

# Table des matières

*Préface*

*xv*

<i>1: Introduction</i>	<i>1</i>
1.1 Le besoin d'une gestion de données objets . . . . .	1
1.1.1 Définition de la gestion de données objets . . . . .	1
1.1.2 Évolution des systèmes de bases de données . . . . .	2
1.1.3 Nouvelles applications des bases de données . . . . .	3
1.2 Modèles de données et architectures de bases de données . . . . .	5
1.2.1 Modèle relationnel . . . . .	5
1.2.2 Modèles relationnels étendus . . . . .	5
1.2.3 Modèles orientés objet . . . . .	6
1.2.4 Modèles fonctionnels et sémantiques . . . . .	6
1.2.5 Modèles de données et architecture de bases de données . . . . .	7
1.3 Concepts de la gestion de données objets . . . . .	7
1.3.1 Schémas de données . . . . .	8
1.3.2 La base de données exemple . . . . .	9
1.3.3 Objets et relations . . . . .	10
1.3.4 Procédures . . . . .	12
1.3.5 Hiérarchie des types . . . . .	12
1.3.6 Autres concepts . . . . .	13
<i>2: Applications des bases de données avancées</i>	<i>15</i>
2.1 Introduction . . . . .	15
2.1.1 Applications de conception . . . . .	15
2.1.2 Autres applications . . . . .	16
2.2 Génie logiciel . . . . .	16

2.2.1	Historique des AGLs	16
2.2.2	Outils d'AGL	17
2.2.3	Cycle de vie d'un logiciel	18
2.2.4	Gestion des symboles d'un programme	20
2.2.5	Gestion de projet et de configuration	20
2.3	Conception mécanique et électrique	23
2.3.1	Conception assistée par ordinateur	23
2.3.2	Processus de conception	23
2.3.3	Outils de conception	25
2.3.4	Applications de conception électronique	27
2.3.5	Applications de conception mécanique	30
2.4	Documents et bureautique	33
2.4.1	Browsers et éditeurs	34
2.4.2	Bureautique	35
2.5	Autres applications	36
2.5.1	Applications scientifiques et médicales	37
2.5.2	Systèmes experts	37
2.5.3	Services systèmes	38
2.5.4	Applications temps réel et de fabrication	38
2.5.5	Nouvelles applications de gestion	39
2.6	Conclusions	39
2.6.1	Besoins en gestion de données objets	40
2.6.2	Besoins en bases de données traditionnelles	41
2.6.3	Évaluation des besoins d'une application	43
3:	<i>Les systèmes de bases de données traditionnels</i>	45
3.1	Introduction	45
3.1.1	Vue d'ensemble du chapitre	45
3.1.2	Besoins en systèmes de bases de données	46
3.1.3	Historique des SGBDs	46
3.1.4	Modèles de données	47
3.2	Concepts des bases de données	48
3.2.1	Architecture à trois niveaux	48
3.2.2	Indépendance des données	49
3.2.3	Administrateur, programmeur et utilisateur final	49
3.3	Bases de données relationnelles	50
3.3.1	Tables relationnelles	50
3.3.2	Clés primaires et clés étrangères	51
3.3.3	Tables entités et tables relations	52
3.3.4	Domaines et intégrité référentielle	53
3.3.5	Normalisation	54
3.3.6	Propriétés des tables	55
3.4	Langages de requêtes	55
3.4.1	Langage de manipulation de données	55
3.4.2	Langage de définition de données	57
3.4.3	Vues relationnelles	57

