

Avant-propos

Chapitre 1

Présentation de Linux

1.	Bienvenue dans le monde Linux	23
1.1	Un système en évolution	23
1.2	Le système d'exploitation	23
1.3	Le système Unix, une brève histoire.	26
1.3.1	De Multics à Unix.	26
1.3.2	Le langage C.	26
1.3.3	Les différents types d'Unix.	27
2.	Le logiciel libre	27
2.1	Les origines du logiciel libre.	27
2.2	GNU/Linux	29
2.2.1	Linus Torvalds	29
2.2.2	Le succès communautaire	30
2.2.3	Les années 1994-1997	30
2.2.4	Linux aujourd'hui	30
3.	Les distributions	31
3.1	Qu'est-ce qu'une distribution Linux ?	31
3.2	Debian	32
3.3	Ubuntu	33
3.4	Les distributions de type Red Hat	34
3.5	openSUSE.	36
3.6	Les autres distributions	36
3.7	Tester une distribution : LiveCD, LiveDVD ou LiveUSB	37
3.8	Distribution de secours	37
4.	Quel matériel pour Linux ?	37
4.1	L'architecture	37
4.2	Configuration matérielle de base	38
4.3	Compatibilité du matériel.	39
5.	Obtenir des informations et de l'aide concernant Linux.	40

Chapitre 2**Installation de Linux et des logiciels**

1. Installer une distribution.	41
1.1 Déterminer les caractéristiques d'installation	41
1.2 Paramètres d'installation.	42
1.3 Procédure d'installation.	42
1.4 Partitionnement des disques	43
1.5 Configuration des interfaces réseau	44
1.6 Sélection des paquets logiciels.	44
1.7 Redémarrage.	44
2. Les gestionnaires de paquets logiciels.	44
2.1 Notion de paquet logiciel (package)	45
3. Les paquets logiciels Red Hat	46
3.1 Le gestionnaire RPM	46
3.2 Installation, mise à jour et suppression	46
3.3 Cas du noyau	48
3.4 Requêtes RPM	48
3.5 Vérification des paquets logiciels	50
3.6 Les dépendances.	51
3.7 Extraction du contenu cpio d'un paquet logiciel.	51
3.8 Mises à jour automatisées	52
4. Le gestionnaire de paquets YUM	52
4.1 Configuration des dépôts	53
4.2 Utilisation des dépôts	55
4.2.1 Rafraîchir le cache	55
4.2.2 Lister les paquets logiciels	55
4.2.3 Installer des paquets logiciels	57
4.2.4 Mises à jour	57
4.2.5 Rechercher un paquet logiciel.	58
4.2.6 Désinstaller un paquet logiciel	59
4.2.7 Télécharger un fichier paquet logiciel.	59
5. Le gestionnaire de paquets DNF	60

6.	Les paquets logiciels Debian	60
6.1	dpkg : la commande de gestion de paquets Debian	60
6.2	Installation, mise à jour et suppression de paquets logiciels	61
6.3	Requêtes de recherche et sélection de paquets	62
6.3.1	Lister les paquets	62
6.3.2	Trouver un paquet contenant un fichier	63
6.3.3	Lister le contenu d'un paquet	63
6.4	Reconfigurer un paquet logiciel	64
7.	Le gestionnaire de paquets APT	64
7.1	Les dépôts de paquets logiciels	65
7.1.1	Configuration	65
7.1.2	Mise à jour de la base	65
7.2	Mise à jour de la distribution	66
7.3	Rechercher et installer un paquet logiciel individuel	67
7.4	Client graphique	67
8.	Le gestionnaire de paquets aptitude	68
8.1	apt ou aptitude ?	68
8.2	Installation d'aptitude	69
8.3	Utilisation	69
9.	Le gestionnaire de paquets logiciels Zypper	70
9.1	Gestion des dépôts	70
9.2	Gérer les paquets logiciels	71
10.	Gérer les bibliothèques partagées	73
10.1	Lieu de stockage	74
10.2	Identifier les bibliothèques liées à un programme	75
10.3	Configurer le cache de l'éditeur de liens	75
10.4	Recherche des bibliothèques partagées	75

Chapitre 3**Le shell et les commandes GNU**

1.	Le shell bash	77
1.1	Rôle du shell	77
1.2	Bash : le shell Linux par défaut	78
1.2.1	Un shell puissant et libre	78
1.2.2	L'invite de commandes	79
1.3	Utiliser le shell	79
1.3.1	La saisie sur la ligne de commande	79
1.3.2	Syntaxe générale des commandes	80
1.3.3	Exemple de commande : cal	80
1.3.4	Enchaîner les commandes	82
1.3.5	Afficher du texte	82
1.3.6	Commandes internes et externes	83
1.3.7	Séquences de contrôle	84
1.4	Historique des commandes	84
2.	La gestion des fichiers	85
2.1	Le système de fichiers	85
2.2	Les différents types de fichiers	86
2.2.1	Les fichiers ordinaires ou réguliers	86
2.2.2	Les répertoires	87
2.2.3	Les fichiers spéciaux	87
2.3	Nommage des fichiers	88
2.4	Chemins d'accès	88
2.4.1	Structure d'un chemin d'accès	88
2.4.2	Chemin d'accès absolu	89
2.4.3	Répertoire de connexion et répertoire courant	89
2.4.4	Chemin d'accès relatif	89
2.4.5	Le caractère tilde	91
2.4.6	Changer de répertoire courant	91
2.5	Les commandes de base	92
2.5.1	Aide pour la syntaxe des commandes	92
2.5.2	Lister les fichiers et les répertoires	93
2.5.3	Gérer les fichiers et les répertoires	95
2.5.4	Les caractères génériques	102

3.	Rechercher des fichiers avec la commande find	105
3.1	Critères de recherche	106
3.1.1	Recherche par nom	106
3.1.2	Recherche par type	107
3.1.3	Recherche par propriétaire ou groupe associé	107
3.1.4	Recherche par taille	108
3.1.5	Recherche par date	109
3.1.6	Recherche par permissions d'accès	109
3.2	Commandes exécutées avec les fichiers recherchés	111
3.2.1	Recherche avec liste détaillée	111
3.2.2	Recherche avec exécution d'une commande	112
3.3	Combinaison logique de critères	113
3.4	Rechercher des informations sur une commande	113
3.4.1	whereis	113
3.4.2	which	114
3.4.3	locate	114
4.	L'éditeur vi	114
4.1	Présentation	115
4.2	Fonctionnement	115
4.3	Les commandes de base de vi	115
4.3.1	Passer en mode saisie	115
4.3.2	Ouvrir la ligne de commande de vi	116
4.3.3	Quitter l'éditeur	116
4.3.4	Déplacement dans le fichier	116
4.3.5	Modification de texte	117
4.3.6	Expressions régulières	118
4.3.7	Recherche dans le texte	119
4.3.8	Remplacement de texte	119
4.3.9	Copier-coller	120
4.3.10	Substitution	120
4.3.11	Autres commandes de vi	121
5.	Les redirections des entrées/sorties standards	122
5.1	Les entrées/sorties standards	122
5.2	Les entrées/sorties standards par défaut	122

6.	La redirection	123
6.1	Redirection de la sortie standard	123
6.2	Redirection de la sortie d'erreur standard	125
6.3	Redirection de la sortie et de la sortie d'erreur standards dans un même fichier	126
6.4	Redirection de l'entrée standard	127
6.5	Documents en ligne	128
6.6	Ouverture de descripteurs de fichiers supplémentaires	128
6.7	Fermeture de descripteurs de fichiers	129
6.8	Les tubes (pipes)	129
7.	Les commandes filtres	130
7.1	Compter des lignes, des mots, des caractères	130
7.2	Sélection de lignes	131
7.2.1	grep	131
7.2.2	egrep	132
7.2.3	fgrep	133
7.2.4	sed	133
7.3	Sélection de parties de lignes	135
7.3.1	Sélection par position	135
7.3.2	Sélection par champs	136
7.4	Tri de lignes	137
7.5	Suppression des doublons	139
7.6	Jointure de deux fichiers triés	140
7.6.1	Concaténation de fichiers ligne à ligne	140
7.7	Découpage d'un fichier en plusieurs fichiers	141
7.8	Substitution et suppression de caractères dans un fichier	142
7.8.1	La commande tr	142
7.9	xargs	144
7.10	Affichage de texte	144
7.10.1	Affichage page par page	144
7.10.2	Affichage des premières lignes d'un fichier	146
7.10.3	Affichage des dernières lignes d'un fichier	146
7.10.4	Formater l'affichage	147
7.11	Duplication de la sortie standard	147

8.	Autres commandes utilitaires	148
8.1	Extraction d'une partie d'un chemin d'accès	148
8.2	Comparaison de fichiers	148
8.2.1	diff	148
8.2.2	cmp	150
8.3	Mise en attente	150
8.4	Les sommes de contrôle	151
9.	La gestion des processus	152
9.1	Attributs d'un processus	152
9.2	États d'un processus	153
9.3	Lancement d'une commande en tâche de fond	153
9.4	Tâches en avant-plan et en arrière-plan	154
9.5	Liste des processus	155
9.6	Envoi d'un signal à un processus	157
9.7	nohup	158
9.8	nice et renice	159
9.9	time	160
9.10	exec	161
10.	Plus loin avec le bash	161
10.1	Les alias	161
10.2	Groupement de commandes	162
10.3	Liaison conditionnelle	163
11.	Les variables	164
11.1	Nom de variable	164
11.2	Déclaration et affectation	164
11.3	Accès et affichage	165
11.4	Suppression de variable et protection en écriture	166
11.5	Export	167
11.6	Délimitation du nom de variable	168
11.7	Remplacement conditionnel de variable	168
11.8	Variables système	169
11.9	Variables spéciales	170
11.10	Longueur d'une chaîne	171
11.11	Tableaux et champs	171
11.12	Variables numériques et calcul	172

