

C
Collection
certifications

Préparation à la certification **LPIC-1**

LINUX

6^e édition

EXAMENS LPI 101 et LPI 102

47 travaux pratiques
527 questions réponses

OFFERT :

UN EXAMEN BLANC en ligne
avec réponses commentées et détaillées



eni

Sébastien ROHAUT

	Introduction
A. Pourquoi se certifier ?	33
B. Les certifications LPI.	34
C. La certification LPIC-1	35
1. Les objectifs	35
2. Les supports de cours	36
3. Passer les examens.	37
a. Inscription	37
b. Coût	37
c. Centre d'examen	37
d. Déroulement.	37
e. Réussite.	37
D. Contenu du livre	38

Chapitre 1	Présentation de Linux
A. Bienvenue dans le monde Unix.	44
1. Un nouveau monde	44
2. Histoire des ordinateurs	44
a. Complexité des ordinateurs	44
b. L'intelligence	45
3. Le système d'exploitation	45
4. Le système Unix, une brève histoire.	48
a. De MULTICS à UNIX	48
b. Le langage C	50
c. Les licences et l'avènement de BSD et System V	51
d. La guerre des Unix	52
e. La standardisation	52
f. Unix est un standard	53
g. Unix sur les ordinateurs personnels	53
B. Le logiciel libre	54
1. Les origines du logiciel libre	54
2. Le projet GNU et la FSF	55
3. L'open source	57
4. GNU/Linux	57
a. Linus Torvalds	57
b. L'accident.	58
c. La première version officielle	58

d. Le succès communautaire	59
e. Les années 1994-1997	59
f. À partir de 1998 : l'explosion	60
g. Aujourd'hui et demain	60
C. Quel matériel pour Linux ?	61
1. L'architecture	61
2. Un point sur les SSD	64
3. Compatibilité du matériel	65
D. Choisir une distribution	67
1. Debian	67
2. Ubuntu	68
3. Red Hat, Fedora et CentOS	69
4. openSUSE	71
5. Les autres	72
6. Les LiveCD ou LiveUSB	72
E. Obtenir de l'aide	73
1. L'aide propre aux commandes	73
2. L'aide interne au shell	74
3. Le manuel en ligne de commande	74
a. Accès	74
b. Structure d'une page	75
c. Navigation	76
d. Les sections	76
e. Rechercher par correspondance	77
4. Les pages info	77
5. Rechercher de l'aide sur Internet	78
F. Validation des acquis : questions/réponses	79
G. Travaux pratiques	85
1. Histoire d'Unix et de Linux	85
2. Distributions	86
3. Aide et documentation	87

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

A. Installer une Ubuntu	92
1. Support d'installation	92
2. Boot sur le support	93
3. Choix des langues et pays	94
4. Configuration des interfaces réseau	95
5. Miroir d'installation	96
6. Partitionnement des disques	97
7. Utilisateur et hôte	99
8. Configuration SSH	100
9. Installation	100
10. Fin d'installation et redémarrage	101
B. Installation de CentOS	102
1. Support d'installation	102
2. Boot sur le support	103
3. Langue d'installation	104
4. Résumé de l'installation	105
5. Clavier	105
6. Destination de l'installation	106
7. Configuration du réseau	109
8. Horloge	110
9. Source d'installation	111
10. Sélection de logiciels	112
11. Utilisateurs	113
12. Fin de l'installation	114
C. Red Hat Package Manager	115
1. Notion de package	115
2. Le gestionnaire RPM	116
3. Installation, mise à jour et suppression	116
4. Cas du noyau	117
5. Requêtes RPM	118
6. Vérification des packages	120
7. Les dépendances	121
8. Extraction du contenu	121
9. Mises à jour automatisées	121

D. YUM	121
1. Configuration des dépôts	122
2. Utilisation des dépôts	123
a. Rafraîchir le cache	123
b. Lister les packages	123
c. Installer des packages	124
d. Mises à jour	125
e. Rechercher un package	126
f. Supprimer un package	126
g. Télécharger un package	126
3. La commande dnf	127
E. Debian Package	127
1. dpkg : le gestionnaire de paquets Debian	127
2. Installation, mise à jour et suppression	127
3. Requêtes dpkg	129
a. Lister les paquets	129
b. Trouver un paquet contenant un fichier	130
c. Lister le contenu d'un paquet	130
4. Convertir des packages	130
5. Reconfigurer un package	132
F. Gestionnaire APT	132
1. Principe	132
2. Les dépôts	133
a. Configuration	133
b. Mise à jour de la base	135
3. Mise à jour de la distribution	135
4. Rechercher et installer un package individuel	137
5. Client graphique	138
G. Gestionnaire aptitude	138
1. apt ou aptitude ?	138
2. Installation	139
3. Utilisation	139
H. Zypper	140
1. Gestion des dépôts	140
2. Gérer les packages	142
I. Snappy	144
1. Images logicielles	144
2. Utiliser Snap	144

J. Installer depuis les sources	146
1. Obtenir les sources	146
2. Prérequis et dépendances	147
3. Exemple d'installation	147
4. Désinstallation	151
5. Les bases du Makefile	151
a. Bases	151
b. Makefile intermédiaire	153
c. Un peu plus complexe	154
K. Gérer les bibliothèques partagées	156
1. Principe	156
2. Lieu de stockage	156
3. Quelles bibliothèques liées ?	158
4. Configurer le cache de l'éditeur de liens	158
L. Validation des acquis : questions/réponses	160
M. Travaux pratiques	170
1. Schéma de partitionnement	170
2. Gestion des RPM et YUM	171
3. Gestion de DPKG et APT	173
4. Les sources	175
5. Bibliothèques partagées	176

Chapitre 3

Le shell et les commandes GNU

A. Le shell bash	182
1. Rôle	182
2. Bash : le shell par défaut	182
a. Un shell puissant et libre	182
b. L'invite de commandes	183
3. Utiliser le shell	184
a. La saisie	184
b. Syntaxe générale des commandes	184
c. Premier exemple concret avec cal	185
d. Chaîner les commandes	187
e. Afficher du texte avec echo	187
f. Commandes internes et externes	188
g. Quelques raccourcis utiles	188
4. Rappel de l'historique	188