3.5	Enregistrement des relations . . . . .	57
3.5.1	Enregistrements . . . . .	58
3.5.2	Pages et identifiants d'enregistrements . . . . .	59
3.5.3	Attributs de taille variable . . . . .	60
3.6	Méthodes d'accès . . . . .	60
3.6.1	Index en table de hachage . . . . .	60
3.6.2	Index en B-arbre . . . . .	61
3.6.3	Liens parents-enfants . . . . .	62
3.7	Traitement des requêtes . . . . .	64
3.7.1	Optimisation des requêtes . . . . .	64
3.7.2	Requêtes imbriquées et compilées . . . . .	65
3.7.3	Vues, sécurité et intégrité . . . . .	65
3.8	Concurrence et reprise sur pannes . . . . .	66
3.8.1	Reprise sur pannes . . . . .	66
3.8.2	Concurrence . . . . .	66
3.8.3	Verrous et blocage . . . . .	67
3.8.4	Transactions . . . . .	67
3.8.5	Implémentation . . . . .	68
3.9	Bases de données réparties . . . . .	69
3.9.1	Les accès distants . . . . .	69
3.9.2	Répartition . . . . .	69
3.10	Outils applicatifs . . . . .	70
3.10.1	Générateurs d'applications et L4Gs . . . . .	70
3.10.2	Outils de l'utilisateur final . . . . .	71
3.11	Performance . . . . .	71
3.11.1	Requêtes . . . . .	71
3.11.2	Architecture . . . . .	72
3.12	Résumé . . . . .	72
3.12.1	Modèle relationnel . . . . .	73
3.12.2	Implémentation du relationnel . . . . .	73
3.12.3	Nouvelles perspectives pour les bases de données . . . . .	73
 <i>4 : Concepts de la gestion de données objets</i>		 <i>75</i>
4.1	Introduction . . . . .	75
4.1.1	Vue d'ensemble du chapitre . . . . .	75
4.1.2	Architecture d'une base de données . . . . .	76
4.1.3	Langages de programmation de bases de données orientés objets . . . . .	78
4.1.4	Systèmes relationnels étendus . . . . .	79
4.1.5	Systèmes fonctionnels et sémantiques étendus . . . . .	80
4.1.6	Générateurs de systèmes de bases de données . . . . .	80
4.1.7	Gestionnaires d'objets . . . . .	81
4.1.8	Conclusions . . . . .	81
4.2	Objets . . . . .	82
4.2.1	Identifiants d'objets . . . . .	82
4.2.2	Clés d'objets . . . . .	83
4.2.3	Attributs simples . . . . .	84

	4.2.4	Attributs références . . . . .	85
	4.2.5	Attributs collections . . . . .	86
	4.2.6	Attributs dérivés . . . . .	87
	4.2.7	Attributs dans le modèle de données fonctionnel . . . . .	88
4.3		Relations . . . . .	89
	4.3.1	Relations binaires . . . . .	89
	4.3.2	Attributs inverses . . . . .	90
	4.3.3	Intégrité référentielle . . . . .	91
	4.3.4	Relations non binaires . . . . .	94
	4.3.5	Relations dérivées . . . . .	95
	4.3.6	Relations dans le modèle fonctionnel . . . . .	95
	4.3.7	Comparaison avec les relations du modèle relationnel . . . . .	96
	4.3.8	Relations dans les modèles relationnels étendus . . . . .	97
4.4		Objets composites . . . . .	98
	4.4.1	Sémantique de l'agrégation . . . . .	98
	4.4.2	Relations d'agrégation . . . . .	99
4.5		Procédures . . . . .	100
	4.5.1	Procédures et encapsulation . . . . .	100
	4.5.2	Variantes de l'encapsulation . . . . .	101
	4.5.3	Procédures dans le modèle fonctionnel . . . . .	101
	4.5.4	Procédures dans les modèles relationnels étendus . . . . .	102
	4.5.5	Données actives . . . . .	102
	4.5.6	Autres considérations . . . . .	104
4.6		Types et héritage . . . . .	104
	4.6.1	Types . . . . .	105
	4.6.2	Déclarations et variables . . . . .	106
	4.6.3	Type de données littérales . . . . .	107
	4.6.4	Hiérarchie de types . . . . .	108
	4.6.5	Hiérarchies plus complexes . . . . .	110
	4.6.6	Modifications de schéma . . . . .	111
	4.6.7	Définition dynamique de schéma . . . . .	113
	4.6.8	Liaison dynamique de types . . . . .	113
4.7		Langages de requêtes et de programmation . . . . .	114
	4.7.1	Environnements des langages . . . . .	115
	4.7.2	Dysfonctionnement des langages . . . . .	117
	4.7.3	Résultats de requêtes . . . . .	119
	4.7.4	Encapsulation . . . . .	121
	4.7.5	Données virtuelles . . . . .	122
	4.7.6	Indépendance des données . . . . .	123
	4.7.7	Modèles de données . . . . .	124
	4.7.8	Opérations étendues . . . . .	125
	4.7.9	Opérations étendues . . . . .	126
	4.7.9	Systèmes de règles . . . . .	127
	4.7.10	Standardisation . . . . .	129
4.8		Persistance, concurrence et reprise sur panne . . . . .	129
	4.8.1	Persistance . . . . .	129
	4.8.2	Transactions . . . . .	130
	4.8.3	Versions d'objets . . . . .	131