12. Configuration de bash	173
12.1 Fichiers de configuration	173
12.1.1 Shell de connexion	173
12.1.2 Shell simple	173
12.2 Configuration du shell par la commande set	174
13. Programmation shell	174
13.1 Structure et exécution d'un script shell	174
13.2 Arguments d'un script	177
13.2.1 Paramètres de position	177
13.2.2 Redéfinition des arguments	178
13.2.3 Parcours des arguments	178
13.2.4 Terminaison de script	179
13.3 Environnement d'un processus	179
13.4 Substitution de commande	180
13.5 Tests logiques	180
13.5.1 Tests sur une chaîne	181
13.5.2 Tests sur les valeurs numériques	182
13.5.3 Tests sur les fichiers	182
13.5.4 Tests combinés par des opérateurs logiques	183
13.5.5 Nouvelle syntaxe	183
13.6 Structures de contrôle conditionnelles	184
13.6.1 if ... then ... else	184
13.6.2 Structure de choix multiples	185
13.6.3 Saisie utilisateur	187
13.6.4 Les boucles	188
13.6.5 Les fonctions	193
13.6.6 Calculs et expressions	194
13.6.7 Traitement des signaux	196
14. Multiplexeurs de terminal	197
14.1 Utilisation	198
14.1.1 Installation et aide	198
14.1.2 Fenêtres	198
14.1.3 Détacher et rattacher	198
14.1.4 Terminer la session	199
14.2 Autres multiplexeurs	199

Chapitre 4**Les disques et le système de fichiers**

1. Représentation des disques	201
1.1 Nomenclature	201
1.1.1 Disques IDE	201
1.1.2 Disques SCSI, SATA, USB, FIREWIRE, etc.	202
1.2 Cas particuliers	203
1.2.1 Virtualisation	203
1.2.2 SAN, iSCSI, multipathing	203
2. Opérations de bas niveau	204
3. Choisir un système de fichiers	205
3.1 Principe	205
3.1.1 Représentation	205
3.1.2 Les métadonnées	206
3.1.3 Les noms des fichiers : les liens physiques	206
3.1.4 Les systèmes de fichiers journalisés	206
3.2 Les types de systèmes de fichiers sous Linux	207
3.2.1 Systèmes de fichiers de type ext*	207
3.2.2 Systèmes de fichiers de type XFS	208
3.2.3 Systèmes de fichiers de type BTRFS	209
3.2.4 VFAT (FAT32)	210
3.2.5 exFAT	210
3.2.6 FUSE	211
4. Partitionnement	211
4.1 Les méthodes de partitionnement	211
4.2 Partitionnement MBR (Master Boot Record)	212
4.2.1 MBR et BIOS	212
4.2.2 MBR	212
4.2.3 Les partitions	212
4.2.4 Types de partitions	213
4.3 Partitionnement GPT	214
4.3.1 GPT et UEFI	214
4.3.2 GUID	215
4.3.3 LBA 0	215
4.3.4 LBA 1	216
4.3.5 LBA 2 à 33	216

4.3.6	Types de partitions	217
4.3.7	UEFI Boot manager	217
4.3.8	La partition système EFI	218
4.4	Manipuler les partitions	219
4.4.1	Manipuler les partitions MBR	219
4.4.2	Manipuler les partitions GPT	223
5.	Manipuler les systèmes de fichiers	225
5.1	Définitions de base.	225
5.1.1	Bloc	225
5.1.2	Superbloc	225
5.1.3	Table d'inodes.	226
5.1.4	Les répertoires	227
5.1.5	Lien physique.	228
5.2	Créer un système de fichiers	229
5.2.1	Création d'un système de fichiers ext*	231
5.2.2	Création d'un système de fichiers XFS.	233
5.2.3	Création d'un système de fichiers BTRFS	233
5.2.4	Création d'un système de fichiers VFAT	235
6.	Accéder aux systèmes de fichiers	236
6.1	La commande mount.	236
6.1.1	Options de montage	239
6.1.2	umount.	240
6.1.3	Remonter un système de fichiers	241
6.1.4	Le fichier /etc/fstab	241
6.1.5	Systèmes de fichiers de CD/DVD et images ISO	243
7.	Contrôler le système de fichiers	244
7.1	Suivi de l'espace disque par système de fichiers.	244
7.1.1	Suivi de l'espace disque par arborescence.	245
7.2	Vérifier et réparer les systèmes de fichiers	245
7.2.1	fsck	245
7.2.2	badblocks	246
7.2.3	dumpe2fs	247
7.2.4	tune2fs	247

7.3	XFS	249
7.3.1	xfs_info	249
7.3.2	xfs_growfs	249
7.3.3	xfs_repair	249
7.3.4	xfs_db et xfs_admin	251
7.3.5	xfs_fsr	251
8.	Le swap	251
8.1	Taille optimale de l'espace de swap	252
8.2	Créer une partition de swap	252
8.3	Activer et désactiver le swap	253
8.3.1	Activation/désactivation dynamique	253
8.3.2	Déclaration des zones de swap dans /etc/fstab	253
8.4	Zone de swap dans un fichier	254
8.5	État de la mémoire	254
8.5.1	free	254
8.5.2	/proc/meminfo	255
9.	Les droits d'accès	256
9.1	Les droits de base	256
9.1.1	Droits et compte utilisateur	256
9.1.2	Droits d'accès	257
9.2	Représentation des droits d'accès	258
9.2.1	Notation symbolique	258
9.2.2	Notation octale	259
9.3	Modification des droits	259
9.3.1	Notation symbolique	260
9.3.2	Notation octale	260
9.4	Masque des droits par défaut	261
9.5	Changer de propriétaire et de groupe propriétaire	262
9.6	Droits d'accès étendus	263
9.6.1	SetUID et SetGID	263
9.6.2	Sticky bit sur un répertoire	264
9.6.3	SetGID sur un répertoire	265

Chapitre 5**Boot, services, noyau et périphériques**

1. Processus de démarrage	267
1.1 Le BIOS et l'UEFI	267
1.1.1 BIOS	267
1.1.2 UEFI	268
1.1.3 Choix du périphérique de démarrage	269
1.2 Le chargeur de démarrage	269
1.3 GRUB	270
1.3.1 Configuration de GRUB legacy.	270
1.3.2 Installation	271
1.3.3 Démarrage et édition d'un choix de menu	272
1.4 GRUB2	272
1.4.1 Configuration.	273
1.4.2 Démarrage et édition.	276
1.4.3 Cas de GPT et UEFI.	276
1.5 Initialisation du noyau	278
2. init System V	279
2.1 Rôle d'init	279
2.2 Niveaux d'exécution	280
2.3 /etc/inittab	281
2.4 Changement de niveau d'exécution	283
2.5 Paramétrage système de base	283
2.6 Niveaux d'exécution	284
2.7 Gestion des niveaux et des services.	284
2.7.1 Services dans init.d	284
2.7.2 Contrôle des services	286
2.7.3 Modification des niveaux d'exécution	287
2.8 Consoles virtuelles	289
2.9 La procédure de connexion (login)	290
2.10 Arrêt du système	290
3. systemd.	291
3.1 Unités cibles et services	292
3.2 Configuration.	292

3.3	Cibles	293
3.3.1	Équivalence avec init System V	293
3.3.2	Cible par défaut	293
3.3.3	Changer de cible par défaut	294
3.3.4	Passer d'une cible à l'autre	294
3.3.5	Mode secours et urgence	294
3.3.6	Cibles actives et dépendances	294
3.3.7	Lister toutes les cibles	296
3.4	Services	296
3.4.1	Actions	296
3.4.2	Statut	297
3.4.3	Activation	298
3.4.4	Dépendances	298
3.5	Actions système	300
3.6	Gestion de la console	300
4.	upstart	301
4.1	Configuration	301
4.2	Niveau par défaut	302
4.3	Compatibilité System V	302
4.4	Commandes de contrôle	302
5.	Consulter les traces du système	304
5.1	dmesg	304
5.2	/var/log/messages ou /var/log/syslog	305
5.3	journalctl	305
6.	Le noyau et ses modules	306
6.1	uname	307
6.2	Gestion des modules	308
6.2.1	lsmod	309
6.2.2	modinfo	310
6.2.3	insmod	311
6.2.4	rmmod	312
6.2.5	modprobe	312
6.2.6	modprobe.d	313
6.3	Paramètres dynamiques	314

7.	Les fichiers associés aux périphériques	317
7.1	Fichiers spéciaux	318
7.2	Créer un fichier spécial	319
7.3	Déterminer les composants matériels du système.	319
7.3.1	Bus PCI	319
7.3.2	Bus USB	320
7.3.3	Systèmes de fichiers virtuels	321
7.3.4	udev	323

