

Les réseaux

3^e édition mise à jour

2 - 004-41-1

2-004-41-1

Les Réseaux

Guy Pujolle

TROISIÈME ÉDITION 2000



Eyrolles



Partie 1

RÉSEaux ET ARCHITECTURE ♦ 1

CHAPITRE 1. LES RÉSEaux NUMÉRIQUES ♦ 3

Les réseaux informatiques	3
Les réseaux de télécommunications.....	6
Les réseaux des câblo-opérateurs.....	8
Les réseaux multimédias.....	10
<i>Le multimédia</i>	10
<i>La parole et la vidéo</i>	11
<i>Le réseau numérique à intégration de services</i>	11
Les autoroutes électroniques.....	15
<i>Évolution vers le haut débit</i>	15
<i>État de la recherche</i>	16
Références.....	17

CHAPITRE 2. LA COMMUTATION ET LE ROUTAGE ♦ 21

roulage et commutation : comparaison.....	21
<i>Routeurs et commutateurs</i>	21
<i>Rôle et fonctionnalités des nœuds de transfert</i>	23
<i>Conception de la structure d'un commutateur à haut débit</i>	24
<i>Les architectures des routeurs gigabits</i>	25
<i>Les routeurs/commutateurs</i>	26
Les techniques de transfert	26
<i>La commutation de circuits</i>	27
<i>Le transfert de messages</i>	27
<i>Le transfert de paquets</i>	29
<i>Circuits et paquets</i>	30
<i>Commutation multicircuit</i>	31
<i>Commutation rapide de circuits</i>	33
<i>La commutation de trames</i>	33
<i>La commutation de cellules</i>	34
Les techniques de transfert hybrides.....	36
Références.....	37

CHAPITRE 3. ARCHITECTURES DE RÉSEaux ♦ 39

L'architecture OSI	39
<i>Le service (N)</i>	40

<i>Le protocole (N)</i>	40
<i>Les (N)-SAP ((N)-Service Access Point)</i>	40
<i>Les modes avec et sans connexion</i>	42
<i>Le multipoint</i>	46
Modèle de référence de base	51
<i>Éléments de base</i>	51
<i>Les unités de données</i>	55
<i>Éléments du fonctionnement d'une couche</i>	59
<i>La couche liaison</i>	61
<i>La couche réseau</i>	62
<i>La couche transport</i>	63
<i>La couche session</i>	64
<i>La couche présentation</i>	65
<i>La couche application</i>	65
L'architecture TCP/IP	68
Le modèle UIT-T	70
Le niveau de commutation/routage	74
Normes	75
Références	76

Partie 2

LES NIVEAUX ARCHITECTURAUX ♦ 79

CHAPITRE 4. LE NIVEAU PHYSIQUE ♦ 81

Le codage et la transmission	81
La transmission en bande de base	83
Les modulations	86
<i>La modulation d'amplitude</i>	86
<i>La modulation de phase</i>	86
<i>La modulation de fréquence</i>	87
Les modems	87
Les nœuds et les terminaux	89
Les multiplexeurs	91
<i>Multiplexeur fréquentiel et temporel</i>	91
<i>Les multiplexeurs statistiques et les concentrateurs</i>	91
Les transmissions dans les réseaux locaux.....	92
<i>L'approche bande de base</i>	93
<i>L'approche large bande</i>	93
<i>La numérisation des signaux</i>	93

Les jonctions V.24 et X.21	95
<i>La jonction V.24</i>	95
<i>L'avis X.21</i>	96
<i>L'avis X.21 bis</i>	98
La numérisation des signaux analogiques	100
<i>Cas général</i>	100
<i>La numérisation de la voix téléphonique</i>	102
La détection et la correction d'erreurs	104
<i>Éléments de correction d'erreurs</i>	105
<i>Éléments de détection d'erreurs</i>	107
Normes	108
Références	108

CHAPITRE 5. LE NIVEAU TRAME ♦ 111

Les protocoles de niveau trame	112
<i>L'architecture</i>	112
<i>L'adressage de niveau trame</i>	113
Les protocoles de niveau trame	114
<i>HDLC et LAP-B</i>	114
<i>LAP-D</i>	123
<i>LAP-F</i>	124
<i>PPP</i>	125
Normes	126
Références	129

