

TCP/IP

Architecture
Protocoles
Applications

Douglas Comer

4^e édition

DUNOD



Table des matières

Avant-propos à l'édition française	xxix
Avant-propos	xxx
Chapitre 1 – Introduction et présentation générale	1
1.1 Plaidoyer pour l'interconnexion des systèmes	1
1.2 Internet et TCP/IP	2
1.3 Les services d'un internet	3
1.3.1 Services de niveau application d'Internet	4
1.3.2 Services de niveau réseau d'un internet	6
1.4 Historique et perspectives d'Internet	8
1.5 L'IAB, comité chargé de la coordination d'Internet	11
1.6 La nouvelle structure de L'IAB	12
1.7 L'ISOC	14
1.8 Les RFC	14
1.9 Standardisation des protocoles TCP/IP	15
1.10 Évolutions et techniques futures	15
1.11 Organisation de l'ouvrage	16
1.12 Résumé	17
1.13 Pour en savoir plus	18
1.14 Exercices	18
Chapitre 2 – Principaux réseaux englobés dans un internet	19
2.1 Introduction	19
2.2 Concepts fonctionnels de base des réseaux de transmission de données	20
2.3 Les grands réseaux (WAN) et les réseaux locaux (LAN)	22
2.3.1 L'adressage physique des réseaux	23
2.4 Le réseau Ethernet	24
2.4.1 Réseau Ethernet à câble fin (Thin Ethernet)	27

2.4.2	Réseau Ethernet à paires torsadées (<i>Twisted pair Ethernet</i>)	28
2.4.3	La capacité de transmission d'Ethernet	29
2.4.4	Ethernet rapide (<i>Fast Ethernet</i>)	29
2.4.5	Ethernet 10/100	30
2.4.6	Ethernet Gigabit	30
2.4.7	Propriétés d'un réseau Ethernet	31
2.4.8	Détection de collision et reprise	31
2.4.9	Les adresses Ethernet	32
2.4.10	Format d'une trame Ethernet	34
2.4.11	Extension d'un réseau Ethernet avec des répéteurs	35
2.4.12	Extension d'un réseau Ethernet avec des ponts	36
2.5	Le réseau FDDI	37
2.5.1	Propriétés d'un réseau FDDI	38
2.5.2	Double boucle contrarotative	38
2.5.3	Format d'une trame FDDI	40
2.6	Technique ATM	41
2.6.1	Taille d'une cellule ATM	42
2.6.2	ATM : services réseaux en mode connecté	42
2.7	Technologies WAN : le réseau ARPANET	43
2.7.1	L'adressage ARPANET	47
2.8	L'action réseau de la NSF	47
2.8.1	Le réseau NSFNET fédérateur initial	47
2.8.2	Le second réseau NSFNET fédérateur (1988-1989)	49
2.8.3	Le réseau NSFNET fédérateur de 1989 à 1990	50
2.9	Le réseau ANSNET	51
2.10	Vers un grand réseau fédérateur (vBNS)	52
2.10.1	Réseaux fédérateurs commerciaux dans Internet	52
2.11	Autres réseaux susceptibles d'offrir un support à TCP/IP	52
2.11.1	Le réseau X25NET	52
2.11.2	Réseaux point à point	54
2.11.3	Le réseau téléphonique et le protocole dial-up IP	55
2.11.4	Les réseaux IBM Token Ring et proNET	56
2.11.5	Les technologies de réseaux sans fil	56
2.12	Résumé	57
2.13	Pour en savoir plus	58
2.14	Exercices	58
Chapitre 3 – Concepts de base et modèle d'un internet		61
3.1	Introduction	61
3.2	Interconnexion de niveau application	61
3.3	Interconnexion de niveau réseau	62
3.4	Propriétés d'un internet	64