B. La gestion des fichiers	190
1. Le système de fichiers	190
2. Les divers types de fichiers	190
a. Les fichiers ordinaires ou réguliers	190
b. Les catalogues	191
c. Les fichiers spéciaux	191
3. Nomenclature des fichiers	192
4. Les chemins	192
a. Structure et nom de chemin	192
b. Répertoire personnel	193
c. Chemin relatif	193
d. Le tilde	194
e. cd	194
5. Les commandes de base	195
a. Lister les fichiers et les répertoires	195
b. Gérer les fichiers et les répertoires	196
c. Wildcards : caractères de substitution	201
d. Verrouillage de caractères	202
C. Rechercher des fichiers	203
1. Considérations générales	203
2. Critères de recherche	203
a. -name	203
b. -type	204
c. -user et -group	204
d. -size	204
e. -atime, -mtime et -ctime	205
f. -perm	206
g. -links et -inum	206
h. -regex et -iregex	207
i. -depth, -maxdepth, -mindepth	207
3. Commandes	208
a. -ls	208
b. -exec	208
c. -ok	209
4. Critères AND / OR / NOT	209
5. Retrouver des exécutable	210
a. whereis	210
b. which	210
c. locate	211

D. L'éditeur vi	212
1. Présentation	212
2. Fonctionnement	212
3. Les commandes	213
a. La saisie	213
b. Quitter et sauvegarder	213
c. Déplacement	213
d. La correction	214
e. Recherche dans le texte	215
f. Commandes de remplacement	215
g. Copier-coller	216
h. Substitution	216
i. Autres	216
E. Redirections	217
1. Principe	217
2. En sortie	217
3. En entrée	218
4. Documents en ligne	218
5. Les canaux standards	219
6. Ouverture de canaux	220
7. Filtre : définition	220
8. Pipelines / tubes	220
F. Les filtres et utilitaires	221
1. Extraction des noms et chemins	221
2. Recherche de lignes	221
a. grep	221
b. egrep	222
c. fgrep	223
d. sed	223
e. Expressions régulières	224
3. Colonnes et champs	224
a. Colonnes	224
b. Champs	225
4. Décompte de lignes	227
5. Tri de lignes	227
6. Suppression des doublons	228
7. Jointure de deux fichiers	229
a. Sur des champs communs	229
b. Ligne à ligne	229

8.	Découpage d'un fichier en morceaux	230
a.	Découper	230
b.	Reconstruire	230
9.	Remplacement de caractères	231
a.	Liste de caractères	231
b.	Tabulations et espaces	232
10.	xargs	233
11.	Visualisation de texte	234
a.	En pleine page	234
b.	Début d'un fichier	235
c.	Fin et attente de fichier	236
d.	Formater une sortie	236
12.	Duplication du canal de sortie standard	237
13.	Comparaison de fichiers	237
a.	diff	237
b.	cmp	239
14.	Délai d'attente	239
15.	Contrôler le flux	239
16.	Les sommes de contrôle	240
G.	Les processus	241
1.	Définition et environnement	241
2.	États d'un processus	241
3.	Lancement en tâche de fond	242
4.	Background, foreground, jobs	243
5.	Liste des processus	243
6.	Arrêt d'un processus / signaux	245
7.	nohup	246
8.	nice et renice	247
9.	time	247
10.	exec	248
H.	Plus loin avec le bash	248
1.	Alias	248
2.	Groupement de commandes	249
3.	Liaison et exécution conditionnelle	250
I.	Les variables	250
1.	Nomenclature	250
2.	Déclaration et affectation	251
3.	Accès et affichage	251

4. Suppression et protection	252
5. Export	252
6. Accolades	253
7. Accolades et remplacement conditionnel	253
8. Variables système	254
9. Variables spéciales	255
10. Longueur d'une chaîne	256
11. Tableaux et champs	256
12. Variables typées	256
J. Configuration de bash	257
1. Fichiers de configuration	257
a. Shell de connexion	258
b. Shell simple	258
c. Mode Bourne shell	258
d. Mode non interactif	258
2. Commandes set	259
K. Programmation shell	259
1. Structure et exécution d'un script	259
2. Arguments d'un script	260
a. Paramètres de position	260
b. Redéfinition des paramètres	261
c. Réorganisation des paramètres	262
d. Sortie de script	262
3. Environnement du processus	263
4. Substitution de commande	263
5. Tests de conditions	264
a. Tests sur une chaîne	264
b. Tests sur les valeurs numériques	265
c. Tests sur les fichiers	265
d. Tests combinés par des critères ET, OU, NON	266
e. Syntaxe allégée	267
6. if ... then ... else	267
7. Choix multiples case	268
8. Saisie de l'utilisateur	269
9. Les boucles	270
a. Boucle for	270
b. Boucle while	274
c. Boucle until	275
d. true et false	275

e. break et continue	275
f. Boucle select	276
10. Les fonctions	277
11. Calculs et expressions	278
a. expr	278
b. Calculs avec bash	279
c. Calculs de nombres réels	279
12. Une variable dans une autre variable	280
13. Traitement des signaux	281
14. Commande « ; »	282
L. Multiplexeurs de terminal	282
1. Présentation	282
2. Utilisation	283
a. Installation et aide	283
b. Fenêtres	283
c. Détacher et rattacher	283
d. Tout fermer	284
3. Alternatives	284
M. Validation des acquis : questions/réponses	285
N. Travaux pratiques	300
1. Gestion des fichiers	300
2. Rechercher des fichiers	301
3. Les redirections	302
4. Les filtres et utilitaires	303
5. Les processus	303
6. Programmation Shell Niveau 1	304
7. Fonction Shell	306