CHAPITRE 6. LE NIVEAU PAQUET ♦ 131

Les fonctionnalités	131
<i>La couche réseau</i>	131
<i>Le niveau paquet</i>	133
Les contrôles de flux et de congestion	135
<i>Les contrôles de flux</i>	136
<i>Les contrôles de congestion</i>	139
Le routage	140
<i>Les composantes du routage</i>	140
<i>Le routage centralisé</i>	141
<i>Les techniques distribuées</i>	143
L'adressage	146
<i>Les grands types d'adressage</i>	146
<i>L'adressage ISO</i>	147
La couche réseau	150
<i>Introduction</i>	150
<i>Les services</i>	151
<i>Modèle d'une connexion de réseau</i>	153
<i>Qualité de service de la couche réseau</i>	155

La norme en mode connexion : X.25	157
<i>Les éléments de base de la norme X.25 ou ISO 8208</i>	157
<i>Format des paquets</i>	159
<i>Ouverture et fermeture d'une connexion</i>	162
<i>La phase de transfert</i>	163
<i>Les paquets de demande d'interruption</i>	165
<i>Les services complémentaires</i>	166
<i>Conclusion</i>	167
Les accès asynchrones : X.3, X.28, X.29	167
<i>Présentation générale</i>	167
<i>Description du dialogue avec le PAD</i>	169
Le protocole IP-ISO : CLNP	172
<i>Le mode sans connexion</i>	172
<i>Structure du paquet IP-ISO</i>	173
Normes	176
Références	177

CHAPITRE 7. LE NIVEAU MESSAGE ♦ 179

Les fonctionnalités du niveau message	179
Éléments du niveau message	181
<i>Niveau message et niveau paquet</i>	181
<i>Les informations échangées au niveau 4</i>	181
<i>Les adresses et les chemins de données</i>	182
<i>Localisation dans un système informatique</i>	182
Les normes pour le niveau transport	184
<i>Le service de transport en mode connexion</i> <i>(ISO 8072 et X.214)</i>	184
<i>Le protocole de transport en mode connexion</i> <i>(ISO 8073 ou X.224)</i>	188
<i>La classe 0</i>	188
<i>La classe 1</i>	190
<i>La classe 2</i>	191
<i>La classe 3</i>	192
<i>La classe 4</i>	192
<i>Structure des TPDU</i>	198
Normes	204
Références	204

Partie 3

RÉSEAU NUMÉRIQUE À INTÉGRATION DE SERVICES ♦ 205

CHAPITRE 8. LES RÉSEAUX BANDE ÉTROITE ET LARGE BANDE ♦ 207

Le RNIS bande étroite	209
Évolution vers le réseau large bande et l'ATM	212
<i>Évolution des réseaux de télécommunication</i>	212
<i>Histoire du large bande</i>	213
<i>Normes pour le RNIS large bande</i>	214
Le mode de transfert cible	215
<i>Réseaux à commutation de paquets et de circuits</i>	215
<i>Le mode de transfert et l'ATM</i>	216
<i>Définition de l'ATM</i>	216
<i>évolution vers les réseaux large bande</i>	220
Les câblo-opérateurs et le multiplexage en fréquences	221
Les réseaux optoélectroniques	224
<i>Le multiplexage en longueur d'onde</i>	224
<i>Les réseaux optiques</i>	224
<i>Les réseaux à diffusion</i>	225
<i>Les réseaux à routage en longueur d'onde</i>	227
<i>Les commutateurs optiques</i>	228
Normes	229
Références	229

CHAPITRE 9. LES RÉSEAUX D'ACCÈS ♦ 233

La fibre optique	234
Les réseaux câblés	236
<i>Le CATV</i>	236
<i>IEEE 802.14 : MLAP</i>	238
Les paires métalliques	239
<i>La boucle locale métallique</i>	239
<i>Les modems xDSL</i>	239
Les accès hertziens	241
<i>Boucle locale hertzienne</i>	241
<i>La première génération de réseaux de mobiles</i>	242
<i>La deuxième génération de réseaux de mobiles</i>	243
<i>La troisième génération de réseaux de communication sans fil</i>	245
<i>Accès hertzien haut débit</i>	247
<i>Accès satellite</i>	247

Les réseaux locaux sans fil.....	248
<i>HiperLAN</i>	249
<i>IEEE 802.11</i>	250
Les accès courant fort.....	251
Le réseau infranet.....	251
Normes	252
Références	253

