



Michel KADOCH

Protocoles et réseaux locaux
L'accès Internet

2^e ÉDITION
REVUE ET AUGMENTÉE



Université du Québec
École
de technologie
supérieure



Presses
de l'Université
du Québec

Extrait de

Protocoles et réseaux locaux

Membre de
L'ASSOCIATION
NATIONALE
DES ÉDITEURS
DE LIVRES

Presses de l'Université du Québec

Le Delta I, 2875, boulevard Laurier, bureau 450, Québec (Québec) G1V 2M2

Téléphone: 418 657-4399 – Télécopieur: 418 657-2096

Courriel: puq@puq.ca – Internet: www.puq.ca

Diffusion/Distribution:

Canada et autres pays: Prologue inc., 1650, boulevard Lionel-Bertrand, Boisbriand (Québec)
J7H 1N7 – Tél.: 450 434-0306 / 1 800 363-2864

France: Sodis, 128, av. du Maréchal de Lattre de Tassigny, 77403 Lagny, France – Tél.: 01 60 07 82 99

Afrique: Action pédagogique pour l'éducation et la formation, Angle des rues Jilali Taj Eddine
et El Ghadfa, Maârif 20100, Casablanca, Maroc – Tél.: 212 (0) 22-23-12-22

Belgique: Patrimoine SPRL, 168, rue du Noyer, 1030 Bruxelles, Belgique – Tél.: 02 7366847

Suisse: Servidis SA, Chemin des Chalets, 1279 Chavannes-de-Bogis, Suisse – Tél.: 022 960.95.32



La *Loi sur le droit d'auteur* interdit la reproduction des œuvres sans autorisation des titulaires de droits. Or, la photocopie non autorisée – le « photocopillage » – s'est généralisée, provoquant une baisse des ventes de livres et compromettant la rédaction et la production de nouveaux ouvrages par des professionnels. L'objet du logo apparaissant ci-contre est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit le développement massif du « photocopillage ».

Michel KADOCH

Protocoles
et réseaux locaux

L'accès Internet

2^e ÉDITION
Revue et augmentée

 Université du Québec
École
de technologie
supérieure

 Presses
de l'Université
du Québec

*Catalogage avant publication de Bibliothèque
et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada*

Kadoch, Michel, 1944-

Protocoles et réseaux locaux

2^e éd.

Comprend des réf. bibliogr. et un index.

Publ. en collab. avec: École de technologie supérieure.

ISBN 978-2-7605-3479-7 (Presses de l'Université du Québec)

ISBN 978-2-921145-79-4 (École de technologie supérieure)

1. Réseaux locaux (Informatique). 2. Protocoles de réseaux d'ordinateurs. 3. Internet.
4. Réseaux d'ordinateurs - Architectures. 5. Réseaux locaux (Informatique) - Problèmes
et exercices. I. Université du Québec. École de technologie supérieure. II. Titre.

TK5105.7.K32 2012 004.6'8 C2012-940703-8

Les Presses de l'Université du Québec reconnaissent l'aide financière du gouvernement
du Canada par l'entremise du Fonds du livre du Canada et du Conseil des Arts du Canada
pour leurs activités d'édition.

Elles remercient également la Société de développement des entreprises culturelles
(SODEC) pour son soutien financier.

Révision linguistique: CHARLES DADOUN

Révision scientifique: MARIA BENNANI

Mise en pages: DANIEL MARTEL

Couverture: YVES TOUGAS

2012-2.1 – *Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés*

© 2012 Presses de l'Université du Québec

© 2011 École de Technologie Supérieure

Dépôt légal – 2^e trimestre 2012

Bibliothèque et Archives nationales du Québec / Bibliothèque et Archives Canada

Imprimé au Canada

dédié à

Stella
Arielle, Pascale et Valérie

Remerciements

La préparation d'un livre est un travail d'équipe. Quoique l'auteur ait la lourde tâche de coordonner l'ensemble de toutes les activités, il n'en demeure pas moins que la contribution de dessinateur et réviseurs est indispensable à la réussite du projet. Je les remercie du fond du cœur.