Chapitre 4

Les disques et le système de fichiers

A. Représentation des disques	310
1. Nomenclature	310
a. IDE	310
b. SCSI, SATA, USB, FIREWIRE, etc.	310
2. Cas spéciaux	311
a. Contrôleurs spécifiques	311
b. Virtualisation	311
c. SAN, iSCSI, multipathing	311

B. Manipulations de bas niveau	312
1. Informations	312
2. Modification des valeurs	313
C. Choisir un système de fichiers	314
1. Principe	314
a. Définition	314
b. Représentation	315
c. Les métadonnées	315
d. Les noms des fichiers	315
e. Le journal	316
2. Les systèmes de fichiers sous Linux	316
a. ext2	316
b. ext3	316
c. ext4	317
d. BTRFS	317
e. XFS	317
f. VFAT (FAT32)	318
g. exFAT	318
h. FUSE	319
D. Partitionnement	319
1. Découpage logique	319
2. Partitionnement MBR	320
a. MBR et BIOS	320
b. MBR	320
c. Les partitions	320
d. EBR	321
e. PBR	322
f. Types de partitions	322
3. Partitionnement GPT	323
a. GPT et UEFI	323
b. GUID	323
c. LBA 0	324
d. LBA 1	324
e. LBA 2 à 33	325
f. Types de partitions	325
g. UEFI Boot manager	326
h. La partition système EFI	326

4. Manipuler les partitions	327
a. Outils disponibles	327
b. Manipuler les partitions MBR	328
c. Manipuler les partitions GPT	332
E. Manipuler les systèmes de fichiers	333
1. Définitions de base	333
a. Bloc	333
b. Superbloc	333
c. Table d'inodes	334
d. Tables catalogues	336
e. Hard link	336
2. Créer un système de fichiers	336
a. mkfs, syntaxe générale	336
b. Un premier exemple en ext2	337
c. ext2, ext3 et ext4	338
d. XFS	341
e. BTRFS	341
f. VFAT	343
F. Accéder aux systèmes de fichiers	344
1. mount	344
a. Montage par périphérique	344
b. Options de montage	347
c. umount	348
d. /etc/fstab	348
e. Cas des CD et images ISO	350
G. Contrôler le système de fichiers	351
1. Statistiques d'occupation	351
a. Par système de fichiers	351
b. Par arborescence	352
2. Vérifier, régler et réparer	353
a. fsck	353
b. badblocks	354
c. dumpe2fs	354
d. tune2fs	356
e. debugfs	357
3. XFS	358
a. xfs_info	358
b. xfs_growfs	358

c. xfs_repair	358
d. xfs_db et xfs_admin	359
e. xfs_fsr	360
H. Le swap	361
1. Pourquoi créer un swap ?	361
2. Taille optimale	361
3. Créer une partition de swap	362
4. Activer et désactiver le swap	362
a. Activation dynamique	362
b. Dans /etc/fstab	362
5. En cas d'urgence : fichier de swap	363
6. État de la mémoire	363
a. free	363
b. Mémoire réservée	365
c. meminfo	365
d. swap utilisé et mémoire libre	366
I. Les quotas disques	367
1. Définitions	367
2. Mise en place sur ext4	367
3. Mise en place sur XFS	369
J. Les droits d'accès	370
1. Les droits de base	370
a. Droits et utilisateurs	370
b. Signification	371
2. Modification des droits	372
a. Par symboles	372
b. Par base 8	373
3. Masque des droits	373
a. Restreindre des droits automatiquement	373
b. Calcul de masque	374
4. Changer de propriétaire et de groupe	374
5. Droits d'accès étendus	375
a. SUID et SGID	375
b. Real / effectif	376
c. Sticky bit	376
d. Droits et répertoires	377
K. Validation des acquis : questions/réponses	377

L. Travaux pratiques	389
1. Les disques et partitions	389
2. Création d'un système de fichiers	390
3. Accès et montage du système de fichiers	391
4. Statistiques et entretien du système de fichiers	391
5. Swap et mémoire	392
6. Les droits	393

Chapitre 5

Démarrage de Linux, services, noyau et périphériques

A. Processus de démarrage	398
1. Le BIOS et l'UEFI	398
a. BIOS	398
b. UEFI	398
c. Réglages basiques	399
2. Le chargeur de démarrage	401
3. GRUB	401
a. Configuration	401
b. Installation	402
c. Démarrage et édition	403
4. GRUB2	403
a. GRUB2 remplace GRUB	403
b. Configuration	404
c. Démarrage et édition	406
d. Cas de GPT et UEFI	406
5. Initialisation du noyau	408
B. init System V	409
1. init System V en 2020	409
2. Rôle	409
3. Niveaux d'exécution	410
4. /etc/inittab	411
5. Changement de niveau	412
6. Paramétrage système de base	413
7. Niveaux d'exécution	414
8. Gestion des niveaux et des services	414
a. Services dans init.d	414
b. Contrôle manuel des services	416
c. Modification des niveaux d'exécution	417
9. Consoles virtuelles	419

10. Les logins	419
11. Arrêt	420
C. systemd	422
1. Principe	422
2. Unités cibles et services	423
3. Configuration	423
4. Cibles	423
a. Équivalence avec init System V	423
b. Connaître la cible par défaut	424
c. Changer de cible par défaut	424
d. Passer d'une cible à l'autre	424
e. Mode secours et urgence	424
f. Cibles actives et dépendances	425
g. Lister toutes les cibles	426
5. Services	426
a. Actions	426
b. Statut	427
c. Activation	428
d. Masquage	429
e. Dépendances	429
6. Compatibilité avec System V	430
7. Actions système	430
8. Gestion de la console	431
9. Interface graphique	431
D. upstart	432
1. Principe	432
2. Fichiers	433
3. Niveau par défaut	433
4. Compatibilité System V	434
5. Commandes de contrôle	434
6. Activation et désactivation d'un service	435
E. Consulter les traces du système	435
1. dmesg	435
2. /var/log/messages ou /var/log/syslog	437
3. journalctl	437
F. Services et modules noyau	438
1. Présentation	438
2. uname	439