Chapitre 6

Les tâches administratives

1.	Administration des utilisateurs.	325
1.1	Les utilisateurs	325
1.2	Les groupes	327
1.3	Les mots de passe	328
1.4	Les fichiers de configuration des utilisateurs et des groupes.	328
1.4.1	/etc/passwd	328
1.4.2	/etc/group.	329
1.4.3	/etc/shadow	329
1.4.4	/etc/gshadow	330
1.5	Gestion des utilisateurs	331
1.5.1	Création d'un compte utilisateur	331
1.5.2	Gestion des mots de passe.	333
1.5.3	Modification d'un compte utilisateur	336
1.5.4	Suppression d'un compte utilisateur	337
1.6	Gestion des groupes d'utilisateurs	337
1.6.1	Modification d'un groupe d'utilisateurs.	338
1.6.2	Suppression d'un groupe d'utilisateurs	338
1.7	Commandes additionnelles	338
1.7.1	Vérifier la cohérence des fichiers de configuration	338
1.7.2	Vérifier l'historique des connexions	339
1.7.3	Modifications par l'utilisateur.	340
1.7.4	Interroger les annuaires	344
1.8	Configuration par défaut des comptes utilisateurs	344

1.9	Notifications à l'utilisateur	346
1.9.1	/etc/issue	346
1.9.2	/etc/motd	346
1.9.3	Envoi de messages écran aux utilisateurs	347
1.10	L'environnement utilisateur	347
1.10.1	Le répertoire /etc/skel	347
1.10.2	Scripts de configuration	348
1.11	Les modules PAM	349
2.	L'impression	350
2.1	Principe	351
2.2	Le système d'impression LPD BSD	351
2.3	CUPS	352
2.3.1	Ajout d'une imprimante	354
3.	Automatisation des tâches	359
3.1	Le service cron	359
3.1.1	Format d'une ligne de tâche crontab	359
3.1.2	La crontab système	360
3.1.3	Contrôle d'accès au service cron	362
3.2	La commande at	362
3.2.1	Format de spécification de la tâche différée	363
3.2.2	Contrôle des tâches	364
3.2.3	Contrôle d'accès à la commande at	365
3.3	Les timers systemd	365
4.	Les fichiers journaux du système	369
4.1	Les messages	370
4.2	Configuration de rsyslog	370
4.3	Le service journald de systemd	373
4.4	Les fichiers journaux	376
4.5	La commande journalctl	376
4.6	Émettre des messages vers journald	378
4.7	Rotation des fichiers journaux	378
4.7.1	logrotate	378
4.7.2	journald	380

5.	Sauvegarde et restauration	381
5.1	La commande tar	381
5.1.1	Archivage	381
5.1.2	Lister le contenu d'une archive	382
5.1.3	Restauration	383
5.1.4	Compression des fichiers d'archive	384
5.2	La commande cpio	384
5.2.1	Archivage	385
5.2.2	Lister le contenu d'une archive	385
5.2.3	Restauration	386
5.3	la commande dd	386
6.	Gestion de la date et heure système	387
6.1	La commande date	387
6.2	Utiliser le protocole NTP	390
6.2.1	Client NTP	390
6.2.2	Dérive temporelle	392
6.3	timedatctl	392
6.4	chrony	393
7.	Les paramètres régionaux	395
7.1	L'internationalisation (i18n) et la régionalisation (l10n)	395
7.2	Réglages régionaux	396
7.2.1	Variables d'environnement	396
7.2.2	Fuseaux horaires	399
7.3	Codage des caractères	400

Chapitre 7

Le réseau

1.	TCP/IP	403
1.1	L'adressage IPv4	404
1.1.1	Sous-réseaux	405
1.1.2	Routage	406
1.1.3	IPv6	407

1.2	Configuration de base du réseau.	408
1.2.1	Nommage des interfaces.	408
1.2.2	NetworkManager	409
1.3	Commandes de configuration.	409
1.3.1	Anciennes versions des distributions de type Red Hat.	410
1.3.2	Anciennes versions des distributions de type Debian.	412
1.3.3	Routage	413
1.3.4	La commande ip	414
1.3.5	Configuration avec NetworkManager.	416
1.3.6	Les numéros de ports.	419
1.4	Outils réseau	421
1.4.1	La commande ping	421
1.4.2	La commande traceroute.	422
1.4.3	La commande tracepath	423
1.4.4	La commande whois	424
1.4.5	La commande nc (netcat)	425
1.4.6	La commande netstat	426
1.4.7	La commande ss.	428
1.4.8	La commande IPTraf.	429
1.5	Les fichiers de configuration.	430
1.5.1	/etc/resolv.conf	430
1.5.2	/etc/hosts et /etc/networks	432
1.5.3	/etc/nsswitch.conf	432
1.5.4	/etc/services	433
1.5.5	/etc/protocols	434
1.6	Contrôle de la résolution de noms	434
1.6.1	La commande dig.	434
1.6.2	La commande host	435
1.6.3	La commande getent.	436
2.	Services réseau xinetd	436
2.1	Configuration	437
2.2	Démarrage et arrêt des services.	439
3.	OpenSSH	440
3.1	Configuration du serveur ssh	440
3.2	Utilisation de ssh.	441

3.3	Clés et connexion automatique	441
3.3.1	Type de chiffrement	441
3.3.2	Exemple de configuration côté client	442
3.3.3	Côté serveur	443
3.3.4	Copie automatique de la clé publique	443
3.4	Passphrase et agent SSH	444
3.5	Authentification de l'hôte	445
4.	Courrier électronique	446
4.1	postfix	447
4.1.1	Alias d'utilisateurs	447
4.1.2	exim	448
4.1.3	qmail	448

Chapitre 8

La sécurité

1.	Les bases de la sécurité	449
1.1	Contrôler les droits d'endossement SUID et SGID	450
1.2	Vérifier les paquets logiciels	451
1.3	Politique de mot de passe	452
1.4	Interdire les connexions	453
1.4.1	Shell de connexion /bin/false ou /sbin/nologin	453
1.4.2	/etc/nologin	453
1.4.3	/etc/securetty	454
1.5	Limiter les ressources pour un compte utilisateur	454
1.6	Les droits SUDO	455
2.	Sécurité des services et du réseau	458
2.1	Vérifier les ports ouverts	458
2.1.1	Informations depuis netstat	458
2.1.2	L'outil nmap	459
2.2	Désactiver les services inutiles	460
2.2.1	Services autonomes	460
2.2.2	Services xinetd	461
2.3	Les TCP wrappers	461

2.4	GPG	463
2.4.1	Générer les clés	464
2.4.2	Générer une clé de révocation	465
2.4.3	Gérer le trousseau	466
2.4.4	Exporter la clé publique	467
2.4.5	Importer une clé	469
2.4.6	Signer une clé	469
2.4.7	Signer et chiffrer un message	471

Chapitre 9

Interfaces graphiques

1.	Comment fonctionne un environnement graphique ?	475
1.1	Le système X Window	475
1.1.1	Le gestionnaire de fenêtres	477
1.1.2	Les widgets et les toolkits	478
1.1.3	Les bureaux virtuels	479
1.2	Les environnements de bureau	479
2.	Wayland	480
3.	Xorg	481
3.1	Installation	482
3.2	Configuration de Xorg	483
3.2.1	Via la distribution	483
3.2.2	Xorgcfg	484
3.2.3	Xorgconfig	485
3.2.4	X	485
3.3	Structure de xorg.conf	485
3.3.1	Sections et sous-sections	485
3.3.2	Valeurs booléennes	486
3.3.3	Section InputDevice ou InputClass	486
3.3.4	Section Monitor	487
3.3.5	Section Device	487
3.3.6	Section Screen	488
3.3.7	Section ServerLayout	489
3.3.8	Section Files	489
3.3.9	Section Modules	490

3.3.10	Section ServerFlags	490
3.3.11	xorg.conf.d	491
3.4	Tester et lancer X	491
3.4.1	Vérifier la configuration	491
3.4.2	Les fichiers journaux	492
3.4.3	Tester le serveur	493
4.	Le gestionnaire d'affichage (Display Manager)	494
4.1	XDM	495
4.1.1	Setup : Xsetup	496
4.1.2	Chooser : RunChooser	498
4.1.3	Startup : Xstartup	498
4.1.4	Session : Xsession	498
4.1.5	Reset : Xreset	499
4.1.6	Resources : Xresources	500
4.1.7	Servers : Xservers	500
4.1.8	AccessFile : Xaccess et XDMCP	500
4.2	GDM et KDM	501
4.3	Gestionnaire d'affichage au démarrage	503
4.3.1	System V et inittab	503
4.3.2	System V et services	503
4.3.3	Cible systemd	503
5.	Gestionnaire de fenêtres et l'environnement personnel	504
5.1	Via le gestionnaire d'affichage	504
5.2	startx	505
5.3	Les terminaux en mode graphique	505
5.4	Les gestionnaires de fenêtres	507
5.5	Exporter ses fenêtres	509
6.	Bureau distant	511
6.1	RDP	511
6.2	VNC	513
6.3	Spice	514
7.	Accessibilité	515
7.1	Assistance au clavier et à la souris	515
7.2	Assistance visuelle et auditive	517

