

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1. La virtualisation</b>	<b>15</b>
1.1. Les réseaux logiciels	19
1.2. Les hyperviseurs et conteneurs	20
1.3. Kubernetes	23
1.4. Propriétés des réseaux virtuels	24
1.5. Les équipements virtuels	25
1.6. Conclusion	27
<b>Chapitre 2. Le SDN</b>	<b>29</b>
2.1. L'objectif du SDN	30
2.2. L'architecture ONF	32
2.3. NFV	38
2.4. OPNFV	39
2.5. Interface sud	40
2.6. Le contrôleur	42
2.7. Interface nord	43
2.8. Plan applicatif	44
2.9. L'urbanisation	46
2.10. Conclusion	47
<b>Chapitre 3. Fabric, SD-WAN, vCPE, vRAN, vEPC</b>	<b>51</b>
3.1. Le contrôle des fabrics	51
3.1.1. NSX de la société VMware	53

3.1.2. Cisco ACI . . . . .	56
3.1.3. OpenContrail et Juniper . . . . .	58
3.1.4. Brocade . . . . .	60
3.1.5. Architecture SDN de Nokia . . . . .	61
3.2. SD-WAN . . . . .	62
3.3. vCPE . . . . .	66
3.4. vRAN . . . . .	67
3.5. vEPC . . . . .	68
 <b>Chapitre 4. Les logiciels libres pour les réseaux . . . . .</b>	 <b>71</b>
4.1. Le logiciel libre . . . . .	71
4.2. OCP . . . . .	73
4.3. OPNFV . . . . .	74
4.4. ONAP . . . . .	81
4.5. Open vSwitch . . . . .	85
4.6. OpenDaylight Platform . . . . .	86
4.7. FD.io . . . . .	87
4.8. PNDA . . . . .	88
4.9. SNAS . . . . .	89
 <b>Chapitre 5. Le MEC . . . . .</b>	 <b>91</b>
5.1. La virtualisation des eNodeB et gNodeB . . . . .	93
5.2. Le C-RAN . . . . .	97
 <b>Chapitre 6. Le Fog Networking . . . . .</b>	 <b>103</b>
6.1. Les architectures Fog . . . . .	103
6.2. Les contrôleurs Fog . . . . .	106
6.3. Fog et Internet des objets . . . . .	110
6.4. Conclusion . . . . .	111
 <b>Chapitre 7. Le Skin Networking . . . . .</b>	 <b>113</b>
7.1. L'architecture du Skin Networking . . . . .	113
7.2. Les points d'accès virtuels . . . . .	114
7.3. LAN logiciel . . . . .	117
7.4. L'Internet participatif . . . . .	118
7.5. Conclusion . . . . .	121

<b>Chapitre 8. L'automatisation des réseaux logiciels . . . . .</b>	<b>123</b>
8.1. Automatisation de l'implémentation des réseaux logiciels . . . . .	124
8.2. Gestion d'un environnement complexe . . . . .	125
8.3. Les systèmes multiagents. . . . .	127
8.4. Les systèmes d'agents réactifs. . . . .	131
8.5. Les réseaux actifs, programmables et autonomes . . . . .	133
8.6. Les réseaux autonomiques . . . . .	136
8.7. Conclusion . . . . .	139
 <b>Chapitre 9. Protocoles de nouvelle génération. . . . .</b>	 <b>141</b>
9.1. OpenFlow. . . . .	143
9.2. VXLAN . . . . .	149
9.3. NVGRE . . . . .	150
9.4. Ethernet MEF . . . . .	151
9.5. Ethernet Carrier Grade . . . . .	152
9.6. TRILL . . . . .	155
9.7. LISP . . . . .	157
9.8. Conclusion . . . . .	159
 <b>Chapitre 10. Mobile Cloud Computing, Cloud mobile et contrôle de la mobilité . . . . .</b>	 <b>161</b>
10.1. Le Mobile Cloud Computing. . . . .	161
10.2. Cloud mobile . . . . .	166
10.3. Les contrôleurs de terminaux mobiles . . . . .	168
10.4. Les protocoles pour la mobilité . . . . .	172
10.4.1. IP Mobile . . . . .	173
10.4.2. Solutions pour la micromobilité. . . . .	175
10.5. Le multihoming . . . . .	175
10.6. Multihoming de niveau réseau . . . . .	177
10.6.1. HIP. . . . .	178
10.6.2. SHIM6 . . . . .	180
10.6.3. mCoA dans Mobile IPv6. . . . .	181
10.7. Multihoming de niveau transport . . . . .	183
10.7.1. SCTP . . . . .	183
10.7.2. CMT . . . . .	187
10.7.3. MPTCP . . . . .	189
10.8. Conclusion . . . . .	190

<b>Chapitre 11. Wi-Fi et 5G</b>	<b>191</b>
11.1. 3GPP et IEEE	192
11.2. Wi-Fi nouvelle génération	193
11.2.1. Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac)	194
11.2.2. IEEE 802.11ad	196
11.2.3. IEEE 802.11af	197
11.2.4. Halow (IEEE 802.11ah)	198
11.2.5. Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) et super WiGig (IEEE 802.11ay)	200
11.3. Les small cells	200
11.3.1. Les femtocells	201
11.3.2. Les hotspots	204
11.3.3. Wi-Fi Passpoint	206
11.3.4. La virtualisation du Wi-Fi et des HNB	210
11.3.5. Les réseaux backhaul	213
11.4. Radio logicielle et machine virtuelle radio	215
11.5. La 5G	216
11.5.1. La radio 5G	220
11.5.2. Le réseau cœur	223
11.5.3. Le C-RAN	225
<b>Chapitre 12. L'Internet des objets</b>	<b>227</b>
12.1. L'Internet des capteurs	228
12.2. RFID	230
12.3. NFC	235
12.4. Le paiement sans contact NFC	236
12.5. HIP	237
12.6. L'Internet médical	238
12.7. Étude de cas : la ville intelligente	240
12.8. Conclusion	243
<b>Chapitre 13. Les réseaux véhiculaires</b>	<b>245</b>
13.1. La G5	247
13.2. Normalisation de la 5G	250
13.2.1. Réseaux véhiculaires 5G	251
13.2.2. Présentation technologique de C-V2X	253
13.3. Le VLC	255
13.4. Conclusion	257

---

<b>Chapitre 14. L'Internet tactile</b>	<b>259</b>
14.1. Les applications de l'Internet tactile	259
14.2. Les fonctionnalités nécessaires pour obtenir un Internet tactile	261
14.3. Les caractéristiques techniques pour la 5G	264
14.4. L'Internet tactile dans le cadre de l'industrie 4.0	267
14.5. Conclusion	268
 <b>Chapitre 15. La sécurité</b>	 <b>269</b>
15.1. Éléments sécurisés	271
15.2. Solutions à base d'éléments sécurisés	274
15.2.1. Les éléments sécurisés virtuels	274
15.2.2. TEE	276
15.2.3. TSM	277
15.2.4. Solution sans TSM	282
15.2.5. HCE	283
15.2.6. Les solutions pour la sécurisation.	283
15.3. La blockchain.	290
15.4. Conclusion	292
 <b>Chapitre 16. La concrétisation et les <i>morphware networks</i></b>	 <b>293</b>
16.1. Les accélérateurs	294
16.2. Microprocesseur reconfigurable	295
16.3. <i>Morphware networks</i>	300
16.4. Conclusion	303
 <b>Conclusion</b>	 <b>305</b>
 <b>Bibliographie</b>	 <b>307</b>
 <b>Index</b>	 <b>309</b>