

# Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>13</b>
<b>1 Introduction aux bases de données</b>	<b>17</b>
1.1 Introduction aux bases de données . . . . .	18
1.1.1 Qu'est-ce qu'une base de données . . . . .	18
1.1.2 Problématique de la cohérence des données . . . . .	18
1.1.3 Système de gestion de bases de données . . . . .	19
1.2 Modèles de bases de données . . . . .	19
1.2.1 Historique . . . . .	19
1.2.2 Modèle hiérarchique . . . . .	20
1.2.3 Modèle réseau . . . . .	21
1.2.4 Modèle relationnel . . . . .	21
1.2.5 Modèles orientés objet . . . . .	22
1.3 Système de gestion de bases de données . . . . .	24
1.3.1 Objectifs des SGBD . . . . .	24
1.3.2 Architecture ANSI/SPARC à trois niveaux . . . . .	25
1.3.3 SGBD fichier <i>vs</i> SGBD client/serveur . . . . .	25
1.3.4 Principaux SGBD actuellement sur le marché . . . . .	26
1.4 <b>Travaux Dirigés</b> - Sensibilisation à la problématique des bases de données	27
<b>2 Conception des bases de données (modèle E-A)</b>	<b>33</b>
2.1 Introduction . . . . .	35
2.1.1 Le modèle conceptuel des données . . . . .	35
2.1.2 Parenthèse sur la méthode Merise . . . . .	35
2.1.3 Avertissement concernant les modèles présentés dans ce cours . . . . .	36
2.2 Éléments constitutifs du modèle entités-associations . . . . .	37
2.2.1 Type-entité et entité . . . . .	37
2.2.2 Type-association et association . . . . .	38
2.2.3 Attribut et valeur . . . . .	40
2.2.4 Identifiant . . . . .	41
2.2.5 Cardinalités d'un type-association . . . . .	42
2.2.6 Identifiant d'un type-association . . . . .	44
2.3 Compléments sur les type-associations . . . . .	48
2.3.1 Type-associations pluriels . . . . .	48
2.3.2 Spécialisation . . . . .	49
2.3.3 Type-association réflexif . . . . .	51
2.3.4 Lien identifiant . . . . .	52

2.3.5	Type-association n-aire ( $n > 2$ ) . . . . .	53
2.4	<b>Travaux Dirigés</b> - Modèle entités-associations (1 <sup>re</sup> partie) . . . . .	58
2.5	Modèle entités-associations : guide de bonnes pratiques . . . . .	59
2.5.1	Choix de l'identifiant . . . . .	60
2.5.2	Règles portant sur les noms . . . . .	61
2.5.3	Règles de normalisation des attributs . . . . .	63
2.5.4	Règles de fusion/suppression de type-entités/associations . . . . .	65
2.5.5	Étapes de conception d'un modèle entités-associations . . . . .	68
2.6	Normalisation des type-entités et type-associations . . . . .	69
2.6.1	Clé . . . . .	70
2.6.2	Première forme normale (1FN) . . . . .	70
2.6.3	Deuxième forme normale (2FN) . . . . .	71
2.6.4	Troisième forme normale (3FN) . . . . .	71
2.6.5	Forme normale de Boyce-Codd (BCNF) . . . . .	72
2.7	<b>Travaux Dirigés</b> - Modèle entités-associations (2 <sup>e</sup> partie) . . . . .	73
2.8	Adéquation d'un type-association n-aire et notion d'agrégat . . . . .	75
2.8.1	Validité d'un type-association ternaire . . . . .	75
2.8.2	Exemple d'un type-association n-aire valide . . . . .	75
2.8.3	Exemples de type-associations ternaires non-valides . . . . .	76
2.8.4	Exemple d'un type-association ternaire valide, mais inadéquat . . . . .	78
2.8.5	Notion d'agrégat . . . . .	81
<b>3</b>	<b>Modèle de données relationnel</b> . . . . .	<b>83</b>
3.1	Présentation du modèle relationnel . . . . .	85
3.1.1	Présentation . . . . .	85
3.1.2	Éléments constitutifs du modèle relationnel . . . . .	85
3.2	Passage du modèle entités-associations au modèle relationnel . . . . .	87
3.2.1	Règles générales . . . . .	87
3.2.2	Cas particulier d'un type-association 1 vers 1 . . . . .	88
3.2.3	Cas particulier d'un type-entité sans attribut autre que sa clé . . . . .	89
3.2.4	Exemple complet . . . . .	90
3.3	Normalisation . . . . .	91
3.3.1	Introduction . . . . .	91
3.3.2	Dépendance fonctionnelle (DF) . . . . .	92
3.3.3	Première et deuxième formes normales . . . . .	92
3.3.4	Troisième forme normale . . . . .	93
3.3.5	Forme normale de Boyce-Codd . . . . .	94
3.3.6	Quatrième et cinquième forme normale . . . . .	95
3.3.7	Remarques au sujet de la normalisation . . . . .	98
3.4	<b>Travaux Dirigés</b> - Modèle relationnel . . . . .	99
3.5	Algèbre relationnelle . . . . .	101
3.5.1	Introduction . . . . .	101
3.5.2	Sélection . . . . .	102
3.5.3	Projection . . . . .	103
3.5.4	Union . . . . .	103