Michel Kadoch ing. PhD.
Montréal, Québec

Avant-propos

Il existe un très grand nombre d'ouvrages excellents en réseautique exposant le lecteur à tous les concepts fondamentaux lui permettant de maîtriser la matière. La question qui se pose est de savoir : pourquoi encore un nouveau livre? En quoi cette compilation de sujets diffère de ce que l'on trouve dans les autres volumes?

Tous les thèmes qui traitent des réseaux locaux et d'Internet ont connu une évolution fulgurante durant cette dernière décennie. Le cours « Protocoles et réseaux locaux » que j'ai eu le privilège d'enseigner pendant onze ans, traite de ces sujets. Chaque année, il y a eu des changements au contenu afin de pouvoir rester à la fine pointe de l'évolution dans ce domaine. Il a fallu compiler plusieurs notions et présenter plusieurs normes pour couvrir la matière du cours.

Ainsi, ce livre est le fruit de longues années d'enseignement à l'École de technologie supérieure. Il couvre le sujet propre à l'accès Internet dans sa complexité et dans sa variété de même qu'à Internet même. Dans de nombreux cours portant sur les réseaux, on enseigne la couche physique avec ses différentes approches, les couches liaison et réseau dans le cadre des réseaux étendus. Les réseaux locaux y sont aussi présentés. Malheureusement, il n'est pas possible de couvrir tous ces sujets par le détail dans le cadre d'une session de 45 heures de cours théorique. C'est pourquoi j'ai préféré offrir deux cours en réseaux, le premier portant sur les réseaux étendus et incluant tous les aspects théoriques et pratiques des différentes couches en rapport avec ces réseaux et le second portant sur les réseaux locaux ainsi que les protocoles directement reliés à Internet.

Comme toutes disciplines qui se respectent, le domaine de la réseautique exige de grandes connaissances et couvre un spectre de spécialités assez vaste. C'est un domaine qui passionne tant les informaticiens, que les ingénieurs en génie logiciel, les ingénieurs en télécommunications, de même que des techniciens en réseaux. Les domaines de recherche sur le sujet sont des plus variés. Il y a des travaux axés sur le développement de nouveaux services et d'autres portant sur l'amélioration des performances de réseaux.

J'ai été exposé à la réseautique en 1971 alors que j'avais commencé mon premier emploi à Communication Canada dans un département de développement de nouveaux services. La mission du groupe fut d'élaborer des concepts pour un réseau universitaire canadien semblable en tous points au nouveau réseau qui avait été conçu aux États-Unis et était connu sous le nom d'Arpanet. Notre réseau se nommait Canunet (Canadian University Network). Il nous a fallu bien évidemment saisir tous les éléments du réseau américain ainsi que tous les protocoles utilisés. En outre, il nous fallut accroître aussi nos connaissances en regard de la théorie des files d'attente. C'est alors que j'ai eu le plaisir d'assister à un cours de Leonard Kleinrock, l'un des pionniers d'Arpanet, traitant du sujet et ce, avant même la publication de son livre¹.

¹ Leonard Kleinrock, « Queuing System » vol.1, J. Wiley 1975 et vol. 2 J. Wiley 1976.

C'est à la lumière de cette expérience que les cours que j'ai enseignés durant ces années puis ce livre, ont vu le jour.

Organisation du livre

Le présent volume a été conçu de manière à offrir les connaissances fondamentales en ce qui a trait au domaine de la réseautique, et tout particulièrement, les réseaux locaux et l'accès à Internet.

Le chapitre 2 est une introduction au concept des couches et décrit le modèle de référence OSI. Ce chapitre sert de fondement à tous les autres chapitres et doit être maîtrisé avant de passer aux autres concepts.

Le chapitre 3 introduit la couche liaison pour les réseaux locaux. Il couvre précisément la sous-couche liaison LLC ainsi que l'accès point à point.

Le chapitre 4 traite des réseaux locaux basés sur les protocoles à compétition. L'accent est porté sur le protocole CSMA/CD et Ethernet.

Le chapitre 5 couvre les éléments essentiels permettant d'avoir une bonne compréhension des réseaux locaux sans fil, réseaux fondés sur la norme 802.11.

Le chapitre 6 nous expose aux réseaux locaux fonctionnant sur des topologies en anneaux. Le bus à jeton, l'anneau à jeton ainsi que le FDDI sont des réseaux locaux qui y sont traités.