3. Gestion des modules	440
a. lsmod	441
b. depmod	442
c. modinfo	442
d. insmod	444
e. rmmod	445
f. modprobe	445
g. modprobe.d.	446
4. Chargement des modules au boot	447
a. initrd et initramfs	447
b. Modules persistants	452
5. Paramètres dynamiques	453
a. /proc et /sys	453
b. sysctl	456
G. Compiler un noyau	457
1. Obtenir les sources	457
a. Sources officielles	457
b. Sources de la distribution	457
2. Les outils nécessaires	458
3. Configuration	459
a. Le .config	459
b. Récupérer la configuration du noyau.	460
c. make oldconfig	461
d. make menuconfig	461
e. make xconfig	462
f. Pistes d'optimisations	463
4. Compilation	465
5. Installation.	466
6. Test	468
7. Autres options	468
H. Les fichiers périphériques	468
1. Introduction	468
2. Fichiers spéciaux	469
3. Créer un fichier spécial.	471
4. Connaître son matériel	471
a. Bus PCI	471
b. Bus USB	472
c. Ressources matérielles	473
d. Autres outils.	476

5. Le support de l'USB et du hotplug	479
a. Les modules	479
b. Chargement	479
c. hotplug, usbmgr	480
d. udev	480
I. Validations des acquis : questions/réponses	483
J. Travaux pratiques	496
1. GRUB, GRUB2 et le processus de boot	496
2. init et runlevel	496
3. Noyau et modules	497
4. Recompilation du noyau	498
5. Les périphériques et le matériel	499
6. systemd	500

Chapitre 6

Les tâches administratives

A. Administration des utilisateurs	506
1. Principe	506
a. Identification et authentification	506
b. Les utilisateurs	506
c. Les groupes	507
d. Les mots de passe	507
2. Les fichiers	508
a. /etc/passwd	508
b. /etc/group	508
c. /etc/shadow	509
d. /etc/gshadow	510
3. Gestion des utilisateurs	510
a. Ajout	510
b. Sécurité des mots de passe	512
c. Modification	515
d. Suppression	515
4. Gestion des groupes	515
a. Ajout	515
b. Modification	516
c. Suppression	516
d. Mot de passe	516

5. Commandes additionnelles	517
a. Conversion des fichiers	517
b. Vérifier la cohérence	517
c. Vérifier les connexions	518
d. Actions de l'utilisateur	519
e. Interroger le système	521
6. Configuration avancée	522
7. Notifications à l'utilisateur	524
a. /etc/issue	524
b. /etc/issue.net	524
c. /etc/motd	525
d. wall, write et mesg	526
8. L'environnement utilisateur	526
a. /etc/skel	526
b. Scripts de configuration	527
c. Groupes privés et setgid	527
9. Aperçu de PAM	528
B. L'impression	530
1. Principe	530
2. System V	531
3. BSD	531
4. CUPS	532
a. Présentation	532
b. Ajout d'une imprimante	533
C. Automatisation	538
1. Avec cron	538
a. Présentation	538
b. Formalisme	538
c. Exemples	538
d. crontab système	539
e. Contrôle d'accès	540
2. Avec at	540
a. Présentation	540
b. Formalisme	540
c. Contrôle des tâches	541
d. Contrôle d'accès	542
3. Avec anacron	542
4. Avec systemd	543

D. Les traces (logs) du système	545
1. Principe	545
2. Les messages	545
3. Configuration de syslog	546
4. Cas de rsyslog	548
5. systemd et journald	548
6. Les fichiers de traces	550
7. journalctl	550
8. Émettre des messages	552
9. Rotation des logs	552
a. logrotate	552
b. journald	553
E. Archivage et backup	554
1. Les outils de sauvegarde	554
a. Commandes, plans, scripts	554
b. Autres commandes	555
2. tar	556
a. Archiver	556
b. Lister	556
c. Restauration	557
d. Autres paramètres	557
3. cpio	559
a. Archiver	559
b. Lister	559
c. Restaurer	560
4. dd	561
F. L'horloge	562
1. Connaître l'heure	562
a. date	562
b. hwclock	563
2. Modifier l'horloge matérielle	564
a. Via date	564
b. Via hwclock	564
3. NTP	564
a. Principe	564
b. Client NTP	565
c. Dérive temporelle	566
4. timedatectl	566
5. chrony	567

G. Les paramètres régionaux	569
1. i18n et l10n	569
2. Réglages locaux	570
a. Outils de la distribution	570
b. Variables d'environnement	570
c. Fuseaux horaires	572
3. Codage des caractères	573
H. Validation des acquis : questions/réponses	574
I. Travaux pratiques	583
1. Gestion des utilisateurs	583
2. L'impression	584
3. Automatisation des tâches	585
4. Les traces du système	585
5. Archivage	586

Chapitre 7

Le réseau

A. TCP/IP	590
1. Bases	590
2. Adressage	590
a. Classes	590
b. Sous-réseaux	591
c. Routage	592
d. IPv6	593
3. Cas particuliers	594
a. NetworkManager	594
b. Nommage des interfaces	595
4. Configuration	595
a. Cas général et historique	595
b. Cas des distributions de type Red Hat	596
c. Machines de type Debian et Ubuntu	597
d. Routage	598
e. iproute2	599
f. Network Manager	600
g. netplan	602
h. Les ports	603
5. Outils réseau	604
a. Ping	604
b. Traceroute	605

c. tracepath	606
d. Whois	607
e. Netstat	607
f. IPTraf	609
6. Fichiers généraux	610
a. /etc/resolv.conf	610
b. /etc/hosts et /etc/networks	611
c. /etc/nsswitch.conf	611
d. /etc/services	612
e. /etc/protocols	613
B. Services réseau xinetd	614
1. Présentation	614
2. Configuration	614
3. Démarrage et arrêt des services	616
4. Conversion vers systemd	617
C. OpenSSH	618
1. Présentation	618
2. Configuration	618
3. Utilisation	618
4. Clés et connexion automatique	618
a. Type de chiffrement	619
b. Côté client	619
c. Côté serveur	620
d. Copie automatique	620
5. Passphrase et agent SSH	620
6. Authentification de l'hôte	621
D. Monter un serveur DHCP	622
1. Présentation	622
2. Démarrage du serveur dhcpd	623
3. Informations de base	623
4. Côté client	624
E. Serveur DNS	625
1. Présentation	625
2. Lancement	626
3. Configuration de Bind	626
a. Configuration générale	626
b. Section globale	627
c. Section de zones	627

