

Avant-propos

1. MySQL en quelques mots	15
2. Objectifs du livre	16
3. Description	16

Généralités sur MySQL

1. Introduction	19
2. Architecture	20
2.1 Le serveur et les clients	20
2.2 Les protocoles de communication	22
3. Utilisation des ressources matérielles	22
3.1 Utilisation du disque	22
3.2 Utilisation de la mémoire	24
3.3 Utilisation du processeur	25
3.4 Utilisation du réseau	26
4. Variantes de MySQL	

	26
4.1 MariaDB	26
4.2 Percona Server	27
4.3 Amazon RDS/Aurora	28
4.4 WebScaleSQL	29
4.5 Galera	30
5. Les moteurs de stockage	30
5.1 InnoDB	32
5.1.1 Fonctionnement résumé	32
5.1.2 Fonctionnalités principales	36
5.2 MyISAM	37
5.3 Memory	38
5.4 Archive	41
5.5 XtraDB	41
5.6 TokuDB	41
5.7 RocksDB	42
5.8 Autres moteurs	42
6. Verrous et transactions	43
6.1 Verrous implicites	44
6.1.1 Généralités	

6.1.2 Spécificités InnoDB	44
6.2 Verrous explicites	45
6.2.1 Verrous de tables	46
6.2.2 Spécificités InnoDB	46
6.3 Verrous coopératifs	48
6.4 Transactions	49
6.4.1 Généralités	50
6.4.2 InnoDB et les transactions	50
6.4.3 Mêler moteur transactionnel et moteur non transactionnel	51
6.4.4 Interblocages (deadlocks)	52
	53
Installation du serveur	
1. Généralités	55
1.1 Stabilité des versions	55
1.2 Version communautaire et version Enterprise	56
1.3 Cycle de développement	56
1.4 Choix du type d'installation	57
2. Installation sous UNIX et dérivés	57
2.1 Installation par gestionnaire de paquets	57

2.2 Installation avec les binaires précompilés	59
2.3 Démarrage du serveur	61
2.3.1 Script mysql.server	61
2.3.2 Script mysqld_safe	62
2.3.3 Invocation directe de mysqld	62
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	67
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	69
2.8 MySQL Sandbox	72
2.8.1 Présentation de MySQL Sandbox	72
2.8.2 Installation	72

2.8.3	Création d'une instance	73
2.8.4	Création de deux instances indépendantes	74
2.8.5	Autres possibilités	75
3.	Installation sous Windows	76
3.1	Utilisation de l'installeur	76
3.2	Installation avec les binaires	82
3.3	Démarrage du serveur	83
3.3.1	Service	83
3.3.2	Invocation directe de mysqld	84
3.4	Arrêt du serveur	84
3.4.1	Service	84
3.4.2	mysqladmin	84
3.4.3	Gestionnaire des tâches	85
3.5	Résolution des problèmes d'installation	85
3.5.1	Droits insuffisants	85
3.5.2	Conflit avec une installation existante	85
3.5.3	Problèmes dans les chemins	85
3.6	Sécurisation de l'installation	86
3.7	Installation de plusieurs instances	86
3.7.1	Précautions à prendre	86

3.7.2 Versions différentes	86
3.7.3 Utilisation du même binaire	87
4. Mise à jour de MySQL	87
4.1 Précautions à prendre avant la mise à jour	87
4.1.1 Sauts de version	87
4.1.2 Changements apportés par une version	88
4.1.3 Sauvegarde des données	88
4.2 Processus de mise à jour	89
4.2.1 Stratégies possibles	89
4.2.2 Mise à jour des binaires	90
4.2.3 Vérification des tables	90
4.3 Vérifications après la mise à jour	90
5. Installation des outils utilisés dans l'ouvrage	91
5.1 Installation de la base world	91
5.2 Installation de la base sakila	92
6. Installation du Percona Toolkit	93
7. Installation des MySQL Utilities	94

Configuration du serveur

1. Introduction	97
2. Comment configurer le serveur ?	98
2.1 Paramétrage lors de la compilation	99
2.2 Paramétrage dans le fichier de configuration	99
2.2.1 Localisation du fichier de configuration	99
2.2.2 Structure du fichier de configuration	101
2.3 Paramétrage au lancement de mysqld	102
2.4 Paramétrage dynamique du serveur	103
2.4.1 Changement pour la session	103
2.4.2 Changement global	104
3. Visualisation de la configuration	106
4. Configuration d'InnoDB	109
4.1 Paramètres essentiels	109
4.2 Isolation et durabilité	111
4.2.1 Réglage de l'isolation	111
4.2.2 Réglage de la durabilité	113
4.3 Autres paramètres	115

