

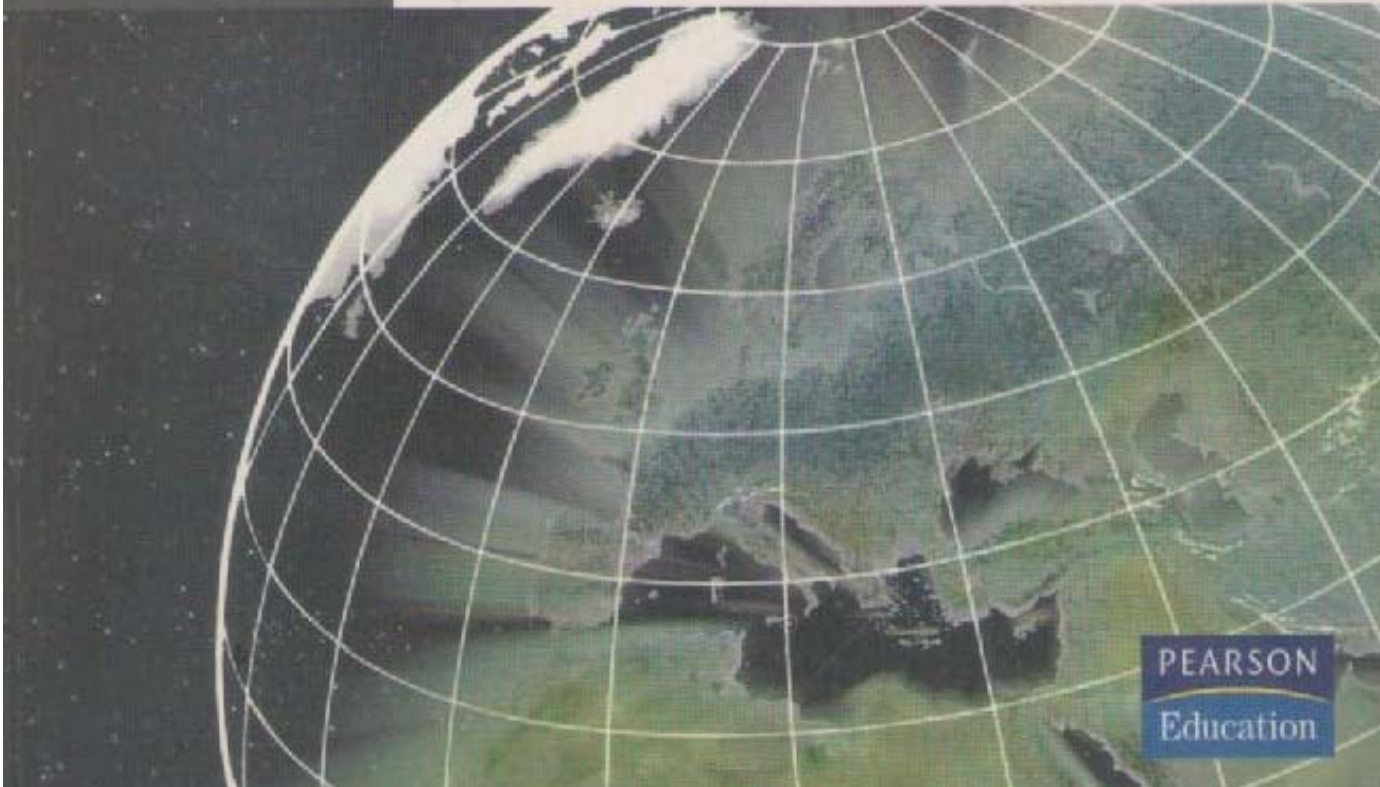


Douglas Comer

TCP/IP

**Architecture, protocoles
et applications**

5^e édition



PEARSON
Education



2-004-320-1

Douglas Comer

TCP/IP

Architecture, protocoles et applications

5^e édition

Supervision de l'édition française : Bruno Joachim,
ENST (École Nationale Supérieure des Télécommunications)

