

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

Université Kasdi-Merbah Ouargla

**Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information
et de la Communication**

Département d'électronique et de télécommunication



Mémoire

Présentée pour l'obtention du diplôme MASTER ACADEMIQUE

Spécialité : Systèmes des télécommunications

Thème :

Conception d'une antenne de tag RFID passif

Sur la bande UHF

Présenté par

BOUREZZANE Besma.

MANSOURI Ahmed Elamine.

Devant le jury

Mr. CHEBARA Fouad.

MCA

Président

UKM Ouargla

Mr. MEKIMAH Boualem.

MAA

Examineur

UKM Ouargla

Mr. BELHEDRI Abdelkrim.

MAA

Encadrant

UKM Ouargla

Remerciements

Nous remercions dieu de nous avoir donné santé et force nécessaires pour l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude à :

*Notre directeur de projet **Mr BELHEDRI Abdelkrim**, maitre-de conférence classe A à l'université Kasdi Merbah UKMO, leur suivi de nos travaux et ses précieux conseils qui nous ont fait continuer et d'avancer jusqu'au bout. Nous le remercions infiniment pour sa patience et sa confiance en nous.*

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury de leur temps consacré pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner et juger notre travail et soutenance.

Nos sincères remerciement pour tous les professeurs du département Electronique / Télécommunication UKMO qui ont contribué à notre formation durant toute la période de nos études.

*En effet, un grand remerciement et appréciation à nos familles **BOUREZZANE** et **MANSOURI** de leurs soutiens et encouragements*

Espérant une suite de votre part, on vous prie de recevoir nos sincères remerciements.

Dédicaces

*Avec l'expression de nos reconnaissances,
nous dédions ce modeste travail à nos
chers parents, aux qui ont accompagné
nos chemins et contribuer l'achèvement
d'un de nos plus grands pas dans la vie
professionnelles.*

*Nous les remercions infiniment de leurs
amours, encouragement, efforts
quotidiens.*

*Ainsi tous les membres de la famille
MANSOURI & la famille BOUREZZANE*

*Nous le dédions également à notre
encadreur Mr. BELHEDRI Abdelkrim qui
a veillé sur nous pour arriver à ce stade.*

Bourezzane Besma

&

Mansouri Ahmed El Amine

Résumé

De nos jours, les applications des systèmes RFID dans la bande UHF a gagné en popularité de nombreux domaines tels que : le contrôle d'accès, la bio-ingénierie, systèmes de transport, santé, inventaire de gestion et bien d'autres encore.

Dans ce mémoire, en utilisant le logiciel CST Studio Suite, on a fait une conception d'antenne de tag RFID dans la bande UHF, après la simulation qui nous a servis a optimisé la géométrie et les dimension de l'antenne, et définir les paramètres qui influencent sur ses performances, ces derniers on était évaluer par le coefficient de réflexion, le diagramme de rayonnement, le gain, la distance de lecteur, et enfin un comparaison avec d'autres types d'antenne de tag RFID d'où on a pu estimer que les performances sont bonnes.

Mots clés : RFID, antenne de tag RFID, technologie RFID, bande UHF.

Abstract

Nowadays, the applications of RFID systems in the UHF band has gained popularity in many fields such as: access control, bio-engineering, transportation systems, health care, inventory management and many others.

In this thesis, using the CST Studio Suite software, we designed an RFID tag antenna in the UHF band, after the simulation which we used to optimize the geometry and dimensions of the antenna, and define the parameters that influence its performances, these were evaluated by the reflection coefficient, radiation pattern, gain, reading distance, and finally a comparison with other types of RFID tag antennas from which we could estimate that the performances are good.

Key words: RFID, RFID tag antenna, RFID technology, UHF band.

ملخص

في الوقت الحاضر، اكتسبت تطبيقات أنظمة RFID في النطاق UHF شعبية في العديد من المجالات مثل: التحكم في الوصول، والهندسة الحيوية، وأنظمة النقل، والصحة، وإدارة المخزون وغيرها الكثير. في هذه الأطروحة، وباستخدام برنامج CST Studio Suite، قمنا بتصميم هوائي RFID في نطاق UHF، بعد أن أدت المحاكاة التي استخدمناها إلى تحسين هندسة وأبعاد الهوائي، وتحديد المعلمات التي تؤثر على أدائها، تم تقييم الأخير من خلال معامل الانعكاس، ومخطط الإشعاع، والكسب، ومسافة القراءة، وأخيراً مقارنة مع الأنواع الأخرى من هوائي RFID يمكن تقدير أن الأداء جيد.