5. La journalisation	116
5.1 Le journal binaire	116
5.2 Le journal des requêtes lentes	123
5.3 Le journal des erreurs	127
5.4 Le journal général	129
5.5 Bonnes pratiques	130
5.5.1 Configuration	130
5.5.2 Surveiller l'utilisation du disque	130
5.5.3 Impact sur les performances	130
6. Le mode SQL	131
6.1 Les modes usuels	131
6.2 Les combinaisons de modes	138
6.3 Mode SQL par défaut	139
7. Autres paramètres à configurer	140
7.1 Paramètres MyISAM	140
7.2 Cache de requêtes	141
7.2.1 Rôle du cache	141
7.2.2 Activation du cache	142
7.2.3 Requêtes exclues du cache	142

7.2.4 Appel à un élément du cache	143
7.2.5 Mise à jour du cache	144
7.2.6 Fragmentation	144
7.2.7 Utilité du cache	145
7.2.8 Paramètres associés au cache	146
7.2.9 Configuration de la taille du cache	147
7.2.10 Détermination de l'efficacité du cache	148
7.2.11 Réduction de la fragmentation	150
7.3 Autres variables	151
7.3.1 Nombre de connexions simultanées	151
7.3.2 Caches de table	151
7.3.3 Cache de threads	152
7.3.4 Paramètres à ne pas modifier	152

Sécurité et gestion des utilisateurs

1. Introduction	155
2. Sécurisation du serveur MySQL	156
2.1 Sécurisation de l'installation	156
2.1.1 Contrôler les droits	156
2.1.2 Mettre un mot de passe au compte utilisateur root	156

2.1.3 Supprimer les comptes anonymes	157
2.1.4 Supprimer le schéma test	158
2.1.5 Sécuriser votre installation avec l'outil mysql_secure_installation	159
2.2 Utilisation de SSL	159
2.2.1 Les options	160
2.2.2 Les principales étapes	160
3. Chiffrement des données	161
4. Les options pour renforcer la sécurité	162
4.1 skip-networking	164
4.2 bind-address	165
4.3 skip-name-resolve	166
4.4 skip-show-database	166
4.5 secure-file-priv	167
4.6 chroot	168
5. Gestion des utilisateurs et des mots de passe	168
5.1 Connexion aux comptes utilisateurs	169
5.2 Gestion des comptes utilisateurs	172
5.3 Rôles	180
5.4 Plug-ins d'authentification	

5.5 Plug-in de validation des mots de passe	180
5.6 Expiration du mot de passe	182
5.7 Utilitaire de configuration des mots de passe	185
5.8 Attribution des droits	186
5.8.1 Les droits d'administration	188
5.8.2 Les droits au niveau des schémas	188
5.8.3 Les droits au niveau des tables	190
5.8.4 Les droits au niveau des colonnes	191
5.8.5 Les droits pour les routines stockées	192
5.9 Limitation de l'utilisation des ressources	193
5.10 Visualisation des droits	194
5.11 Prise d'effet des droits	195
5.12 Suppression des droits	196
5.13 Bonnes pratiques de la gestion des droits	197
6. Sécurisation des vues et des routines stockées	199
	200

Sauvegarde et restauration

1. Généralités

1.1 Introduction

203

1.2 Sauvegarde logique	203
1.3 Sauvegarde physique	205
1.4 Sauvegarde complète/incrémentale	206
1.5 Sauvegarde et réplication	207
1.6 Sauvegarde et moteurs de stockage	209
1.6.1 MyISAM	211
1.6.2 InnoDB	211
1.6.3 MyISAM et InnoDB	212
1.7 Restauration	212
2. En pratique	213
2.1 Import/export manuel	214
2.2 mysqldump	218
2.3 Percona XtraBackup	224
2.4 Autres solutions	226
2.4.1 mylvmbackup	226
2.4.2 mysqlpump	230
Optimisation	
1. Matériel et système d'exploitation	231

