

**BTS - DUT - LICENCE**

# **ARCHITECTURE DES RÉSEAUX**

**Cours et exercices corrigés**

5<sup>e</sup> édition revue  
et augmentée

Bertrand Petit

ellipses

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2. GÉNÉRALITÉS</b>	<b>5</b>
<b>1. RÔLES DES RÉSEAUX</b>	<b>5</b>
1.1. Objectifs techniques	5
1.2. Objectifs utilisateurs	6
<b>2. DIFFÉRENTS TYPES DE RÉSEAUX</b>	<b>7</b>
2.1. Les réseaux locaux	7
2.2. Les réseaux métropolitains	10
2.3. Les réseaux longue distance	11
<b>3. FONCTIONNEMENT THÉORIQUE D'UN RÉSEAU</b>	<b>13</b>
<b>1. NOTION DE COUCHES</b>	<b>13</b>
<b>2. SERVICES</b>	<b>14</b>
2.1. Définitions	15
2.2. Modes de communication	16
2.2.1. Le mode connecté	17
2.2.2. Le mode sans connexion	17
2.3. Primitives	18
<b>3. REMARQUES</b>	<b>18</b>
<b>4. MODÈLES DE RÉFÉRENCE</b>	<b>21</b>
<b>1. LE MODÈLE OSI</b>	<b>21</b>
1.1. Introduction	21
1.2. Le modèle de référence	21
1.3. La couche physique	23
1.4. La couche liaison de données	23

---

1.5. La couche réseau	24
1.6. La couche transport	25
1.7. La couche session	25
1.8. La couche présentation	26
1.9. La couche application	26
<b>2. LE MODÈLE TCP/IP</b>	<b>27</b>
2.1. Le modèle de référence	27
2.2. La couche hôte-réseau	28
2.3. La couche Internet	28
2.4. La couche transport	29
2.5. La couche application	29
2.6. Encapsulation des données	30
<b>3. LE MODÈLE ATM</b>	<b>31</b>
3.1. L'ATM	31
3.2. La couche physique	32
3.3. La couche ATM	32
3.4. La couche d'adaptation à l'ATM	32
<b>4. COMPARAISON DES MODÈLES OSI, TCP/IP et ATM</b>	<b>32</b>
<hr/>	
<b>5. LA COUCHE PHYSIQUE</b>	<b>35</b>
<b>1. MODES D'EXPLOITATION</b>	<b>35</b>
<b>2. PRINCIPES DE TRANSMISSION</b>	<b>36</b>
2.1. Transmission en bande de base	36
2.1.1. Description	36
2.1.2. Le code NRZ	38
2.1.3. Le code Manchester	38
2.1.4. Le code Manchester différentiel	39
2.1.5. Le code de Miller	39
2.2. Définitions	40
2.2.1. Valence d'une voie	40
2.2.2. Moment élémentaire	40
2.2.3. Vitesse de modulation	41
2.2.4. Débit binaire	41
2.2.5. Temps de transmission	42
2.3. Modulation et démodulation	42
2.3.1. Principe	42
2.3.2. Notion de signal	43
2.3.3. Bande passante	44
2.3.4. Loi de Nyquist	44
2.3.5. Théorème de Shannon	44
2.3.6. Norme V21 : modulation par saut de fréquence	45
2.3.7. Norme V22 : modulation par saut de phase	46
2.3.8. Norme V29 : modulation par saut de phase et d'amplitude	47
2.3.9. Multiplexage	48
2.3.10. Modems	49
2.3.11. Les technologies DSL	51
<b>3. SUPPORTS DE TRANSMISSION</b>	<b>55</b>