4.8.4	Configurations . . . . .	133
4.8.5	Sémantique de la concurrence dans le modèle orienté objet . . . . .	136
4.8.6	Données utilisateurs et temporelles . . . . .	136
4.8.7	Granularité de concurrence . . . . .	136
4.9	Divers . . . . .	137
4.9.1	Interfaces utilisateurs . . . . .	137
4.9.2	Répartition . . . . .	137
4.9.3	Protection . . . . .	138
4.9.4	Performance . . . . .	139
4.10	Résumé . . . . .	140
 <i>5 : Implémentation</i>		 <i>141</i>
5.1	Introduction . . . . .	141
5.1.1	Vue d'ensemble du chapitre . . . . .	141
5.1.2	Approches d'implémentation . . . . .	142
5.2	Stockage d'objets . . . . .	142
5.2.1	Identifiants d'objets . . . . .	143
5.2.2	Performance des identifiants . . . . .	143
5.2.3	Gestion des tampons d'objets . . . . .	145
5.2.4	Intégrité des données . . . . .	148
5.2.5	Informations nécessaires à l'exécution . . . . .	149
5.2.6	Collections et itérateurs . . . . .	150
5.2.7	Clés d'objets . . . . .	151
5.2.8	Listes de propriétés . . . . .	151
5.2.9	Héritage d'attributs . . . . .	153
5.2.10	Attributs longs . . . . .	154
5.3	Relations . . . . .	155
5.3.1	Représentation . . . . .	155
5.3.2	Ordonnancement . . . . .	156
5.3.3	Intégrité référentielle . . . . .	157
5.3.4	Swizzling . . . . .	158
5.3.5	Méthodes d'accès . . . . .	159
5.4	Objets composites et regroupement . . . . .	159
5.4.1	Implémentation . . . . .	160
5.4.2	Sémantique . . . . .	160
5.4.3	Regroupement d'objets . . . . .	161
5.5	Procédures et langages de programmation . . . . .	163
5.5.1	Intégration de langages . . . . .	163
5.5.2	Environnements d'exécution . . . . .	165
5.5.3	Règles . . . . .	166
5.5.4	Agents et produits . . . . .	167
5.5.5	Données dérivées . . . . .	168
5.5.6	Répartition des méthodes . . . . .	169
5.5.7	Stockage de procédures . . . . .	169
5.6	Types d'objets . . . . .	170
5.6.1	Représentation du schéma . . . . .	170