Relecture de l'édition française :
Tuyêt Trâm Dang Ngoc, université de Cergy-Pontoise
Olivier Fourmaux, université Pierre et Marie Curie, Paris 6
Laurent Perrotton, ESIEE (École Supérieure d'Ingénieurs
en Électronique et Électrotechnique)

Traduction : Lucile Gailliard et Stéphane Pauquet



PEARSON
Education

Table des matières

Avant-propos	XXI
---------------------------	-----

Préface	XXIII
----------------------	-------

Auteur	XXVII
---------------------	-------

1. Introduction et généralités	1
---	---

1.1 Les raisons du succès de l'interconnexion de réseaux	1
--	---

1.2 L'Internet et TCP/IP	2
--------------------------------	---

1.3 Les services Internet	2
---------------------------------	---

1.4 L'historique et le domaine d'application de l'Internet	6
--	---

1.5 L'Internet Architecture Board	8
---	---

1.6 La réorganisation de l'IAB	8
--------------------------------------	---

1.7 Les documents RFC	9
-----------------------------	---

1.8 La croissance et le futur de l'Internet	9
---	---

1.9 Le contenu de l'ouvrage	10
-----------------------------------	----

2. Les technologies de réseau sous-jacentes à Internet	13
---	----

2.1 Introduction	13
------------------------	----

2.2 Les réseaux à commutation de circuit ou à commutation de paquets	14
---	----

2.3 Les réseaux étendus et les réseaux locaux	15
---	----

2.4 Les réseaux Ethernet	16
--------------------------------	----

2.5 Les commutateurs Ethernet	25
-------------------------------------	----

2.6 Les réseaux ATM	25
---------------------------	----

3. Concepts de base et modèle pour l'Internet	31
--	----

3.1 Introduction	31
------------------------	----

3.2 L'interconnexion au niveau application	31
--	----

3.3	L'interconnexion au niveau réseau	32
3.4	Les propriétés de l'Internet	33
3.5	L'architecture de l'internet	34
3.6	L'interconnexion au moyen de routeurs IP	35
3.7	La perspective de l'utilisateur	36
3.8	Tous les réseaux sont équivalents	37
3.9	Les questions en suspens	38
4.	Adresses Internet avec classes	41
4.1	Introduction	41
4.2	Les identifiants universels	41
4.3	Les classes d'adresses initiales	42
4.4	Les adresses spécifient l'accès au réseau	43
4.5	Les adresses de diffusion locale et de diffusion dirigée	44
4.6	La diffusion limitée	45
4.7	L'adresse nulle	45
4.8	Les extensions : sous-adressage et adressage sans classe	45
4.9	Les adresses IP de diffusion sélective	46
4.10	Les faiblesses de l'adressage internet	46
4.11	La notation décimale pointée	48
4.12	L'adresse de boucle locale	48
4.13	Le résumé des conventions d'adressage particulières	49
4.14	L'autorité de gestion de l'adressage Internet	49
4.15	Les préfixes d'adresses réservés	50
4.16	Un exemple	50
4.17	L'ordre d'émission des octets sur un réseau	52
5.	Mise en correspondance des adresses physiques avec les adresses IP (ARP)	57
5.1	Introduction	57
5.2	Le problème de la résolution d'adresse	57
5.3	Les deux types d'adresses physiques	58
5.4	La résolution par mise en correspondance directe	58
5.5	La résolution par association dynamique	59