Chapitre 10

Machines virtuelles, containers et Cloud

1. La virtualisation.....	519
1.1 Le Cloud.....	520
1.2 Intérêt.....	520
1.3 Compétence.....	522
1.4 Choix de la solution.....	522
2. Méthodes de virtualisation.....	522
2.1 L'isolation.....	522
2.2 Noyau en espace utilisateur.....	524
2.3 Hyperviseur de type 2.....	524
2.4 Hyperviseur de type 1.....	525
2.5 Virtualisation matérielle.....	526
3. Paravirtualisation.....	526
3.1 Principe.....	526
3.2 VirtIO.....	527
3.3 Virtualisation de la mémoire.....	527
3.4 Virtualisation des périphériques.....	528
3.5 Sécurité.....	529
3.6 Configuration particulière.....	529
4. Les containers.....	530
4.1 Principe.....	530
4.2 Container et machine virtuelle.....	531
4.3 Les espaces de nommage.....	532
4.4 Les groupes de contrôle.....	533
4.5 Docker.....	533
4.6 Un exemple complet.....	534
4.6.1 Créer une image.....	535
4.6.2 Démarrer un container.....	536
4.6.3 Arrêt du container.....	537
4.6.4 Exposition du container.....	537
4.6.5 Fichiers journaux du container.....	538
4.6.6 Supprimer le container et l'image.....	538
4.7 Sécurité.....	539

5. Le Cloud	539
5.1 Services Cloud	540
5.2 Fournisseurs	541
5.3 Exemple d'AWS	541
5.4 Zones géographiques	542
5.5 Tester	543
5.6 Cloud-init	547
6. Systèmes invités	548
6.1 Hyperviseur et additions	548
6.2 L'accès à la console ou l'affichage	550
6.2.1 Spice et KVM	550
6.2.2 Client Spice	551
6.2.3 Autres cas	552
Index	553

Avant-propos

Chapitre 1 Démarrage du système

1. Démarrage du système	29
1.1 Personnalisation du démarrage du système	29
1.1.1 Compétences principales	29
1.1.2 Éléments mis en œuvre	30
1.2 Récupération du système	30
1.2.1 Compétences principales	30
1.2.2 Éléments mis en œuvre	31
1.3 Chargeurs d'amorçage alternatifs	31
1.3.1 Compétences principales	31
1.3.2 Éléments mis en œuvre	31
2. Personnalisation du démarrage du système	32
2.1 init System V	32
2.2 Le processus init	33
2.2.1 Processus enfants d'init	33
2.2.2 Configuration du processus init	33
2.3 Les niveaux d'exécution init System V	36
2.3.1 Les différents niveaux d'exécution (run levels)	36
2.3.2 Configuration des différents niveaux d'exécution	37
2.3.3 Scripts de gestion des services	37
2.3.4 Niveaux d'exécution et services	39
2.4 Gestion des niveaux d'exécution init system V	40
2.4.1 Niveau d'exécution courant	40
2.4.2 Changer de niveau d'exécution	41
2.4.3 Commandes de gestion du contenu des niveaux d'exécution	41
2.4.4 Script indépendant du niveau d'exécution : /etc/rc.local	42
2.5 systemd	42
2.5.1 Démarrage de systemd	42
2.5.2 Répertoire de travail de systemd	44
2.5.3 Répertoires de configuration de systemd	45
2.5.4 La commande systemctl	46

2.6	Les cibles systemd	46
2.6.1	Cible par défaut	47
2.6.2	Configuration des cibles	48
2.6.3	Cibles et niveaux d'exécution	48
2.6.4	Modifier la cible lors du chargement du noyau	49
2.7	Gestion des services par systemd	49
2.7.1	Liste et état des services	51
2.7.2	Démarrage et arrêt des services	52
2.7.3	Activation et désactivation des services	52
2.7.4	Journal de systemd	53
2.8	Arrêt et redémarrage du système par systemd	54
3.	Récupération du système	54
3.1	Amorçage du système	54
3.1.1	BIOS	54
3.1.2	UEFI	55
3.1.3	NVMe	55
3.2	Le gestionnaire de démarrage GRUB	56
3.2.1	Configuration de GRUB Legacy	56
3.2.2	Configuration de GRUB 2	58
3.2.3	Configuration de GRUB 2 en mode UEFI	59
3.2.4	Utilisation de GRUB en mode interactif	60
3.2.5	Réinstallation depuis un système non démarrable	60
3.2.6	Shell de secours au démarrage	61
3.2.7	Modes systemd rescue et emergency	62
4.	Chargeurs d'amorçage alternatifs	62
4.1	SYSLINUX et EXTLINUX	62
4.2	ISOLINUX	63
4.3	PXELINUX	63
4.4	systemd-boot	65
4.5	U-Boot	65

Chapitre 2

Systèmes de fichiers et périphériques

1. Système de fichiers et périphériques	67
1.1 Administration du système de fichiers Linux	67
1.1.1 Compétences principales	67
1.1.2 Éléments mis en œuvre	68
1.2 Maintenance du système de fichiers Linux	68
1.2.1 Compétences principales	68
1.2.2 Éléments mis en œuvre	68
1.3 Création et configuration de systèmes de fichiers optionnels	69
1.3.1 Compétences principales	69
1.3.2 Éléments mis en œuvre	69
2. Administration du système de fichiers Linux	69
2.1 Composants du système de fichiers Linux	70
2.2 Systèmes de fichiers physiques	70
2.3 Systèmes de fichiers virtuels	71
2.3.1 Le système de fichiers virtuel proc	71
2.3.2 Le système de fichiers virtuel sys	73
2.4 Identification des systèmes de fichiers	74
2.4.1 Fichier spécial en mode bloc	74
2.4.2 Label	75
2.4.3 UUID	75
2.4.4 Visualiser les identifiants	75
2.4.5 Gestion du label d'un système de fichiers	76
2.4.6 Gestion de l'UUID d'un système de fichiers	77
2.5 Montage et démontage des systèmes de fichiers	78
2.5.1 Configuration du montage des systèmes de fichiers	78
2.5.2 Monter un système de fichiers : mount	80
2.5.3 Démonteur un système de fichiers : umount	82
2.5.4 Suivi des systèmes de fichiers montés	83
2.5.5 Vidage des caches d'entrées-sorties	85
2.6 Montage par systemd	85
2.6.1 Unité de montage systemd	85
2.6.2 Activation de l'unité de montage	86
2.6.3 Montage/démontage manuel de l'unité de montage	87
2.6.4 Montage/démontage automatique de l'unité de montage	87

2.6.5	Exemples	87
2.7	Gestion des zones de swap	89
2.7.1	Taille de la zone de swap	89
2.7.2	Configuration du swap	90
2.7.3	Visualisation des espaces de swap	91
2.7.4	Activation d'un espace de swap	91
2.7.5	Désactivation d'un espace de swap	92
3.	Maintenance des systèmes de fichiers Linux	93
3.1	Création et contrôle des systèmes de fichiers	93
3.1.1	Création d'un système de fichiers : mkfs	93
3.1.2	Vérification des systèmes de fichiers	95
3.2	Création d'une zone de swap	96
3.2.1	Choix des espaces de swap	96
3.2.2	Nature de l'espace de swap	97
3.2.3	Création de l'espace de swap : mkswap	97
3.2.4	Contrôle du swap	98
3.3	Les principaux types de systèmes de fichiers Linux	98
3.3.1	Systèmes de fichiers de type ext*	99
3.3.2	Systèmes de fichiers de type XFS	100
3.3.3	Systèmes de fichiers de type Btrfs	101
3.3.4	Systèmes de fichiers de type ZFS	102
3.4	Gestion des systèmes de fichiers de type ext2, ext3 et ext4	103
3.4.1	Création d'un système de fichiers ext*	103
3.4.2	Vérification d'un système de fichiers ext*	105
3.4.3	Gestion des paramètres d'un système de fichiers avec tune2fs	106
3.4.4	Débogage d'un système de fichiers ext*	108
3.4.5	Sauvegarde de système de fichiers ext*	110
3.4.6	Restauration de système de fichiers ext*	112
3.5	Gestion de base des systèmes de fichiers de type Btrfs	113
3.5.1	Création de système de fichiers Btrfs	113
3.5.2	Conversion de système de fichiers ext* en Btrfs	114
3.5.3	Informations sur un système de fichiers Btrfs	115
3.5.4	Montage d'un système de fichiers Btrfs	118
3.5.5	Sous-volumes Btrfs	118
3.5.6	Instantanés Btrfs	120

3.6	Gestion des systèmes de fichiers de type XFS.	122
3.6.1	Création de système de fichiers XFS	122
3.6.2	Gestion du label d'un système de fichiers XFS	123
3.6.3	Informations sur un système de fichiers XFS	124
3.6.4	Extension d'un système de fichiers XFS.	124
3.6.5	Sauvegarde d'un système de fichiers XFS.	126
3.6.6	Restauration d'un système de fichiers XFS	127
3.6.7	Réorganiser un système de fichiers XFS.	129
3.6.8	Vérifier un système de fichiers XFS	130
3.6.9	Réparer un système de fichiers XFS	131
3.7	Surveillance des périphériques SMART	133
3.7.1	Le paquet smartmontools	133
3.7.2	Le daemon smartd	133
3.7.3	La commande smartctl	134
4.	Création et configuration de systèmes de fichiers optionnels	138
4.1	Service d'automontage	138
4.1.1	Configuration du service autofs/automount.	139
4.1.2	Démarrage et arrêt du service	141
4.1.3	Exemple	142
4.2	Automontage par systemd.	144
4.2.1	Unité de montage automatique systemd.	144
4.2.2	Exemple de montage automatique par systemd	145
4.3	Systèmes de fichiers de périphériques amovibles	146
4.3.1	Lister les informations d'un CD-ROM/DVD	147
4.3.2	Copie d'un CD-ROM/DVD dans une image ISO	149
4.3.3	Création d'une image ISO.	151
4.4	Chiffrement de systèmes de fichiers	153
4.4.1	Principes du chiffrement Linux.	153
4.4.2	Chiffrement d'un fichier	154
4.4.3	Chiffrement de l'espace de stockage.	155
4.4.4	Utilisation d'un espace de stockage chiffré	156
4.4.5	Chiffrement au niveau système de fichiers	158