5.6.2	Évolutions du schéma . . . . .	171
5.6.3	Liaison dynamique . . . . .	172
5.7	Traitement des requêtes . . . . .	172
5.7.1	Approches . . . . .	173
5.7.2	Procédures et requêtes . . . . .	174
5.7.3	Jointures par valeurs et sélections . . . . .	176
5.7.4	Jointures de références . . . . .	177
5.7.5	Index d'attributs imbriqués . . . . .	178
5.7.6	Duplication des attributs imbriqués . . . . .	179
5.7.7	Méthodes d'accès personnalisées . . . . .	180
5.8	Concurrence et reprise . . . . .	181
5.8.1	Verrouillage . . . . .	181
5.8.2	Transactions . . . . .	181
5.8.3	Versions . . . . .	181
5.8.4	Références de versions et configurations . . . . .	184
5.9	Répartition . . . . .	185
5.9.1	Bases de données distantes . . . . .	186
5.9.2	Bases de données réparties . . . . .	186
5.9.3	Répartition des traitements . . . . .	188
5.10	Performance . . . . .	190
5.10.1	Comprendre la performance . . . . .	191
5.10.2	Types de données et langages . . . . .	191
5.10.3	Cache mémoire et accès distants . . . . .	194
5.10.4	Liaison statique à la compilation . . . . .	194
5.10.5	Conversion et copie . . . . .	195
5.10.6	Autres facteurs de performances . . . . .	196
5.11	Résumé . . . . .	197
 <i>6 : Futurs standards des bases de données</i>		 199
6.1	Introduction . . . . .	199
6.1.1	Survol du chapitre . . . . .	199
6.1.2	De l'importance des standards . . . . .	200
6.1.3	Principales activités de standardisation . . . . .	200
6.2	ODMG . . . . .	201
6.2.1	Rappels . . . . .	201
6.2.2	Architecture . . . . .	202
6.2.3	Les composantes . . . . .	203
6.2.4	Modèle objet . . . . .	204
6.2.5	Langage de définition d'objets . . . . .	207
6.2.6	Langage de requêtes objets: OQL . . . . .	210
6.2.7	Relations avec d'autres standards . . . . .	213
6.3	ODMG C++ . . . . .	214
6.3.1	Architecture . . . . .	214
6.3.2	Langage de définition d'objets . . . . .	216
6.3.3	Langage de manipulation d'objets . . . . .	217
6.3.4	Object Query Language: OQL . . . . .	218

6.3.5	Exemple . . . . .	219
6.3.6	Conclusions . . . . .	224
6.4	SQL3 . . . . .	225
6.4.1	Historique . . . . .	225
6.4.2	Les Types de données abstraits . . . . .	226
6.4.3	TADs versus tables . . . . .	228
6.4.4	Sous-types et collections . . . . .	229
6.4.5	Les extensions procédurales . . . . .	230
6.4.6	Conclusions . . . . .	232
6.5	Autres activités de standardisation . . . . .	232
6.5.1	OMG . . . . .	233
6.5.2	OMG ORB . . . . .	234
6.5.3	Les Services Objets OMG . . . . .	236
6.5.4	Langages de programmation ANSI . . . . .	238
6.5.5	Les standards dans les domaines applicatifs . . . . .	239
6.6	Résumé . . . . .	239
 <b>7: Objectifs de la gestion de données objets</b>		<b>241</b>
7.1	Introduction . . . . .	241
7.1.1	Comparaison des caractéristiques . . . . .	241
7.1.2	Bases des conclusions . . . . .	242
7.1.3	Références . . . . .	242
7.2	Fonctionnalités d'une base de données . . . . .	243
7.2.1	Stockage des données . . . . .	243
7.2.2	Accès aux données . . . . .	243
7.3	Objets et propriétés . . . . .	243
7.3.1	Identité d'objet . . . . .	244
7.3.2	Attributs . . . . .	244
7.3.3	Relations . . . . .	244
7.3.4	Objets composites . . . . .	245
7.3.5	Procédures . . . . .	245
7.4	Système de typage . . . . .	245
7.4.1	Représentation d'un type . . . . .	246
7.4.2	Héritage . . . . .	246
7.4.3	Types dynamiques . . . . .	246
7.4.4	Évolution de schéma . . . . .	247
7.5	Langages de requêtes et de programmation . . . . .	247
7.5.1	Langage de requêtes . . . . .	247
7.5.2	Optimisation des requêtes . . . . .	248
7.5.3	Puissance des requêtes . . . . .	249
7.5.4	Puissance de programmation . . . . .	249
7.5.5	Intégration du langage de programmation . . . . .	250
7.5.6	Architectures et intégration . . . . .	250
7.5.7	Indépendance logique . . . . .	251
7.5.8	Standards . . . . .	253
7.6	Architecture d'une base de données . . . . .	254