3.5	Architecture d'un internet	64
3.6	Interconnexion au moyen de routeurs	65
3.7	Le point de vue de l'utilisateur	66
3.8	Tous les réseaux sont équivalents	68
3.9	Les questions sans réponse	68
3.10	Résumé	69
3.11	Pour en savoir plus	69
3.12	Exercices	70
Chapitre 4 – Les classes d'adresses Internet		71
4.1	Introduction	71
4.2	Identificateurs universels	71
4.3	Le principe d'adressage d'origine	72
4.4	Adresses et points d'accès aux réseaux	74
4.5	Adresse réseau et adresse de diffusion dirigée	74
4.6	Adresse de diffusion limitée	75
4.7	Identificateur « 0 » signifiant « cet objet »	76
4.8	Sous-adressage et sur-adressage	76
4.9	Adresses IP de multidistribution	77
4.10	Faiblesses de l'adressage Internet	77
4.11	Notation décimale pointée	79
4.12	Adresse de rebouclage	80
4.13	Résumé des adresses particulières	80
4.14	Autorité gérant l'adressage Internet	81
4.15	Préfixes d'adresses réservés	81
4.16	Un exemple	82
4.17	L'ordonnancement des données sur Internet	84
4.18	Résumé	85
4.19	Pour en savoir plus	86
4.20	Exercices	86
Chapitre 5 – Mappage des adresses IP et des adresses physiques (ARP)		87
5.1	Introduction	87
5.2	La résolution des adresses	87
5.3	Les types d'adresses physiques	88
5.4	Résolution d'adresses par mappage direct	89
5.5	Résolution d'adresses par mise en relation dynamique (ARP)	90

- 5.6 Cache de résolution d'adresses (Cache ARP) 91
- 5.7 Délai d'expiration du cache ARP 91
- 5.8 Les améliorations du protocole ARP 93
- 5.9 ARP et les autres protocoles 93
- 5.10 Implémentation du logiciel ARP 94
- 5.11 Encapsulation et identification des datagrammes ARP 96
- 5.12 Format des datagrammes ARP 96
- 5.13 Résumé 98
- 5.14 Pour en savoir plus 99
- 5.15 Exercices 99

- Chapitre 6 – Détermination d'une adresse IP au démarrage (RARP) 101**
- 6.1 Introduction 101
- 6.2 Le protocole de résolution inverse d'adresse (RARP) 103
- 6.3 Déroulement des transactions RARP 104
- 6.4 Fonctions des serveurs RARP 105
- 6.5 Résumé 106
- 6.6 Pour en savoir plus 106
- 6.7 Exercices 106

- Chapitre 7 – Protocole IP : la remise des datagrammes en mode non connecté . 109**
- 7.1 Introduction 109
- 7.2 Internet : un réseau virtuel 109
- 7.3 Architecture et philosophie d'un internet 110
- 7.4 Organisation conceptuelle des services d'un internet 110
- 7.5 La remise des datagrammes en mode non connecté 111
- 7.6 À propos du protocole IP 111
- 7.7 Le datagramme IP 112
 - 7.7.1 *Format d'un datagramme* 113
 - 7.7.2 *Type de service et services différenciés d'un datagramme* 114
 - 7.7.3 *Encapsulation du datagramme* 117
 - 7.7.4 *Taille du datagramme, MTU réseau et fragmentation* 118
 - 7.7.5 *Réassemblage des fragments* 120
 - 7.7.6 *Contrôle de la fragmentation* 121
 - 7.7.7 *Durée de vie d'un datagramme (TTL)* 123
 - 7.7.8 *Les champs complémentaires de l'en-tête du datagramme* 123
- 7.8 Options d'un datagramme IP 124
 - 7.8.1 *Option enregistrement de route* 126
 - 7.8.2 *Option routage défini par la source* 127

7.8.3	Option horodatage	129
7.8.4	Traitement des options lors de la fragmentation	130
7.9	Résumé	130
7.10	Pour en savoir plus	131
7.11	Exercices	132
Chapitre 8 – Protocole IP : le routage des datagrammes		133
8.1	Introduction	133
8.2	Routage des datagrammes dans un internet	133
8.3	Remise directe et indirecte	135
8.3.1	Remise directe des datagrammes	135
8.3.2	Remise indirecte des datagrammes	136
8.4	Routage géré par des tables de routage	137
8.5	Routage par sauts successifs	138
8.6	Routage par défaut	140
8.7	Routage d'ordinateur à ordinateur	140
8.8	Algorithme de routage IP	141
8.9	Routage par les adresses IP	142
8.10	Gestion des datagrammes entrant	143
8.11	Élaboration des tables de routage	145
8.12	Résumé	145
8.13	Pour en savoir plus	146
8.14	Exercices	146
Chapitre 9 – Protocole IP : les messages d'erreur et de supervision (ICMP)		149
9.1	Introduction	149
9.2	Protocole ICMP	149
9.3	Compte rendu d'erreur vs correction d'erreur	151
9.4	Remise des messages ICMP	152
9.5	Format des messages ICMP	153
9.6	Test d'accessibilité et d'état (<i>ping</i>)	153
9.7	Messages de demande et de réponse d'écho	154
9.8	Compte rendu de destination inaccessible	155
9.9	Congestion et contrôle du flux des datagrammes	156
9.10	Format d'une demande de limitation de production de la source	157
9.11	Demande de modification de route par les routeurs	158
9.12	Détection de routes circulaires ou excessivement longues	160
9.13	Compte rendu de problème de paramètre	161

