

## Table des matières

<b>Remerciements</b> . . . . .	11
<b>Avant-propos. Pourquoi et pour qui est écrit ce livre ?</b> . . . . .	13
<b>Introduction</b> . . . . .	17
<b>PREMIÈRE PARTIE. Le contexte</b> . . . . .	19
<b>Chapitre 1. Rappel des contraintes de design d’antennes d’un NFC device</b> . . . . .	23
1.1. Contraintes normatives . . . . .	24
1.1.1. Liaison montante d’Initiator à Targets. . . . .	25
1.1.2. Liaison descendante de Targets à l’Initiator . . . . .	25
1.1.3. Normes <i>contactless versus</i> antennes des NFC devices . . . . .	28
1.1.4. Technologies. . . . .	29
1.1.5. NFC Forum Devices et NFC Forum Tags . . . . .	29
1.1.6. « Modes » de communication d’un NFC Forum Device . . . . .	31
1.1.7. « Rôle » d’un NFC Forum Device . . . . .	32
1.1.8. Attention à la publicité mensongère . . . . .	34
1.2. Contraintes réglementaires. . . . .	34
1.2.1. Régulations RF . . . . .	34
1.3. Contraintes de marché du NFC . . . . .	35
1.4. Contraintes typologiques du NFC. . . . .	35
1.4.1. Conséquences applicatives et leurs contraintes directes . . . . .	36
1.5. Contraintes applicatives à la conception d’antennes . . . . .	37

<b>Chapitre 2. Introduction et rappels des principes utilisés en NFC.</b>	<b>41</b>
2.1. Les bases physiques du <i>contactless</i> et du NFC	41
2.1.1. Phénomène de propagation et de rayonnement.	41
2.1.2. Classification des champs et des régions de l'espace	41
2.1.3. Régions de l'espace.	42
2.1.4. Champ lointain : $r \gg \lambda/2\pi$ – (zone de Fraunhofer)	42
2.1.5. Champ intermédiaire : $r$ de l'ordre de $\lambda$ – (zone de Fresnel).	42
2.1.6. Champ proche : $r \ll \lambda/2\pi$ – (zone de Rayleigh)... et par essence même l'origine du terme « NF – Near Field » et donc du NFC !	43
2.1.7. Remarques concernant les applications <i>contactless</i> , RFID et NFC	43
2.2. Le concept NFC	44
2.2.1. Loi de Biot-Savart	45
2.2.2. Champ H en un point de l'axe d'une antenne circulaire	46
2.2.3. Décroissance du champ H en fonction de « d »	48
2.2.4. Champ H en un point de l'axe d'une antenne rectangulaire	49
 <b>DEUXIÈME PARTIE. Méthodes et conceptions d'antennes de NFC devices.</b>	 <b>51</b>
 <b>Chapitre 3. Antennes « Initiator » : calculs détaillés</b>	 <b>55</b>
3.1. Introduction.	55
3.1.1. Il y a Initiator et Initiator !	55
3.2. Conception de l'antenne d'un Initiator (sans influence de l'environnement extérieur)	57
3.2.1. Mode opératoire.	58
3.2.2. Rappels pédagogiques	59
3.2.3. Choix du circuit intégré	68
3.2.4. Aspects contraintes réglementaires et pollutions EMC	72
3.2.5. Filtrage EMC	73
3.2.6. Choix de la Target utilisée et incidence de son $H_{\text{threshold}}$ .	85
3.2.7. Détermination de la valeur de l'inductance de l'antenne de l'Initiator	86
3.2.8. Antenne simple	92
3.2.9. Circuit d'adaptation d'impédance de l'antenne	99