Partie 4 LES ARCHITECTURES DE RÉSEAUX ♦ 257

CHAPITRE 10. LE RELAIS DE TRAMES ♦ 259

La commutation de niveau trame.....	259
La commutation de trames (frame switching).....	260
Le relais de trames (Frame relay).....	261
L'avis Q.922 de l'UIT-T.....	264
Contrôle dans le relais de trames.....	267
Conclusion et perspectives	268
Normes	269
Références	270

CHAPITRE 11. LES RÉSEAUX ATM ♦ 273

La commutation de cellules	273
L'architecture des réseaux à commutation de cellules.....	279
La couche ATM	281
La couche d'adaptation ATM (AAL).....	286
<i>Les sous-couches de l'AAL</i>	286
<i>SAR (Segmentation And Reassembly)</i>	288
<i>La couche CS (Convergence Sublayer)</i>	292
Les classes de Services de l'ATM : CBR, VBR, ABR, UBR, GFR et DBR, SBR, ABR, ABT.....	295
<i>Les classes de service</i>	296
<i>Qualité de service</i>	298
<i>Contrôle de flux</i>	299
<i>Services supplémentaires</i>	302
La gestion des réseaux ATM.....	306
Le contrôle des réseaux ATM.....	308
Normes	316
Références	317

CHAPITRE 12. LES RÉSEAUX TCP/IP ♦ 321

L'essor du protocole TCP/IP	321
Fonctionnement des réseaux TCP/IP	324
<i>Les problèmes posés par la synchronisation</i>	324
<i>L'adressage IPv4 et IPv6</i>	326
<i>ARP/RARP : protocoles de résolution des adresses</i>	327
<i>Le DNS (Domain Name Service)</i>	328
<i>L'architecture IP</i>	329
IP : Internet Protocol	329
<i>IPv4</i>	329
<i>IPv6</i>	332
Le routage IP	334
<i>RIP (Routing Information Protocol)</i>	335
<i>OSPF (Open Shortest Path First)</i>	335
<i>IS-IS</i>	335
<i>IGRP</i>	336
<i>EGP (Exterior Gateway Protocol)</i>	336
<i>BGP (Border Gateway Protocol)</i>	336
<i>Le routage IDRP</i>	337
Gestion et contrôle	338
<i>ICMP : messages de contrôle et d'erreur</i>	338
<i>IGMP : adressage multipoint</i>	339
<i>RSVP</i>	340
<i>RTP (Real Time Application)</i>	345
UDP : service de transport non fiable	346
TCP : un service de transport fiable	346
Sécurité et IPSEC	351
IP haut débit et multimédia	352
<i>Le surdimensionnement et la technologie POS</i>	352
<i>La qualité de service dans IP</i>	353
<i>IP sur un réseau à qualité de service</i>	355
IP mobile	355
Extensions diverses	357
<i>Configuration automatique</i>	357
<i>Les liaisons à haut débit</i>	357
<i>VMTP : Versatile Message Transaction Protocol</i>	358
L'avenir de TCP/IP	359
Les groupes de travail de l'IETF	360
Normes	363
Références	365

CHAPITRE 13. RÉSEAUX LOCAUX : CÂBLAGE, MAC ET LLC ♦ 369

Propriétés des réseaux locaux	369
Le câblage et la couche physique	371

<i>Le support</i>	373
<i>La topologie</i>	376
<i>Plan de câblage</i>	378
<i>Contraintes d'installation</i>	392
La couche MAC (Medium Access Control)	393
Les normes LLC	394
<i>Les éléments de base</i>	394
<i>Le service LLC</i>	395
Normes	398
Références	399

CHAPITRE 14. LES RÉSEAUX ETHERNET ♦ 403

L'accès aléatoire	403
<i>Principe général</i>	403
<i>Accès aléatoire avec écoute de la porteuse</i>	404
<i>Architecture des réseaux Ethernet partagés</i>	406
<i>Caractéristiques d'un réseau Ethernet partagé</i>	408
Les réseaux Ethernet 10 Mbit/s	413
<i>Cheapernet</i>	413
<i>Starlan</i>	414
Le Fast Ethernet 100 bit/s	416
Le Gigabit Ethernet	416
La commutation Ethernet	418
<i>L'Ethernet full-duplex et la commutation</i>	418
<i>L'Ethernet commuté</i>	419
Réseau compatible avec Ethernet	422
<i>Ethernet IsoEnet</i>	422
Le 100VG AnyLAN	422
<i>CIF : encapsulation ATM dans une trame Ethernet</i>	423
Ethernet et le multimédia	423
Les réseaux locaux virtuels	424
<i>Le concept de VLAN</i>	424
<i>Le contrôle de flux</i>	427
<i>L'intégration dans MPLS (MultiProtocol Label Switching)</i>	428
Normes	428
Références	429