9.14	Synchronisation des horloges et estimation du temps de transit	162
9.15	Demande d'information et réponse	163
9.16	Obtention d'un masque de sous-réseau	163
9.17	Découverte d'un routeur	164
9.18	Sollicitation d'un routeur	166
9.19	Résumé	167
9.20	Pour en savoir plus	167
9.21	Exercices	168
Chapitre 10 – L'agrégation d'adresses (CIDR) et le sous-adressage		171
10.1	Introduction	171
10.2	Rappel de quelques faits	171
10.3	Réduire le nombre de réseaux	172
10.4	Les routeurs transparents	173
10.5	Les Proxy ARP	175
10.6	Le sous-adressage	176
10.7	Souplesse du sous-adressage	179
10.8	Le sous-adressage variable	180
10.9	Implémentation du sous-adressage avec des masques	181
10.10	Représentation des masques de sous-réseaux	182
10.11	Le routage en présence de sous-réseaux	183
10.12	L'algorithme de routage à sous-réseaux	184
10.13	Un algorithme de routage unifié	185
10.14	La gestion des masques de sous-réseaux	186
10.15	La diffusion sur les sous-réseaux	187
10.16	Réseaux anonymes ou non numérotés	188
10.17	Adressage agrégé ou sur-adressage	190
10.18	Effet du sur-adressage sur le routage	191
10.19	Blocs d'adresses CIDR et bits de masques	191
10.20	Blocs d'adresses et notation CIDR	192
10.21	Exemple d'adressage CIDR	193
10.22	Algorithmes de recherche de route en adressage CIDR	194
10.22.1	<i>Le hachage en adressage traditionnel</i>	<i>195</i>
10.22.2	<i>Recherche de route par identification de préfixe en adressage CIDR</i>	<i>195</i>
10.22.3	<i>Structure d'arbre binaire</i>	<i>196</i>
10.23	Routage par correspondance de route	197
10.23.1	<i>Arbre Patricia et arbre à compression de niveaux</i>	<i>198</i>
10.24	Blocs CIDR réservés pour les réseaux privés	199

10.25	Résumé	200
10.26	Pour en savoir plus	200
10.27	Exercices	201
Chapitre 11 – Structuration en couches de protocoles		205
11.1	Introduction	205
11.2	Nécessité d'avoir plusieurs protocoles	205
11.3	Les couches conceptuelles de logiciels de communication	207
11.4	Fonctionnalités des couches	209
11.4.1	<i>Le modèle de référence à sept couches de l'ISO</i>	209
11.5	X.25 et modèle OSI	210
11.5.1	<i>Le modèle TCP/IP de structuration en couches</i>	212
11.6	Différences entre structurations X.25 et TCP/IP	214
11.6.1	<i>Fiabilité de la couche liaison vs fiabilité de bout en bout</i>	214
11.6.2	<i>Localisation de l'intelligence et des prises de décision</i>	215
11.7	Les principes de la structuration en couches	216
11.7.1	<i>Structuration en couches dans un environnement TCP/IP</i>	216
11.8	Structuration en couches en présence de sous-réseaux	218
11.9	Deux frontières importantes du modèle TCP/IP	220
11.9.1	<i>La limitation d'adressage de haut niveau</i>	220
11.9.2	<i>Limites du système d'exploitation</i>	221
11.10	Les inconvénients de la structuration en couches	221
11.11	Le principe de base du multiplexage et du démultiplexage	222
11.12	Résumé	223
11.13	Pour en savoir plus	224
11.14	Exercices	224
Chapitre 12 – Protocole de datagramme utilisateur (UDP)		227
12.1	Introduction	227
12.2	Identifier la destination finale	227
12.3	Le protocole de datagramme utilisateur (UDP)	228
12.4	Format des messages UDP	229
12.5	Pseudo-en-tête UDP	230
12.6	Encapsulation UDP et couches de protocoles	231
12.7	La structuration en couches et le calcul du total de contrôle UDP	233
12.8	Multiplexage, démultiplexage et ports UDP	234
12.9	Numéros de port réservés et non réservés	235
12.10	Résumé	237
12.11	Pour en savoir plus	237
12.12	Exercices	237