d. Zone de résolution	627
e. Zone de résolution inverse	628
f. Exemple	628
g. Zones spéciales	629
4. Fichiers de zones	629
a. Définitions	629
b. Zone	630
c. Zone de résolution inverse	632
5. Diagnostic des problèmes de configuration	633
6. Interrogation dig, host et getent	633
F. Courrier électronique	636
1. Principe	636
2. postfix	637
a. Configuration simple	637
b. Alias d'utilisateurs	638
c. Test	638
3. Autres MTAs	638
a. exim	638
b. qmail	639
G. Service HTTP Apache	639
1. Présentation	639
2. Arrêt/Relance	639
3. Configuration	640
4. Directives générales	640
5. Les répertoires, alias et emplacements	640
a. Directory	640
b. Alias	641
6. Hôtes virtuels	642
H. Partage de fichiers	643
1. NFS	643
a. Lancement	643
b. Cas de NFS4	644
c. Partage côté serveur	644
d. Montage côté client	645
I. Partages Windows avec Samba	646
1. Présentation	646
2. Configuration	647
3. Partage de fichiers	648

4. Méthodes d'authentification	648
5. Correspondance des noms et des mots de passe	649
6. Clients SAMBA	649
J. Validation des acquis : questions/réponses	650
K. Travaux pratiques	663
1. Configuration TCP/IP de Linux	663
2. Quelques commandes réseau	664
3. Le resolver.	665
4. Services réseau.	666
5. Partages de fichiers	667

Chapitre 8

La sécurité

A. Bases de sécurité	672
1. Sécurité informatique	672
2. Contrôler les droits d'endossement.	674
3. Vérifier les packages.	675
4. Politique de mot de passe	676
5. Stocker ses mots de passe	677
6. Interdire les connexions	677
a. /bin/false	677
b. /etc/nologin	678
c. /etc/securetty	679
7. Tester les mots de passe.	679
8. Rechercher des rootkits	681
a. Principe du rootkit	681
b. Chkrootkit et rkhunter	682
9. Les virus.	684
10. Les limites de l'utilisateur	686
11. Les droits SUDO	687
a. Donner des privilèges étendus	687
b. Syntaxe de /etc/sudoers	688
12. Audit plus complet	690
13. Les bulletins de sécurité	690
a. CERT : Computer Emergency Response Team.	690
b. SecurityFocus	692
c. Les bulletins des distributions.	693
d. Les correctifs.	693

B. Sécurité des services et du réseau	694
1. Vérifier les ports ouverts	694
a. Les sockets	694
b. Informations depuis netstat	694
c. L'outil nmap	694
2. Supprimer les services inutiles	697
a. Généralités	697
b. Services standalone	697
c. Services xinetd	698
3. Les tcp_wrappers	698
4. Netfilter	700
a. Présentation	700
b. Vie d'un paquet	701
c. Principe des règles	702
d. Cibles de règles	702
e. Premier exemple	702
f. Opérations de base	702
g. Critères de correspondance	703
h. Tables	705
i. Sauvegarder ses réglages	705
5. UFW	706
a. Activation et statut	706
b. Règles par défaut	707
c. Gestion des règles	707
d. Limitations	709
6. firewallld	709
a. Activation	709
b. Zones	710
c. Services	711
d. Règles personnalisées	712
e. Règles riches	712
7. GPG	713
a. Un clone de PGP	713
b. Générer les clés	713
c. Générer une clé de révocation	715
d. Gérer le trousseau	717
e. Exporter la clé publique	717
f. Importer une clé	718
g. Signer une clé	719

h. Signer et chiffrer	722
C. Validation des acquis : questions/réponses	724
D. Travaux pratiques	729
1. Contrôle des fichiers	729
2. Sécurité des utilisateurs	730
3. Sécurité générale du système	731
4. Sécurité réseau	732

Chapitre 9

X Window

A. Comment fonctionne un environnement graphique ?	736
1. X Window System	736
a. Un modèle client/serveur	736
b. Le gestionnaire de fenêtres	737
c. Les widgets et les toolkits	739
d. Les bureaux virtuels	740
2. Les environnements de bureau	740
B. Xorg	742
1. Conditions générales et Wayland	742
2. Présentation	743
3. Installation	743
4. Configuration	744
a. Via la distribution	744
b. Xorgcfg	745
c. Xorgconfig	746
d. X	746
5. Structure de xorg.conf	746
a. Découpage	746
b. Valeurs booléennes	747
c. Section InputDevice ou InputClass	747
d. Section Monitor	748
e. Section Modes	749
f. Section Device	749
g. Section Screen	750
h. Section ServerLayout	751
i. Section Files	752
j. Section Modules	753
k. Section ServerFlags	753

l. Section Extensions.	753
m. xorg.conf.d.	754
6. Tester et lancer X	754
a. Vérifier la configuration.	754
b. Les traces	755
c. Tester le serveur	756
C. Le Display Manager	756
1. Principe.	756
2. XDM	757
a. Configuration générale	757
b. Setup : Xsetup	759
c. Chooser : RunChooser	760
d. Startup : Xstartup.	761
e. Session : Xsession	761
f. Reset : Xreset	762
g. Resources : Xresources.	762
h. Servers : Xservers.	762
i. AccessFile : Xaccess et XDMCP	763
3. gdm et kdm	763
4. LightDM.	765
a. Utilisation.	765
b. Connexion	766
c. Personnaliser LightDM	767
5. Display Manager au boot.	768
a. System V et inittab	768
b. System V et services	769
c. Cible systemd.	769
d. service upstart	770
e. /etc/sysconfig	770
f. Anciennes versions Ubuntu et Debian.	771
D. Window Manager et environnement personnel	771
1. Via le Display Manager.	771
2. startx	772
3. Les terminaux	772
4. Les gestionnaires de fenêtres	774
a. twm	774
b. IceWM	774
c. Fvwm	775
d. CDE	775

