

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>Chapitre 1. Le service MBB : l'architecture du réseau</b> . . . . .	<b>11</b>
1.1. L'architecture initiale . . . . .	11
1.1.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	11
1.1.2. L'architecture protocolaire . . . . .	16
1.2. L'architecture CUPS . . . . .	22
1.3. Les réseaux hétérogènes . . . . .	25
1.3.1. La station HeNB . . . . .	26
1.3.2. Le nœud de relais . . . . .	29
1.3.3. Le module RRH . . . . .	32
1.3.4. La double connectivité . . . . .	34
<b>Chapitre 2. Le service MBB : le multiplexage spatial</b> . . . . .	<b>37</b>
2.1. Les techniques de multiplexage . . . . .	37
2.1.1. Le mécanisme MIMO . . . . .	37
2.1.2. La formation de faisceaux . . . . .	39
2.1.3. Le système antenne . . . . .	39
2.2. Les ports d'antenne . . . . .	41
2.2.1. Le sens descendant . . . . .	41
2.2.2. Le sens montant . . . . .	44
2.3. Les informations UCI . . . . .	44
2.4. Les modes de transmission . . . . .	46
2.4.1. Le sens descendant . . . . .	46
2.4.2. Le sens montant . . . . .	49

2.5. Le mécanisme FD-MIMO . . . . .	50
2.6. Le mécanisme eFD-MIMO . . . . .	55
<b>Chapitre 3. Le service MBB : l'agrégation des canaux. . . . .</b>	<b>59</b>
3.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	59
3.2. L'agrégation LTE . . . . .	60
3.2.1. Les canaux radioélectriques . . . . .	60
3.2.2. Le canal physique PDCCH . . . . .	63
3.2.3. La couche MAC . . . . .	64
3.2.4. Les catégories de mobiles . . . . .	65
3.3. L'agrégation LAA . . . . .	68
3.3.1. La structure de la trame . . . . .	68
3.3.2. L'accès au canal radioélectrique . . . . .	70
3.3.3. Le signal de référence DRS . . . . .	71
3.4. L'agrégation LWA . . . . .	72
3.4.1. L'architecture protocolaire . . . . .	72
3.4.2. Les procédures. . . . .	74
3.5. L'agrégation LWIP . . . . .	78
3.5.1. L'architecture protocolaire . . . . .	78
3.5.2. L'établissement des tunnels . . . . .	79
<b>Chapitre 4. L'intégration du Wi-Fi : l'architecture du réseau. . . . .</b>	<b>81</b>
4.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	81
4.1.1. L'architecture basée sur l'interface S2a . . . . .	81
4.1.2. L'architecture basée sur l'interface S2b . . . . .	84
4.1.3. L'architecture basée sur l'interface S2c . . . . .	86
4.2. L'établissement des tunnels . . . . .	87
4.2.1. L'architecture basée sur l'interface S2a . . . . .	87
4.2.2. L'architecture basée sur l'interface S2b . . . . .	91
4.2.3. L'architecture basée sur l'interface S2c . . . . .	92
4.3. Le protocole DIAMETER . . . . .	93
4.3.1. Les interfaces du serveur AAA . . . . .	93
4.3.2. Les interfaces de l'entité PCRF . . . . .	98
<b>Chapitre 5. L'intégration du Wi-Fi : les procédures. . . . .</b>	<b>101</b>
5.1. L'authentification mutuelle . . . . .	101
5.1.1. La méthode EAP-AKA' . . . . .	101

5.1.2. La procédure d'authentification mutuelle . . . . .	102
5.1.3. La procédure de renouvellement rapide de l'authentification . . .	105
5.1.4. L'application au mécanisme MIPv4 FA. . . . .	106
5.2. L'établissement du tunnel SWu . . . . .	107
5.2.1. Le mécanisme IPSec . . . . .	107
5.2.2. La procédure d'établissement du tunnel SWu . . . . .	108
5.2.3. La procédure de renouvellement rapide de l'authentification . . .	111
5.3. L'établissement des tunnels S2a/S2b. . . . .	112
5.3.1. Le mécanisme PMIPv6 . . . . .	112
5.3.2. Le mécanisme GTPv2 . . . . .	117
5.3.3. Le mécanisme MIPv4 FA . . . . .	119
5.4. L'établissement du tunnel S2c. . . . .	122
5.4.1. L'accès Wi-Fi contrôlé. . . . .	123
5.4.2. L'accès Wi-Fi non contrôlé . . . . .	124
<b>Chapitre 6. L'intégration du Wi-Fi : la découverte et la sélection du réseau . . . . .</b>	<b>127</b>
6.1. Les mécanismes définis par l'organisme 3GPP. . . . .	127
6.1.1. La fonction ANDSF . . . . .	127
6.1.2. L'assistance du réseau RAN . . . . .	137
6.2. Les mécanismes définis par les organismes IEEE et WFA . . . . .	139
6.2.1. Les éléments d'information fournis par la balise . . . . .	141
6.2.2. Les éléments d'information fournis par le serveur ANQP . . . . .	142
<b>Chapitre 7. Le service LLC : les communications de proximité . . .</b>	<b>147</b>
7.1. Introduction. . . . .	147
7.2. L'architecture fonctionnelle . . . . .	149
7.2.1. La communication D2D . . . . .	149
7.2.2. La communication V2X . . . . .	153
7.3. La découverte directe . . . . .	155
7.4. L'interface radioélectrique . . . . .	156
7.4.1. La structure de l'interface radioélectrique . . . . .	156
7.4.2. Les ressources physiques . . . . .	158
<b>Chapitre 8. Le service LLC : les communications de groupe . . . .</b>	<b>165</b>
8.1. Introduction. . . . .	165
8.2. L'architecture de transport . . . . .	166