CHAPITRE 15. IP SUR ATM ET MPLS ♦ 433

LANE	435
Classical IP over ATM (CIOA)	437
NHRP et MPOA	439
<i>NHRP</i>	439
<i>MPOA</i>	440
<i>PAR et I-PNNI</i>	441

MPLS (Multiprotocol Label-switching)	441
<i>Les techniques de commutation de références</i>	442
MPLS	444
Normes	447
Références	448

CHAPITRE 16. RÉSEAUX INTERNET/INTRANET ♦ 451

Internet 1	451
<i>Historique</i>	451
<i>État de la normalisation</i>	452
Internet 2	453
Les applications Internet	456
<i>Les applications classiques</i>	456
<i>Les applications multipoints</i>	459
<i>Applications diverses</i>	460
Intranet	461
infranet	462
Internet/intranet : le futur	463
Normes	464
Références	466

CHAPITRE 17. LES RÉSEAUX LOCAUX EN BOUCLE ♦ 469

Les techniques à jeton	469
<i>Technique spécifique à l'anneau à 4 Mbit/s</i>	469
<i>Technique spécifique à l'anneau à 16 Mbit/s</i>	471
Les réseaux Token-Ring	471
<i>Présentation</i>	471
<i>État de la normalisation</i>	472
<i>Concentrateur actif</i>	472
<i>Token-Ring optique</i>	473
<i>Interconnexion de réseaux Token-Ring</i>	473
<i>La commutation Token-Ring</i>	474
Le réseau HSTR	475
FDDi	475
<i>Introduction aux concepts de FDDI</i>	476
<i>Les réseaux FDDI (Fiber Distributed Data Interface)</i>	477
<i>Normalisation de FDDI</i>	480
<i>Les stations FDDI</i>	483
<i>Techniques d'accès FDDI</i>	484
TPDDI	485
<i>FDDI-2 et FDDI Follow on (FFOL)</i>	485
Normes	487
Références	488

CHAPITRE 18. RÉSEAUX LOCAUX ET MÉTROPOLITAINS À HAUT DÉBIT ♦ 493

Les réseaux locaux ATM	493
IEEE 100VG AnyLan	495
ISO 8802.7 et le Cambridge Ring	496
Autres réseaux haut débit	498
<i>CRMA d'IBM et HP LAN</i>	498
<i>Les réseaux Metaring et Orbit</i>	499
<i>Orwell</i>	502
<i>ATMR</i>	506
Les MAN : Metropolitan Area Network	510
La norme IEEE 802.6 pour les MAN	511
<i>DQDB</i>	511
<i>La technique d'accès DQDB</i>	512
<i>Les structures de trames de l'environnement DQDB</i>	515
Les réseaux métropolitains	517
SMDS (Switched Multimegabits Data service)	519
Normes	523
Références	525

CHAPITRE 19. LES RÉSEAUX DE MOBILES ♦ 529

Les trois générations de réseaux de mobiles	530
<i>La première génération</i>	531
<i>Les réseaux de deuxième génération</i>	532
<i>Réseaux de mobiles de troisième génération</i>	541
Les architectures	549
<i>Les techniques d'accès</i>	549
<i>Les interfaces</i>	551
Le GSM et l'IS 95	552
<i>Le GSM</i>	552
<i>IS-95</i>	554
IMT-2000, UMTS, CDMA 2000 et IS-136	555
<i>L'IMT 2000</i>	555
<i>L'UMTS</i>	556
<i>CDMA 2000</i>	560
<i>IS-136</i>	560
Les extensions	561
<i>Le GPRS</i>	561
<i>Gestion des utilisateurs et du réseau</i>	563
<i>Le « software radio »</i>	564
<i>IEEE 802.15</i>	564
<i>Les réseaux ad hoc</i>	565
Normes	566
Références	567