Chapitre 13 – Transport fiable en mode connecté (TCP)	239
13.1 Introduction	239
13.2 Nécessité d'un service de remise fiable en mode connecté	239
13.3 Propriétés des services de remise fiable	240
13.4 Assurer la fiabilité	242
13.5 Le concept de fenêtre glissante	244
13.6 Le protocole de contrôle de transmission (TCP)	246
13.7 Ports, connexions et extrémités de connexions	247
13.8 Ouvertures actives et passives	249
13.9 Segments, flots et numéros de séquence	250
13.10 Taille de fenêtre variable et contrôle de flux	251
13.11 Format des segments TCP	252
13.12 Les données hors bande	254
13.13 Option de taille maximale de segment	255
13.14 Calcul du total de contrôle TCP	256
13.15 Accusés de réception et retransmissions	257
13.16 Temporisation et retransmission	258
13.17 Mesure du temps d'aller-retour RTT	260
13.18 Algorithme de KARN et augmentation des temporisations	262
13.19 Adaptation à de grandes variations de délai	263
13.20 Gérer la congestion	266
13.21 Congestion et élimination des datagrammes	268
13.22 Prévention de congestion par l'algorithme RED	270
13.23 Établissement d'une connexion TCP	273
13.24 Numéros de séquence initiaux	274
13.25 Libération d'une connexion TCP	275
13.26 Réinitialisation d'une connexion tcp	276
13.27 Automate à nombre d'états fini de TCP	276
13.28 Remise forcée de données	278
13.29 Numéros de port TCP réservés	278
13.30 Performances de TCP	280
13.31 Syndrome de la fenêtre stupide et petits paquets	280
13.32 Éviter le syndrome de la fenêtre stupide	281
13.32.1 Éviter le syndrome du côté récepteur	282
13.32.2 Accusés de réception retardés	282
13.32.3 Éviter le syndrome côté émetteur	283
13.33 Résumé	285
13.34 Pour en savoir plus	285
13.35 Exercices	286

Chapitre 14 – Routage : système central, pairs et algorithmes	289
14.1 Introduction	289
14.2 L'origine des tables de routage	290
14.3 Routage à partir d'informations partielles	291
14.4 Architecture initiale et système central d'Internet	293
14.5 Les routeurs du système central	294
14.6 De l'architecture du système central aux réseaux fédérateurs pairs	297
14.7 Propagation automatique des informations de routage	299
14.8 Routage à vecteur de distance (Bellman-Ford)	300
14.9 Le protocole de passerelle à passerelle (GGP)	302
14.10 Factorisation des distances	303
14.11 Fiabilité des protocoles de routage	303
14.12 Le routage à état de lien (SPF)	304
14.13 Résumé	306
14.14 Pour en savoir plus	306
14.15 Exercices	307
Chapitre 15 – Routage : protocole de routage externe (BGP) et systèmes autonomes	309
15.1 Introduction	309
15.2 Limitations de l'architecture à routeurs centraux	309
15.3 Taille limite d'un groupe	310
15.4 Le problème des sauts supplémentaires	312
15.5 Le concept de réseau caché	313
15.6 Le concept de système autonome	314
15.7 Du système central au système autonome indépendant	315
15.8 BGP : le protocole de routage externe	316
15.9 Caractéristiques du protocole BGP	317
15.10 Fonctions de base et messages types de BGP	319
15.11 En-tête des messages BGP	319
15.12 Message BGP d'ouverture	320
15.13 Message BGP de mise à jour	321
15.14 Représentation condensée : adresse-masque des pairs	322
15.15 Les attributs de parcours	323
15.16 Message BGP de test d'activité	325
15.17 Information de routage du point de vue du récepteur	325
15.18 Principales restrictions des protocoles de routage externe	326

