | 66 |
| 5.2.2 | Extraction simple | 66 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.2.3 | Extraction de lignes sélectionnées | 67 |
| 5.2.4 | Lignes dupliquées dans le résultat | 68 |
| 5.2.5 | Des conditions de sélection plus complexes | 70 |
| 5.2.6 | Un peu de logique | 72 |
| 5.2.7 | Données extraites et données dérivées | 76 |
| 5.2.8 | Les fonctions SQL | 77 |
| 5.2.9 | Les fonctions agrégatives (ou statistiques) | 80 |
| 5.3 | Sélection utilisant plusieurs tables : les sous-requêtes | 82 |
| 5.3.1 | Les sous-requêtes | 82 |
| 5.3.2 | Sous-requête et clé étrangère multi-composant | 83 |
| 5.3.3 | Attention aux conditions d'association négatives | 84 |
| 5.3.4 | Références multiples à une même table | 86 |
| 5.3.5 | Les quantificateurs ensemblistes | 88 |
| 5.4 | Extraction de données de plusieurs tables (jointure) | 91 |
| 5.4.1 | La jointure de plusieurs tables | 91 |
| 5.4.2 | Conditions de jointure et conditions de sélection | 92 |
| 5.4.3 | Jointures sans conditions : produit relationnel | 93 |
| 5.4.4 | La jointure et les lignes célibataires - Les opérateurs ensemblistes | 93 |
| 5.4.5 | Les requêtes sur des structures de données cycliques | 96 |
| 5.4.6 | Sous-requête ou jointure ? | 100 |
| 5.4.7 | Valeurs dérivées dans une jointure | 103 |
| 5.4.8 | Les jointures généralisées | 103 |
| 5.4.9 | Interprétation du résultat d'une jointure | 104 |
| 5.5 | Extraction de données groupées | 107 |
| 5.5.1 | Notion de groupe de lignes | 107 |
| 5.5.2 | Sélection de groupes et sélection de lignes | 108 |
| 5.5.3 | Groupes et jointures | 109 |
| 5.5.4 | Composition du critère de groupement | 110 |
| 5.5.5 | Attention aux groupements multi-niveaux | 111 |
| 5.5.6 | Peut-on éviter l'utilisation de données groupées ? | 112 |
| 5.6 | Ordre des lignes d'un résultat | 113 |
| 5.7 | Interprétation d'une requête | 114 |
| 5.8 | Modification des données | 115 |
| 5.8.1 | Ajout de lignes | 115 |
| 5.8.2 | Suppression de lignes | 116 |
| 5.8.3 | Modification de lignes | 117 |
| 5.8.4 | Mise à jour et contraintes référentielles | 117 |
| 5.8.5 | Modification des structures de données | 120 |
| 5.9 | Exercices | 121 |
| 5.9.1 | Énoncés de type 1 | 121 |
| 5.9.2 | Énoncés de type 2 | 121 |
| 5.9.3 | Énoncés de type 3 | 122 |
| 5.9.4 | Énoncés de type 4 | 123 |