الكلمات الدالة: RFID، هوائي RFID، تكنولوجيا RFID، نطاق UHF.

Table des matières

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	III
Table des matières	IV
Liste des figures :	VI
Liste des tableaux :	IX
Introduction générale :	1
CHAPITRE 1 : La technologie RFID.	2
1.1. Introduction :	3
1.2. Qu'est-ce que c'est RFID ?	3
1.2.1. Historique :	3
1.2.2. Définition :	3
1.3. Les composants des systèmes RFID :	4
1.4. Les composants d'un tag :	5
1.5. Les types de tag RFID :	6
1.6. Les lecteurs RFID :	8
1.7. Le principe de fonctionnement des systèmes RFID :	10
1.8. Les fréquences d'utilisations :	11
1.9. Spectres alloués à la RFID UHF passive en fonction de la Région :	11
1.10. La normalisation des systèmes RFID :	12
1.11. Les avantages et les inconvénients de la technologie RFID :	14
1.12. Les techniques de communication RFID :	15
1.13. Domaines d'applications de la RFID :	16
1.14. Conclusion :	20
CHAPITRE 2 : Système RFID UHF	21
2.1 .Introduction :	22
2.2. Le rôle des antennes :	22
2.3. Les paramètres fondamentaux des antennes :	22
2.3.1. Les paramètres de rayonnement :	22
2.3.1.1. Le Diagramme de rayonnement :	22
2.3.1.2. Différentes zones de rayonnement :	23
2.3.1.3. La directivité :	25
2.3.1.4. Le gain :	26

Table des matières

2.3.1.5. La polarisation :.....	26
2.3.2. Les paramètres circuits :.....	27
2.3.2.1. L'impédance d'entrée :.....	27
2.3.2.2. Le coefficient de réflexion	28
2.3.2.3. La bande passante et facteur de qualité :.....	28
2.3.2.4. La distance de lecture :.....	29
2.4. Les principaux types d'antennes tag RFID UHF passifs :.....	30
2.4.1. Antenne dipôle :.....	30
2.4.2. Antenne a fente :.....	30
2.4.3. Antenne IFA :.....	31
2.4.4. Antennes Patchs :.....	31
2.5. L'adaptation d'impédance d'antenne tag RFID :.....	32
2.6. Les méthodes d'adaptation d'impédance pour les tags RFID UHF passifs :.....	33
2.6.1. T-match :.....	33
2.6.2. Boucle à couplage inductif :.....	34
2.6.3. Structure de Nested-Slot :.....	35
2.7. Les puces dans les systèmes RFID :.....	35
2.8. Modélisation du port d'entrée d'une puce RFID UHF passive :.....	36
2.9. Conclusion :.....	37
CHAPITRE 3 : Résultats et discussions	38
3.1. Introduction :.....	39
3.2. Présentation du logiciel CST :.....	39
3.3. Conception d'une antenne RFID UHF :.....	39
3.3.1. Antenne dipôle :.....	39
3.3.2. Antenne dipôle replié :.....	42
3.3.3. Adaptation du dipôle replié :.....	45
3.4. Conclusion :.....	55
Conclusion Générale :.....	57
Bibliographie.....	58
Résumé.....	60

Liste des figures.

Liste des figures :

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Figure 1.1 : la Technologie RFID.	4
Figure 1.2 : les principaux composants d'un système RFID (lecteur et tag).	4
Figure 1.3 : les composants d'un Tag.	6
Figure 1.4 : Tag actif.	7
Figure 1.5 : Tag passif.	8
Figure 1.6 : passif, semi-passif et actif tags respectivement.	8
Figure 1.7 : Lecteur portable RFID, "intermecIP30".	9
Figure 1.8 : Lecteur fixe Portique RFID.	9
Figure 1.9 : Lecteur-poignée fixe (contrôle d'accès).	10
Figure 1.10 : illustration du fonctionnement général d'un système RFID.	10
Figure 1.11 : Récapitulation des différentes fréquences d'utilisation.	11
Figure 1.12 : terminal Hors ligne.	17
Figure 1.13 : Intégration des puces RFID sur les passeports.	18
Figure 1.14 : Processus de paiement avec une carte à puce sans contact dans un terminal de point de vente POS.	19

CHAPITRE 2 : Système RFID UHF.

