

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