3.2.10. Calcul du courant dans la bobine d'antenne de l'Initiator. . . . .	104
3.2.11. Résumé et exemples . . . . .	106
3.2.12. Simulations . . . . .	107
3.2.13. Valeur du champ H rayonné par l'antenne . . . . .	112
3.2.14. Calcul et valeur de la distance de fonctionnement . . . . .	112
3.3. Coefficient de qualité Q maximal de l'antenne de l'Initiator. . . . .	113
3.3.1. Q et la coupure du champ . . . . .	114
3.3.2. Décroissance du champ ISO . . . . .	117
3.3.3. Mesure de Q dans l'application. . . . .	118
3.3.4. Mesure de la bande passante dans l'application . . . . .	120
3.4. Petit bréviaire de conception d'une antenne Initiator . . . . .	121
<b>Chapitre 4. Exemples d'applications d'antennes Initiator . . . . .</b>	<b>123</b>
4.1. Grandes antennes . . . . .	123
4.1.1. Communication avec un mono-NFC device en mode « émulation carte – <i>battery-assisted</i> » . . . . .	123
4.1.2. Communication multi-NFC devices en mode « Tag <i>batteryless</i> » . . . . .	124
4.2. Grande antenne en mono-device . . . . .	124
4.2.1. Formats mécaniques des NFC devices Targets . . . . .	124
4.2.2. <i>Form factors</i> et tailles des antennes des Targets . . . . .	125
4.2.3. Distances applicatives souhaitées de fonctionnement. . . . .	126
4.2.4. Estimation des <i>loading effects</i> sur la distance ou plage de fonctionnement . . . . .	126
4.2.5. Environnement (cuivre, de ferrite, de batterie, etc.) . . . . .	127
4.2.6. Quelques mesures pour illustrer nos propos . . . . .	127
4.2.7. $H_d$ champ nécessaire à la NFC device Target . . . . .	128
4.2.8. $H_0$ nécessaire à créer au niveau de l'antenne de l'Initiator. . . . .	129
4.2.9. Puissance P (en watt) . . . . .	129
4.2.10. Champ H que doit produire l'Initiator pour une Target spécifique . . . . .	130
4.2.11. Définition de l'antenne de l'Initiator : format du <i>landing area</i> du lecteur (... là où on pose la Target) . . . . .	130
4.2.12. Considérations « système » de l'application . . . . .	130
4.2.13. Circuits intégrés du marché pour attaque directe de l'antenne . . . . .	131
4.2.14. Amplificateurs booster . . . . .	133
4.2.15. Problème de la valeur de la rétro-modulation . . . . .	137

4.3. Grandes antennes en multi-antennes . . . . .	139
4.3.1. En mode simultané (non multiplexé temporellement) . . . . .	139
4.3.2. En mode multiplexé temporellement . . . . .	141
4.4. Grandes antennes en multi-devices . . . . .	143
4.4.1. Conclusions . . . . .	145
4.5. Autres exemples d'antennes Initiator. . . . .	145
<b>Chapitre 5. Antennes pour Targets et Tags : calculs détaillés . . . . .</b>	<b>149</b>
5.1. Introduction : il y a Target et Target ! . . . . .	149
5.2. NFC Forum Tags . . . . .	149
5.2.1. <i>Technology Subset</i> . . . . .	150
5.3. Introduction aux problèmes des antennes Targets/Tag . . . . .	155
5.3.1. Accord de la Target/Tags . . . . .	155
5.3.2. L'inductance, L . . . . .	155
5.4. Etat de l'art des dimensions des antennes . . . . .	163
5.4.1. Dimensions des antennes des Targets . . . . .	163
5.4.2. Exemples d'applications de Targets avec antennes en classes ISO . . . . .	166
5.5. Aspects technologiques des Targets et Tags NFC . . . . .	172
5.5.1. Données propres aux circuits intégrés pour usage de Targets NFC . . . . .	172
5.5.2. Données propres aux capacités additionnelles . . . . .	173
5.5.3. Données industrielles propres aux technologies des antennes . . . . .	173
5.5.4. Technologies en jeu. . . . .	173
5.5.5. Estimation du nombre minimum de spires de l'antenne de la Target pour garantir sa téléalimentation . . . . .	178
<b>Chapitre 6. Exemples détaillés de conceptions d'antennes de Target . . . . .</b>	<b>179</b>
6.1. Cas des petites antennes . . . . .	179
6.1.1. Exemples en classes 4, 5, 6... ou proches ! . . . . .	181
6.1.2. Exemple de conception en classe 5 . . . . .	181
6.1.3. Exemples . . . . .	186
6.1.4. Exemple de conception en classe 6 . . . . .	189
6.2. Cas des très petites antennes. . . . .	195
6.2.1. Exemple de conception en classes... 11, 12, 13... . . . . .	196
6.3. Cas des grandes antennes Targets/Tags NFC – Format A4. . . . .	208
6.3.1. Antennes de dossards NFC pour coureurs de marathon et triathlon . . . . .	208