Le chapitre 7 nous décrit l'interfonctionnement entre les réseaux locaux et résout les problèmes de boucle qui en résultent.

Le chapitre 8 est une brève introduction au concept du VLAN ou réseau local virtuel. Nous avons de plus en plus recours aux VLANs et il importe d'en connaître les principes.

Le chapitre 9 constitue l'un des chapitres les plus importants. Il couvre le protocole IP qui se trouve dans la couche réseau. Les concepts d'Internet et son évolution y sont décrits.

Le chapitre 10 couvre tous les éléments de soutien à IP. Nous y retrouvons une bonne représentation des concepts de : ARP, RARP, ICMP, DHCP, NAT, et le DNS ainsi que du IP mobile.

Le chapitre 11 traite du routage. Nous y retrouvons les protocoles de routage RIP et OSPF et BGP, d'algorithmes de routage ainsi que le Multicast (Multi distribution) et ses divers protocoles.

Le chapitre 12 fait état de la couche transport. Les protocoles UDP, TCP ainsi que des méthodes de contrôle de congestion y sont expliqués.

Le chapitre 13 couvre la couche application. Il nous donne quelques exemples retrouvés couramment dans un environnement Internet. Il s'agit des protocoles HTTP pour naviguer sur le Web, FTP et TFTP pour le transfert de fichier, ainsi que SMTP et POP3 pour le courrier électronique.

Enfin le chapitre 14, couvre le protocole SNMP utilisé pour la gestion de réseaux.

Lecteurs visés

Ce livre est écrit pour tous ceux qui désirent acquérir une bonne compréhension technique des concepts des réseaux locaux ainsi que d'Internet dans son ensemble. Il a été principalement conçu pour des cours universitaires et comprend assez de matière pour couvrir plus d'une session de 15 semaines.

Un cours de réseau, axé sur les réseaux locaux et Internet, devrait impérativement comprendre les chapitres 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11. Le chapitre 6 sur les réseaux locaux à anneau peut être utile pour ceux qui ont à travailler avec ce genre de réseau. Le chapitre 8 est une source d'informations utiles sur les VLANs et devrait servir comme introduction au sujet. Les chapitres 12, 13 et 14 sont importants si le cours couvre aussi les couches supérieures et la gestion de réseaux.

Pour toute information supplémentaire concernant ce volume, consultez le site Web suivant :

http://www.lagrit.etsmtl.ca/livres/Protocoles_et_reseaux_locaux/index.html

Michel Kadoch ing. PhD.
Montréal, Québec

Table des matières

Remerciements	i
Avant-propos	iii
Table des matières	vii
1 Télécommunications et réseaux	1
1.2 L'accès réseau	2
1.3 Types de réseau	7
1.3.1 Réseaux commutés	9
1.3.1.1 La commutation de circuits	9
1.3.1.2 La commutation par paquets	10
1.3.1.3 La commutation de messages	12
1.3.2 Acheminement dans les réseaux	13
1.4 Internet	14
1.5 Concepts de la transmission	16
1.5.1 Paires symétriques ou torsadées	16
1.5.2 Les câbles coaxiaux	17
1.5.3 Les fibres optiques	18
1.5.4 Propagation rayonnée	20
1.5.4.1 Les faisceaux hertziens	21
1.5.4.2 Les liaisons par satellite	21
1.5.5 La synchronisation	21
1.5.5.1 Synchronisation de bits	22
1.5.5.2 Synchronisation des octets	22
1.5.5.3 Synchronisation des trames	23
1.5.6 Transmission asynchrone	23
1.5.7 Transmission synchrone	23
1.5.8 Techniques de codage de données	24
1.5.9 Fréquence d'accès	24
1.5.10 Réseaux diffusés	24
1.5.11 Types d'informations	25
1.6 Codage des caractères et des symboles	25
1.7 Communications semi-duplex et duplex intégrale	25
1.8 Multiplexage par répartition dans le temps ou multiplexage temporel	26
1.9 Standardisation	28