15.19	Système d'arbitrage de route d'un internet	328
15.20	Message BGP de notification	330
15.21	Décentralisation de l'architecture internet	330
15.22	Résumé	331
15.23	Pour en savoir plus	332
15.24	Exercices	332
Chapitre 16 – Routage dans un système autonome (RIP, OSPF, HELLO)		335
16.1	Introduction	335
16.2	Routes intérieures statiques et dynamiques	335
16.3	Le protocole d'informations de routage (RIP)	338
16.3.1	Historique de RIP	338
16.3.2	Fonctionnement de RIP	339
16.3.3	Résolution du problème de la convergence lente	342
16.3.4	Format des messages RIP1	344
16.3.5	Les conventions d'adressage RIP1	345
16.3.6	Interprétation et agrégation de route RIP1	346
16.3.7	Extension de RIP2	347
16.3.8	Format du message RIP2	347
16.3.9	La transmission des messages RIP1	348
16.3.10	Inconvénients du nombre de sauts dans RIP	348
16.4	Le protocole Hello	349
16.5	Métrique de délai et oscillations	350
16.6	Combinaison de RIP, Hello et BGP	352
16.7	Routage intersystèmes autonomes	353
16.8	Communication intersystèmes autonomes : gated	354
16.9	Le protocole SPF ouvert (OSPF)	354
16.9.1	Format des messages OSPF	356
16.9.2	Format des messages Hello d'OSPF	357
16.9.3	Format des messages OSPF de description de base de données	358
16.9.4	Format des messages OSPF de demande d'état de lien	359
16.9.5	Messages OSPF de mise à jour d'état de lien	359
16.10	Routage à partir d'informations partielles	361
16.11	Résumé	362
16.12	Pour en savoir plus	362
16.13	Exercices	363
Chapitre 17 – Diffusion sélective (multicast)		365
17.1	Introduction	365
17.2	Diffusion au niveau physique	365

17.3	Origines physiques du multicast	366
17.4	Multicast Ethernet	367
17.5	La diffusion sélective au niveau IP	367
17.6	Composants conceptuels	368
17.7	Les adresses IP de multicast	369
17.8	Sémantique des adresses de multicast	370
17.9	Mise en correspondance des adresses de multicast IP et d'Ethernet	372
17.10	Hôtes et remise multicast	372
17.11	Portée de la diffusion sélective	373
17.12	Extension du logiciel des hôtes pour supporter la diffusion sélective	374
17.13	Le protocole de gestion de groupes de l'internet	375
17.14	Mise en œuvre d'IGMP	376
17.15	Transitions d'état d'appartenance aux groupes	377
17.16	Structure des messages IGMP	378
17.17	Acheminement en diffusion sélective et informations de routage multicast	380
17.17.1	<i>Nécessité d'un routage dynamique</i>	380
17.17.2	<i>Insuffisances du routage selon la destination</i>	381
17.17.3	<i>Émetteurs quelconques</i>	381
17.18	Modèles de routage multicast de base	381
17.19	Conséquences de l'acheminement tronqué selon les chemins inverses	383
17.20	Arbres de multicast	384
17.21	Nature du routage multicast	386
17.22	L'acheminement selon les chemins inverses	386
17.23	Protocole de routage multicast à vecteur de distance	388
17.24	Le programme mrouterd	388
17.25	Protocoles alternatifs	391
17.26	Core Based Tree (CBT)	392
17.27	Multicast indépendant des protocoles (PIM)	393
17.27.1	<i>PIM en mode dense</i>	393
17.27.2	<i>Indépendance vis-à-vis des protocoles</i>	394
17.27.3	<i>PIM en mode peu dense</i>	394
17.27.4	<i>Passer des arbres communs aux arbres des plus courts chemins</i>	395
17.28	Extensions d'OSPF pour la diffusion sélective	396
17.29	Multicast fiable et explosion des accusés de réception	397
17.30	Résumé	399
17.31	Pour en savoir plus	400
17.32	Exercices	400

