

Avant-propos

1. MySQL en quelques mots	17
2. Objectifs du livre	18
3. Description	18
4. Conventions	21

Généralités sur MariaDB

1. Introduction	23
2. Architecture	24
2.1 Le serveur et les clients	24
2.2 Les protocoles de communication	26
3. Utilisation des ressources matérielles	26
3.1 Utilisation du disque	26
3.2 Utilisation de la mémoire	28
3.3 Utilisation du processeur	29
3.4 Utilisation du réseau	29

	30
4. Les moteurs de stockage	30
4.1 InnoDB	32
4.1.1 Fonctionnement résumé	32
4.1.2 Fonctionnalités principales	35
4.2 XtraDB	37
4.3 MyISAM	38
4.4 Memory	39
4.5 Archive	42
4.6 TokuDB	42
4.7 ColumnStore	43
4.8 Autres moteurs	43
5. Verrous et transactions	44
5.1 Verrous implicites	45
5.1.1 Généralités	45
5.1.2 Spécificités InnoDB	46
5.2 Verrous explicites	47
5.2.1 Verrous de tables	47
5.2.2 Spécificités InnoDB	49
5.3 Verrous coopératifs	50

5.4 Transactions	51
5.4.1 Généralités	51
5.4.2 InnoDB et les transactions	52
5.4.3 Mêler moteur transactionnel et moteur non transactionnel	53
5.4.4 Interblocages (deadlocks)	54

Installation du serveur

1. Généralités	57
1.1 Stabilité des versions	57
1.2 Cycle de développement	58
1.3 Choix du type d'installation	58
2. Installation sous UNIX et dérivés	59
2.1 Installation par gestionnaire de paquets	59
2.2 Installation avec les binaires précompilés	60
2.3 Démarrage du serveur	62
2.3.1 Script mysql.server	62
2.3.2 Script mysqld_safe	62
2.3.3 Invocation directe de mysqld	63
2.4 Arrêt du serveur	63
2.4.1 Script mysql.server	63

2.4.2 mysqladmin	63
2.4.3 Commande kill	64
2.5 Résolution de problèmes d'installation courants	64
2.5.1 Erreurs InnoDB	65
2.5.2 Fichier errmsg.sys introuvable	65
2.6 Sécurisation de l'installation	66
2.7 Installation de plusieurs instances	66
2.7.1 Précautions à prendre	67
2.7.2 Installation de versions différentes	67
2.7.3 Utilisation du même binaire qu'une autre instance	68
2.7.4 Démarrage et arrêt des instances avec mysqld_multi	68
2.8 MySQL Sandbox	69
2.8.1 Présentation de MySQL Sandbox	72
2.8.2 Installation	72
2.8.3 Création d'une instance	72
2.8.4 Création de deux instances indépendantes	73
2.8.5 Autres possibilités	74
3. Installation sous Windows	75
3.1 Utilisation de l'installeur	76
3.2 Installation avec les binaires	76

3.3 Démarrage du serveur	79
3.3.1 Service	79
3.3.2 Invocation directe de mysqld	79
3.4 Arrêt du serveur	80
3.4.1 Service	80
3.4.2 mysqladmin	80
3.4.3 Gestionnaire des tâches	80
3.5 Résolution des problèmes d'installation	81
3.5.1 Droits insuffisants	81
3.5.2 Conflit avec une installation existante	81
3.5.3 Problèmes dans les chemins	81
3.6 Sécurisation de l'installation	82
3.7 Installation de plusieurs instances	82
3.7.1 Précautions à prendre	83
3.7.2 Versions différentes	83
3.7.3 Utilisation du même binaire	83
4. MariaDB et Docker	84
4.1 Présentation	84
4.2 Installation	85
4.3 Utilisation	85

86

5. Mise à jour de MariaDB

88

5.1 Précautions à prendre avant la mise à jour

88

5.1.1 Sauts de version

88

5.1.2 Changements apportés par une version

88

5.1.3 Sauvegarde des données

89

5.2 Processus de mise à jour

89

5.2.1 Stratégies possibles

89

5.2.2 Mise à jour des binaires

90

5.2.3 Vérification des tables

90

5.3 Vérifications après la mise à jour

91

6. Installation des outils utilisés dans l'ouvrage

92

6.1 Installation de la base world

92

6.2 Installation de la base sakila

92

7. Installation du Percona Toolkit

93

Configuration du serveur

1. Introduction

95

2. Comment configurer le serveur ?	96
2.1 Paramétrage lors de la compilation	97
2.2 Paramétrage dans le fichier de configuration	97
2.2.1 Localisation du fichier de configuration	97
2.2.2 Structure du fichier de configuration	99
2.3 Paramétrage au lancement de mysqld	100
2.4 Paramétrage dynamique du serveur	101
2.4.1 Changement pour la session	101
2.4.2 Changement global	102
3. Visualisation de la configuration	104
4. Configuration d'InnoDB	107
4.1 Paramètres essentiels	107
4.2 Isolation et durabilité	109
4.2.1 Réglage de l'isolation	109
4.2.2 Réglage de la durabilité	111
4.3 Autres paramètres	113
5. La journalisation	114
5.1 Le journal binaire	114
5.2 Le journal des requêtes lentes	