8.2.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	166
8.2.2. L'architecture protocolaire . . . . .	168
8.3. L'architecture de service . . . . .	168
8.3.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	168
8.3.2. L'architecture protocolaire . . . . .	171
8.4. L'interface radioélectrique . . . . .	173
8.4.1. Le signal physique MBSFN-RS . . . . .	173
8.4.2. Le canal physique PMCH . . . . .	175
8.4.3. Les messages RRC . . . . .	179
8.5. Les procédures . . . . .	184
8.5.1. L'authentification mutuelle . . . . .	184
8.5.2. L'enregistrement du mobile . . . . .	185
8.5.3. L'établissement du support <i>multicast</i> . . . . .	186
<b>Chapitre 9. Le service LLC : les fonctions GCSE et MCPTT . . . . .</b>	<b>189</b>
9.1. Introduction . . . . .	189
9.2. La fonction GCSE . . . . .	190
9.2.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	190
9.2.2. L'architecture protocolaire . . . . .	191
9.3. La fonction MCPTT . . . . .	192
9.3.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	192
9.3.2. L'architecture protocolaire . . . . .	196
9.4. Les procédures . . . . .	200
9.4.1. La création d'un groupe . . . . .	200
9.4.2. L'affiliation à un groupe . . . . .	201
9.4.3. Le pré-établissement d'une session . . . . .	202
9.4.4. L'appel de groupe . . . . .	204
9.4.5. L'appel privé . . . . .	205
9.4.6. La prise de parole . . . . .	208
<b>Chapitre 10. Le service MTC : l'architecture du réseau . . . . .</b>	<b>211</b>
10.1. L'architecture fonctionnelle . . . . .	211
10.1.1. L'entité MTC-IWF . . . . .	212
10.1.2. L'entité MTC-AAA . . . . .	213
10.1.3. L'entité SCEF . . . . .	213
10.1.4. L'entité IWF-SCEF . . . . .	214
10.2. L'optimisation du réseau . . . . .	215
10.2.1. L'état RRC <i>Suspend</i> . . . . .	216

---

10.2.2. L'état RRC <i>Resume</i> . . . . .	217
10.3. Le contrôle de la congestion . . . . .	218
10.4. Les procédures . . . . .	220
10.4.1. La procédure de déclenchement. . . . .	220
10.4.2. La livraison d'un message de groupe. . . . .	221
10.4.3. La configuration de la surveillance d'événements . . . . .	223
10.4.4. Le transfert des données NIDD . . . . .	227
<b>Chapitre 11. Le service MTC : les interfaces radioélectriques . . . .</b>	<b>233</b>
11.1. Introduction . . . . .	233
11.2. Les fonctionnalités particulières . . . . .	234
11.2.1. Le mode PSM . . . . .	234
11.2.2. La fonction eDRX. . . . .	235
11.2.3. L'extension de couverture . . . . .	235
11.3. L'interface LTE-M. . . . .	235
11.3.1. Le canal radioélectrique . . . . .	235
11.3.2. La période de garde . . . . .	236
11.3.3. Les canaux physiques. . . . .	237
11.4. L'interface NB-IoT . . . . .	240
11.4.1. Le canal radioélectrique . . . . .	240
11.4.2. Le bloc de ressources . . . . .	241
11.4.3. Les canaux et les signaux physiques . . . . .	242
<b>Chapitre 12. Le service MBB : l'intégration de la 5G . . . . .</b>	<b>251</b>
12.1. Les options de déploiement. . . . .	251
12.2. L'architecture fonctionnelle . . . . .	253
12.3. L'architecture protocolaire . . . . .	254
12.3.1. L'interface radioélectrique . . . . .	254
12.3.2. L'interface F1 . . . . .	258
12.4. Les procédures . . . . .	259
12.4.1. L'addition d'un nœud secondaire . . . . .	259
12.4.2. Le changement d'un nœud secondaire . . . . .	261
12.4.3. Le retrait d'un nœud secondaire. . . . .	263
12.5. La chaîne de transmission . . . . .	264
12.5.1. Les bandes de fréquences . . . . .	264
12.5.2. La forme d'onde . . . . .	265
12.5.3. La trame temporelle. . . . .	267
12.5.4. Les codes de correction d'erreurs. . . . .	268

12.5.5. Les signaux de référence . . . . . 268  
12.5.6. Le bloc PSS, SSS et PBCH . . . . . 269

**Liste des acronymes . . . . . 273**

**Bibliographie . . . . . 287**

**Index . . . . . 293**