Chapitre 18 – TCP/IP et réseaux ATM	403
18.1 Introduction	403
18.2 Le matériel ATM	404
18.3 Les grands réseaux ATM	404
18.4 Vue logique d'un réseau ATM	405
18.5 Les deux modèles de connexion ATM	406
18.5.1 <i>Circuits virtuels permanents (CVP)</i>	406
18.5.2 <i>Circuits virtuels commutés (CVC)</i>	407
18.6 Chemins, circuits et identificateurs	407
18.7 La cellule ATM	408
18.8 Couches d'adaptation ATM (AAL)	408
18.9 AAL5 (ATM Adaptation Layer 5)	410
18.10 Convergence, segmentation et réassemblage avec l'AAL5	411
18.11 Encapsulation de datagrammes et taille MTU IP	412
18.12 Type de paquet et multiplexage	413
18.13 Mise en relation d'adresses IP dans un réseau ATM	414
18.14 Concept de sous-réseau logique IP	415
18.15 Gestion de la connexion	416
18.16 Mise en relation des adresses dans un LIS	417
18.17 Format d'un paquet ATMARP	417
18.17.1 <i>Format des champs de longueur d'adresse ATM</i>	418
18.17.2 <i>Codes opération utilisés avec le protocole ATMARP</i>	420
18.18 Utilisation de paquets ATMARP pour trouver une adresse	420
18.18.1 <i>Circuits virtuels permanents</i>	420
18.18.2 <i>Circuits virtuels commutés</i>	421
18.19 Gestion de la base de données du serveur	422
18.20 Expiration des informations ATMARP dans un serveur	422
18.21 Expiration des informations dans un ordinateur ou un routeur	423
18.22 Les technologies de commutation IP	423
18.23 Fonctionnement d'IP commuté	424
18.24 Optimisation de la réexpédition IP	424
18.25 Classification, flux et commutation à haut niveau	425
18.26 Applications de la commutation	426
18.27 Résumé	426
18.28 Pour en savoir plus	427
18.29 Exercices	428

Chapitre 19 – IP et la mobilité	431
19.1 Introduction	431
19.2 Mobilité, routage et adressage	431
19.3 Prise en compte de la mobilité par le protocole IP	432
19.3.1 La transparence	432
19.3.2 L'interopérabilité avec IPv4	432
19.3.3 L'extensibilité	432
19.3.4 La sécurité	433
19.3.5 La macro-mobilité	433
19.4 Principe de fonctionnement de l'IP mobile	433
19.5 L'adressage du mobile	434
19.6 Découverte de l'agent extérieur	435
19.7 Procédure d'enregistrement d'un mobile	437
19.8 Format du message d'enregistrement	437
19.9 Communication avec un agent extérieur	439
19.10 Transmission et réception des datagrammes au mobile	439
19.11 Le problème du chassé-croisé	440
19.12 Communication avec les ordinateurs du réseau de domiciliation	442
19.13 Résumé	443
19.14 Pour en savoir plus	444
19.15 Exercices	444
Chapitre 20 – Réseaux privés virtuels (VPN)	447
20.1 Introduction	447
20.2 Réseau privé et réseau hybride	447
20.3 Un réseau privé virtuel (VPN)	449
20.4 Adressage et routage dans un VPN	450
20.5 Un VPN avec adressage privé	451
20.6 La translation d'adresses réseau (NAT)	453
20.7 Création de la table de translation d'adresses	454
20.8 NAT à multi-adresses	456
20.9 NAT à mappage de port (NAPT)	456
20.10 Interaction entre NAT et ICMP	458
20.11 Interaction entre NAT et les applications	458
20.12 Domaines d'adresses conceptuels	459
20.13 SLIRP et Masquerade	460
20.14 Résumé	460
20.15 Pour en savoir plus	461
20.16 Exercices	462

- Chapitre 21 – Le modèle d’interaction client-serveur 465**
- 21.1 Introduction 465
- 21.2 Le modèle client-serveur 465
- 21.3 Exemple simple : le serveur d’écho UDP 466
- 21.4 Le service d’horodate 468
 - 21.4.1 Représentation des date et heure 468
 - 21.4.2 Dates locale et universelle 469
- 21.5 Complexité des serveurs 469
- 21.6 Serveur RARP 471
- 21.7 Les alternatives au modèle client-serveur 471
- 21.8 Résumé 473
- 21.9 Pour en savoir plus 473
- 21.10 Exercices 474

- Chapitre 22 – L’interface des sockets 475**
- 22.1 Introduction 475
- 22.2 Le paradigme des entrées/sorties et des accès réseau d’Unix 476
- 22.3 Enrichir Unix avec des E/S réseau 476
- 22.4 Le concept de socket 477
- 22.5 Création d’un socket 478
- 22.6 Héritage et terminaison des sockets 479
- 22.7 Spécification des adresses locales 480
- 22.8 Connexion des sockets avec l’adresse de destination 481
- 22.9 Émission d’informations sur un socket 482
- 22.10 Réception d’informations sur un socket 484
- 22.11 Allocation des adresses de socket local et distant 486
- 22.12 Demander et définir des options de socket 486
- 22.13 Définition de la taille de la file d’attente associée à un serveur 487
- 22.14 Comment un serveur accepte une connexion 488
- 22.15 Serveurs gérant plusieurs services 489
- 22.16 Demander et définir les noms des ordinateurs 490
- 22.17 Demander et définir le nom de domaine interne d’un ordinateur 491
- 22.18 Appels à la bibliothèque de sockets 491
- 22.19 Procédures de conversion en représentation réseau standard 493
- 22.20 Procédures de manipulation d’adresses 494
- 22.21 Accéder au système de noms de domaine 495
- 22.22 Obtenir des informations relatives aux ordinateurs 497