3.1. Le câble électrique à paires torsadées	56
3.1.1. Caractéristiques	56
3.1.2. Les différentes catégories	58
3.1.3. Les standards de brochage 568A et 568B	60
3.2. Les câbles coaxiaux	62
3.2.1. Réseaux locaux	62
3.2.2. Réseaux de télévision	63
3.3. La fibre optique	64
3.3.1. Fibres multimodes à saut d'indice	65
3.3.2. Fibres multimodes à gradient d'indice	66
3.3.3. Fibres monomodes	66
3.4. Les réseaux sans fil	67
3.4.1. Principe	67
3.4.2. Ondes radio	68
3.4.3. Ondes infrarouges	68
3.4.4. Ondes lumineuses	69
3.5. Les courants porteurs en ligne	69
3.5.1. Présentation	69
3.5.2. Fonctionnement	70
3.5.3. Intégration dans une installation électrique	71
<b>4. EXERCICES</b>	<b>72</b>
<b>5. CORRIGÉS</b>	<b>73</b>
<hr/>	
<b>6. LA COUCHE LIAISON DE DONNÉES</b>	<b>77</b>
<b>1. CONSTITUTION DES TRAMES</b>	<b>78</b>
<b>2. COMMUTATION</b>	<b>80</b>
2.1. Définitions	80
2.1.1. ETTD et ETCB	80
2.1.2. Commutateur	81
2.1.3. Taux de connexion	81
2.1.4. Taux d'activité	82
2.2. Méthodes de commutation	82
2.2.1. Commutation de circuits	82
2.2.2. Commutation de messages	83
2.2.3. Commutation de paquets	85
2.2.4. Commutation temporelle asynchrone	87
<b>3. GESTION DES ERREURS DE TRANSMISSION</b>	<b>88</b>
3.1. Détection	88
3.1.1. Bit de parité	89
3.1.2. Code CRC	89
3.2. Gestion d'une erreur	91
<b>4. GESTION DES ACQUITTEMENTS</b>	<b>91</b>
4.1. Problèmes d'erreurs	91
4.2. Protocole attente/réponse	92
4.3. Transmission avec anticipation : retransmission en continu	93
4.4. Transmission avec anticipation : retransmission sélective	94
<b>5. LE PROTOCOLE PPP</b>	<b>95</b>

<b>6. EXERCICES</b>	<b>96</b>
<b>7. CORRIGÉS</b>	<b>100</b>
<b>7. LA SOUS-COUCHE DE CONTRÔLE D'ACCÈS AU SUPPORT</b>	<b>107</b>
<b>1. LES MÉTHODES D'ACCÈS AU SUPPORT</b>	<b>108</b>
1.1. Méthodes sans collision	108
1.1.1. Allocation centralisée	108
1.1.2. Méthode Bit-Map	109
1.1.3. Allocation distribuée	109
1.2. Méthodes avec collisions	110
1.2.1. Méthodes ALOHA	110
1.2.2. Méthode CSMA 1-persistent	111
1.2.3. Méthode CSMA non persistent	112
1.2.4. Méthode CSMA/CD	113
1.2.5. Méthode RTS/CTS	114
<b>2. LES NORMES DE RÉSEAUX</b>	<b>115</b>
2.1. La norme 802.3 et l'architecture Ethernet	116
2.1.1. Description	116
2.1.2. L'architecture Ethernet	118
2.1.3. Éléments actifs Ethernet	120
2.1.4. Connexions de hubs et règle des 5, 4, 3	123
2.2. La norme 802.3u et l'architecture Fast Ethernet	124
2.2.1. Spécifications	124
2.2.2. Les éléments actifs Fast Ethernet	126
2.2.3. L'architecture 100BaseVG	126
2.3. La norme 802.3z et l'architecture Gigabit Ethernet	127
2.4. La norme 802.3ae et l'architecture 10 Gigabits Ethernet	129
2.5. Des évolutions vers le 25 Gbit/s et le 40 Gbit/s	130
2.6. La norme 802.4 et l'architecture Token Bus	130
2.7. La norme 802.5 et l'architecture Token Ring	132
2.7.1. Description	133
2.7.2. L'architecture Token Ring	134
2.8. La norme 802.6	135
2.9. La norme 802.11 et les architectures sans fil Wifi	136
2.9.1. Les spécifications 802.11	137
2.9.2. Les évolutions de 802.11	138
2.10. La norme 802.15.1 et l'architecture Bluetooth	140
2.11. La norme 802.15.4 et les infrastructures LPWAN	140
2.11.1. L'Internet des objets	140
2.11.2. Les LPWAN	141
2.12. La norme 802.15.6 et les infrastructures LPWAN pour la santé	142
2.13. La norme 802.15.7 et l'architecture LiFi	142
2.14. La norme 802.16 et l'architecture WiMax	143
2.14.1. Le WiMax fixe	144
2.14.2. Le WiMax mobile	144
2.15. La norme FDDI	146
2.16. La norme Frame Relay	147