CHAPITRE 20. LES RÉSEAUX SATELLITES ♦ 569

Les systèmes satellites	569
Politiques d'accès aux canaux satellites	573
<i>Les politiques de réservation fixe</i>	574
<i>Les politiques d'accès aléatoire</i>	576
<i>Les protocoles avec réservation par paquet</i>	578
<i>Les protocoles de réservation dynamique et les méthodes hybrides</i>	581
La couche liaison pour les réseaux satellites	582
Les systèmes satellites bande étroite	584
<i>Stations terrestres fixes</i>	584
<i>Intelsat</i>	585
<i>Eutelsat</i>	585
<i>Les services mobiles</i>	586
<i>Les VSAT</i>	586
Les systèmes satellite large bande	587
<i>Les handovers</i>	590
<i>Les satellites à couverture fixe et mobile</i>	591
<i>Les protocoles de niveau réseau</i>	592
Normes	594
Références	594

CHAPITRE 21. LES RÉSEAUX LOCAUX INDUSTRIELS ♦ 599

Architecture des réseaux industriels	599
Ethernet dans un contexte industriel	600
La norme ISO 8802.4 (IEEE 802.4)	601
Les réseaux de terrain	603
<i>FIP</i>	604
<i>CAN</i>	605
<i>Interbus</i>	606
<i>Profibus – FMS/PA</i>	607
<i>LON</i>	608
<i>Bitbus</i>	608
Normes	609
Références	609

CHAPITRE 22. SONET, SDH ET POS ♦ 611

Les supports de communication	611
SONET	612
<i>Fonction de la couche physique</i>	612
<i>SONET</i>	614
SDH	616
Packet over SONET (POS) et Packet over WDM (POW)	619
Normes	620
Références	621

CHAPITRE 23. LES INTERFACES UTILISATEUR ♦ 623

Les canaux RNIS bande étroite	623
L'interface RNIS bande étroite	625
<i>Introduction</i>	625
<i>La ligne d'abonné</i>	627
<i>La transmission sur l'interface « S0 »</i>	629
L'interface RNIS Large Bande	632
Les interfaces rapides	640
<i>L'interface HiPPI</i>	640
<i>FCS</i>	641
L'interface IEEE 802.9	642
Normes	644
Références	645

CHAPITRE 24. LES COMMUTATEURS ET LES ROUTEURS ♦ 647

Classification des commutateurs de cellules	647
<i>Introduction aux commutateurs</i>	647
<i>Rôle et fonctionnalités</i>	648
<i>Conception de la structure d'un commutateur ATM</i>	649
<i>Types de blocage et mémorisation</i>	650
Exemples de commutateurs ATM	652
<i>Les commutateurs « crossbar »</i>	652
<i>Le commutateur Banyan et ses extensions</i>	653
Nouvelles architectures potentielles	660
<i>Un commutateur à répartition dans le temps à architecture en boucle</i>	661
<i>Un commutateur à répartition dans le temps à architecture bus</i>	665
Architectures des routeurs	666
Conclusion	668
Normes	669
Références	669

CHAPITRE 25. LES TECHNIQUES DE CONTRÔLE DE FLUX ET DE LA QUALITÉ DE SERVICE ♦ 673

La qualité de service	673
Le contrôle de flux	675
<i>Le contrôle par crédit</i>	675
<i>Le contrôle par seuil</i>	676
<i>Le contrôle par allocation de ressources</i>	677
Les contrôles de congestion	678
Contrôle de flux dans les réseaux ATM	680
<i>Le multiplexage statistique et le contrôle des réseaux ATM</i>	680
<i>La qualité de service et le contrôle d'admission</i>	681
<i>Les techniques de contrôle de flux</i>	684

<i>Les méthodes de contrôle de congestion</i>	690
Contrôle de flux dans les réseaux TCP/IP	692
<i>Les contrôles dans le protocole TCP</i>	693
<i>Contrôle de flux dans IP</i>	695
<i>Le contrôle IntServ</i>	695
<i>Les services différenciés (DiffServ)</i>	696
Contrôle de flux dans les réseaux Ethernet	697
Contrôle de flux dans le relais de trames	698
Normes	700
Références	700

CHAPITRE 26. LES PASSERELLES ♦ 705

Les répéteurs	706
Les ponts	707
<i>L'architecture des ponts</i>	707
<i>Le « source routing »</i>	708
<i>Le protocole « spanning tree »</i>	708
Les routeurs	709
<i>Architecture des routeurs</i>	709
<i>Le routage</i>	710
Les autres passerelles	711
<i>Les bridge-routers</i>	711
<i>Les relais</i>	711
<i>Les passerelles d'application</i>	712
Exemples de passerelles	712
<i>Les ponts interréseaux locaux Ethernet/Token-Ring</i>	712
<i>Les routeurs multiprotocoles</i>	712
<i>L'interconnexion par un réseau FDDI</i>	713
Conclusion	714
Normes	714
Références	715