7.6.1	Surcoût des accès . . . . .	255
7.6.2	Mémoire cache et regroupement d'objets . . . . .	255
7.6.3	Répartition . . . . .	255
7.7	Autres aspects . . . . .	256
7.7.1	Concurrence . . . . .	256
7.7.2	Systèmes de règles . . . . .	257
7.7.3	Outils de haut niveau . . . . .	257
7.8	Résumé . . . . .	258
8:	<i>Conclusions</i>	
8.1	Besoin en gestion de données objets . . . . .	259
8.1.1	Exigences des nouvelles applications . . . . .	259
8.1.2	Évaluation des exigences d'une application . . . . .	260
8.2	Approches de la gestion de données objets . . . . .	261
8.2.1	Générateurs de bases de données et gestionnaires d'objets . . . . .	261
8.2.2	Systèmes fonctionnels et sémantiques étendus . . . . .	262
8.2.3	Systèmes relationnels étendus . . . . .	263
8.2.4	Systèmes de bases de données orientés objet . . . . .	263
8.3	Perspectives . . . . .	264
8.3.1	Le marché . . . . .	264
8.3.2	La recherche . . . . .	265
8.4	Résumé . . . . .	266
A:	<i>Annexe</i>	269
A.1	Produits et prototypes . . . . .	269
A.1.1	Introduction . . . . .	269
A.1.2	Architecture, modèles et approches de bases de données . . . . .	269
A.1.3	Comment utiliser l'annexe . . . . .	270
A.2	Langages de programmation de bases de données orientées objets . . . . .	270
A.2.1	Introduction . . . . .	270
A.2.2	Variantes . . . . .	271
A.2.3	ONTOS . . . . .	272
A.2.4	ObjectStore . . . . .	273
A.2.5	O <sub>2</sub> . . . . .	275
A.2.6	GemStone . . . . .	279
A.2.7	ORION . . . . .	281
A.2.8	ITASCA . . . . .	282
A.2.9	Objectivity/DB . . . . .	285
A.2.10	VERSANT . . . . .	287
A.2.11	POET . . . . .	288
A.2.12	Autres systèmes . . . . .	289
A.2.13	Résumé . . . . .	289
A.3	Systèmes de bases de données relationnels étendus . . . . .	290
A.3.1	Introduction . . . . .	290
A.3.2	POSTGRES . . . . .	290

A.3.3	Montage . . . . .	294
A.3.4	Starburst . . . . .	297
A.3.5	UniSQL . . . . .	299
A.3.6	Persistence . . . . .	301
A.3.7	Autres systèmes . . . . .	304
A.3.8	Résumé . . . . .	305
A.4	Systèmes de bases de données fonctionnels et sémantiques étendus . . . . .	305
A.4.1	Introduction . . . . .	305
A.4.2	IRIS et OpenODB . . . . .	306
A.4.3	PROBE . . . . .	308
A.4.4	Autres systèmes . . . . .	309
A.4.5	Résumé . . . . .	309
A.5	Les générateurs de systèmes de bases de données . . . . .	309
A.5.1	Introduction . . . . .	309
A.5.2	Variantes . . . . .	310
A.5.3	EXODUS . . . . .	310
A.5.4	GENESIS . . . . .	311
A.5.5	Open OODB . . . . .	313
A.5.6	Résumé . . . . .	315
A.6	Gestionnaires d'objets . . . . .	315
A.6.1	Introduction . . . . .	315
A.6.2	Kala . . . . .	316
A.6.3	Mneme . . . . .	318
A.6.4	POMS . . . . .	319
A.6.5	Autres systèmes . . . . .	319
A.6.6	Résumé . . . . .	320
A.7	Résumé . . . . .	320

*Bibliographie systèmes* . . . . . 323

*Bibliographie commentée* . . . . . 329

*Index* . . . . . 389