5.6	Le cache de résolution d'adresses	61
5.7	La temporisation du cache ARP	61
5.8	Les perfectionnements d'ARP	62
5.9	La relation entre ARP et les autres protocoles	63
5.10	La mise en œuvre d'ARP	63
5.11	L'identification et l'encapsulation d'ARP	65
5.12	La structure des messages ARP	65
5.13	La revalidation automatique du cache ARP	66
5.14	Le protocole de résolution d'adresse inverse	67
6.	Protocole IP : remise de datagrammes en mode non connecté (IPv4)	71
6.1	Introduction	71
6.2	Un réseau virtuel	71
6.3	L'architecture et la philosophie d'un internet	72
6.4	L'organisation conceptuelle des services	72
6.5	Le système de transmission en mode non connecté	73
6.6	L'objectif du protocole IP	73
6.7	Le datagramme IPv4	73
6.8	Les options IP des datagrammes	84
7.	Protocole Internet : acheminement des datagrammes IP	93
7.1	Introduction	93
7.2	L'acheminement dans un internet	93
7.3	Les remises directe et indirecte	95
7.4	L'acheminement IP géré par des tables de routage	97
7.5	L'acheminement par sauts successifs	98
7.6	Le routage par défaut	100
7.7	L'acheminement vers un hôte spécifique	100
7.8	L'algorithme d'acheminement IP	100
7.9	L'acheminement par les adresses IP	101
7.10	Le traitement des datagrammes entrants	103
7.11	L'élaboration des tables de routage	104

8. Protocole Internet : messages d'erreur et de supervision (ICMP)	107
8.1 Introduction	107
8.2 Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol)	107
8.3 Le signalement d'erreur vs la correction d'erreur	108
8.4 La remise d'un message ICMP	109
8.5 Le format d'un message ICMP	110
8.6 Le test d'accessibilité et d'état de la destination (ping)	112
8.7 La structure des messages de demande et de réponse d'écho	113
8.8 Les signalements de destination inaccessible	113
8.9 Le contrôle de congestion	115
8.10 Le format du message de limitation du débit de la source	116
8.11 Les demandes de modification d'une route par les routeurs	117
8.12 La détection des boucles de routage ou des routes excessivement longues	119
8.13 Le signalement des autres problèmes	120
8.14 La synchronisation des horloges et l'estimation des temps de transit	120
8.15 Les messages ICMP aujourd'hui obsolètes	122
9. L'adressage sans classe (CIDR) et l'adressage de sous-réseau	125
9.1 Introduction	125
9.2 Quelques rappels utiles	125
9.3 Minimiser le nombre de réseaux	126
9.4 Le proxy ARP	126
9.5 L'adressage de sous-réseau	128
9.6 La flexibilité de l'adressage de sous-réseau	130
9.7 Les sous-réseaux de taille variable	132
9.8 La mise en œuvre des sous-réseaux avec des masques	133
9.9 La représentation d'un masque de sous-réseau	133
9.10 L'acheminement en présence de sous-réseaux	134
9.11 L'algorithme de routage à sous-réseaux	136
9.12 L'algorithme de routage unifié	137
9.13 La gestion des masques de sous-réseau	138

9.14	La diffusion sur les sous-réseaux	138
9.15	Les réseaux point-à-point anonymes	139
9.16	L'adressage sans classe ou suradressage	141
9.17	Les blocs d'adresses CIDR et les masques de bits	141
9.18	Les blocs d'adresses et la notation CIDR	142
9.19	Exemple d'adressage sans classe	143
9.20	Les structures de données et les algorithmes de recherche de route avec l'adressage sans classe	144
9.21	La correspondance la plus longue et les combinaisons de types de routes	146
9.22	Les blocs CIDR réservés pour les réseaux privés	148
10.	Structuration en couches de protocoles	153
10.1	Introduction	153
10.2	La nécessité de disposer de plusieurs protocoles	153
10.3	Les couches conceptuelles des logiciels de communication	155
10.4	Les fonctionnalités des couches	157
10.5	X.25 et sa relation avec le modèle OSI	158
10.6	La localisation de l'intelligence	162
10.7	Le principe de structuration en couches	162
10.8	La structuration en couches en présence de sous-réseaux	164
10.9	Les deux limites importantes du modèle TCP/IP	166
10.10	Les inconvénients de la structuration en couches	167
10.11	Le principe de base du multiplexage et du démultiplexage	168
11.	Le protocole UDP	173
11.1	Introduction	173
11.2	L'identification de la destination finale	173
11.3	Le protocole UDP (<i>User Datagram Protocol</i>)	174
11.4	Le format des messages UDP	175
11.5	Le pseudo-en-tête UDP	176
11.6	L'encapsulation UDP et la structuration en couches de protocoles	177