e. WindowMaker	775
f. Enlightenment	775
g. Xfce	776
h. KDE et GNOME	776
i. Les autres	777
5. Exporter ses fenêtres	777
E. Bureau distant	778
1. RDP	778
2. VNC	780
3. Spice	781
F. Accessibilité	781
1. Assistance au clavier et à la souris	782
2. Assistance visuelle et auditive	784
G. Validation des acquis : questions/réponses	785
H. Travaux pratiques	791
1. Comprendre X Window	791
2. Configuration simple de Xorg	792
3. Configuration simple du Display Manager	793

Chapitre 10

Partitionnement avancé : RAID, LVM et BTRFS

A. Partitionnement avancé RAID logiciel	798
1. Définitions	798
2. Précautions et considérations d'usage	799
a. Disque de secours	799
b. Disque défectueux	799
c. Boot	799
d. Swap	799
e. Périphériques	799
f. IDE et SATA	800
g. Hot Swap	800
3. RAID avec mdadm	800
a. Préparation	800
b. Création	801
c. Sauvegarder la configuration	803
4. État du RAID	803
5. Simuler une panne	804
6. Remplacer un disque	805

7. Arrêt et relance manuels	806
8. Destruction du RAID	806
B. Initiation au LVM	806
1. Principe	806
2. Les volumes physiques	808
a. Créer un volume physique	808
b. Voir les volumes physiques	808
3. Les groupes de volumes	809
a. Créer un groupe de volumes	809
b. Propriétés d'un groupe de volumes	809
4. Les volumes logiques	810
a. Créer un volume logique	810
b. Propriétés d'un volume logique	811
c. Accès au volume logique	812
5. Agrandissements et réductions	812
a. Les groupes de volumes	812
b. Agrandir un volume logique	814
c. Réduire un volume logique	816
d. Déplacer le contenu d'un volume physique	818
e. Réduire un groupe de volumes	819
6. Supprimer un groupe de volumes	820
a. Étapes	820
b. Supprimer un volume logique	820
c. Retirer tous les volumes physiques	820
d. Détruire un groupe de volumes	820
e. Supprimer un volume physique	821
7. Commandes supplémentaires	821
C. Utilisation étendue de BTRFS	822
1. Les subvolumes	822
a. Un système de fichiers dans un autre système de fichiers	822
b. Création	822
c. Montage	822
d. Destruction	823
2. Les snapshots	823
a. Principe	823
b. Création	824
c. Montage	824
d. Destruction	824
e. Opérations sur les ID	824

3. Utiliser plusieurs disques	825
D. Validation des acquis : questions/réponses	827
E. Travaux pratiques	832
1. Gérer un RAID-1	832
2. Manipuler un LVM	834

Chapitre 11

Machines virtuelles, containers et cloud

A. La virtualisation	840
1. Définition	840
2. Le cloud	840
3. Intérêt	840
4. Apprentissage	842
5. Choix de la solution	842
B. Méthodes de virtualisation	842
1. L'isolation	842
2. Noyau en espace utilisateur	843
3. Hyperviseur de type 2	844
4. Hyperviseur de type 1	845
5. Virtualisation matérielle	845
C. Paravirtualisation	846
1. Principe	846
2. Virtio	846
3. Assistance matérielle	846
a. Anneaux de protection	846
b. Anneaux et virtualisation	847
4. AMD-V et Intel-VT	847
5. Virtualisation de la mémoire	848
6. Virtualisation des périphériques	849
7. Sécurité	850
8. Considérations pratiques	851
D. Les containers	852
1. Principe	852
2. Container et Machine virtuelle	852
3. Les espaces de nommage	853
4. Les groupes de contrôle	854
5. Montage en union	854
6. Image applicative	855

7. Les couches d'images	855
8. Le projet OCI	856
9. Docker	856
10. Un exemple complet	857
a. Créer une image	858
b. Démarrer un container	859
c. Arrêt du container	859
d. Exposition du container	859
e. Dynamisme	860
f. Accéder au container	860
g. Traces	861
h. Supprimer le container et l'image	861
11. Sécurité	861
E. Le cloud	862
1. Principe	862
2. Services Cloud	862
3. Fournisseurs	863
4. Exemple d'AWS	863
5. Zones géographiques	864
6. Tester	865
7. cloud-init	869
F. Systèmes invités	870
1. Hyperviseur et additions	870
2. L'accès à la console ou l'affichage	873
a. Spice et KVM	873
b. Client Spice	874
c. Autres cas	875
G. Validation des acquis : questions/réponses	876
H. Travaux pratiques	879
1. Créer un container	879
 Tableau des objectifs	 883
Index	887

Prérequis



- ☒ Savoir utiliser le shell et ses commandes.
- ☒ Disposer d'un éditeur de texte.
- ☒ Avoir le mot de passe root.
- ☒ Disposer d'un support de stockage physique ou virtuel modifiable.
- ☒ Connaître les bases du fonctionnement matériel d'un ordinateur.

Objectifs

À la fin de ce chapitre, vous serez en mesure :

- ☒ De reconnaître les disques et les partitions.
- ☒ De manipuler les paramètres des périphériques.
- ☒ De choisir parmi différents systèmes de fichiers.
- ☒ De créer des partitions.
- ☒ De créer un système de fichiers.
- ☒ De créer des points de montage et modifier fstab.
- ☒ De contrôler, modifier et réparer un système de fichiers.
- ☒ De créer des espaces de swap.
- ☒ De mettre en place des quotas.
- ☒ De gérer les permissions et les propriétaires des fichiers.
- ☒ De connaître le principe des hard links.