Chapitre 3**Gestion des périphériques de stockage**

1. Gestion des périphériques de stockage	161
1.1 Configuration des disques RAID	161
1.1.1 Compétences principales	161
1.1.2 Éléments mis en œuvre	161
1.2 Optimiser l'accès aux périphériques de stockage	162
1.2.1 Compétences principales	162
1.2.2 Éléments mis en œuvre	162
1.3 Logical Volume Manager	162
1.3.1 Compétences principales	163
1.3.2 Éléments mis en œuvre	163
2. Configuration des disques RAID	163
2.1 Les principaux niveaux de RAID	164
2.1.1 Le RAID 0	164
2.1.2 Le RAID 1	164
2.1.3 Le RAID 5	165
2.2 Configuration du RAID	166
2.2.1 Création d'un volume RAID	166
2.2.2 Type de partition RAID	168
2.2.3 État d'un volume RAID	169
2.2.4 Arrêt et suppression d'un volume RAID	171
2.3 Exploitation d'un volume RAID	172
2.3.1 Remplacement d'un espace disque	172
2.3.2 Exemple d'utilisation d'un volume RAID 1	172
3. Optimiser l'accès aux périphériques de stockage	176
3.1 Gestion des disques durs locaux	176
3.1.1 Détermination des fichiers spéciaux	176
3.1.2 Le service udev	177
3.1.3 Interagir avec le service udev	177
3.1.4 Les liens symboliques dans /dev/disk	181
3.1.5 Le système de fichiers virtuel sysfs	181
3.1.6 La commande dmesg	182
3.1.7 Les commandes ls*	183

3.2	Gestion bas niveau des périphériques de stockage	184
3.2.1	La commande hdparm.	184
3.2.2	La commande sdparm	185
3.2.3	Gestion des disques SSD	187
3.2.4	Gestion des blocs défectueux	188
3.2.5	Identifiant SCSI.	189
3.3	Les réseaux de stockage SAN	190
3.4	Gestion des disques iSCSI	190
3.4.1	Terminologie	190
3.4.2	Paquets logiciels iSCSI.	191
3.4.3	Linux en tant que client iSCSI	192
3.4.4	Linux en tant que serveur iSCSI.	197
4.	Logical Volume Manager	201
4.1	Architecture des volumes logiques	202
4.2	Configuration du gestionnaire LVM.	203
4.3	Syntaxe générale des commandes LVM	205
4.4	Les volumes physiques	207
4.4.1	Création d'un volume physique	207
4.4.2	Informations sur les volumes physiques	208
4.4.3	Suppression d'un volume physique	210
4.5	Les groupes de volumes	210
4.5.1	Création d'un groupe de volumes	210
4.5.2	Informations sur les groupes de volumes.	212
4.5.3	Ajout/retrait d'un volume physique.	213
4.5.4	Suppression de groupes de volumes	216
4.6	Les volumes logiques	216
4.6.1	Création d'un volume logique.	216
4.6.2	Informations sur les volumes logiques.	219
4.6.3	Extension d'un volume logique.	221
4.6.4	Réduction d'un volume logique	222
4.6.5	Suppression de volumes logiques	224
4.6.6	Volumes logiques et système de fichiers	224
4.7	Instantané LVM (snapshot).	228
4.7.1	Création d'un volume logique instantané	228

Chapitre 4**Configuration du réseau**

1.	Configuration du réseau	231
1.1	Configuration de base du réseau	231
1.1.1	Compétences principales	231
1.1.2	Éléments mis en œuvre	231
1.2	Configuration avancée du réseau	232
1.2.1	Compétences principales	232
1.2.2	Éléments mis en œuvre	232
1.3	Dépannage réseau	232
1.3.1	Compétences principales	233
1.3.2	Éléments mis en œuvre	233
2.	Configuration de base du réseau	234
2.1	Adresses IPv4 et IPv6	234
2.2	Paramétrage de base d'une connexion IPv4	235
2.2.1	Réseau/sous-réseau	235
2.2.2	Adresse IP	236
2.2.3	Masque de sous-réseau	236
2.2.4	Passerelle par défaut	236
2.3	Paramétrage de base d'une connexion IPv6	237
2.3.1	Adresse IPv6	237
2.3.2	Masque de sous-réseau	240
2.3.3	Passerelle par défaut	240
2.4	Configurer dynamiquement une interface réseau Ethernet	241
2.4.1	Nom d'une interface réseau	241
2.4.2	La commande ip	242
2.4.3	Gérer les adresses IP : ip address	243
2.4.4	Gérer les adresses IP : ifconfig	247
2.4.5	Configurer la passerelle par défaut : ip route	251
2.4.6	Configurer la passerelle par défaut : route	253
2.4.7	ping et ping6	255
2.4.8	Résolution d'adresse IPv4/MAC avec ARP	258
2.4.9	Résolution d'adresse IPv6/MAC avec NDP	260
2.5	Configurer une interface réseau sans fil	261
2.5.1	La commande iw	262
2.5.2	Les commandes iwconfig et iwlist	266

3.	Configuration avancée du réseau	268
3.1	Connexion à un réseau sans fil	268
3.1.1	Réseaux sans fil non sécurisés	269
3.1.2	Réseaux sans fil sécurisés	274
3.1.3	Configuration d'une connexion sécurisée WPA/WPA2	274
3.2	Connexion sur plusieurs réseaux	278
3.2.1	Configuration multi-réseau (multihomed)	278
3.2.2	Configuration d'une interface multi-réseau	280
3.2.3	Routage statique par un serveur multi-réseau	283
3.3	Outils de diagnostic et de suivi de l'activité réseau	286
3.3.1	Suivi de l'activité avec netstat	287
3.3.2	Suivi de l'activité avec ss	289
3.3.3	Suivi des sockets ouverts avec lsof -i	292
3.3.4	Tests de communication avec ncat (nc)	293
3.3.5	Tester les ports ouverts distants : la commande nmap	296
3.3.6	Capture du trafic réseau : tcpdump	299
4.	Dépannage du réseau	302
4.1	Le service NetworkManager	302
4.2	Configuration du démarrage du réseau	304
4.3	Configuration réseau de type Debian	304
4.3.1	Le fichier /etc/network/interfaces	304
4.3.2	Interface avec plusieurs adresses IP de même version	307
4.3.3	Démarrage du réseau par le script networking	308
4.4	Configuration réseau de type Red Hat	309
4.4.1	Les fichiers /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg*	309
4.4.2	Interface avec plusieurs adresses IP de même version	311
4.4.3	Démarrage du réseau	312
4.5	Contrôle du routage	313
4.5.1	Les commandes ip route et route	313
4.5.2	traceroute	314
4.6	Configuration de la résolution de noms d'hôtes	315
4.6.1	Configuration du nom d'hôte	315
4.6.2	Configuration de la résolution de noms	316
4.6.3	Configuration d'un client DNS	317
4.7	Restriction d'accès aux services réseau	318
4.7.1	Configuration de TCP Wrappers	319

4.8	Fichiers journaux.	320
4.8.1	Fichiers journaux du système	320
4.8.2	Le journal de systemd	321

Chapitre 5

Maintenance du système

1.	Maintenance du système.	323
1.1	Compilation et installation de programmes à partir des sources . . .	323
1.1.1	Compétences principales.	323
1.1.2	Éléments mis en œuvre	324
1.2	Sauvegardes	324
1.2.1	Compétences principales.	324
1.2.2	Éléments mis en œuvre	324
1.3	Informers les utilisateurs d'événements système	325
1.3.1	Compétences principales.	325
1.3.2	Éléments mis en œuvre	325
2.	Compilation et installation de programmes à partir des sources	325
2.1	Installation à partir de fichiers sources	326
2.1.1	Récupération des sources.	326
2.1.2	Décompression des sources	326
2.1.3	Restauration du fichier d'archivage.	327
2.1.4	Configuration de la compilation.	329
2.1.5	Compilation	332
2.1.6	Installation des exécutables.	335
2.1.7	Nettoyage des sources	336
2.1.8	Désinstallation d'un programme.	338
2.2	Installation de correctifs logiciels (patches)	338
3.	Sauvegardes	342
3.1	Que faut-il sauvegarder ?	342
3.1.1	Systèmes de fichiers.	342
3.1.2	Répertoires	343
3.2	Sur quels médias sauvegarder ?	344
3.2.1	Bande ou cartouche magnétique.	344
3.2.2	Disque dur	345
3.2.3	Disque optique.	345