11.7	La structuration en couches et le calcul de la somme de contrôle UDP	179
11.8	Le multiplexage, le démultiplexage et les ports UDP	179
11.9	Les numéros de port UDP libres et réservés	181
12.	Service de transport fiable en mode connecté (TCP)	185
12.1	Introduction	185
12.2	La nécessité d'un service de transport fiable	185
12.3	Les propriétés du service de transport fiable	186
12.4	La garantie de la fiabilité	188
12.5	Le concept de fenêtre glissante	189
12.6	Le protocole de contrôle de transmission	192
12.7	Les ports, les connexions et les extrémités de connexions	193
12.8	Les ouvertures active et passive	195
12.9	Les segments, les flots et les numéros de séquence	195
12.10	La taille de fenêtre variable et le contrôle de flux	196
12.11	Le format d'un segment TCP	198
12.12	Les données hors bande	199
12.13	Les options TCP	200
12.14	Le calcul de la somme de contrôle de TCP	202
12.15	Les accusés de réception, les retransmissions et l'expiration des délais	203
12.16	La mesure exacte des temps de transit aller-retour	206
12.17	L'algorithme de Karn et l'augmentation des temporisations	207
12.18	La réponse à de grandes variations de délai	209
12.19	La réponse à la congestion	211
12.20	La reprise rapide et les autres modifications	214
12.21	Les mécanismes rétro information explicite (SACK et ECN)	216
12.22	La congestion, l'élimination des datagrammes excédentaires et TCP	217
12.23	La prévention de la congestion (algorithme RED)	218
12.24	L'établissement d'une connexion	221
12.25	Les numéros de séquence initiaux	222
12.26	La libération d'une connexion	223

12.27	La réinitialisation d'une connexion TCP	224
12.28	L'automate à nombre d'états fini de TCP	224
12.29	La transmission forcée de données	226
12.30	Les numéros de port TCP réservés	226
12.31	La performance de TCP	228
12.32	Le syndrome de la fenêtre stupide et les petits paquets	229
12.33	Éviter le syndrome de la fenêtre stupide	230
13.	Architecture de routage : systèmes centraux, pairs et algorithmes	237
13.1	Introduction	237
13.2	L'origine des tables de routage	237
13.3	L'acheminement à partir d'informations partielles	239
13.4	L'architecture Internet initiale et les systèmes centraux	241
13.5	Du système central aux dorsales paires	242
13.6	La propagation automatique des informations de routage	244
13.7	Le routage à vecteur de distance (Bellman-Ford)	244
13.8	La fiabilité et les protocoles de routage	246
13.9	Le routage à état de lien (SPF)	246
14.	Routage entre pairs (BGP)	251
14.1	Introduction	251
14.2	Le domaine d'application du protocole de mise à jour des informations de routage	251
14.3	La détermination d'une limite pratique à la taille des groupes ...	252
14.4	Le problème du saut supplémentaire : un concept fondamental ..	253
14.5	Le concept de système autonome	254
14.6	Les protocoles de routage externe et l'accessibilité	255
14.7	Les caractéristiques du protocole BGP	257
14.8	Les fonctionnalités et les types de messages du protocole BGP ..	258
14.9	L'en-tête de message BGP	258
14.10	Le message BGP d'ouverture	259
14.11	Le message BGP de mise à jour	261