1.1 Processeur	231
1.2 Mémoire vive	233
1.3 Disque dur	235
1.3.1 Éléments de choix	235
1.3.2 RAID	236
1.3.3 SSD	237
1.4 Système d'exploitation	238
2. Optimisation du schéma	239
2.1 Types de données	239
2.1.1 Principes généraux	239
2.1.2 Nombres	239
2.1.3 Chaînes de caractères	241
2.1.4 Données binaires	244
2.1.5 Dates et heures	244
2.1.6 ENUM et SET	246
2.2 Normalisation	247
2.2.1 Rôle de la normalisation	247
2.2.2 Première forme normale	247
2.2.3 Deuxième forme normale	249
2.2.4 Troisième forme normale	251

2.2.5 Résumé des avantages de la normalisation	254
2.2.6 Inconvénients de la normalisation	254
2.3 Dénormalisation	255
2.4 Modification du schéma en production	256
3. Indexation	259
3.1 Généralités sur les index	259
3.1.1 Rôle d'un index	259
3.1.2 Clés et index	260
3.1.3 Colonnes pouvant bénéficier d'un index	260
3.1.4 Création/suppression d'un index	261
3.1.5 Quelles colonnes indexer ?	263
3.2 Types d'index	263
3.2.1 Index uniques	263
3.2.2 Clés primaires	264
3.2.3 Index non uniques	265
3.2.4 Index sur plusieurs colonnes	265
3.2.5 Index sur un préfixe de colonne	266
3.2.6 Index redondants	268
3.2.7 Clés étrangères	271
3.3 Notions avancées	273

3.3.1 Index B-Tree	273
3.3.2 Index hash	279
3.3.3 Autres algorithmes d'indexation	280
3.3.4 Sélectivité et distribution des valeurs	281
3.3.5 Index cluster InnoDB	285
3.3.6 Index couvrant	287
3.4 Indexation FULLTEXT	290
3.4.1 Notions principales sur l'indexation FULLTEXT	290
3.4.2 Recherche en langage naturel	292
3.4.3 Recherche booléenne	294
3.4.4 Recherche avec expansion de requête	296
3.4.5 Configuration de la recherche	296
3.4.6 Performance	297
3.4.7 Limitations et points à connaître	298
4. La commande EXPLAIN	299
4.1 Rôle	299
4.2 Accès aux données	299
4.2.1 Accès séquentiel ou aléatoire	300
4.2.2 Accès en mémoire ou sur disque	300
4.2.3 En résumé	301

4.3 Lire le plan d'exécution	302
4.3.1 Exemple simple	302
4.3.2 Requêtes différentes de SELECT	303
4.3.3 Jointures	303
4.3.4 Unions	304
4.3.5 Sous-requêtes	305
4.4 Colonnes principales	308
4.4.1 Types d'accès aux données	308
4.4.2 Index examinés	311
4.4.3 Nombre de lignes parcourues	313
4.4.4 La colonne Extra	315
4.5 EXPLAIN EXTENDED	316
5. Optimisation des requêtes	317
5.1 Isolation des colonnes	318
5.2 Jointures	319
5.3 Filtrages	323
5.4 Tris	323
5.5 Agrégations	324
5.6 Réécriture de requêtes	325
5.7 Utilisation de plusieurs index	326

5.8 Autres techniques	326
6. Optimisations pour MySQL 5.6/5.7	327
6.1 Index Condition Pushdown	328
6.2 Multi Range Read	329
7. Maintenance des tables	330
7.1 Mise à jour des statistiques d'index	330
7.2 Défragmentation des tables	331
7.3 Autres commandes	332
Réplication	
1. Généralités sur la réplication	333
1.1 Utilité de la réplication	334
1.2 Fonctionnement de la réplication	335
1.3 Formats de réplication	336
2. Mise en place de la réplication	339
2.1 Réplication maître-esclave(s)	339
2.1.1 Configuration	339
2.1.2 Forces et faiblesses de cette configuration	342

2.2 Réplication maître-maître	342
2.2.1 Configuration	343
2.2.2 Forces et faiblesses de cette configuration	344
2.3 Réplication sur plusieurs niveaux	347
2.3.1 Configuration	347
2.3.2 Forces et faiblesses de cette configuration	348
2.4 Principales variables	349
3. Résolution des problèmes opérationnels courants	351
3.1 Empêcher la réplication de certaines requêtes	351
3.2 Non-réplication d'une requête	353
3.3 Éviter le retard de réplication	354
3.4 Corriger une erreur de réplication	355
3.5 Récupérer l'espace disque des journaux binaires	357
3.6 Supprimer la configuration de réplication	358
3.7 Vérifier la cohérence des données entre maître et esclaves	359
3.8 Quelques commandes utiles	360
3.8.1 SHOW SLAVE STATUS	360
3.8.2 START/STOP SLAVE {IO_THREAD SQL_THREAD}	362
3.8.3 RESET MASTER	364
4. Réplication et haute disponibilité	