3.5.5	Intersection . . . . .	104
3.5.6	Différence . . . . .	104
3.5.7	Produit cartésien . . . . .	105
3.5.8	Jointure, theta-jointure, équi-jointure, jointure naturelle . . . . .	106
3.5.9	Division . . . . .	108
3.6	<b>Travaux Dirigés</b> - Algèbre relationnelle . . . . .	108
<b>4</b>	<b>Langage SQL</b> . . . . .	<b>113■</b>
4.1	Présentation générale . . . . .	115
4.1.1	Historique : modèle relationnel, SQL et PostgreSQL . . . . .	115
4.1.2	Catégories d'instructions du langage SQL . . . . .	117
4.1.3	Propriétés ACID des transactions . . . . .	117
4.1.4	Informations importantes pour la suite de l'ouvrage . . . . .	118
4.2	Définir et modifier une base de données . . . . .	120
4.2.1	Introduction aux contraintes d'intégrité . . . . .	120
4.2.2	Créer une table ( <b>CREATE TABLE</b> ) . . . . .	123
4.2.3	Base de données utilisée dans les exemples . . . . .	126
4.2.4	Supprimer une table ( <b>DROP TABLE</b> ) . . . . .	128
4.2.5	Modifier une table ( <b>ALTER TABLE</b> ) . . . . .	128
4.3	Insertion et modification des données . . . . .	129
4.3.1	Insertion de lignes ( <b>INSERT INTO</b> ) . . . . .	129
4.3.2	Modification de lignes ( <b>UPDATE</b> ) . . . . .	130
4.3.3	Suppression de lignes ( <b>DELETE</b> ) . . . . .	130
4.4	<b>Travaux Pratiques</b> - Première base de données . . . . .	130
4.5	Interroger une base de données ( <b>SELECT</b> 1 <sup>re</sup> partie) . . . . .	132
4.5.1	Introduction à la commande <b>SELECT</b> . . . . .	132
4.5.2	Traduction des opérateurs de l'algèbre relationnelle (1 <sup>re</sup> partie) . . . . .	133
4.5.3	Syntaxe générale de la commande <b>SELECT</b> . . . . .	134
4.5.4	La clause <b>SELECT</b> . . . . .	135
4.5.5	La clause <b>FROM</b> (1 <sup>re</sup> partie) . . . . .	136
4.5.6	La clause <b>ORDER BY</b> . . . . .	137
4.5.7	La clause <b>WHERE</b> . . . . .	138
4.5.8	Fonctions et opérateurs . . . . .	139
4.5.9	Les expressions régulières POSIX . . . . .	145
4.6	<b>Travaux Pratiques</b> - Premières requêtes . . . . .	148
4.7	Interroger une base de données ( <b>SELECT</b> 2 <sup>e</sup> partie) . . . . .	150
4.7.1	La clause <b>FROM</b> (2 <sup>e</sup> partie) : les jointures . . . . .	150
4.7.2	Les clauses <b>GROUP BY</b> et <b>HAVING</b> et les fonctions d'agrégation . . . . .	155
4.7.3	Opérateurs ensemblistes ( <b>UNION</b> , <b>INTERSECT</b> et <b>EXCEPT</b> ) . . . . .	159
4.7.4	Traduction des opérateurs de l'algèbre relationnelle (2 <sup>e</sup> partie) . . . . .	159
4.8	<b>Travaux Pratiques</b> - Requêtes avancées . . . . .	161
4.9	Nouveaux objets . . . . .	162
4.9.1	Séquences ( <b>CREATE SEQUENCE</b> ) et type <b>SERIAL</b> . . . . .	162
4.9.2	Règles ( <b>CREATE RULE</b> ) . . . . .	164
4.9.3	Vues ( <b>CREATE VIEW</b> ) . . . . .	165