2.17. Le système GSM	148
2.17.1. Fonctionnement	148
2.17.2. Générations	149
2.17.3. GPRS	150
2.17.4. UMTS	150
2.17.5. EDGE	152
2.17.6. HSDPA	152
2.17.7. HSUPA	153
2.17.8. HSPA+	153
2.17.9. LTE	153
2.17.10. LTE Advanced	154
<b>3. LES VLAN</b>	<b>155</b>
3.1. Principe	155
3.2. Marquage	157
3.3. Qualité de service	159
<b>4. LES PONTS</b>	<b>159</b>
4.1. Principe	159
4.2. Pare-feu	160
<b>5. EXERCICES</b>	<b>161</b>
<b>6. CORRIGÉS</b>	<b>163</b>
<hr/>	
<b>8. LA COUCHE RÉSEAU</b>	<b>167</b>
<b>1. ROUTAGE</b>	<b>167</b>
1.1. Datagramme ou circuit virtuel	167
1.2. Principe de routage	168
1.3. Algorithmes	169
1.3.1. Routage par inondation	169
1.3.2. Routage du plus court chemin	170
1.3.3. Routage à vecteur de distance	171
1.3.4. Routage hiérarchique	171
1.3.5. Routage dans les réseaux sans fil	172
<b>2. LE PROTOCOLE IP</b>	<b>174</b>
2.1. Le datagramme IP	175
2.2. L'adressage IP	178
2.3. Les masques de sous-réseau	182
2.4. Les sur-réseaux	183
2.5. La notation CIDR	184
2.6. Le routage IP : RIP	186
2.7. Les protocoles ARP et RARP	189
2.8. Exemple d'une interconnexion de réseaux IP	190
2.9. Le service DHCP	191
2.10. IPv6	192
2.10.1. Limites d'IPv4	192
2.10.2. Apports d'IPv6	192
2.10.3. Adresses IPv6	193
2.11. IPsec	196
2.11.1. Authentification	196

2.11.2. Intégrité et chiffrement	197
2.11.3. Mode transport ou mode tunnel	197
<b>3. EXERCICES</b>	<b>198</b>
<b>4. CORRIGÉS</b>	<b>204</b>
<hr/>	
<b>9. LA COUCHE TRANSPORT</b>	<b>213</b>
<b>1. GESTION D'UNE CONNEXION</b>	<b>214</b>
1.1. Identification des extrémités	214
1.2. Établissement d'une connexion	215
1.3. Transmission des données	216
1.4. Déconnexion	217
<b>2. QUALITÉ DE SERVICE</b>	<b>217</b>
<b>3. MULTIPLEXAGE</b>	<b>218</b>
<b>4. LES PROTOCOLES TCP, UDP ET ICMP</b>	<b>219</b>
4.1. Le protocole TCP	219
4.2. Le protocole UDP	221
4.3. Le protocole ICMP	222
<hr/>	
<b>10. LA COUCHE APPLICATION</b>	<b>225</b>
<b>1. LA COMMUNICATION</b>	<b>226</b>
1.1. SMTP : le courrier électronique	226
1.1.1. Les adresses électroniques	226
1.1.2. Les protocoles SMTP et POP3	227
1.1.3. Le protocole IMAP	229
1.2. NNTP : les nouvelles ( <i>News</i> )	230
1.3. EFnet : les canaux de discussion	231
1.4. Talk	232
1.5. VoIP et ToIP	233
1.5.1. VoIP et ToIP	233
1.5.2. Principes de base	234
1.5.3. Le protocole de signalisation H323	236
1.5.4. Le protocole de signalisation SIP	239
1.5.5. Le protocole de transport RTP	241
1.5.6. Le protocole de transport RTCP	242
1.5.7. La QoS en VoIP	242
<b>2. FTP : LE TRANSFERT DE FICHIERS</b>	<b>246</b>
<b>3. LA PRISE DE COMMANDE À DISTANCE</b>	<b>247</b>
3.1. Le protocole TELNET	247
3.2. Le protocole SSH	248
<b>4. HTTP : LE WEB</b>	<b>250</b>
4.1. Le concept de toile	250
4.2. Clients et serveurs	251
4.3. Le protocole HTTP	252
4.4. Le DNS	252
4.4.1. Objectifs	252
4.4.2. Nom de domaine totalement qualifié	252
4.4.3. Résolution	253

---

4.4.4. Structures des tables	254
4.5. Traitement d'une requête HTTP	255
4.5.1. Phase 1 : Connexion et gestion de l'adressage IP	256
4.5.2. Phase 2 : Mise en place de la connexion TCP	257
4.5.3. Phase 3 : Affichage de la page Web	258
4.6. Le Web 2.0	259
4.7. Le Web 3.0 : l'Internet des objets	259
<b>5. L'ADMINISTRATION : PING ET SNMP</b>	<b>259</b>
5.1. Le modèle d'administration	259
5.2. L'utilitaire ping	262
5.3. Le protocole SNMP	264
<b>6. LA SÉCURITÉ : SSL / TLS</b>	<b>266</b>
<b>7. LA SUPERVISION</b>	<b>267</b>
7.1. Les besoins	267
7.2. Vocabulaire de la supervision	268
7.3. Fonctionnement global	269
<b>8. EXERCICES</b>	<b>270</b>
<b>9. CORRIGÉS</b>	<b>270</b>
<hr/> <b>INDEX</b>	<hr/> <b>273</b>