| | | |
|--|--|-----|
| 5.9.5 | Énoncés de type 5 | 126 |
| 5.9.6 | Énoncés de type 6 | 128 |
| 5.9.7 | Énoncé de type 7 | 129 |
| CHAPITRE 6 • SQL AVANCÉ | | 131 |
| 6.1 | Le contrôle d'accès | 131 |
| 6.2 | Les vues SQL | 133 |
| 6.2.1 | Principe et objectif des vues | 134 |
| 6.2.2 | Définition et utilisation d'une vue | 134 |
| 6.2.3 | Les vues comme interface pour des besoins particuliers | 135 |
| 6.2.4 | Les vues comme mécanisme de contrôle d'accès | 135 |
| 6.2.5 | Les vues comme mécanisme d'évolution de la base de données | 136 |
| 6.2.6 | Les vues comme aide à l'expression de requêtes complexes | 136 |
| 6.2.7 | Mise à jour des données via une vue | 136 |
| 6.3 | Extension de la structure des requêtes SFW | 137 |
| 6.3.1 | Extension de la clause select | 137 |
| 6.3.2 | Extension de la clause from | 138 |
| 6.3.3 | Les requêtes récursives | 143 |
| 6.4 | Les prédicats (check) | 144 |
| 6.5 | Les procédures SQL (stored procedures) | 145 |
| 6.6 | Les déclencheurs (triggers) | 146 |
| 6.7 | Le catalogue | 147 |
| 6.8 | Les extensions proposées par SQL3 | 151 |
| 6.9 | Les interfaces entre BD et programmes d'application | 152 |
| 6.10 | SQL et l'information incomplète | 156 |
| 6.10.1 | Introduction | 156 |
| 6.10.2 | La valeur null de SQL | 156 |
| 6.10.3 | La logique ternaire de SQL | 156 |
| 6.10.4 | La propagation de null en SQL | 157 |
| 6.10.5 | La propagation de unknown en SQL | 158 |
| 6.10.6 | Les problèmes de l'information incomplète en SQL | 159 |
| 6.10.7 | Deux recommandations | 164 |
| 6.11 | Exercices | 165 |
| 6.11.1 | Contrôle d'accès | 165 |
| 6.11.2 | Le catalogue | 165 |
| CHAPITRE 7 • APPLICATIONS AVANCÉES EN SQL | | 167 |
| 7.1 | Les structures d'ordre | 167 |
| 7.2 | Les bases de données actives | 170 |
| 7.2.1 | Les contraintes d'intégrité statiques | 170 |
| 7.2.2 | Les contraintes d'intégrité dynamiques | 170 |

| | | |
|--|---|-----|
| 7.2.3 | Le contrôle de la redondance | 171 |
| 7.2.4 | Les alerteurs | 172 |
| 7.2.5 | Personnalisation des comportements standard | 173 |
| 7.2.6 | Intégration d'une règle de gestion dans la base de données | 173 |
| 7.3 | Les données temporelles | 174 |
| 7.3.1 | Représentation des données temporelles | 174 |
| 7.3.2 | Interrogation de données temporelles | 175 |
| 7.3.3 | La projection temporelle | 176 |
| 7.3.4 | La jointure temporelle | 178 |
| 7.3.5 | Gestion des données historiques | 180 |
| 7.4 | La génération de code | 183 |
| 7.4.1 | Migration de données | 183 |
| 7.4.2 | Génération de migrateurs de données | 184 |
| 7.4.3 | Génération de définitions de bases de données | 186 |
| 7.4.4 | Génération de pages HTML | 187 |
| 7.4.5 | Génération de documents XML | 189 |
| 7.4.6 | Génération de générateurs de pages HTML ou de documents XML | 189 |
| 7.5 | Exercices | 190 |
| 7.5.1 | Les structures d'ordre | 190 |
| 7.5.2 | Les bases de données actives | 190 |
| 7.5.3 | Les données temporelles | 192 |
| 7.5.4 | La génération de code | 195 |
| CHAPITRE 8 • CONSTRUCTION D'UNE BASE DE DONNÉES | | 199 |
| CHAPITRE 9 • LE MODÈLE ENTITÉ-ASSOCIATION | | 203 |
| 9.1 | Types d'entités | 203 |
| 9.2 | Attributs | 204 |
| 9.3 | Types d'associations | 205 |
| 9.3.1 | Propriétés d'un type d'associations | 206 |
| 9.4 | Les identifiants | 211 |
| 9.4.1 | Les identifiants hybrides | 212 |
| 9.4.2 | Composition des identifiants | 214 |
| 9.4.3 | Identifiants minimaux et identifiants implicites | 214 |
| 9.4.4 | Importance du concept d'identifiant | 215 |
| 9.5 | Autres contraintes d'intégrité | 216 |
| 9.5.1 | Les contraintes d'intégrité statiques | 217 |
| 9.5.2 | Les contraintes d'intégrité dynamiques | 217 |
| 9.6 | Contenu informationnel d'un schéma | 217 |
| 9.7 | Exemples | 218 |
| 9.7.1 | Une structure administrative | 219 |