1.10	Exercices	29
2	Modèle de référence OSI	31
2.1	Introduction	31
2.1.1	<i>Optimisation des échanges</i>	31
2.1.2	<i>Indépendance du service</i>	32
2.1.3	<i>Restriction des modifications</i>	32
2.2	Couches fonctionnelles	33
2.2.1	<i>Homogénéité</i>	33
2.2.2	<i>Interactions entre couches adjacentes</i>	33
2.2.3	<i>Restriction du nombre de couches</i>	34
2.2.4	<i>Définition des couches</i>	34
2.2.5	<i>Couches inférieures</i>	35
2.2.6	<i>Couches supérieures</i>	35
2.2.7	<i>Les sept couches du modèle OSI</i>	35
2.3	Communication et interaction	37
2.3.1	<i>Concept de service</i>	42
2.3.2	<i>Point d'accès au service</i>	43
2.3.3	<i>Primitives</i>	43
2.3.4	<i>Protocoles</i>	44
2.4	Les entités	44
2.5	Normalisation des couches	45
2.6	Encapsulation	46
2.7	Segmentation	48
2.8	Services et primitives	49
2.9	Appels avec ou sans connexion	51
2.9.1	<i>Lien avec connexion</i>	51
2.10	Classes de primitives	52
2.11	Les circuits virtuels	55
2.12	Modèle de référence Internet	56
2.13	Exercices	58

3	La couche liaison pour réseau local et point à point	63
3.1	Introduction	63
3.2	Les services du LLC	66
3.2.1	<i>Service non confirmé</i>	68
3.2.2	<i>Service confirmé</i>	68
3.2.3	<i>Primitives de services sans connexion</i>	69
3.2.4	<i>Paramètres pour primitives de services sans connexion</i>	69
3.2.5	<i>Primitives de services permettant d'établir un appel de service avec connexion</i>	70
3.2.6	<i>Paramètres des primitives de services d'appel</i>	71
3.2.7	<i>Primitives permettant de procéder au transfert des données de service avec connexion</i>	71
3.2.8	<i>Paramètres des primitives de données</i>	71
3.2.9	<i>Primitives de déconnexion</i>	72
3.2.10	<i>Paramètres des primitives de déconnexion</i>	72
3.3	LLC : caractéristiques de protocole	72
3.4	Format du LLC PDU	73
3.4.1	<i>Absence de transparence dans les trames LLC</i>	74
3.4.2	<i>Le champ adresse</i>	74
3.4.3	<i>Le champ contrôle</i>	75
3.4.3.1	<i>La trame information</i>	75
3.4.3.2	<i>Le bit P/F</i>	76
3.4.3.3	<i>La trame supervision</i>	76
3.4.3.4	<i>Catégories de trames supervision</i>	77
3.4.3.5	<i>Trames non numérotées</i>	78
3.5	Procédure du protocole LLC	79
3.5.1	<i>Établissement de l'appel</i>	79
3.5.2	<i>Déconnexion de l'appel</i>	80
3.5.3	<i>Transmission des données</i>	81
3.5.4	<i>Accusé de réception et rectification des erreurs</i>	82
3.5.4.1	<i>La trame supervision RR</i>	83
3.5.4.2	<i>La trame supervision RNR</i>	84
3.5.4.3	<i>La trame supervision REJECT</i>	86
3.5.4.4	<i>Accusé de réception par la trame information</i>	87
3.5.5	<i>Compteurs de retransmission</i>	88

3.6	Contrôle du flux	88
3.7	LLC sans connexion	91
3.8	Les protocoles de liaison SLIP et PPP	91
3.8.1	Le protocole SLIP (Serial Line IP)	92
3.8.2	Le protocole PPP (Point to point/Point à point)	93
3.8.2.1	<i>La trame HDLC dans le protocole PPP</i>	95
3.8.2.2	<i>Système de fonctionnement des modules PPP</i>	97
3.8.2.3	<i>Protocole LCP et établissement d'une liaison</i>	98
3.8.2.4	<i>Les messages du protocole LCP</i>	99
3.8.2.5	<i>La négociation du LCP</i>	103
3.8.2.6	<i>L'authentification</i>	105
3.8.2.7	<i>Protocole de contrôle de IP</i>	106
3.9	Exercices	107
4	Protocoles à compétition	113
4.1	Introduction	113
4.2	Temps d'attente avant la retransmission	114
4.3	Algorithme de temporisation de retransmission	114
4.4	Longueur minimale de la trame	117
4.5	Calcul de la longueur maximale du segment	118
4.6	Fonctions de la sous-couche MAC	119
4.6.1	Medium Access Management (MAM)	121
4.6.2	Les trames	121
4.6.3	Adresse MAC	124
4.6.4	Trame de diffusion individuelle (Unicast)	124
4.6.5	Trame de diffusion générale (Broadcast)	125
4.6.6	Trame de multidistribution (Multicast)	125
4.7	Taux de transmission paquets par seconde	125
4.7.1	La couche physique	126
4.7.2	Sous-couche de signalisation physique (PLS)	127
4.7.3	Codage Manchester	128
4.7.4	Fonction de l'unité de connexion au support (MAU)	129
4.7.5	Types de conduit de transmission	130
4.8	Fast Ethernet	130