Figure 2.1 : Illustration du diagramme de rayonnement d'une antenne.	23
Figure 2.2 : Représentation des zones de radiation d'une antenne.	24
Figure 2.3 : Les régions de rayonnement au voisinage d'une antenne. (a), (b).	25
Figure 2.4 : Représentation du coefficient de réflexion.	28
Figure 2.5 : Antenne dipôle.	30
Figure 2.6 : Antenne à fente.	30

Liste des figures.

Figure 2.7 : (a) Antenne IFA, (b) Antenne PIFA.	31
Figure 2.8 : Représentation d'une antenne patch.	32
Figure 2.9 : Modèle de circuit pour transfert de puissance dans un Tag RFID.	32
Figure 2.10 : modèle de circuit en série d'une antenne et la puce (IC).	33
Figure 2.11 : Exemple T-match pour un dipôle planaire et leur circuit équivalent.	34
Figure 2.12 : Exemple d'une boucle proche au corps rayonnant et leur circuit équivalent. ...	35
Figure 2.13 : Exemple géométrie d'un patch avec emplacement imbriqué (Nested-slot)	35
Figure 2.14 : (a) Circuit équivalent en parallèle, (b) Circuit équivalent en série.	36

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Figure 3.1 : Géométrie de l'antenne dipôle.	40
Figure 3.2 : Coefficient de réflexion de l'antenne dipôle en dB.	41
Figure 3.3 : Géométrie de l'antenne dipôle replié.	42
Figure 3.4 : Coefficient de réflexion de l'antenne dipôle replié en dB.	43
Figure 3.5 : Impédance d'entrée simulée. (a) Partie réelle (b) Partie imaginaire.	44
Figure 3.6 : Géométrie du dipôle replié en ajoutant le T-Match.	45
Figure 3.7 : Géométrie du T-Match.	46
Figure 3.8 : impédance d'entrée simulée en fonction du paramètre h. (a) partie réelle. (b) partie imaginaire.	47
Figure 3.9 : Modélisation de la puce sur CST.	48
Figure 3.10 : Coefficient de réflexion en fonction du paramètre 'h'.	49
Figure 3.11 : Impédance d'entrée en fonction du paramètre 'a'. (a) partie réelle (b) partie imaginaire.	50
Figure 3.12 : Coefficient de réflexion en fonction du paramètre 'a'.	51
Figure 3.13 : impédance d'entrée en fonction du paramètre 'b' : (a) partie réelle, (b) partie imaginaire.	52

Liste des figures.

Figure 3.14 : Coefficient de réflexion en fonction du paramètre 'b'.	53
Figure 3.15 : Diagramme de rayonnement en 3D.	54
Figure 3.16 : Diagramme de rayonnement en 2D.	54

Liste des tableaux.

Liste des tableaux :

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Tableau 1.1 : Spectres alloués à la RFID UHF passive en fonction de la région.	12
Tableau 1.2 : Normes ISO 18000 pour la standardisation des systèmes RFID.	13
Tableau 1.3 : Tableau Récapitulatif des normes ISO pour la standardisation des systèmes RFID.....	14

CHAPITRE 2 : Système RFID UHF.

Tableau 2.1 : Exemple de puces RFID-UHF disponible dans le marché.	36
---	----

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Tableau 3.1 : Dimensions de l'antenne.	41
Tableau 3.2 : Dimensions du méandre.	43
Tableau 3.3 : Dimensions de l'antenne repliée.	46
Tableau 3.4 : Résultats de la simulation.	48
Tableau 3.5: Résultats de simulation en fonction du paramètre 'h'.	49
Tableau 3.6 : Résultats de simulation en fonction du paramètre 'a'.	51
Tableau 3.7 : Résultats de simulation selon la variation du paramètre 'b'.	53
Tableau 3.8 : Distances de lecture en fonction du paramètre 'h'.	55
Tableau 3.9 : Comparaison de la taille de tag et la distance de lecture.	55

Introduction générale

Introduction générale :

La RFID l'identification par radiofréquence est une forme de communication sans fil qui incorpore l'utilisation d'un couplage électromagnétique ou électrostatique dans la partie radiofréquence du spectre électromagnétique pour identifier de manière unique un objet, un animal ou une personne.