3.2.4	Réseau	345
3.3	Stratégies de sauvegardes	345
3.4	Les commandes de sauvegarde et de restauration	347
3.4.1	La commande tar	347
3.4.2	La commande cpio	353
3.5	Les logiciels de sauvegarde	356
3.5.1	Bacula et Bareos	356
3.5.2	AMANDA	356
3.5.3	BackupPC	356
3.5.4	Logiciels commerciaux	356
3.6	Duplication de disque : la commande dd	357
3.7	Synchronisation de données : la commande rsync	359
3.7.1	Syntaxe	359
3.7.2	Exemple	360
4.	Informers les utilisateurs	361
4.1	Les fichiers /etc/issue et /etc/issue.net	361
4.2	Le fichier /etc/motd	362
4.3	La commande wall	363
4.4	Prévenir avant l'arrêt du système	364
4.4.1	Arrêt du système avec la commande shutdown	364
4.4.2	Arrêt du système avec la commande systemctl	365

Chapitre 6

Le noyau Linux

1.	Le noyau Linux	367
1.1	Les composants du noyau	367
1.1.1	Compétences principales	367
1.1.2	Éléments mis en œuvre	367
1.2	Compilation du noyau	368
1.2.1	Compétences principales	368
1.2.2	Éléments mis en œuvre	368
1.3	Gestion et dépannage du noyau	369
1.3.1	Compétences principales	369
1.3.2	Éléments mis en œuvre	369

2.	Les composants du noyau	370
2.1	Le noyau	371
2.2	Les modules de noyau	371
2.3	Les versions du noyau	372
2.4	Les fichiers images du noyau	373
2.5	Le fichier disque virtuel complémentaire du noyau	374
2.6	La documentation du noyau	374
3.	Compilation du noyau	376
3.1	Téléchargement des sources du noyau	377
3.1.1	Paquet logiciel	377
3.1.2	Fichier archive compressé	379
3.2	Configuration et compilation du noyau	381
3.2.1	Nettoyage du répertoire de compilation	381
3.2.2	Génération du fichier de réponse	381
3.2.3	Exemple de configuration	382
3.2.4	Compilation du noyau	383
3.2.5	Compilation des modules de noyau	384
3.2.6	Gestion des modules de noyau par DKMS	385
3.3	Installation du nouveau noyau	385
3.3.1	Installation des modules	385
3.3.2	Installation du noyau	386
3.3.3	Création du fichier disque virtuel des modules	386
3.3.4	Configuration du gestionnaire de démarrage	387
4.	Gestion et dépannage du noyau	388
4.1	Gestion des modules de noyau LKM	389
4.1.1	Emplacement des modules	389
4.1.2	Liste des modules LKM chargés en mémoire	391
4.1.3	Déchargement d'un module	391
4.1.4	Chargement d'un module	392
4.1.5	Chargement des modules au démarrage du système	393
4.1.6	Configuration du chargement des modules	394
4.1.7	Installation manuelle d'un module LKM	394
4.1.8	Paramétrage des modules : modinfo, modprobe	394
4.2	Configuration dynamique via /proc/sys	395
4.3	La commande sysctl	397
4.3.1	Visualisation des paramètres du noyau et des modules	397
4.3.2	Modification des paramètres du noyau et des modules	399

Chapitre 7**Planification des ressources**

1. Planification des ressources.	401
1.1 Mesure de l'utilisation des ressources et dépannage.	401
1.1.1 Compétences principales.	401
1.1.2 Éléments mis en œuvre	402
1.2 Gestion prévisionnelle des ressources	402
1.2.1 Compétences principales.	402
1.2.2 Éléments mis en œuvre	403
2. Mesure de l'utilisation des ressources et dépannage	403
2.1 Types de ressources	403
2.2 Sources d'information sur les ressources.	403
2.2.1 Les pseudo-systèmes de fichiers proc et sysfs	403
2.2.2 Les journaux du système.	408
2.2.3 Les commandes de suivi instantané	409
2.3 Surveillance et suivi des ressources processeur	410
2.3.1 Informations sur les ressources processeur	410
2.3.2 Utilisation des ressources processeur	412
2.3.3 Diagnostiquer une surutilisation du processeur	420
2.4 Surveillance et suivi de la mémoire vive	422
2.4.1 Informations sur la mémoire	422
2.4.2 Utilisation de la mémoire	423
2.4.3 Diagnostiquer une surconsommation de la mémoire	428
2.5 Surveillance et suivi des ressources disques	429
2.5.1 Informations sur les ressources disques	429
2.5.2 Utilisation des ressources disques.	436
2.6 Surveillance et suivi des ressources réseau	441
2.6.1 Informations sur les ressources réseau	441
2.6.2 Suivi et diagnostic des ressources réseau	444
3. Gestion prévisionnelle des ressources.	449
3.1 Le paquet sysstat	449
3.1.1 La collecte d'informations avec sysstat	449
3.1.2 La commande sar	450

3.2	Le démon collectd	452
3.2.1	Installation	453
3.2.2	Configuration	453
3.2.3	Exploitation des données de collectd	456
3.3	Les solutions de supervision	457

Chapitre 8

Domain Name Server

1.	Domain Name Server	459
1.1	Configuration de base d'un serveur DNS	459
1.1.1	Compétences principales	459
1.1.2	Éléments mis en œuvre	460
1.2	Création et gestion des zones DNS	460
1.2.1	Compétences principales	460
1.2.2	Éléments mis en œuvre	460
1.3	Sécuriser un serveur DNS	461
1.3.1	Compétences principales	461
1.3.2	Éléments mis en œuvre	461
2.	Configuration de base d'un serveur DNS	461
2.1	Principes de DNS	462
2.1.1	Clients et serveurs DNS	462
2.1.2	Noms de domaines complets (FQDN)	463
2.2	Les types de serveurs DNS	463
2.2.1	Serveur de noms DNS primaire ou secondaire	464
2.2.2	Serveur DNS de cache ou transitaire (forwarder)	464
2.2.3	Serveur de cache	464
2.2.4	Serveur transitaire (forwarder)	464
2.3	Gestion de l'arborescence DNS par les serveurs DNS	465
2.3.1	Autorité et délégation d'autorité	465
2.3.2	Les serveurs DNS de la racine (root servers)	465
2.3.3	Les domaines de premier niveau (Top Level Domains)	466
2.3.4	Le domaine de résolution inverse in-addr.arpa	466
2.4	Mécanisme de la résolution de noms	467

2.5	Zones DNS	468
2.5.1	Enregistrement de zone (type SOA).....	469
2.5.2	Enregistrements de ressources	469
2.5.3	Zone de résolution inverse in-addr.arpa.	470
2.6	Les serveurs DNS sur Linux	470
2.6.1	BIND.....	470
2.6.2	Autres logiciels serveurs DNS	470
2.7	Configuration de base d'un serveur primaire DNS BIND	471
2.7.1	Le fichier named.conf	471
2.7.2	Les fichiers de zone par défaut	474
2.7.3	Exemple	475
2.8	Configuration d'un serveur de cache ou transitaire	475
2.8.1	Configuration du serveur de cache.....	475
2.8.2	Configuration d'un serveur transitaire (forwarder).....	476
2.9	Suivi d'un serveur DNS BIND	477
2.9.1	Rechargement de la configuration du serveur	477
2.9.2	Contrôle du fichier de configuration : named-checkconf	478
2.9.3	La commande rndc	478
2.10	Test d'un serveur DNS BIND	480
2.10.1	La commande host.....	480
2.10.2	La commande dig.....	481
3.	Création et gestion des zones DNS	482
3.1	Fichier de zone de recherche	483
3.1.1	Enregistrement de zone (type SOA).....	484
3.1.2	Enregistrements de ressources	485
3.1.3	Exemple de fichier	487
3.2	Fichier de zone de recherche inverse	487
3.2.1	Déclaration de la zone dans named.conf	487
3.2.2	Enregistrement SOA	488
3.2.3	Enregistrements de ressources	488
3.2.4	Exemple de fichier	488
3.3	Gestion de zones secondaires.....	489
3.4	Délégation de zone	490
3.5	Contrôle d'un fichier de zone.....	490

3.6	Tests d'un serveur DNS	491
3.6.1	La commande nslookup	491
3.6.2	La commande dig	493
4.	Sécuriser un serveur DNS	495
4.1	Contrôle des clients autorisés	495
4.1.1	L'option allow-query	495
4.1.2	L'option blackhole	497
4.2	Utilisation d'un compte de service	497
4.3	BIND en mode chroot jail	499
4.3.1	Création de l'environnement nécessaire	499
4.3.2	Création de l'environnement chroot jail	499
4.3.3	Lancement du programme en mode chroot jail	500
4.4	Serveurs DNS fractionnés (split DNS)	501
4.5	Échange sécurisé entre serveurs DNS	501
4.6	Contrôle des transferts de zone	502
4.7	Transactions sécurisées TSIG	502
4.7.1	Génération de clés de transaction d'hôtes	503
4.7.2	Configuration de TSIG dans named.conf	504
4.8	DNSSEC	505
4.9	DANE	506

Chapitre 9

Services HTTP

1.	Services HTTP	507
1.1	Configuration de base d'un serveur Apache	507
1.1.1	Compétences principales	507
1.1.2	Éléments mis en œuvre	508
1.2	Configuration HTTPS d'un serveur Apache	508
1.2.1	Compétences principales	508
1.2.2	Éléments mis en œuvre	508
1.3	Serveur proxy et de cache Squid	509
1.3.1	Compétences principales	509
1.3.2	Éléments mis en œuvre	509