5.3 Le journal des erreurs	121
5.4 Le journal général	124
5.5 Bonnes pratiques	126
5.5.1 Configuration	127
5.5.2 Surveiller l'utilisation du disque	127
5.5.3 Impact sur les performances	127
6. Le mode SQL	128
6.1 Les modes usuels	128
6.2 Les combinaisons de modes	135
6.3 Mode SQL par défaut	136
7. Autres paramètres à configurer	137
7.1 Paramètres MyISAM	137
7.2 Cache de requêtes	138
7.2.1 Rôle du cache	138
7.2.2 Activation du cache	139
7.2.3 Requêtes exclues du cache	140
7.2.4 Appel à un élément du cache	141
7.2.5 Mise à jour du cache	141
7.2.6 Fragmentation	142

7.2.7 Utilité du cache	143
7.2.8 Paramètres associés au cache	144
7.2.9 Configuration de la taille du cache	145
7.2.10 Détermination de l'efficacité du cache	146
7.2.11 Réduction de la fragmentation	147
7.3 Autres variables	148
7.3.1 Nombre de connexions simultanées	148
7.3.2 Caches de table	149
7.3.3 Cache de threads	150
7.3.4 Paramètres à ne pas modifier	150

Sécurité et gestion des utilisateurs

1. Introduction	151
2. Sécurisation du serveur MariaDB	152
2.1 Sécurisation de l'installation	152
2.1.1 Contrôler les droits	152
2.1.2 Mettre un mot de passe au compte utilisateur root	153
2.1.3 Supprimer les comptes anonymes	154
2.1.4 Supprimer le schéma test	155
2.1.5 Sécuriser votre installation avec l'outil mysql_secure_installation	

2.2 Utilisation de SSL	155
2.2.1 Les options	156
2.2.2 Les principales étapes	156
	157
3. Chiffrement des données	158
4. Les options pour renforcer la sécurité	160
4.1 skip-networking	160
4.2 bind-address	161
4.3 skip-name-resolve	162
4.4 skip-show-database	163
4.5 secure-file-priv	164
4.6 chroot	164
5. Gestion des utilisateurs et des mots de passe	165
5.1 Connexion aux comptes utilisateur	165
5.2 Gestion des comptes utilisateur	168
5.3 Rôles	173
5.4 Plug-ins d'authentification	174
5.5 Plug-in de validation des mots de passe	175
5.6 Expiration du mot de passe	176
5.7 Attribution des droits	176

5.7.1 Les droits d'administration	178
5.7.2 Les droits au niveau des schémas	178
5.7.3 Les droits au niveau des tables	180
5.7.4 Les droits au niveau des colonnes	181
5.7.5 Les droits pour les routines stockées	182
5.8 Limitation de l'utilisation des ressources	183
5.9 Visualisation des droits	185
5.10 Prise d'effet des droits	185
5.11 Suppression des droits	186
5.11 Suppression des droits	188
5.12 Bonnes pratiques de la gestion des droits	189
6. Sécurisation des vues et des routines stockées	191

Sauvegarde et restauration

1. Généralités	193
1.1 Introduction	193
1.2 Sauvegarde logique	195
1.3 Sauvegarde physique	196
1.4 Sauvegarde complète/incrémentale	197
1.5 Sauvegarde et réplication	

1.6 Sauvegarde et moteurs de stockage	199
1.6.1 MyISAM	201
1.6.2 InnoDB	202
1.6.3 MyISAM et InnoDB	202
1.7 Restauration	203
2. En pratique	203
2.1 Import/export manuel	205
2.2 mysqldump	208
2.3 Percona XtraBackup	214
2.4 Autres solutions	216
2.4.1 mylvmbackup	216
Optimisation	
1. Matériel et système d'exploitation	221
1.1 Processeur	221
1.2 Mémoire vive	223
1.3 Disque dur	225
1.3.1 Éléments de choix	225
1.3.2 RAID	226