| | | |
|---|--|-----|
| 9.7.2 | Gestion d'une bibliothèque | 220 |
| 9.7.3 | Voyages en train | 221 |
| 9.8 | Quelques règles de présentation | 222 |
| 9.9 | Extensions du modèle entité-association | 222 |
| 9.10 | ... et UML ? | 226 |
| 9.10.1 | Le modèle de classes d'UML | 226 |
| 9.10.2 | Un exemple de schéma de classes en UML | 229 |
| 9.10.3 | Le modèle de classes d'UML revisité | 230 |
| 9.11 | Exercices | 232 |
| CHAPITRE 10 • ÉLABORATION D'UN SCHÉMA CONCEPTUEL | | 233 |
| 10.1 | Introduction | 233 |
| 10.2 | Décomposition de l'énoncé | 235 |
| 10.3 | Pertinence d'une proposition | 241 |
| 10.4 | Représentation d'une proposition | 241 |
| 10.5 | Non-redondance des propositions | 250 |
| 10.6 | Non-contradiction des propositions | 253 |
| 10.7 | Les contraintes d'intégrité | 254 |
| 10.8 | Documentation du schéma | 256 |
| 10.9 | Complétude du schéma | 257 |
| 10.10 | Normalisation du schéma | 258 |
| 10.11 | Validation du schéma | 260 |
| 10.12 | Exercices | 261 |
| CHAPITRE 11 • PRODUCTION DU SCHÉMA DE LA BASE DE DONNÉES | | 269 |
| 11.1 | Introduction | 269 |
| 11.2 | Représentation des types d'entités | 270 |
| 11.3 | Représentation des attributs | 270 |
| 11.4 | Représentation des types d'associations | 270 |
| 11.4.1 | Types d'associations un-à-plusieurs | 270 |
| 11.4.2 | Types d'associations un-à-un | 273 |
| 11.4.3 | Types d'associations plusieurs-à-plusieurs | 275 |
| 11.4.4 | Types d'associations cycliques | 276 |
| 11.5 | Représentation des identifiants | 276 |
| 11.6 | Traduction des noms | 277 |
| 11.7 | Synthèse des règles de traduction | 277 |
| 11.8 | Les structures physiques | 278 |

| | |
|---|------------|
| 11.9 Traduction des structures en SQL | 280 |
| 11.10 Compléments | 281 |
| 11.10.1 Les contraintes d'intégrité additionnelles | 281 |
| 11.10.2 Au sujet des rôles de cardinalité 1-N | 283 |
| 11.11 Rétro-ingénierie d'une base de données | 284 |
| 11.12 Extensions de la méthode | 288 |
| 11.13 Exercices | 289 |
| CHAPITRE 12 • BASES DE DONNÉES : ÉTUDES DE CAS | 293 |
| 12.1 Introduction | 293 |
| 12.2 Les animaux du zoo | 294 |
| 12.2.1 Énoncé | 294 |
| 12.2.2 Construction du schéma conceptuel | 294 |
| 12.2.3 Production du schéma de tables | 296 |
| 12.2.4 Production du code SQL | 297 |
| 12.3 Voyages aériens | 299 |
| 12.3.1 Énoncé | 299 |
| 12.3.2 Construction du schéma conceptuel | 300 |
| 12.3.3 Production du schéma de tables | 303 |
| 12.4 Exercice | 303 |

PARTIE 2

LES MODÈLES DE CALCUL

| | |
|--|------------|
| CHAPITRE 13 • INTRODUCTION | 307 |
| 13.1 Le tableur | 307 |
| 13.2 Le concept de modèle | 308 |
| 13.3 Construction d'un modèle de calcul | 308 |
| 13.4 Description de la deuxième partie | 309 |
| 13.5 Pour en savoir plus | 309 |
| CHAPITRE 14 • CONCEPTS DES MODÈLES DE CALCUL | 311 |
| 14.1 Modèles et processeurs de modèles | 311 |
| 14.2 Modèles et tableaux | 312 |
| 14.3 Représentation d'un modèle dans une feuille de calcul | 313 |
| 14.4 Le marché des tableurs | 315 |