4.8.1	<i>Modes duplex intégral (Full-Duplex) et semi-duplex (Half-Duplex)</i>	131
4.8.2	<i>La fonction pause</i>	132
4.9	L'autonégociation	133
4.10	Configurations à 100 Mbps	138
4.10.1	<i>Les codages du 100 Mbps</i>	138
4.10.2	<i>Media-Independent Interface (MII)</i>	142
4.11	Étendue du réseau Ethernet	143
4.12	Gigabit Ethernet	145
4.12.1	<i>Configuration à 1 Gbps</i>	147
4.13	Exercices	148
ANNEXE 4A	151
Codes NRZ et NRZI	151
5	Réseaux locaux sans fil	153
5.1	Introduction	153
5.2	Service IEEE 802.11	156
5.3	La sous-couche MAC du IEEE 802.11	158
5.3.1	<i>Vecteur d'allocation réseau</i>	159
5.3.2	<i>Les intervalles</i>	159
5.4	Procédure d'accès DCF	160
5.4.1	<i>Problèmes de station cachée et exposée :</i>	
Utilisation de RTS et de CTS	163
5.5	Procédure d'accès PCF	167
5.6	Format des trames MAC	171
5.6.1	<i>Le champ « contrôle de trame »</i>	172
5.6.2	<i>Champ « durée »</i>	174
5.6.3	<i>Les champs « adresse »</i>	175
5.6.4	<i>Le champ « contrôle de séquence »</i>	176
5.6.5	<i>Le champ « FCS »</i>	176
5.7	Les trames de contrôle	177

5.8	Trames de gestion	177
5.9	Confidentialité et sécurité	179
5.10	Économie d'énergie	180
5.11	AP et cellules multiples	183
5.12	Exercices	188
6	Les réseaux à jeton	191
6.1	Introduction	191
6.2	Le bus à jeton (<i>Token Bus</i>)	191
6.2.1	<i>Ajout d'une station</i>	193
6.2.2	<i>Retrait d'une station</i>	195
6.2.3	<i>Présence de plusieurs jetons</i>	195
6.2.4	<i>Initialisation de l'anneau</i>	196
6.2.5	<i>Format de trame du IEEE 802.4</i>	196
6.2.6	<i>Assignation des priorités</i>	198
6.3	L'anneau à jeton	199
6.3.1	<i>Ajout d'une station</i>	205
6.3.2	<i>Perte de jeton</i>	205
6.3.3	<i>La procédure à balisage (Beacon)</i>	206
6.3.4	<i>Priorité</i>	207
6.3.5	<i>Couche physique de l'anneau à jeton</i>	207
6.4	Le réseau FDDI	208
6.4.1	<i>Composantes du FDDI</i>	209
6.4.2	<i>Le protocole MAC du FDDI</i>	210
6.4.3	<i>Allocation de capacité</i>	214
6.4.4	<i>Surveillance de l'anneau</i>	217
6.4.4.1	<i>Réclamation du jeton</i>	217
6.4.4.2	<i>Initialisation</i>	217
6.4.4.3	<i>Vérification ou processus de balisage (Beacon Process)</i>	218
6.4.5	<i>Couche physique du FDDI</i>	218
6.4.6	<i>Reconfiguration de l'anneau après panne</i>	219
6.4.7	<i>Types de stations</i>	221
6.5	Exercices	225
	<i>Bus à jeton</i>	225
	<i>Anneau à jeton</i>	227
	<i>FDDI</i>	228