22.23	Obtenir des informations relatives aux réseaux	498
22.24	Obtenir des informations relatives aux protocoles	499
22.25	Obtenir des informations relatives aux services réseau	499
22.26	Un exemple de client	500
22.27	Un exemple de serveur	502
22.28	Résumé	505
22.29	Pour en savoir plus	506
22.30	Exercices	506
Chapitre 23 – Amorçage et autoconfiguration (BOOTP, DHCP)		509
23.1	Introduction	509
23.2	Nécessité d'une alternative à RARP	510
23.3	Utiliser IP pour déterminer une adresse IP	511
23.4	La stratégie de retransmission de BOOTP	512
23.5	Format des messages BOOTP	512
23.6	La procédure de démarrage en deux temps	514
23.7	La zone réservée aux constructeurs	515
23.8	Nécessité d'une configuration dynamique	516
23.9	Configuration dynamique	516
23.10	Affectation dynamique d'adresses IP	517
23.11	Obtenir plusieurs adresses	518
23.12	États d'acquisition des adresses	519
23.13	Résiliation anticipée	520
23.14	Renouvellement de bail	521
23.15	Format des messages DHCP	522
23.16	Options DHCP et types de messages	523
23.17	Surcharge d'option	524
23.18	DHCP et les noms de domaine	524
23.19	Résumé	525
23.20	Pour en savoir plus	526
23.21	Exercices	526
Chapitre 24 – Le système de noms de domaine (DNS)		529
24.1	Introduction	529
24.2	Des noms de machines	529
24.3	Un espace de noms « à plat »	530
24.4	Les noms hiérarchiques	531

24.5	Délégation d'autorité pour le choix des noms	532
24.6	Responsabilité d'un sous-domaine	533
24.7	Noms de domaine des internets TCP/IP	534
24.8	Noms de domaines officiels et officieux d'Internet	535
24.9	Éléments nommés et syntaxe des noms	538
24.10	Résolution des noms en adresses	539
24.11	Résolution des noms de domaine	541
24.12	Traduction efficace	542
24.13	Utilisation de caches : la clé de l'efficacité	542
24.14	Format des messages du serveur de noms de domaine	544
24.15	Structure des noms condensés	547
24.16	Abréviation des noms de domaine	547
24.17	Résolution inverse	549
24.18	Demandes de références	549
24.19	Types d'objets et enregistrements de ressources	550
24.20	Obtenir la responsabilité d'un sous-domaine	551
24.21	Résumé	552
24.22	Pour en savoir plus	552
24.23	Exercices	553
Chapitre 25 – Applications : la connexion à distance (TELNET, rlogin)		555
25.1	Introduction	555
25.2	Traitement informatique à distance	555
25.3	Le protocole Telnet	557
25.4	Prendre en compte l'hétérogénéité	559
25.5	Transmission des fonctions de contrôle au site distant	561
25.6	Obliger un serveur à lire une fonction de contrôle	563
25.7	Les options de TELNET	563
25.8	Négociation des options de TELNET	565
25.9	rlogin (Unix BSD)	565
25.10	Résumé	567
25.11	Pour en savoir plus	567
25.12	Exercices	567
Chapitre 26 – Applications : accès et transfert de fichiers (FTP, TFTP, NFS)		569
26.1	Introduction	569
26.2	Accès et transfert de fichiers	569