1.3.3 SSD	227
1.4 Système d'exploitation	228
2. Optimisation du schéma	229
2.1 Types de données	229
2.1.1 Principes généraux	229
2.1.2 Nombres	229
2.1.3 Chaînes de caractères	231
2.1.4 Données binaires	234
2.1.5 Dates et heures	234
2.1.6 ENUM et SET	236
2.2 Normalisation	237
2.2.1 Rôle de la normalisation	237
2.2.2 Première forme normale	237
2.2.3 Deuxième forme normale	239
2.2.4 Troisième forme normale	241
2.2.5 Résumé des avantages de la normalisation	244
2.2.6 Inconvénients de la normalisation	245
2.3 Dénormalisation	245
2.4 Modification du schéma en production	246
3. Indexation	

	249
3.1 Généralités sur les index	249
3.1.1 Rôle d'un index	249
3.1.2 Clés et index	250
3.1.3 Colonnes pouvant bénéficier d'un index	250
3.1.4 Création/suppression d'un index	251
3.1.5 Quelles colonnes indexer ?	252
3.2 Types d'index	253
3.2.1 Index uniques	253
3.2.2 Clés primaires	254
3.2.3 Index non uniques	254
3.2.4 Index sur plusieurs colonnes	255
3.2.5 Index sur un préfixe de colonne	256
3.2.6 Index redondants	257
3.2.7 Clés étrangères	261
3.3 Notions avancées	263
3.3.1 Index B-Tree	263
3.3.2 Index hash	269
3.3.3 Autres algorithmes d'indexation	270
3.3.4 Sélectivité et distribution des valeurs	271
3.3.5 Index cluster InnoDB	275

3.3.6 Index couvrant	277
3.4 Indexation FULLTEXT	280
3.4.1 Notions principales sur l'indexation FULLTEXT	280
3.4.2 Recherche en langage naturel	282
3.4.3 Recherche booléenne	284
3.4.4 Recherche avec expansion de requête	286
3.4.5 Configuration de la recherche	286
3.4.6 Performance	287
3.4.7 Limitations et points à connaître	288
4. La commande EXPLAIN	289
4.1 Rôle	289
4.2 Accès aux données	289
4.2.1 Accès séquentiel ou aléatoire	290
4.2.2 Accès en mémoire ou sur disque	290
4.2.3 En résumé	291
4.3 Lire le plan d'exécution	292
4.3.1 Exemple simple	292
4.3.2 Requêtes différentes de SELECT	293
4.3.3 Jointures	293
4.3.4 Unions	294

4.3.5	Sous-requêtes	295
4.4	Colonnes principales	298
4.4.1	Types d'accès aux données	298
4.4.2	Index examinés	301
4.4.3	Nombre de lignes parcourues	303
4.4.4	La colonne Extra	305
4.5	EXPLAIN EXTENDED	306
5.	Optimisation des requêtes	307
5.1	Isolation des colonnes	308
5.2	Jointures	309
5.3	Filtrages	313
5.4	Tris	313
5.5	Agrégations	314
5.6	Réécriture de requêtes	315
5.7	Utilisation de plusieurs index	316
5.8	Autres techniques	316
6.	Optimisations	317
6.1	Index Condition Pushdown	318
6.2	Multi Range Read	319

7. Maintenance des tables	320
7.1 Mise à jour des statistiques d'index	320
7.2 Défragmentation des tables	322
7.3 Autres commandes	323

Réplication

1. Généralités sur la réplication	325
1.1 Utilité de la réplication	326
1.2 Fonctionnement de la réplication	327
1.3 Formats de réplication	328
2. Mise en place de la réplication	331
2.1 Réplication maître-esclave(s)	331
2.1.1 Configuration	331
2.1.2 Forces et faiblesses de cette configuration	334
2.2 Réplication maître-maître	335
2.2.1 Configuration	335
2.2.2 Forces et faiblesses de cette configuration	336
2.3 Réplication sur plusieurs niveaux	338
2.3.1 Configuration	339

2.3.2 Forces et faiblesses de cette configuration	339
2.4 Principales variables	340
3. Résolution des problèmes opérationnels courants	342
3.1 Empêcher la réplication de certaines requêtes	342
3.2 Non-réplication d'une requête	344
3.3 Éviter le retard de réplication	345
3.4 Corriger une erreur de réplication	346
3.5 Récupérer l'espace disque des journaux binaires	348
3.6 Supprimer la configuration de réplication	349
3.7 Vérifier la cohérence des données entre maître et esclaves	349
3.8 Quelques commandes utiles	351
3.8.1 SHOW SLAVE STATUS	351
3.8.2 START/STOP SLAVE {IO_THREAD SQL_THREAD}	353
3.8.3 RESET MASTER	354
4. Réplication et haute disponibilité	355
4.1 Promotion d'un esclave	355
4.2 Automatisation de la promotion	356
5. Réplication et scalabilité	357
5.1 Scalabilité en lecture	357