14.12	Les paires masque-adresse condensées	261
14.13	Les attributs de parcours BGP	262
14.14	Le message BGP de test d'activité	264
14.15	Les informations du point de vue du destinataire	265
14.16	La restriction essentielle des protocoles de routage externe	266
14.17	L'architecture de routage de l'Internet	268
14.18	Le message BGP de notification	268
15.	Routage dans un système autonome (RIP, OSPF)	273
15.1	Introduction	273
15.2	Les routeurs internes dynamiques ou statiques	273
15.3	Le protocole d'informations de routage	276
15.4	Le problème de la convergence lente	278
15.5	La résolution du problème de la convergence lente	279
15.6	Le format d'un message RIP	281
15.7	Les conventions d'adressage RIP	282
15.8	L'interprétation et l'agrégation de routes de RIP	283
15.9	Les extensions RIP2 et le format des messages	284
15.10	L'inconvénient du nombre de sauts dans RIP	285
15.11	La mesure des délais (HELLO)	286
15.12	Les mesures des délais et les oscillations	286
15.13	La combinaison de RIP, HELLO et BGP	288
15.14	La communication entre systèmes autonomes : gated	289
15.15	Le protocole SPF ouvert	289
15.16	Le routage à partir d'informations partielles	296
16.	Multidiffusion IP	301
16.1	Introduction	301
16.2	La diffusion au niveau physique	301
16.3	Les origines matérielles de la multidiffusion	302
16.4	La multidiffusion Ethernet	303
16.5	La multidiffusion au niveau IP	303
16.6	Les composants conceptuels requis	304

16.7	Les adresses de multidiffusion IP	305
16.8	La sémantique des adresses de multidiffusion	307
16.9	La mise en correspondance de la multidiffusion IP avec la multidiffusion Ethernet	308
16.10	Les hôtes et la remise en multidiffusion	308
16.11	La portée de la diffusion sélective	309
16.12	L'extension du logiciel des hôtes pour la prise en charge de la multidiffusion	310
16.13	Le protocole IGMP	311
16.14	La mise en œuvre du protocole IGMP	312
16.15	Les transitions d'état d'appartenance aux groupes	313
16.16	Le message IGMP de demande d'appartenance à un groupe	314
16.17	Le message IGMP de rapport d'appartenance à un groupe	316
16.18	L'acheminement en multidiffusion et information de routage ...	317
16.19	Les paradigmes fondamentaux de l'acheminement en multidiffusion	319
16.20	Les conséquences de l'acheminement tronqué selon les chemins inverses	321
16.21	Les arbres de multidiffusion	322
16.22	Le concept de propagation des routes de multidiffusion	323
16.23	La multidiffusion selon les chemins inverses	324
16.24	Les protocoles de routage en multidiffusion	326
16.25	La multidiffusion fiable et les implosions des acquittements	329
17.	Commutation IP et MPLS	335
17.1	Introduction	335
17.2	La technologie de commutation	335
17.3	Les réseaux étendus, les chemins et la substitution de label	336
17.4	La commutation avec IP	337
17.5	Les technologies de commutation IP et MPLS	338
17.6	La classification, le flux et la commutation de couche supérieure	339
17.7	L'utilisation hiérarchique de MPLS	339
17.8	L'encapsulation MPLS	340
17.9	Le routeur à commutation de label	341

17.10	Les mécanismes de contrôle et de distribution de labels	342
17.11	MPLS et la fragmentation	343
17.12	La topologie maillée et l'ingénierie de trafic	343
18.	IP mobile	347
18.1	Introduction	347
18.2	La mobilité, le routage et l'adressage	347
18.3	Les propriétés d'IP mobile	348
18.4	Le fonctionnement général d'IP mobile	348
18.5	Les quelques aspects de l'adressage mobile	349
18.6	La découverte d'un agent étranger	350
18.7	L'enregistrement auprès d'un agent	351
18.8	Le format des messages d'enregistrement	351
18.9	La communication avec un agent étranger	352
18.10	L'émission et la réception de datagrammes	353
18.11	Le problème du double croisement	353
18.12	La communication avec des ordinateurs situés sur le réseau de base	355
19.	Interconnexion de réseaux privés (VPN et NAT)	357
19.1	Introduction	357
19.2	Les réseaux privés et les réseaux hybrides	357
19.3	L'adressage et le routage VPN	359
19.4	L'extension de la technologie VPN à des hôtes individuels	360
19.5	VPN avec adresses privées	360
19.6	La traduction des adresses réseau	361
19.7	La génération de tables de traduction NAT	362
19.8	NAT multidomicilié	363
19.9	NAT à translation de ports	364
19.10	Les interactions entre NAT et ICMP	365
19.11	Les interactions entre NAT et les applications	366
19.12	Les NAT face au processus de fragmentation	367
19.13	Les domaines d'adresses conceptuels	367
19.14	Slirp et iptables	368