4.9.4	Schémas ( <code>CREATE SCHEMA</code> ) . . . . .	167
4.10	<b>Travaux Pratiques</b> - Manipulation des nouveaux objets . . . . .	168
<b>5</b>	<b>Programmation SQL</b> . . . . .	<b>171■</b>
5.1	Fonctions utilisateur . . . . .	173
5.1.1	Définition des fonctions utilisateur . . . . .	173
5.1.2	Fonctions internes . . . . .	175
5.1.3	Fonctions en langage de requête . . . . .	175
5.1.4	Fonctions en langage de procédures . . . . .	178
5.1.5	Fonctions en langage C . . . . .	178
5.2	Langage PL/pgSQL . . . . .	178
5.2.1	Introduction . . . . .	178
5.2.2	Structure d'une fonction PL/pgSQL . . . . .	179
5.2.3	Section déclaration . . . . .	180
5.2.4	Instructions de base . . . . .	181
5.2.5	Structures de contrôle . . . . .	183
5.2.6	Erreurs, exceptions et messages . . . . .	186
5.3	Déclencheurs ou <i>triggers</i> . . . . .	189
5.3.1	Définition des déclencheurs . . . . .	189
5.3.2	Déclencheurs en PL/pgSQL . . . . .	190
5.3.3	Exemples de déclencheur en PL/pgSQL . . . . .	191
5.4	<b>Travaux Pratiques</b> - Déclencheurs . . . . .	193
5.5	SQL intégré . . . . .	194
5.5.1	Introduction . . . . .	194
5.5.2	Connexion au serveur de bases de données . . . . .	195
5.5.3	Précompilation et compilation . . . . .	197
5.5.4	Exécuter des commandes SQL . . . . .	198
5.5.5	Les variables hôtes . . . . .	198
5.5.6	Variables indicateur . . . . .	200
5.5.7	Gestion des erreurs . . . . .	201
5.5.8	Curseurs pour résultats à lignes multiples . . . . .	204
5.5.9	Exemple complet . . . . .	205
5.6	<b>Travaux Pratiques</b> - SQL intégré . . . . .	206
<b>Annexes</b>		<b>211■</b>
<b>A</b>	<b>Corrections des exercices</b> . . . . .	<b>211■</b>
A.1	Correction du TD 1.4 - Sensibilisation à la problématique des bases de données . . . . .	212
A.2	Correction du TD 2.4 - Modèle entités-associations (1 <sup>re</sup> partie) . . . . .	216
A.3	Correction du TD 2.7 - Modèle entités-associations (2 <sup>e</sup> partie) . . . . .	220
A.4	Correction du TD 3.4 - Modèle relationnel . . . . .	222
A.5	Correction du TD 3.6 - Algèbre relationnelle . . . . .	226
A.6	Correction du TP 4.4 - Première base de données . . . . .	230
A.7	Correction du TP 4.6 - Premières requêtes . . . . .	233

A.8 Correction du TP 4.8 - Requêtes avancées . . . . .	237
A.9 Correction du TP 4.10 - Manipulation des nouveaux objets . . . . .	242
A.10 Correction du TP 5.4 - Déclencheurs . . . . .	244
A.11 Correction du TP 5.6 - SQL intégré . . . . .	248

**B Bibliographie** **255■**