5.2 Scalabilité en écriture	358
-----------------------------	-----

6. Fonctionnalités avancées **360**

6.1 Identifiants de transaction	360
6.2 Réplication parallèle	361
6.3 Réplication multisource	363
6.3.1 Introduction	363
6.3.2 Mise en place	364
6.4 Réplication semi-synchrone	365
6.4.1 Introduction	365
6.4.2 Mise en place	366
6.4.3 Nouveautés avec MariaDB 10.1	369
6.5 Réplication retardée	370

MariaDB Galera Cluster

1. Introduction	371
1.1 Bénéfices	371
1.2 La réplication synchrone	372
1.3 Écritures simultanées sur plusieurs nœuds	374
1.4 Synchronisation des données	376

1.5 Haute disponibilité	377
1.6 Limitations	377
2. Mise en place d'un cluster	379
2.1 Préparation de la configuration	379
2.2 Démarrage du premier nœud	381
2.3 Démarrage des autres nœuds	382
3. Optimisation	382
3.1 Configuration	382
3.2 Choix du nombre de nœuds	384
3.3 Nœuds géographiquement éloignés	386
3.4 Utilisation d'un load balancer pour la haute disponibilité	387
3.5 Éviter le flow control	393
3.6 Surveillance du cluster	395

Autres fonctionnalités

1. Partitionnement	397
1.1 Intérêt et limitations	397
1.1.1 Gestion de la montée en charge	398
1.1.2 Gestion des gros volumes	398

1.1.3 Partition pruning	398
1.1.4 Suppression rapide d'un gros volume de données	399
1.1.5 Limitations	399
1.2 Types de partitionnement	401
1.2.1 Le partitionnement de type RANGE	404
1.2.2 Le partitionnement de type RANGE COLUMNS	404
1.2.3 Le partitionnement de type LIST	407
1.2.4 Le partitionnement de type LIST COLUMNS	409
1.2.5 Le partitionnement de type HASH	411
1.2.6 Le partitionnement de type KEY	413
1.2.7 Les variantes LINEAR HASH/KEY	417
1.2.8 Choix explicite d'une partition	419
1.2.9 Sous-partitionnement	422
1.2.10 Fonctions du partitionnement	423
1.2.11 Import et export d'une partition dans une table	427
1.3 Gestion du partitionnement	429
1.4 Maintenance	433
2. Routines stockées	437
2.1 Rôle	438
2.2 Syntaxe	438

2.2.1 Procédures stockées	440
2.2.2 Fonctions stockées	440
2.3 Utilisation	445
2.4 Métadonnées	447
2.5 Restrictions	451
3. Déclencheurs (triggers)	454
3.1 Rôle	454
3.2 Syntaxe	454
3.3 Restrictions	458
4. Événements	458
4.1 Rôle	458
4.2 Syntaxe	460
4.3 Restrictions	463
5. Vues	464
5.1 Rôle	464
5.2 Syntaxe	465
6. Colonnes générées	471
6.1 Introduction	

6.2 Colonnes persistentes	471
6.3 Colonnes virtuelles	472
	472
Outils de surveillance	
1. Introduction	473
2. Accès aux métadonnées	474
2.1 Commandes spécifiques	474
2.1.1 Commandes SHOW	474
2.1.2 Commande DESCRIBE	476
2.2 Base information_schema	477
3. Outils de base pour la surveillance	479
3.1 SHOW PROCESSLIST	479
3.2 SHOW GLOBAL STATUS	480
3.3 SHOW ENGINE INNODB STATUS	484
3.3.1 SEMAPHORES	485
3.3.2 LAST FOREIGN KEY ERROR	485
3.3.3 LAST DETECTED DEADLOCK	485
3.3.4 TRANSACTIONS	486

3.3.5 FILE I/O	486
3.3.6 INSERT BUFFER AND ADAPTATIVE HASH INDEX	486
3.3.7 LOG	486
3.3.8 BUFFER POOL AND MEMORY	486
3.3.9 ROW OPERATIONS	487
4. Performance Schema	487
4.1 Rôle	487
4.2 Configuration	488
5. Identification des problèmes de requêtes	490
5.1 Requêtes lentes	490
5.2 Deadlocks	492
6. Outils de surveillance du système	494
6.1 Cacti	494
6.2 Grafana	495
6.3 Nagios	495
6.4 Identification des problèmes système sous Linux	496
6.4.1 vmstat	496
6.4.2 iostat	497
6.4.3 mpstat	498

Index

501