CHAPITRE 27. RÉSEAU INTELLIGENT ♦ 717

Le modèle du réseau intelligent	718
<i>L'INCM</i>	718
<i>Les entités fonctionnelles</i>	720
La modélisation des fonctionnalités	724
<i>ODP : Open Distributed Processing</i>	724
<i>Le modèle G.805 et UML</i>	726
TINA	727
Réalisation d'un réseau intelligent	730
La signalisation	732
<i>La signalisation CCITT n° 7</i>	733
<i>La signalisation dans les réseaux ATM</i>	735

Normes	736
Références	737

CHAPITRE 28. ARCHITECTURES APPLICATIVES ♦ 741

Les architectures de base	741
La normalisation des couches hautes	743
<i>Organisation générale</i>	743
<i>Quelques éléments de service d'application (ASE)</i>	746
Les architectures constructeurs	753
<i>SNA (Systems Network Architecture)</i>	753
<i>DNA (Digital Network Architecture)</i>	765
<i>DSA (Distributed System Architecture)</i>	767
Les systèmes distribués	770
<i>Les systèmes ouverts</i>	770
<i>Les systèmes d'exploitation distribués</i>	771
Le middleware	777
<i>CORBA et ORB</i>	778
<i>Microsoft DCOM</i>	781
<i>Java-RMI</i>	781
Normes	783
Références	785

CHAPITRE 29. LA TÉLÉPHONIE INFORMATIQUE ♦ 789

L'application téléphonique	789
Les codeurs audio	790
La téléphonie par paquet	792
<i>La téléphonie sur ATM</i>	792
<i>La téléphonie en relais de trames</i>	794
<i>La téléphonie sur IP</i>	794
L'évolution des PABX	798
<i>Les autocommutateurs privés</i>	798
<i>Les différentes générations</i>	799
<i>Le PABX et la transmission de données</i>	800
<i>La signalisation</i>	801
<i>PABX et RNIS</i>	802
L'intégration téléphone-informatique	803
Normes	804
Références	805

CHAPITRE 30. LE MULTIMÉDIA : COMPRESSION ET TRANSPORT ♦ 807

Codage et compression	808
<i>JPEG</i>	809

<i>La recommandation H.261</i>	809
<i>DVB</i>	811
<i>MPEG-2</i>	812
<i>MPEG-4</i>	815
<i>MPEG-7 et XML</i>	816
<i>VRML</i>	817
<i>MHEG</i>	817
Les terminaux multimédias	817
Les protocoles de transport	819
<i>Le transport de la vidéo</i>	819
<i>DAVIC</i>	819
<i>Le transport sur une architecture ISO</i>	820
<i>Le transport sur Internet/intranet</i>	821
Normes	822
Références	824

CHAPITRE 31. LA GESTION DE RÉSEAUX ♦ 829

La gestion OSI	831
<i>L'architecture de la gestion OSI</i>	831
<i>La gestion système CMIS/CMIP</i>	833
<i>La base d'information pour la gestion : MIB</i>	837
<i>Les fonctions de gestion spécifiques</i>	837
<i>Problématique de la gestion OSI</i>	844
<i>Le forum OSI/NM</i>	845
L'approche TMN (Telecommunication Management Network) de l'UIT-T	847
<i>Architecture du TMN</i>	848
<i>Architecture physique</i>	849
<i>L'architecture fonctionnelle</i>	852
<i>Modèle informationnel de la gestion TMN</i>	853
La gestion dans les réseaux INTERNET : SNMP et CMOT	854
<i>Introduction</i>	854
<i>Le protocole SNMP</i>	854
<i>La MIB (Management Information Base)</i>	856
<i>SNMPv2 et SNMPv3</i>	857
<i>La gestion axée sur le Web</i>	858
<i>Les requêtes SNMP</i>	859
<i>Comparaison de CMIP et SNMP</i>	860
Le modèle DME	862
La gestion par le web	863
<i>WBEM</i>	863
<i>JMAPI</i>	864
La gestion par le middleware	865
Les produits industriels	868
<i>ISM (Integrated System Management) de Bull</i>	868