7	L'interfonctionnement	231
7.1	Introduction	231
7.2	Les concentrateurs	231
7.3	Les ponts (<i>Bridges</i>)	233
7.4	Tables d'acheminement	236
7.5	Fonction de pontage transparent (<i>Transparent Bridging</i>)	239
7.5.1	<i>Acheminement des trames</i>	241
7.6	Technique de pontage d'acheminement par la source	243
7.7	Algorithme <i>Spanning Tree</i>	246
7.7.1	<i>Procédure de l'établissement de l'unique pont racine dans le réseau (Root Bridge)</i>	248
7.7.2	<i>Procédure de la définition des ports racine (Root Port)</i> .	249
7.7.3	<i>Procédure du choix du port désigné dans chaque pont (Designated Port)</i>	249
7.7.4	<i>Exemple d'application du protocole Spanning Tree</i>	250
7.7.5	<i>Les trames BPDU</i>	253
7.7.6	<i>Procédure dans le changement de topologie</i>	255
7.8	Exercices	258
8	Les réseaux locaux virtuels (VLAN)	261
8.1	Introduction	261
8.1.1	<i>Types de VLANs</i>	264
8.1.2	<i>Configuration des ports du commutateur</i>	264
8.1.3	<i>Adresse MAC de la station</i>	265
8.1.4	<i>Protocole de la couche 3</i>	266
8.1.5	<i>Sous-réseau IP</i>	267
8.2	Étiquetage de VLAN selon le IEEE802.1Q	268
8.3	Exercices	272
9	Le protocole internet IP	275
9.1	Introduction	275

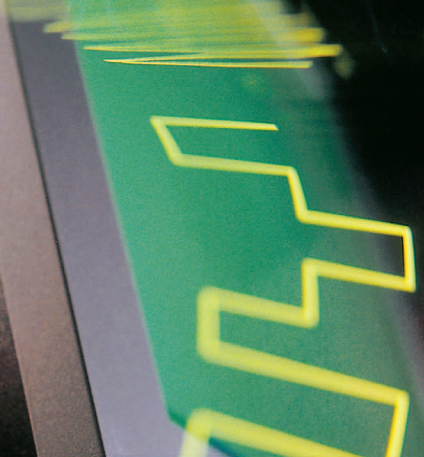
9.2	Modèles et protocoles	275
9.2.1	<i>Acheminement des datagrammes dans le réseau</i>	279
9.2.2	<i>Encapsulation des messages</i>	280
9.3	Le protocole IPv4	283
9.4	Unité de transfert maximum	286
9.5	Fragmentation avec le protocole IP	287
9.6	Adresse IPv4	290
9.6.1	<i>Classes d'adresses</i>	291
9.6.2	<i>Assignation d'adresses</i>	292
9.6.3	<i>Adresses réservées</i>	293
9.6.4	<i>Adresse de sous-réseau</i>	294
9.6.5	<i>Établissement de sous-réseau</i>	296
9.6.6	<i>Masque à longueur variable</i>	298
9.6.7	<i>L'adressage sans classe</i>	302
9.6.7.1	<i>Exemple d'application CIDR</i>	305
9.6.7.2	<i>Récapitulation des routes (Route Summarization)</i>	306
9.7	IPv6	308
9.7.1	<i>Extension d'en-tête IPv6</i>	310
9.7.2	<i>Modèle d'adressage IPv6 (RFC 3513)</i>	311
9.7.3	<i>Transition de IPv4 à IPv6 (RFC 4213)</i>	314
9.8	Exercices	316
10	Support au protocole IP	321
10.1	Introduction	321
10.2	Protocole de résolution d'adresse ARP	322
10.2.1	<i>Format de paquet ARP</i>	325
10.2.2	<i>Application du protocole ARP</i>	326
10.2.3	<i>ARP mandataire (Proxy)</i>	329
10.2.4	<i>ARP gratuit</i>	331
10.3	RARP	331
10.4	ICMP (Internet Control Message Protocol)	332
10.4.1	<i>Réponse écho (Type 0) / Demande écho (Type 8)- Commande Ping</i>	335
10.4.2	<i>Destination inaccessible (Type 3)</i>	337