20. Le mode d'interaction client-serveur	371
20.1 Introduction	371
20.2 Le modèle client-serveur	371
20.3 Un serveur simple : le serveur d'écho UDP	372
20.4 Les serveurs d'horodate	374
20.5 La complexité des serveurs	374
20.6 La diffusion d'une requête	376
20.7 Les alternatives au modèle client-serveur	376
21. L'interface de programmation des sockets	381
21.1 Introduction	381
21.2 Le principe des E/S UNIX et E/S réseau	382
21.3 L'introduction d'E/S réseau dans UNIX	382
21.4 La notion de sockets	383
21.5 La création d'une socket	383
21.6 L'héritage et la fermeture d'une socket	384
21.7 La spécification d'une adresse locale	384
21.8 La connexion d'une socket à une adresse distante	386
21.9 L'envoi de données depuis une socket	386
21.10 La réception de données sur une socket	388
21.11 L'obtention d'adresses de connexion locales et distantes	390
21.12 L'obtention et la configuration des options des sockets	390
21.13 La spécification de la longueur de file d'attente d'un serveur	391
21.14 L'acceptation d'une connexion entrante par un serveur	392
21.15 Les serveurs gérant plusieurs services	393
21.16 L'obtention et la configuration des noms d'hôtes	394
21.17 L'obtention et la configuration d'un nom de domaine	394
21.18 La bibliothèque de fonctions de l'interface des socket	395
21.19 Les fonctions de conversion de l'ordre des octets	396
21.20 Les fonctions de manipulation d'adresses IP	397
21.21 L'accès au système de noms de domaine	398
21.22 L'obtention d'informations sur les hôtes	399
21.23 L'obtention d'informations sur les réseaux	400

21.24	L'obtention d'informations sur les protocoles	401
21.25	L'obtention d'informations sur les services réseau	401
21.26	Un exemple de client	402
21.27	Un exemple de serveur	404
22.	L'autoamorçage et l'autoconfiguration (DHCP)	411
22.1	Introduction	411
22.2	L'historique de l'autoamorçage	411
22.3	La détermination d'adresses avec le protocole IP	412
22.4	Les règles de retransmission DHCP	413
22.5	Le format des messages DHCP	413
22.6	L'importance d'une configuration dynamique	416
22.7	Le concept de bail DHCP	417
22.8	Les adresses multiples et les agents relais	417
22.9	Les états d'acquisition d'une adresse	418
22.10	La résiliation anticipée du bail	419
22.11	Les états de renouvellement du bail	419
22.12	Les options et le type de messages DHCP	420
22.13	La surcharge d'options	421
22.14	Le DHCP et les noms de domaine	422
23.	Le système de noms de domaine (DNS)	425
23.1	Introduction	425
23.2	Les noms de machines	425
23.3	L'espace de noms plat	426
23.4	Les noms hiérarchiques	427
23.5	La délégation d'autorité pour le nommage	428
23.6	Les autorités locales	428
23.7	Les noms de domaine Internet	430
23.8	Les domaines de premier niveau	430
23.9	La syntaxe et les types de noms	433
23.10	La résolution des noms de domaine en adresses	434
23.11	La résolution de noms de domaine	436