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE 15 • UN TABLEUR TYPE : EXCEL | 317 |
| 15.1 Présentation d'Excel | 317 |
| 15.2 La feuille de calcul | 318 |
| 15.3 Organisation des feuilles de calcul et des modèles | 318 |
| 15.4 Les composants d'un modèle | 319 |
| 15.4.1 Désignation de cellules | 319 |
| 15.4.2 Le contenu des cellules | 319 |
| 15.4.3 Les formules | 320 |
| 15.5 Modifications élémentaires d'un modèle | 322 |
| 15.6 Déplacement et copie de fragments de modèles | 323 |
| 15.6.1 Adresses relatives et adresses absolues | 323 |
| 15.7 Les références circulaires | 325 |
| 15.8 Fonctions de bases de données | 326 |
| 15.9 Les tables de données | 326 |
| 15.10 Les scénarios | 327 |
| 15.11 Macros et fonctions personnalisées | 327 |
| 15.12 Les solveurs avancés | 328 |
| 15.12.1 La valeur cible | 328 |
| 15.12.2 Le solveur | 328 |
| CHAPITRE 16 • CONSTRUCTION D'UN MODÈLE DE CALCUL | 331 |
| CHAPITRE 17 • EXPRESSION ABSTRAITE D'UN MODÈLE | 335 |
| 17.1 Introduction | 335 |
| 17.2 Grandeurs et règles | 336 |
| 17.3 Notion de modèle | 338 |
| 17.4 Descriptions externe et interne d'un modèle | 340 |
| 17.5 Grandeurs à définition multiple | 341 |
| 17.6 Grandeurs et règles logiques | 342 |
| 17.7 Graphe de dépendance | 342 |
| 17.8 Les valeurs d'exception | 345 |
| 17.9 Grandeurs et modèles dimensionnés | 347 |
| 17.10 Les fonctions agrégatives | 349 |
| 17.11 Règles de récurrence et récursivité | 351 |
| 17.12 Sous-modèles et modularisation | 356 |

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE 18 • CONCEPTION D'UN MODÈLE | 361 |
| 18.1 Démarche de conception d'un modèle | 361 |
| 18.2 Les principes | 362 |
| 18.3 La démarche | 363 |
| 18.3.1 Analyse | 363 |
| 18.3.2 Normalisation du modèle | 368 |
| 18.3.3 Validation du modèle | 370 |
| 18.3.4 Généralisation par dimensionnement | 371 |
| 18.4 Sous-modèles non directionnels | 372 |
| 18.5 Cohérence d'un modèle | 374 |
| 18.5.1 Cohérence structurelle | 374 |
| 18.5.2 Cohérence des règles de définition multiple | 375 |
| 18.5.3 Cohérence des règles de récurrence | 376 |
| 18.5.4 Cohérence des unités | 377 |
| 18.5.5 Cohérence des dimensions | 379 |
| 18.5.6 Cohérence des domaines de valeurs du modèle | 381 |
| 18.6 Exercices | 388 |
| 18.6.1 Modèles élémentaires | 388 |
| 18.6.2 Modèles avancés | 389 |
| 18.6.3 Validation de modèles | 394 |
| 18.6.4 ... et en guise de dessert | 396 |
| CHAPITRE 19 • IMPLANTATION D'UN MODÈLE DANS UNE FEUILLE DE CALCUL | 397 |
| 19.1 Élaboration d'une maquette | 397 |
| 19.1.1 Représentation des grandeurs dimensionnées | 398 |
| 19.1.2 Les grandeurs internes | 400 |
| 19.1.3 Les sous-modèles | 401 |
| 19.1.4 Exemple de maquette | 402 |
| 19.1.5 Ergonomie des modèles | 403 |
| 19.2 Traduction des règles | 404 |
| 19.2.1 Principes généraux | 404 |
| 19.2.2 Grandeurs à définition multiple | 405 |
| 19.2.3 Règles de récurrence et règles récursives | 405 |
| 19.2.4 Les contraintes | 406 |
| 19.3 Séquentialisation d'un modèle | 407 |
| 19.4 Réalisation d'un programme séquentiel | 410 |
| 19.5 Exercices | 412 |
| CHAPITRE 20 • MODÈLES : ÉTUDES DE CAS | 413 |
| 20.1 Introduction | 413 |
| 20.2 Les animaux du zoo | 413 |

| | |
|--|-----|
| 20.2.1 Énoncé | 414 |
| 20.2.2 Construction du modèle abstrait | 414 |
| 20.2.3 Implantation du modèle dans une feuille de calcul | 418 |
| 20.3 Voyages aériens | 421 |
| 20.3.1 Construction du modèle abstrait | 421 |
| 20.3.2 Implantation du modèle dans une feuille de calcul | 424 |
| BIBLIOGRAPHIE | 427 |
| INDEX | 431 |