26.3	Accès partagé en ligne	570
26.4	Le partage par transfert de fichiers	571
26.5	FTP : principal protocole de transfert de fichiers de TCP/IP	572
26.6	Caractéristiques du protocole FTP	572
26.7	Modèle de traitement de FTP	573
26.8	Allocation des numéros de port TCP	574
26.9	FTP du point de vue de l'utilisateur	575
26.10	Un exemple de session FTP anonyme	577
26.11	TFTP : protocole simple de transfert de fichiers	578
26.12	NFS : système de fichiers en réseau	581
26.13	Mise en œuvre de NFS	581
26.14	Appel de procédure distante (RPC) et représentation de données (XDR)	581
26.15	Résumé	583
26.16	Pour en savoir plus	584
26.17	Exercices	584
Chapitre 27 – Applications : le courrier électronique (SMTP, POP, IMAP, MIME)		587
27.1	Introduction	587
27.2	Le courrier électronique	587
27.3	Noms de boîtes aux lettres et alias	589
27.4	Expansion des alias et réexpédition du courrier	589
27.5	Relations entre l'interconnexion des réseaux et le courrier	591
27.6	Les standards du service de courrier électronique de TCP/IP	593
27.7	Adresses électroniques	594
27.8	Adresses de pseudo-domaines	595
27.9	SMTP : protocole simple de transfert de messages	596
27.10	Protocoles de récupération de courrier	598
27.10.1	<i>Post Office Protocol (POP3)</i>	599
27.10.2	<i>Internet Message Access Protocol (IMAP4)</i>	599
27.11	MIME : Extension au courrier électronique pour les données non ASCII	600
27.12	Messages MIME multiples	601
27.13	Résumé	602
27.14	Pour en savoir plus	603
27.15	Exercices	603

32.5	Sécurité IP (IPsec)	668
32.6	L'en-tête d'authentification IPsec	668
32.7	L'association de sécurité	670
32.8	Encapsulation des informations de sécurité IPsec	670
32.9	En-têtes d'authentification et en-têtes mouvants	671
32.10	Tunnels IPsec	672
32.11	Algorithmes de sécurité exigés	672
32.12	Socket surs	673
32.13	Garde-barrière et accès à un internet	673
32.14	Connexions multiples et maillons les plus faibles	673
32.15	Implémentation d'un garde-barrière et matériel haute vitesse	674
32.16	Filtres au niveau paquet	674
32.17	Sécurité et spécification de filtrage de paquets	676
32.18	Conséquences de la restriction des accès pour les clients	677
32.19	Accéder à des services à travers un garde-barrière	677
32.20	Les détails d'une architecture de garde-barrière	678
32.21	Réseau souche	679
32.22	Autre implémentation d'un garde-barrière	680
32.23	Monitoring et connexions	681
32.24	Résumé	682
32.25	Pour en savoir plus	682
32.26	Exercices	683
Chapitre 33 – L'évolution de TCP/IP (IPv6)		685
33.1	Introduction	685
33.2	Pourquoi modifier TCP/IP et Internet ?	686
33.3	Nouvelles politiques	686
33.4	Les raisons de changer IPv4	686
33.5	Vers une nouvelle version d'IP	687
33.6	Nom du futur IP	688
33.7	Caractéristiques d'IPv6	688
33.8	Forme générale d'un datagramme IPv6	689
33.9	Format de l'en-tête de base IPv6	690
33.10	En-têtes d'extension	692
33.11	Analyse d'un datagramme IPv6	692
33.12	Fragmentation et réassemblage IPv6	693
33.13	Conséquence de la fragmentation de bout en bout	694

33.14 Routage de la source IPv6	695
33.15 Options d'IPv6	695
33.16 Taille de l'espace d'adressage d'IPv6	697
33.17 Notation hexadécimale pointée IPv6	697
33.18 Trois types d'adresses IPv6 de base	698
33.19 Diffusion vs multipoint	699
33.20 Choix d'implémentation et diffusion simulée	700
33.21 Affectation de l'espace d'adressage IPv6	700
33.22 Codage des adresses IPv4 et transition	701
33.23 Adresse non spécifiée et adresse de rebouclage	702
33.24 Hiérarchie des adresses point à point	703
33.25 Structure d'adresse point à point globale agrégeable	704
33.26 Identificateurs d'interface	705
33.27 Hiérarchie supplémentaire	706
33.28 Adresses locales	706
33.29 Autoconfiguration et renumérotation	707
33.30 Résumé	707
33.31 Pour en savoir plus	708
33.32 Exercices	708
A – Guide thématique des RFC	711
A.1 Introduction	711
A.2 Importance des RFC caractéristiques des hôtes et des passerelles	712
A.3 Des RFC et des chiffres	713
A.4 Comment obtenir un RFC par Internet ?	713
A.5 Naviguer parmi les RFC	714
A.6 Classement des RFC par thèmes	714
B – Glossaire des termes et abréviations	775
B.1 Terminologie TCP/IP	775
B.2 Glossaire des termes et abréviations par ordre alphabétique	776
Bibliographie	813
Index	823