A. Représentation des disques

Note préalable : les unités de mesure de stockage utilisées dans ce chapitre et dans l'ensemble de ce livre utilisent la représentation de l'usage traditionnel en kilo-octets, selon la règle 1 ko = 1024 octets (2^{10}), sauf indication contraire. Cette représentation se nomme théoriquement Kio (kibiocet).

1. Nomenclature

Ceci est un petit rappel des points déjà rencontrés dans le chapitre Présentation de Linux. Suivant le type de contrôleur et d'interface sur lesquels les disques sont connectés, Linux donne des noms différents aux fichiers spéciaux des périphériques disques.

Chaque disque est représenté par un fichier spécial de type bloc. Chaque partition aussi.

a. IDE

Cette section est conservée pour des raisons historiques, la norme SATA ayant remplacé la norme IDE sur la quasi-totalité des ordinateurs de bureau et portables depuis plus de dix ans. Les disques reliés à des contrôleurs IDE (appelés aussi PATA (*Parallel ATA*) ou ATAPI) se nomment hdX :

- hda : IDE0, Master
- hdb : IDE0, Slave
- hdc : IDE1, Master
- hdd : IDE1, Slave
- etc.

Contrairement aux idées reçues, il n'y a pas de limites au nombre de contrôleurs IDE, sauf le nombre de ports d'extension de la machine (slots PCI). De nombreuses cartes additionnelles et convertisseurs existent permettant de lire d'anciens disques IDE. Au-delà de quatre disques ou lecteurs, les fichiers se nomment hde, hdf, hdg, etc.

Les lecteurs CD-Rom, DVD et graveurs de type IDE/ATAPI sont vus comme des disques IDE et respectent cette nomenclature.

Les noyaux Linux utilisent maintenant par défaut une API appelée libata pour accéder à l'ensemble des disques IDE, SCSI, USB, Firewire, etc. La nomenclature reprend celle des disques SCSI, abordée au point suivant.

b. SCSI, SATA, USB, FIREWIRE, etc.

Les disques reliés à des contrôleurs SCSI, SCA, SAS, FibreChannel, USB, Firewire, thunderbolt (et probablement d'autres interfaces exotiques) se nomment sdX. L'énumération des disques reprend l'ordre de détection des cartes SCSI et des adaptateurs (hosts) associés, puis l'ajout et la suppression manuelle des autres via hotplug ou udev.

- sda : premier disque SCSI
- sdb : deuxième disque SCSI
- sdc : troisième disque SCSI
- etc.

La norme SCSI fait une différence entre les divers supports. Aussi les lecteurs CD-Rom, DVD, HD-DVD, Blu-ray et les graveurs associés n'ont pas le même nom. Les lecteurs et graveurs sont en srX (sr0, sr1, etc.). Vous pouvez aussi trouver scd0, scd1, etc. mais ce sont généralement des liens symboliques vers sr0, sr1, etc.

Au-delà de sdz, l'énumération redémarre à sdaa, sdab, etc.

La commande **ls SCSI** permet d'énumérer les périphériques SCSI. Notez que les disques sont bien en sdX, tandis que le lecteur dvd est en srX.

```
$ ls SCSI
[4:0:0:0] disk ATA ST380011A 8.01 /dev/sda
[5:0:0:0] cd/dvd LITE-ON COMBO SOHC-4836V S9C1 /dev/sr0
[31:0:0:0] disk USB2.0 Mobile Disk 1.00 /dev/sdb
```

2. Cas spéciaux

a. Contrôleurs spécifiques

Certains contrôleurs ne suivent pas cette nomenclature. C'est par exemple le cas de certains contrôleurs RAID matériels. C'est du cas par cas. Un contrôleur Smart Array sur un serveur HP, utilisant le pilote cciss, place ses fichiers de périphériques dans /dev/cciss sous les noms cXdYpZ, où X est le slot, Y le disque et Z la partition. Les nouveaux contrôleurs utilisent le pilote hpsa, exploitant la couche SCSI du noyau et donc un nommage standard des périphériques.

b. Virtualisation

La représentation des disques des systèmes invités (*guests*) virtualisés dépend du type de contrôleur simulé. La plupart sont de type IDE ou SCSI, et dans les deux cas bien souvent avec la libata ils sont vus comme du SCSI. Cependant certains systèmes comme KVM ou XEN (ainsi que les environnements cloud les utilisant, comme AWS) proposant de la paravirtualisation offrent un contrôleur spécifique présentant les disques sous le nom vdX (virtual disk x), ou xvdX :

- vda : premier disque virtualisé, ou xvda,
- vdb : deuxième disque virtualisé, ou xvdb,
- etc.

c. SAN, iSCSI, multipathing

Les disques raccordés via un SAN (*Storage Area Network*, généralement en fibre optique) ou par iSCSI sont vus comme des disques SCSI et conservent cette nomenclature. Cependant les systèmes de gestion des chemins multiples (*multipathing*) se plaçant par-dessus fournissent d'autres noms. Powerpath nommera les disques emcpowerx (emcpowera, emcpowerb, etc.) tandis que le système par défaut de Linux appelé multipath les nommera mpathx (mpath0, mpath1, etc.) ou tout autre nom choisi par l'administrateur.

B. Manipulations de bas niveau

1. Informations

La commande **hdparm** permet d'effectuer un grand nombre de manipulations directement sur les périphériques disques gérés par la bibliothèque libata, c'est-à-dire tous les disques SATA, ATA (IDE) et SAS. La commande **sdparm** peut faire à peu près la même chose pour les disques SCSI. Notez que bien que les noms de périphériques de la libata soient identiques à ceux du SCSI, il est fort probable que de nombreuses options de configuration de **hdparm** ne fonctionnent pas sur des disques SCSI, la réciproque étant vraie pour **sdparm** avec les disques SATA ou IDE. La suite se base sur **hdparm**.