23.12	La résolution efficace	437
23.13	La mise en cache : la clé de l'efficacité	437
23.14	Le format des messages du système de noms de domaine	438
23.15	La compression des noms de domaine	442
23.16	L'abréviation des noms de domaine	443
23.17	La résolution inverse	444
23.18	Les requêtes de pointeurs	444
23.19	Les types d'objets et l'enregistrement des ressources	445
23.20	L'acquisition d'autorité pour un sous-domaine	446
23.21	Les mises à jour et les notifications dynamiques du DNS	447
23.22	Les extensions de sécurité du DNS (DNSSEC)	447
24.	La connexion et l'accès à distance (TELNET et SSH)	451
24.1	Introduction	451
24.2	L'accès à distance interactif	451
24.3	Le protocole TELNET	452
24.4	La prise en compte de l'hétérogénéité	454
24.5	La transmission des commandes contrôlant l'extrémité distante ..	456
24.6	L'interprétation des fonctions de contrôle par le serveur	458
24.7	Les options TELNET	458
24.8	La négociation d'options TELNET	460
24.9	Le protocole SSH	460
24.10	Les autres technologies d'accès à distance	462
25.	Le transfert et l'accès à distance aux fichiers (FTP, TFTP et NFS)	467
25.1	Introduction	467
25.2	Le transfert de fichiers, l'accès distant et les réseaux de stockage ..	467
25.3	L'accès partagé en ligne	468
25.4	Le partage de fichiers par transfert	469
25.5	FTP : le principal protocole de transfert de fichiers TCP/IP	469
25.6	Les caractéristiques de FTP	470
25.7	Le modèle de processus FTP	470
25.8	Les numéros de port TCP et les connexions de données	471

25.9	FTP du point de vue de l'utilisateur	472
25.10	FTP anonyme	473
25.11	Le transfert de fichiers sécurisé (SSL-FTP, Sftp et Scp)	473
25.12	TFTP	474
25.13	NFS	476
25.14	La mise en œuvre de NFS (RPC et XDR)	477
26.	Le courrier électronique (SMTP, POP, IMAP et MIME)	481
26.1	Introduction	481
26.2	Le courrier électronique	481
26.3	Les noms de boîte de messagerie et les alias	482
26.4	L'expansion d'alias et la retransmission de courriers	483
26.5	Les normes TCP/IP pour le service de courrier électronique	484
26.6	Le protocole SMTP	485
26.7	Les protocoles de récupération de courriers et de gestion de boîte aux lettres	488
26.8	Les extensions MIME pour données non ASCII	489
26.9	Les messages MIME multipart	491
27.	Le Web (HTTP)	495
27.1	Introduction	495
27.2	L'importance du Web	495
27.3	Les aspects architecturaux	495
27.4	Les localisateurs universels de ressources (URL)	496
27.5	Un exemple de document	497
27.6	Le protocole HTTP	498
27.7	La requête GET	498
27.8	Les messages d'erreur	499
27.9	Les connexions persistantes et les informations de longueur	500
27.10	La longueur des données et les pages dynamiques	500
27.11	Le codage des informations de longueur et des en-têtes	501
27.12	La négociation	502
27.13	Les requêtes conditionnelles	503
27.14	Les serveurs mandataires et la mise en cache	504