<i>SystemView d'IBM</i>	870
<i>OpenView de Hewlett-Packard</i>	870
<i>SunNet Manager de Sun</i>	871
Conclusion	872
Normes	872
Références	876

CHAPITRE 32. LA SÉCURITÉ ♦ 881

Les services de sécurité	881
Les mécanismes de sécurité	883
Les algorithmes de chiffrement	884
Kerberos	885
La sécurité dans les protocoles	886
<i>La sécurité dans SNMP</i>	886
<i>IPSEC</i>	887
Normes	887
Références	889

CHAPITRE 33. L'INTELLIGENCE DANS LES RÉSEAUX ♦ 891

Agents intelligents	891
<i>Gestion d'un environnement complexe</i>	891
<i>Les systèmes multiagents</i>	893
<i>Les systèmes d'agents réactifs</i>	899
<i>Conclusion</i>	900
Les catégories d'agents	900
<i>Agents Internet</i>	901
<i>Agents intranet</i>	901
<i>Agents assistants ou bureautiques</i>	902
Agents et codes mobiles	902
Les réseaux actifs	904
<i>Introduction</i>	904
<i>Les réseaux programmables</i>	905
Normes	908
Références	908

CHAPITRE 34. LES GRANDES TENDANCES ♦ 913

Les architectures 2000	914
Le modèle de référence 2000	916
Internet 2 et internet 3	919
Conclusion	922
Normes	923
Références	923

Annexe A. LA NORMALISATION ♦ 927

Normalisation de Droit	927
<i>ISO et CEI</i>	928
<i>UIT-T</i>	929
Normalisation de fait	931
<i>ISOC/IETF</i>	931
<i>ATM Forum</i>	932
<i>DAVIC</i>	932
<i>Tiphon</i>	932
<i>Multimedia Switching Forum</i>	933
<i>Optical Internetworking Forum</i>	933
Les principaux standards	934
<i>UIT-T</i>	934
<i>IETF</i>	944
<i>ATM Forum</i>	969
<i>DAVIC</i>	973
Adresses utiles	974
Références	979

Annexe B. LA SPÉCIFICATION DE PROTOCOLE ♦ 981

Les méthodes de spécification de protocoles	981
<i>Les automates d'états finis</i>	981
<i>Les réseaux de Pétri</i>	982
Le langage Estelle	985
<i>Introduction</i>	985
<i>Modules</i>	985
Le langage Lotos	988
<i>Concepts de base de Lotos</i>	989
<i>Commentaires</i>	989
Comparaison des langages Estelle et Lotos	990
<i>Étude de la démarche conceptuelle d'une entité de protocole</i>	990
<i>Les besoins de descriptions formelles afin de classer les FDT</i>	992
<i>Étude de cas</i>	993
<i>Observations</i>	993
<i>Une comparaison sélective des FDT</i>	994
5. Références	994

Annexe C. RÉSEAUX DE FILES D'ATTENTE ♦ 997

Chaîne de Markov	997
File d'attente et réseau de files d'attente	1000
<i>Réseau ouvert</i>	1001
<i>Réseau fermé</i>	1002
Les processus d'entrée et de service	1002
<i>Processus de Poisson et loi exponentielle</i>	1003

<i>Distribution Erlang k</i>	1004
<i>Distribution hyperexponentielle</i>	1004
<i>Comparaison des lois exponentielles, Erlang k et hyperexponentielles</i>	1006
<i>Loi de Cox</i>	1006
Processus de naissance et de mort et files élémentaires	1007
<i>La file M/M/1</i>	1008
<i>La file M/M/1 avec dépendance de l'état</i>	1009
<i>La file M/M/c</i>	1010
<i>La file M/M/∞</i>	1010
<i>La file M/M/c/c</i>	1011
<i>File M/M/c/m/K</i>	1012
Les réseaux de files d'attente	1013
<i>Les réseaux de Jackson</i>	1013
Réseaux BCMP (Baskett, Chandy, Muntz et Palacios)	1022
Références	1026

GLOSSAIRE ♦ 1029

INDEX ♦ 1035

ADRESSES UTILES SUR INTERNET ♦ 1053

Annuaire généraux et outils de recherche	1053
Répertoires thématiques « réseaux et télécoms »	1053
Organismes de normalisation et consortium	1054
Salons et conférences	1055
Architectures et protocoles	1056
Administration réseaux	1058
Instituts et laboratoires de recherche	1061
Groupes de News	1062
Liste des sigles et abréviations	1063