10.4.3	Arrosage de la source (Source Quench) (Type 4)	339
10.4.4	Changement de route (Route Redirect) (Type 5)	339
10.4.5	Durée de vie écoulée d'un datagramme (Datagram Time Exceeded) (Type 11)	339
10.4.6	Problème de paramètre d'un datagramme (Type 12)	339
10.4.7	Demande et réponse d'estampille (Type 13)	340
10.4.8	Calcul de la durée de rotation RTT (Round Trip Time)	340
10.4.9	Demande et réponse d'information, (Types 15 et 16)	341
10.4.10	Demande et réponse de masque d'adresse, (Types 17 et 18)	341
10.5	Le protocole DHCP	341
10.5.1	Message DHCP	342
10.5.2	Options	344
10.5.3	Allocation dynamique des adresses réseau	345
10.5.4	Agent de relais DHCP	352
10.5.5	Autres messages DHCP	353
10.6	Traduction des adresses du réseau - NAT	354
10.6.1	Fonctionnement de NAT	357
10.7	Système de noms de domaine DNS	359
10.7.1	Format du message DNS	362
10.7.2	Opération du DNS	366
10.7.3	Commande nslookup	368
10.8	IP Mobile	370
10.9	Exercices	373
11	Les protocoles de routage	375
11.1	Introduction	375
11.2	Le protocole de routage RIP	377
11.2.1	Temporisateurs RIP	380
11.2.2	Format de message RIP version 1	380
11.2.3	Format du message RIP dans la version 2	382
11.2.4	Problèmes de convergence	383
11.2.5	Horizon coupé (Split Horizon)	385
11.3	Open Shortest Path First (OSPF)	386
11.3.1	Les aires de OSPF	387

11.3.2	Types de réseaux OSPF	389
11.3.3	Les paquets de l'OSPF	390
11.3.3.1	Les paquets Hello	392
11.3.3.2	Les paquets Description de base de données (Database Description)	393
11.3.3.3	Le paquet « Demande d'état de lien » (Link State Request)	395
11.3.3.4	Le paquet « Mise à jour d'état de liens » (Link State Update)	396
11.3.3.5	Le paquet « Accusé de réception d'état des liens » (Link State Acknowledgement)	396
11.3.3.6	Annonce d'état de liens LSA (Link State Advertisement)	397
11.3.4	La machine d'état des routeurs voisins	401
11.3.5	Exemple d'établissement de contiguïté	403
11.3.6	Fonctionnement de OSPF	405
11.4	Border Gateway Protocol (BGP)	408
11.5	Algorithmes de routage	411
11.5.1	Algorithme de Dijkstra	411
11.5.2	Algorithme de Bellman-Ford	415
11.6	Multidistribution (Multicast)	419
11.6.1	Besoin et contexte	420
11.6.2	Le multicast sur réseau IP	420
11.6.3	Adresse de groupe	423
11.6.4	Distribution multicast	424
11.6.5	Protocoles du routage multicast	427
11.6.6	Le protocole IGMP	428
11.6.6.1	Mécanisme de fonctionnement IGMP	429
11.7	Résumé	430
11.8	Exercices	432
12	La couche transport	437
12.1	Introduction	437
12.2	UDP (User Datagram Protocol)	439
12.3	TCP (Transmission Control Protocol)	441
12.3.1	Services du protocole TCP	443