6.3.2. Propriétés techniques requises par la Target/Tag NFC . . . . .	209
6.4. Cas des très grandes antennes Targets – Format A3 . . . . .	210
6.4.1. Contexte et cadre technique des grandes antennes. . . . .	210
6.4.2. Concept retenu. . . . .	211
6.4.3. Exemple de réseau à quatre antennes . . . . .	217
6.4.4. Simplification de l'équation. . . . .	220
<b>TROISIÈME PARTIE. Le couple Initiator-Target . . . . .</b>	<b>237</b>
<b>Chapitre 7. Le couple Initiator-Target et ses couplages. . . . .</b>	<b>241</b>
7.1. Les circuits et leurs couplages. . . . .	242
7.1.1. Induction mutuelle, inductance mutuelle et mutuelle . . . . .	243
7.1.2. Mutuelle parfaite . . . . .	245
7.1.3. Mutuelle non parfaite. . . . .	246
7.1.4. Coefficient de couplage « k » . . . . .	249
7.2. Circuits accordés couplés par mutuelle induction . . . . .	252
7.2.1. Pourquoi le presque ? . . . . .	252
7.2.2. Indice de couplage « n » . . . . .	253
7.2.3. Pour conclure... important . . . . .	254
7.3. Circuits couplés identiques et accordés sur la même fréquence . . . . .	256
7.3.1. Fonction de transfert, $A(\omega) = V_2/V_1$ ... vue en tension du secondaire. . . . .	257
7.3.2. Coefficient de transmission « $K_t$ » . . . . .	258
7.3.3. En résumé . . . . .	259
7.3.4. Fonctionnement au voisinage de la fréquence de résonance $f_0$ . . . . .	262
<b>Chapitre 8. Le couple Initiator-Target et le <i>loading effect</i>. . . . .</b>	<b>277</b>
8.1. <i>Loading effect</i> par couplage . . . . .	277
8.2. Antennes accordées couplées... vu en courant primaire . . . . .	278
8.2.1. Primaire (Initiator) non chargé (pas de Target dans le champ) . . . . .	279
8.2.2. Primaire (Initiator) chargé (présence de Target(s) dans le champ) . . . . .	280
8.2.3. Valeur de $R_2$ compte tenu de l'environnement . . . . .	283
8.3. Quelques éléments de réflexions . . . . .	283
8.4. <i>Loading effect</i> . . . . .	286
8.4.1. Définition et commentaires . . . . .	286
8.4.2. Paramètres mis en jeu dans le <i>loading effect</i> . . . . .	288

8.4.3. Variation de la distance de fonctionnement et donc du couplage . . . . .	290
8.4.4. Couplage magnétique et ses conséquences . . . . .	290
8.4.5. Performances requises par l'Initiator : <i>loading effect</i> sur la valeur de la téléalimentation de la Target . . . . .	291
8.4.6. Qualité du champ magnétique émis . . . . .	291
8.4.7. Exemples de coefficients de couplages et de <i>loading effects</i> . . . . .	299
8.4.8. Circuit de <i>shunt</i> en NFC . . . . .	305
8.5. Solutions et conclusions . . . . .	311

<b>Conclusion. Le futur « proche » et « lointain » du NFC et de ses antennes . . . . .</b>	<b>313</b>
--	------------

<b>Bibliographie . . . . .</b>	<b>321</b>
--------------------------------	------------

<b>Index . . . . .</b>	<b>323</b>
------------------------	------------

<b>Sommaire de <i>Contraintes de conception des dispositifs NFC</i> . . . . .</b>	<b>327</b>
---	------------