1.4	Nginx serveur HTTP et reverse proxy.....	509
1.4.1	Compétences principales.....	509
1.4.2	Éléments mis en œuvre.....	509
2.	Remarques concernant la sécurité.....	510
2.1	iptables.....	510
2.2	firewalld.....	511
2.3	SELinux.....	511
3.	Configuration de base d'un serveur HTTP Apache.....	512
3.1	Fichier de configuration.....	513
3.1.1	Format du fichier de configuration.....	513
3.1.2	Directives globales et directives de section.....	514
3.1.3	Directives de base.....	514
3.1.4	Validation de la syntaxe.....	516
3.2	Démarrage et arrêt du serveur HTTP Apache.....	516
3.2.1	Arrêt/démarrage par systemd.....	517
3.2.2	Test du serveur HTTP Apache.....	518
3.2.3	Arrêt/démarrage ponctuel.....	519
3.3	Fichiers journaux.....	520
3.4	Les modules Apache.....	521
3.4.1	Directive de chargement d'un module.....	521
3.4.2	Liste des modules inclus et chargés.....	522
3.4.3	Configuration des modules.....	524
3.4.4	Configuration du module Perl.....	524
3.4.5	Configuration du module PHP.....	526
3.5	Contrôle des ressources allouées au serveur.....	529
3.6	Hôtes virtuels d'un serveur Apache.....	531
3.6.1	Organisation des hôtes virtuels.....	531
3.6.2	Hôtes virtuels sur adresse IP.....	532
3.6.3	Hôtes virtuels sur numéro de port.....	535
3.6.4	Hôtes virtuels sur nom d'hôte.....	535
3.7	Contrôle des droits d'accès utilisateurs.....	537
3.7.1	Section de déclaration d'un répertoire : Directory.....	537
3.7.2	Directive de contrôle d'accès : Require.....	538
3.7.3	Directives d'authentification.....	538
3.7.4	Méthode d'authentification locale : AuthType Basic.....	539
3.7.5	Authentification par annuaire LDAP.....	542
3.7.6	Contrôle d'accès par fichier .htaccess.....	543

4.	Configuration HTTPS d'un serveur Apache	544
4.1	Cryptographie et certificats	544
4.1.1	Cryptographie symétrique	544
4.1.2	Cryptographie asymétrique.	545
4.1.3	Les certificats numériques X.509	545
4.2	Fonctionnement d'une connexion HTTPS	545
4.3	Configuration SSL d'un serveur Apache	546
4.3.1	Génération d'un certificat autosigné.	547
4.3.2	Chargement du module SSL	549
4.3.3	Configuration des clés du serveur.	550
4.3.4	Activation du mode HTTPS	551
4.3.5	Test du serveur HTTPS	552
4.3.6	Authentification des clients par certificat	553
4.3.7	Utilisation de SSL avec les hôtes virtuels	554
4.3.8	Directives renforçant la sécurité des échanges du serveur.	554
5.	Serveur proxy et de cache Squid	554
5.1	Rôles des serveurs proxy	555
5.1.1	Protection des clients.	555
5.1.2	Serveurs de cache	555
5.1.3	Filtrage et journalisation	556
5.1.4	Limites	556
5.2	Configuration de base du serveur proxy Squid	556
5.2.1	Le fichier de configuration squid.conf	557
5.2.2	Gestion du cache	559
5.2.3	Listes de contrôle d'accès.	560
5.2.4	Directives de contrôle d'accès : http_access	561
5.3	Exemple de serveur Squid.	562
5.3.1	Configuration et démarrage du serveur	562
5.3.2	Configuration et test du client	563
5.3.3	Configuration et test d'un client interdit.	564
5.3.4	Configuration et test d'une URL interdite.	565
6.	Nginx serveur HTTP et reverse proxy	566
6.1	Nginx et les serveurs web.	566
6.2	Fichier de configuration	567
6.2.1	Format du fichier de configuration.	567
6.2.2	Directives générales	568
6.2.3	Règles de syntaxe	571

6.2.4	Validation de la syntaxe	572
6.2.5	Configuration par défaut de type Debian	573
6.2.6	Démarrage et arrêt du serveur	573
6.3	Les modules Nginx	574
6.3.1	Chargement des modules	574
6.3.2	Visualisation des modules	574
6.3.3	Choix des modules	575
6.4	Gestion des ressources	576
6.5	Nginx et les expressions régulières	578
6.5.1	Expressions régulières simples	579
6.6	Hôtes virtuels	583
6.6.1	Configuration globale	583
6.6.2	Configuration des hôtes virtuels	583
6.6.3	Hôtes virtuels sur adresse IP/numéro de port	584
6.6.4	Hôtes virtuels sur nom d'hôte	585
6.7	Les filtres d'URI : le bloc de type location	587
6.7.1	Définition d'un bloc location de sélection d'URI	587
6.7.2	Syntaxe	587
6.7.3	Priorité de sélection	588
6.7.4	Exemples de sélection	589
6.7.5	Bloc de location nommé	591
6.8	Restrictions de l'accès utilisateur	591
6.8.1	Contrôle par adresse IP	591
6.8.2	Contrôle par authentification	593
6.8.3	Contrôle par authentification locale	594
6.8.4	Choix de la portée de la restriction d'accès simple	594
6.8.5	Directives d'authentification	595
6.8.6	Création d'une base de compte locale	595
6.9	Authentification par LDAP	597
6.9.1	Utilisation de PAM	597
6.9.2	Sous-requête	597
6.9.3	Module LDAP	597
6.10	Configuration de Nginx avec SSL	597
6.10.1	Configuration d'un serveur virtuel SSL	598
6.10.2	Optimisation d'un serveur SSL	599

6.11	Gestion des pages dynamiques	600
6.11.1	Les modules FastCGI	600
6.11.2	Configuration de FastCGI	601
6.12	Nginx en reverse proxy	601
6.12.1	Reverse proxy	602
6.12.2	Le module ngx_http_proxy	602
6.12.3	Déclaration du serveur cible	603
6.12.4	Sélection des demandes à rediriger	603
6.13	Répartition de charge	605
6.13.1	Définition d'une grappe de serveurs	606
6.13.2	Utilisation d'une grappe de serveurs	607

Chapitre 10

Serveurs de fichiers

1.	Serveurs de fichiers	609
1.1	Configuration d'un serveur Samba	609
1.1.1	Compétences principales	609
1.1.2	Éléments mis en œuvre	610
1.2	Configuration d'un serveur NFS	610
1.2.1	Compétences principales	610
1.2.2	Éléments mis en œuvre	610
2.	Configuration d'un serveur Samba	611
2.1	Configuration du serveur Samba	612
2.1.1	Les daemons Samba	612
2.1.2	Le fichier de configuration smb.conf	612
2.1.3	La commande testparm	614
2.1.4	Configuration globale	615
2.2	Partage de répertoire	616
2.3	Partage d'imprimantes	619
2.4	Modèles de sécurité	619
2.5	Gestion des comptes utilisateurs Samba	620
2.5.1	Authentification des utilisateurs Samba	620
2.5.2	Gestion des utilisateurs et des mots de passe Samba	621
2.5.3	Mapping des comptes utilisateurs Samba	622
2.5.4	Synchronisation avec les mots de passe Linux	622

2.6	Arrêt/démarrage du serveur Samba	622
2.7	Le client Samba	623
2.7.1	La commande smbclient	623
2.7.2	Montage d'un partage SMB	624
2.8	Suivi de l'état du serveur Samba	625
3.	Configuration d'un serveur NFS	626
3.1	NFS version 4	627
3.2	Le service rpcbind/portmapper	627
3.2.1	Principe de fonctionnement	627
3.2.2	Sécurisation du service	627
3.3	Arrêt/démarrage du serveur NFS	628
3.4	Configuration des répertoires partagés	631
3.4.1	Le fichier de déclaration des partages : /etc/exports	631
3.4.2	Partage dynamique d'un répertoire	633
3.5	Gestion des comptes utilisateurs clients	633
3.5.1	Droits d'accès de l'utilisateur client	633
3.5.2	Le cas particulier du super-utilisateur	634
3.6	Suivi du serveur NFS	634
3.6.1	Gestion des partages : exportfs	634
3.6.2	showmount	635
3.6.3	nfsstat	636
3.6.4	rpcinfo	636
3.7	Mise en œuvre du client NFS	637
3.7.1	Montage d'un répertoire partagé NFS	637
3.7.2	Affichage des partages des serveurs	639

Chapitre 11 Gestion des clients réseau

1.	Gestion des clients réseau	641
1.1	Configuration DHCP	641
1.1.1	Compétences principales	641
1.1.2	Éléments mis en œuvre	641
1.2	Authentification par PAM	642
1.2.1	Compétences principales	642
1.2.2	Éléments mis en œuvre	642