12.3.2	<i>Primitives de service TCP et IP</i>	445
12.3.3	<i>Format d'en-tête TCP</i>	445
12.3.4	<i>Établissement d'appel</i>	448
12.3.5	<i>Échanges des données</i>	450
12.3.6	<i>Libération de l'appel</i>	451
12.3.7	<i>Machine d'état TCP</i>	452
12.3.8	<i>Contrôle de flux</i>	455
12.3.8.1	<i>Fenêtre coulissante</i>	457
12.3.9	<i>Contrôle de congestion</i>	461
12.3.9.1	<i>Démarrage lent (Slow Start)</i>	462
12.3.9.2	<i>Évitement de la congestion (Congestion Avoidance)</i>	464
12.3.9.3	<i>TCP Tahoe</i>	465
12.3.9.4	<i>TCP Reno</i>	466
12.3.9.5	<i>Retransmission rapide et récupération rapide- new Reno</i>	466
12.3.10	<i>Temporisateurs, RTT (Round Time Trip) et RTO (Retransmission Timeout)</i>	467
12.3.10.1	<i>Temporisateur de persistance (Persist Timer)</i>	470
12.3.10.2	<i>Temporisateur de survie (Keepalive Timer)</i>	470
12.4	Exercices	472
13	Les applications sur Internet	475
13.1	Introduction	475
13.2	Le protocole HTTP	475
13.2.1	<i>Session HTTP</i>	476
13.2.2	<i>Connexion persistante</i>	477
13.2.3	<i>Pipelining</i>	479
13.2.4	<i>Les messages HTTP</i>	480
13.2.4.1	<i>Le message de demande</i>	480
13.2.4.2	<i>Le message de réponse</i>	482
13.3	Le protocole FTP	484
13.4	Le protocole TFTP	487
13.5	Le courrier électronique	490
13.5.1	<i>Le protocole SMTP</i>	492
13.5.2	<i>Contenu du message</i>	494
13.5.3	<i>Le protocole POP3</i>	494
13.6	Exercices	498

14	La gestion de réseau SNMP	501
14.1	Introduction	501
14.2	La gestion de réseau TCP/IP	502
14.2.1	Structure de gestion d'information (SMI)	504
14.2.2	MIB-II	508
14.2.3	Le protocole SNMP	509
14.2.3.1	Le message <i>GetRequest</i>	511
14.2.3.2	Le message <i>GetNextRequest</i>	513
14.2.3.3	Le message <i>SetRequest</i>	515
14.2.3.4	Le message <i>Trap</i>	516
14.2.4	Agent mandataire (<i>Proxy</i>)	516
14.2.5	SNMPv2	517
14.2.5.1	Les messages SNMPv2	518
14.3	Exercices	522
	Acronymes	525
	Bibliographie	531
	Index	535



Comme toute discipline qui se respecte, le domaine de la réseautique exige de grandes connaissances et couvre un spectre de spécialités assez vaste. C'est un domaine qui passionne autant les informaticiens que les ingénieurs en génie logiciel, les ingénieurs en télécommunication et les techniciens en réseaux.

Le présent ouvrage, *Protocoles et réseaux locaux*, a été conçu de manière à offrir les connaissances fondamentales en ce qui a trait au domaine de la réseautique, et tout particulièrement aux réseaux locaux et à l'accès à Internet.

Les protocoles des réseaux locaux comme Ethernet, les réseaux sans fil et les réseaux à jeton y sont traités. L'interfonctionnement entre réseaux locaux ainsi que l'application des réseaux locaux virtuels (VLAN) sont présentés. L'accent est mis, par la suite, sur le protocole IP et les protocoles qui le supportent, comme ARP, ICMP, DHCP, NAT et DNS. Les protocoles de routage utilisés dans Internet ainsi que les concepts du multicast sont aussi définis en détail. Les protocoles de la couche transport, notamment TCP et UDP, sont décrits en prenant en compte des méthodes de contrôle de flux et de congestion. Les protocoles d'applications typiques d'Internet comme HTTP, FTP, TFTP, SMTP et POP3, qui permettent l'accès au Web, le transfert de fichiers et le courrier électronique, ainsi que le protocole de gestion de réseau SNMP sont expliqués de façon claire et simple.

Michel Kadoch est professeur titulaire au Département de génie électrique de l'École de technologie supérieure de l'Université du Québec. Il est directeur de la maîtrise en génie logiciel et directeur du laboratoire de recherche LAGRIT (Laboratoire de gestion informatique et de télécommunication). Il est très actif en recherche et ses champs d'intérêt sont l'analyse de performance de réseaux de télécommunications, le développement de la qualité de services sur Internet, les réseaux sans fil, les réseaux Multicast, les voix sur IP, la téléphonie IP, les réseaux à hauts débits et la gestion de réseaux. Le professeur Kadoch est souvent sollicité par des entreprises pour son expertise. Il a dirigé pendant plus de 15 ans des projets sur le développement de nouvelles technologies auprès d'entreprises canadiennes. Il a été rapporteur spécial au sein de l'UIT-T (Union internationale des télécommunications) pendant plusieurs années. Il est également professeur associé à l'Université Concordia, à Montréal.