	365
4.1 Promotion d'un esclave	365
4.2 Automatisation de la promotion	366
5. Réplication et scalabilité	367
5.1 Scalabilité en lecture	367
5.2 Scalabilité en écriture	368
6. Fonctionnalités avancées	370
6.1 Identifiants de transaction	370
6.2 Réplication parallèle	371
6.3 Réplication multisource	373
6.3.1 Introduction	373
6.3.2 Mise en place	374
6.4 Réplication semi-synchrone	375
6.4.1 Introduction	375
6.4.2 Mise en place	376
6.4.3 Nouveautés avec MySQL 5.7	379
6.5 Réplication retardée	380

Autres fonctionnalités

1. Partitionnement	381
1.1 Intérêt et limitations	381
1.1.1 Gestion de la montée en charge	382
1.1.2 Gestion des gros volumes	382
1.1.3 Partition pruning	383
1.1.4 Suppression rapide d'un gros volume de données	383
1.1.5 Limitations	385
1.2 Types de partitionnement	388
1.2.1 Le partitionnement de type RANGE	388
1.2.2 Le partitionnement de type RANGE COLUMNS	391
1.2.3 Le partitionnement de type LIST	393
1.2.4 Le partitionnement de type LIST COLUMNS	395
1.2.5 Le partitionnement de type HASH	397
1.2.6 Le partitionnement de type KEY	401
1.2.7 Les variantes LINEAR HASH/KEY	403
1.2.8 Choix explicite d'une partition	406
1.2.9 Sous-partitionnement	408
1.2.10 Fonctions du partitionnement	411
1.2.11 Import et export d'une partition dans une table	413
1.3 Gestion du partitionnement	418
1.4 Maintenance	

	421
2. Routines stockées	422
2.1 Rôle	422
2.2 Syntaxe	424
2.2.1 Procédures stockées	424
2.2.2 Fonctions stockées	430
2.3 Utilisation	432
2.4 Métadonnées	435
2.5 Restrictions	438
3. Déclencheurs (triggers)	439
3.1 Rôle	439
3.2 Syntaxe	439
3.3 Restrictions	442
4. Événements	443
4.1 Rôle	443
4.2 Syntaxe	444
4.3 Restrictions	448
5. Vues	448
5.1 Rôle	

5.2 Syntaxe	448
	450
6. Colonnes générées	456
6.1 Introduction	456
6.2 Colonnes virtuelles	456
6.3 Colonnes persistantes	457
	457
7. Support JSON	458
7.1 Le type de données JSON	458
7.2 Exemple d'opérations sur des colonnes JSON	459
7.3 Indexation	460
	460
Outils de surveillance	
1. Introduction	463
2. Accès aux métadonnées	464
2.1 Commandes spécifiques MySQL	464
2.1.1 Commandes SHOW	464
2.1.2 Commande DESCRIBE	466
2.2 Base information_schema	467

3. Outils de base pour la surveillance	469
3.1 SHOW PROCESSLIST	469
3.2 SHOW GLOBAL STATUS	470
3.3 SHOW ENGINE INNODB STATUS	474
3.3.1 SEMAPHORES	475
3.3.2 LAST FOREIGN KEY ERROR	475
3.3.3 LAST DETECTED DEADLOCK	475
3.3.4 TRANSACTIONS	476
3.3.5 FILE I/O	476
3.3.6 INSERT BUFFER AND ADAPTATIVE HASH INDEX	476
3.3.7 LOG	476
3.3.8 BUFFER POOL AND MEMORY	476
3.3.9 ROW OPERATIONS	477
4. Performance Schema	477
4.1 Rôle	477
4.2 Configuration	478
4.3 Schéma sys	479
5. Identification des problèmes de requêtes	481
5.1 Requêtes lentes	481

5.2 Deadlocks	485
6. Outils de surveillance du système	487
6.1 Cacti	487
6.2 Grafana	488
6.3 Nagios	488
6.4 Identification des problèmes système sous Linux	488
6.4.1 vmstat	488
6.4.2 iostat	490
6.4.3 mpstat	491
Index	493