27.15	La mise en cache	504
27.16	Les autres fonctionnalités HTTP	505
27.17	HTTP, sécurité et commerce électronique	506
28.	Voix et Vidéo sur IP (RTP, QoS et RSVP)	509
28.1	Introduction	509
28.2	La numérisation et le codage des données	509
28.3	La transmission et la restitution de signaux audio et vidéo	510
28.4	La gigue et le délai de restitution	511
28.5	Le protocole de transport d'informations en temps réel (RTP) ..	512
28.6	Les flux, le mixage et la multidiffusion	513
28.7	L'encapsulation RTP	514
28.8	Le protocole de contrôle du protocole de transport d'informations en temps réel (RTCP)	515
28.9	Le fonctionnement de RTCP	515
28.10	La téléphonie et la signalisation IP	517
28.11	La controverse de la qualité de service	519
28.12	La QoS, l'usage et la capacité du réseau	520
28.13	Les protocoles RSVP et COPS	521
28.14	Les services différenciés et le comportement par saut	522
28.15	L'ordonnancement de trafic	523
28.16	La régulation de trafic	525
29.	L'administration de réseau (SNMP)	529
29.1	Introduction	529
29.2	La couche des protocoles d'administration	529
29.3	Le modèle architectural	531
29.4	L'environnement des protocoles d'administration de réseau	532
29.5	Des exemples de variables MIB	534
29.6	La structure des informations d'administration	535
29.7	Les définitions formelles en notation ASN.1	536
29.8	La structure et la représentation des noms d'objets MIB	536
29.9	Le protocole SNMP (Simple Network Management Protocol) ..	541
29.10	Le format des messages SNMP	544

29.11	Un exemple de message SNMP codé	547
29.12	Les nouvelles fonctionnalités apportées par SNMPv3	549
30.	Sécurité Internet et conception des pare-feu (IPsec et SSL) ...	553
30.1	Introduction	553
30.2	La protection des ressources	554
30.3	Les règles de partage d'informations	555
30.4	La sécurité Internet	555
30.5	La sécurité IP (IPsec)	556
30.6	L'en-tête d'authentification IPsec	557
30.7	L'association de sécurité	558
30.8	L'encapsulation de sécurisation IPsec du contenu d'un datagramme	559
30.9	Les champs d'authentification et les champs d'en-tête modifiables	560
30.10	Le tunnelage IPsec	561
30.11	Les algorithmes de sécurité obligatoires	561
30.12	Les interfaces de connexion sécurisées (SSL et TLS)	562
30.13	Les pare-feu et l'accès à l'Internet	562
30.14	Les connexions multiples et le maillon faible	562
30.15	Le fonctionnement des pare-feu et les filtres de paquets	563
30.16	La sécurité et la spécification des filtres de paquets	564
30.17	La conséquence des restrictions d'accès pour les clients	565
30.18	Les pare-feu à états	566
30.19	La protection des contenus et les serveurs mandataires	566
30.20	La surveillance et la journalisation	567
31.	La prochaine génération d'IP (IPv6)	571
31.1	Introduction	571
31.2	Pourquoi changer ?	571
31.3	Au-delà d'IPv4	572
31.4	Le chemin vers une nouvelle version d'IP	572
31.5	Le nom du nouveau protocole IP	572
31.6	Les propriétés d'IPv6	573
31.7	Le format général des datagrammes IPv6	574

31.8	Le format de l'en-tête de base IPv6	574
31.9	Les en-têtes d'extension IPv6	576
31.10	L'analyse des datagrammes IPv6	576
31.11	La fragmentation et le réassemblage IPv6	577
31.12	La conséquence de la fragmentation de bout-en-bout	578
31.13	Le routage défini par la source IPv6	579
31.14	Les options IPv6	579
31.15	La dimension de l'espace d'adressage IPv6	581
31.16	La notation hexadécimale double pointée IPv6	581
31.17	Les trois types d'adresses IPv6 de base	583
31.18	La dualité de la diffusion et de la multidiffusion	583
31.19	La diffusion simulée	584
31.20	Le mode d'attribution d'adresses proposé pour IPv6	584
31.21	Le codage des adresses IPv4 et la transition vers IPv6	586
31.22	Les adresses indéfinies et de rebouclage	587
31.23	La structure des adresses individuelles	587
31.24	Les identifiants d'interface	588
31.25	Les adresses locales	589
31.26	L'autoconfiguration et la renumérotation	589

Annexe. Un aperçu des documents RFC 593

Introduction	593
L'importance des documents d'exigences pour les hôtes	594
La numérotation des documents RFC	595
La navigation au travers des RFC	595
Comment trouver un document RFC sur Internet	596

Glossaire 597

Bibliographie 625

Index 633