1.3	Utilisation d'un client LDAP	642
1.3.1	Compétences principales	642
1.3.2	Éléments mis en œuvre	643
1.4	Configuration d'un serveur OpenLDAP	643
1.4.1	Compétences principales	643
1.4.2	Éléments mis en œuvre	643
2.	Configuration DHCP	644
2.1	Le protocole DHCP	644
2.1.1	Recherche d'un serveur DHCP : DHCPDISCOVER	644
2.1.2	Offre de bail par le serveur : DHCPOFFER	644
2.1.3	Acceptation de l'offre : DHCPREQUEST	644
2.1.4	Accusé de réception du serveur : DHCPACK	645
2.1.5	Durée du bail	645
2.2	Le serveur DHCP Linux	646
2.3	Configuration du serveur DHCP	646
2.3.1	Directives générales	647
2.3.2	Paramètres optionnels transmis aux clients	648
2.3.3	Déclaration d'une plage d'adresses	648
2.3.4	Paramètres spécifiques à un client	649
2.3.5	Paramètres spécifiques à un client BOOTP	650
2.3.6	Suivi des baux DHCP	650
2.4	Configuration du client	651
2.5	Agent-relais DHCP	651
2.6	DHCP et IP version 6	652
2.6.1	Principes de DHCPv6	653
2.6.2	Gestion des messages routeurs IPv6	653
3.	Authentification par PAM	653
3.1	Le principe	654
3.2	Les modules PAM	655
3.2.1	Les types d'action de PAM	655
3.2.2	Les piles de modules	655
3.2.3	Les principaux modules PAM	656
3.3	Configuration de PAM	657
3.3.1	Structure des fichiers de configuration	657
3.3.2	Enchaînement des modules	658
3.3.3	Exemple	659

3.4	Configuration PAM pour SSSD	660
3.4.1	Configuration NSS	660
3.4.2	Configuration PAM	661
4.	Configuration d'un serveur OpenLDAP	661
4.1	Généralités	662
4.1.1	Structure et terminologie	662
4.1.2	Schéma	663
4.1.3	Désignation des objets	663
4.1.4	Authentification auprès d'un annuaire LDAP	664
4.1.5	Le format LDIF	664
4.2	Le serveur OpenLDAP	664
4.2.1	Gestion du service	665
4.2.2	Configuration du service d'annuaire	666
4.2.3	Génération d'un mot de passe chiffré : slappasswd	667
4.2.4	Contrôle de la configuration : slaptest	668
4.2.5	Démarrage du serveur	668
4.2.6	Utilitaires LDIF	668
4.2.7	Indexation de l'annuaire	671
5.	Utilisation d'un client LDAP	671
5.1	Fichier de configuration du client	671
5.2	Interrogation de l'annuaire : ldapsearch	672
5.3	Gestion du mot de passe : ldappasswd	675
5.4	Ajout d'objets dans un annuaire avec ldapadd	676
5.5	Modification d'objets : ldapmodify	678
5.6	Suppression d'objets : ldapdelete	679
5.7	Outils graphiques	680

Chapitre 12

Services e-mail

1. Services e-mail	681
1.1 Utilisation des serveurs de messagerie.....	681
1.1.1 Compétences principales.....	681
1.1.2 Éléments mis en œuvre	681
1.2 Gestion de la distribution des e-mails	682
1.2.1 Compétences principales.....	682
1.2.2 Éléments mis en œuvre	682
1.3 Gestion de l'accès aux boîtes e-mail.....	682
1.3.1 Compétences principales.....	682
1.3.2 Éléments mis en œuvre	682
2. Utilisation des serveurs de messagerie	683
2.1 Le protocole SMTP	683
2.1.1 Syntaxe du protocole.....	683
2.1.2 Exemple	684
2.2 Les principaux serveurs de messagerie.....	684
2.2.1 sendmail	684
2.2.2 Exim	685
2.2.3 Postfix.....	685
2.3 Configuration de base de Postfix	685
2.3.1 Gestion des comptes de messagerie	685
2.3.2 Alias de messagerie.....	686
2.3.3 Le fichier de configuration de Postfix.....	687
2.3.4 Paramètres actifs	688
2.3.5 La commande postfix.....	689
2.3.6 Test de fonctionnement du serveur	689
2.4 La commande mail	690
2.5 Configuration de Postfix pour TLS	691
2.6 Gestion de domaines virtuels.....	692
2.6.1 Définition des domaines virtuels	692
2.6.2 Gestion des comptes de messagerie des domaines virtuels ..	692
2.7 Gestion de quotas	693

3.	Gestion de la distribution des e-mails	693
3.1	Formats de stockage des messages	693
3.1.1	Le format mbox	693
3.1.2	Le format maildir	694
3.1.3	Utilisation du format maildir par Postfix	695
3.2	procmail	696
3.2.1	Paramétrage de Postfix	696
3.2.2	Configuration de procmail	696
3.3	Sieve	697
3.3.1	Composants d'un filtre Sieve	697
3.3.2	La structure if	698
3.3.3	Les commandes d'action	698
3.3.4	Les critères de sélection	699
3.3.5	Les opérateurs de comparaison	699
3.3.6	L'extension vacation	700
3.3.7	Exemple	700
4.	Gestion de l'accès aux boîtes e-mail	701
4.1	Le protocole POP3	701
4.2	Le protocole IMAP4	701
4.3	Serveurs courrier imap et courrier pop	702
4.3.1	Format de stockage des messages	702
4.3.2	Configuration des services	702
4.3.3	Validation de l'authentification	702
4.4	Le serveur Dovecot	703
4.4.1	Configuration	703
4.4.2	Visualisation de la configuration courante : doveconf	703
4.4.3	La commande doveadm	705

Chapitre 13

Sécurité du système

1. Sécurité du système	707
1.1 Configuration d'un routeur	707
1.1.1 Compétences principales	707
1.1.2 Éléments mis en œuvre	708
1.2 Gestion des serveurs FTP	708
1.2.1 Compétences principales	708
1.2.2 Éléments mis en œuvre	708
1.2.3 Shell sécurisé (SSH)	708
1.2.4 Compétences principales	709
1.2.5 Éléments mis en œuvre	709
1.3 Tâches de sécurité	709
1.3.1 Compétences principales	709
1.3.2 Éléments mis en œuvre	709
1.4 OpenVPN	710
1.4.1 Compétences principales	710
1.4.2 Éléments mis en œuvre	710
2. Configuration d'un routeur	710
2.1 Configuration d'un serveur Linux en tant que routeur	710
2.1.1 Activation du routage	711
2.1.2 La table de routage	711
2.1.3 Gestion des routes statiques	712
2.1.4 Modifier la table de routage : ip route	712
2.1.5 Modifier la table de routage : route	714
2.2 iptables	715
2.2.1 Les tables	715
2.2.2 Les chaînes	716
2.2.3 Les cibles (targets)	716
2.2.4 Les critères de sélection	717
2.2.5 Le traitement des règles	717
2.3 Administration d'un pare-feu avec iptables	718
2.3.1 Stratégies de chaînes	718
2.3.2 Création de règles	718
2.3.3 Gestion des règles	721
2.3.4 Gestion des flux retour	722

2.3.5	Exemple de configuration	723
2.4	Gestion du NAT (Network Address Translation)	723
2.4.1	Principe de la traduction d'adresses NAT	724
2.4.2	Configuration NAT d'un routeur iptables	724
2.4.3	Connexion d'un réseau privé à un réseau public	724
2.5	Sauvegardes et restauration des règles de filtrage	725
2.5.1	Sauvegarde des règles courantes	725
2.5.2	Restauration des règles de filtrage	726
3.	Gestion des serveurs FTP	726
3.1	Le protocole FTP	726
3.1.1	Principes de fonctionnement	726
3.1.2	Modes FTP actif et FTP passif	727
3.2	Les clients FTP	727
3.2.1	Les clients FTP graphiques	727
3.2.2	Le client FTP en ligne de commande	727
3.2.3	Mode anonyme	728
3.2.4	Mode compte utilisateur	728
3.3	Le serveur FTP Pure-FTPd	729
3.3.1	Options de fonctionnement	729
3.4	Le serveur FTP vsftpd	730
3.4.1	Configuration du serveur FTP	730
3.4.2	Liste d'utilisateurs autorisés ou interdits	730
3.5	Le serveur FTP ProFTPD	731
4.	Shell sécurisé (SSH)	731
4.1	Utilisations de OpenSSH	731
4.1.1	Configuration du serveur OpenSSH	732
4.1.2	Chiffrement des communications	732
4.2	Gestion des authentifications	733
4.2.1	Authentification par mot de passe et empreinte numérique	733
4.2.2	Authentification par clés	733
4.2.3	Création de la paire de clés sur le client	734
4.2.4	L'agent SSH	737
4.3	Confidentialité des communications	737
4.3.1	Session interactive avec SSH	737
4.3.2	Copie de fichiers	738
4.3.3	Utilisation d'applications dans des tunnels SSH	739
4.3.4	Renvoi de sessions X11 via SSH	739

5.	Tâches de sécurité	740
5.1	Commandes de test et de surveillance.....	740
5.1.1	La commande nc	740
5.1.2	La commande nmap.....	740
5.2	Les systèmes IDS (Intrusion Detection System)	741
5.2.1	Techniques d'analyse	741
5.2.2	Sources d'information	741
5.3	Fail2Ban	742
5.4	Snort	742
5.4.1	Les composants	742
5.4.2	Gestion des sources d'information	743
5.4.3	Gestion des alertes	743
5.5	OpenVAS.....	743
5.5.1	Le serveur OpenVAS	743
5.5.2	Les clients OpenVAS	744
5.5.3	Base de données de vulnérabilités	744
6.	OpenVPN.....	744
6.1	Les principes d'OpenVPN.....	744
6.1.1	Authentification.....	744
6.1.2	Confidentialité.....	744
6.1.3	Types de fonctionnement réseau	745
6.2	Création d'un tunnel point-à-point	745
6.2.1	Authentification par clé partagée	745
6.2.2	Fichiers de configuration	746
6.2.3	Mise en œuvre du tunnel VPN	747
	Index	751