Pour obtenir des informations complètes sur un disque, utilisez les paramètres **-i** ou **-I**. Le premier récupère les informations depuis le noyau et obtenues au moment du boot, le second interroge directement le disque. Préférez le **-I** qui donne des informations très détaillées.

```
# hdparm -I /dev/sda

/dev/sda:

ATA device, with non-removable media
  Model Number:          VBOX HARDDISK
  Serial Number:         VB91a2e953-933cdc65
  Firmware Revision:    1.0
Standards:
  Used: ATA/ATAPI-6 published, ANSI INCITS 361-2002
  Supported: 6 5 4
Configuration:
  Logical          max          current
  cylinders         16383        16383
  heads             16           16
  sectors/track     63           63
  --
  CHS current addressable sectors:    16514064
  LBA  user addressable sectors:      63152320
  LBA48 user addressable sectors:      63152320
  Logical/Physical Sector size:        512 bytes
  device size with M = 1024*1024:      30836 MBytes
  device size with M = 1000*1000:      32333 MBytes (32 GB)
  cache/buffer size = 256 KBytes (type=DualPortCache)
Capabilities:
  LBA, IORDY(cannot be disabled)
  Queue depth: 32
  Standby timer values: spec'd by Vendor, no device specific minimum
  R/W multiple sector transfer: Max = 128          Current = 128
  DMA: mdma0 mdma1 mdma2 udma0 udma1 udma2 udma3 udma4 udma5 *udma6
      Cycle time: min=120ns recommended=120ns
  PIO: pio0 pio1 pio2 pio3 pio4
      Cycle time: no flow control=120ns IORDY flow control=120ns
Commands/features:
```

```

Enabled      Supported:
*           Power Management feature set
*           Write cache
*           Look-ahead
*           48-bit Address feature set
*           Mandatory FLUSH_CACHE
*           FLUSH_CACHE_EXT
*           Gen2 signaling speed (3.0Gb/s)
*           Native Command Queueing (NCQ)
Checksum: correct

```

2. Modification des valeurs

Plusieurs paramètres des disques peuvent être modifiés. Attention cependant ! Certaines options de `hdparm` peuvent se révéler être dangereuses tant pour les données contenues sur le disque que pour le disque lui-même. La plupart des paramètres sont en lecture et écriture. Si aucune valeur n'est précisée `hdparm` affiche l'état du disque (ou du bus) pour cette commande. Voici quelques exemples d'options intéressantes.

- **-c** : largeur du bus de transfert EIDE sur 16 ou 32 bits. 0=16, 1=32, 3=32 compatible.
- **-d** : utilisation du DMA. 0=pas de DMA, 1=DMA activé.
- **-X** : modifie le mode DMA (mdma0 mdma1 mdma2 udma0 udma1 udma2 udma3 udma4 udma5). Vous pouvez utiliser l'un des modes précédents ou des valeurs numériques : 32+n pour les modes mdma (n variant de 0 à 2) et 64+n pour les modes udma.
- **-C** : statut de l'économie d'énergie sur le disque (unknown, active/idle, standby, sleeping). L'état peut être modifié avec -S, -y, -Y et -Z.
- **-g** : affiche la géométrie du disque.
- **-M** : indique ou modifie l'état du Automatic Acoustic Management (AAM). 0=off, 128=quiet et 254=fast. Tous les disques ne le supportent pas.
- **-r** : passe le disque en lecture seule.
- **-T** : bench de lecture du cache disque, idéal pour tester les performances de transfert entre Linux et le cache du disque. Il faut relancer la commande deux ou trois fois.
- **-t** : bench de lecture du disque, hors cache. Mêmes remarques que l'option précédente.

Ainsi la commande suivante passe le bus de transfert en 32 bits, active le mode DMA en mode Ultra DMA 5 pour le disque `sda` :

```
# hdparm -c1 -d3 -X udma5 /dev/sda
```

Voici quelques autres exemples :

```

# hdparm -c /dev/sda
/dev/sda:
  IO_support      =  0 (default 16-bit)

# hdparm -C /dev/sda

```



```
/dev/sda:
drive state is:  active/idle

# hdparm -g /dev/sda

/dev/sda:
geometry          = 3931/255/63, sectors = 63152320, start = 0

# hdparm -T /dev/sda

/dev/sda:
Timing cached reads:   23868 MB in  2.00 seconds = 11950.45 MB/sec
# hdparm -t /dev/sda

/dev/sda:
Timing buffered disk reads: 308 MB in  3.02 seconds = 101.87 MB/sec
```

C. Choisir un système de fichiers

1. Principe

a. Définition

L'action de « formater » un disque, une clé ou tout support de données consiste uniquement à créer sur un support de mémoire secondaire (volume de stockage) l'organisation logique permettant d'y placer des données. Le mot « formatage » sous Linux est utilisé pour décrire la création d'un système de fichiers. On parle donc de système de fichiers qui est à la fois l'organisation logique des supports au niveau le plus bas comme au niveau de l'utilisateur.

Les informations ne sont pas écrites n'importe comment sur les disques. Une organisation est nécessaire pour y placer tant les informations sur les fichiers qui y sont stockés que les données. Ce sont le système de fichiers et les pilotes associés qui définissent cette organisation. Si les principes de base sont souvent les mêmes entre les divers systèmes présents sous Linux, les implémentations et les organisations logiques des données sur le disque varient fortement. Aussi il n'existe pas un type de système de fichiers, mais plusieurs, au choix de l'utilisateur ou de l'administrateur système.

Tous les systèmes de fichiers Linux doivent respecter les normes POSIX. Comme POSIX définit un ensemble de règles de base, un système de fichiers peut aller au-delà de cette norme en proposant des extensions. La plupart de celles-ci concernent des éléments de sécurité, comme les ACL ou selinux.

Le principe de base d'un système de fichiers est d'associer un nom de fichier à son contenu et d'y permettre l'accès : création, modification, suppression, déplacement, ouverture, lecture, écriture, fermeture. Suivant ce principe, le système de fichiers doit gérer ce qui en découle : mécanismes de protection des accès (les permissions, les propriétaires), les accès concurrents, etc.