La RFID est basée sur l'échange d'informations véhiculées par des ondes électromagnétiques entre une étiquette, ou encore notées « tag » et un lecteur. Actuellement, cette technologie est en plein essor sur le plan économique. La RFID est une technologie en évolution rapide pour objet automatique surveillance et identification

De nos jours, les applications des systèmes RFID dans La bande UHF a gagné en popularité de nombreux domaines tels que : le contrôle d'accès, la bio-ingénierie, systèmes de transport, santé, inventaire de gestion et bien d'autres encore...

Dans le cadre de ce projet fin d'étude, nous somme intéressé par une conception d'antenne RFID UHF, la simulation est effectuée à l'aide du logiciel CST. Le manuscrit est réparti en trois chapitres, comme suit :

Dans le premier chapitre, nous introduisons quelques notions sur la technologie RFID ainsi les composants et les types du système RFID, nous évoquons son principe de fonctionnement et ces techniques de communication. Enfin nous citons des applications les plus intéressées par cette technologie.

Le deuxième chapitre nous présentons les principales notions sur les paramètres fondamentaux des antennes dont sont conformer aux définitions de l'IEEE. La seconde partie s'intéresse sur l'adaptation d'impédance des tags RFID UHF passif et les différentes méthodes d'adaptation les plus connus. Nous exposerons enfin les puces des systèmes RFID.

Dans le troisième chapitre nous allons concevoir une antenne tag RFID UHF en trois étapes : 1. Conception d'un dipôle, 2. Repliement du dipôle (ajout de méandre) et 3. Adaptation de l'antenne par (ajout d'inductance). Et calculer la distance de lecture obtenue par l'antenne afin de comparer les résultats par d'autre déjà fait. La simulation et l'optimisation sont effectuées à l'aide du logiciel CST-MW.

CHAPITRE 1 :

La technologie RFID.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

1.1.Introduction :

La RFID est devenue largement utilisée dans presque tous les domaines, dans ce chapitre nous introduisons quelques notions sur la technologie RFID ainsi les composants et les types du système RFID, nous évoquons son principe de fonctionnement et ces techniques de communication. Enfin nous citons des applications les plus intéressées par cette technologie.

1.2.Qu'est-ce que c'est RFID ?

1.2.1. Historique :

La RFID (Identification radiofréquence) n'est pas une nouvelle technologie, car le principe de l'identification est utilisé pour la première fois lors de la seconde guerre mondiale afin d'authentifier les engins en vol (IFF : Identifie Friendly Foie), basé sur la complémentation des radars des avions, des identifiant sont placés dans ces avions. Après la deuxième guerre mondiale l'utilisation de la RFID est restée sous confidence de l'armée, durant les années 1960 et 1970, les militaires l'utilisent pour le contrôle d'accès aux sites sensible que ce soit par des personnes ou par des engins notamment dès les stations nucléaires. La RFID a permis dans les années 1980 l'apparition des tags passifs, durant les années 1990 jusqu'à la fin 1999 il y'a eu les premières normalisations pour une interopérabilité des équipements RFID. A partir de 2005, la RFID profite de la miniaturisation des puces électroniques, et de la réduction des dimensions des antennes, est devenue largement utilisée dans presque tous les domaines, répandues dans quasiment tous les secteurs industriels (Aéronautique, Automobile Logistique, Transport, Santé, Vie quotidienne, etc.) [1].

1.2.2. Définition :

Le terme « RFID », acronyme de l'expression anglo-saxonne Radiofrequency Identification - Identification (à l'aide d'ondes) Radiofréquences - est un terme générique qui désigne un vaste ensemble d'applications pour l'identification d'objet au sens large, au moyen d'une communication par ondes radio, c'est-à-dire « sans-fil ».

Tout (personnes, objets, végétaux, etc.) est a priori identifiable et le terme « RF » couvre tous les types de liaisons « sans fil » ou « sans contact » réalisées à l'aide d'ondes électromagnétiques, des très basses fréquences (TBF) aux infra-rouges et jusqu'à la lumière visible.

La technique d'identification la plus courante est le stockage d'un numéro de série dans une puce à laquelle est attachée une antenne d'émission / réception. L'ensemble puce-antenne est généralement appelé « étiquette RFID ».

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Un interrogateur envoie une demande d'identification aux étiquettes, qui lui communiquent en retour les informations contenues dans la puce. Ces informations peuvent ensuite être traitées par un système informatique pour répondre à des besoins applicatifs extrêmement divers. L'étendue de ce terme peut provoquer une certaine confusion dans la définition des applications RFID. Il en est de même avec les termes « passif », « actif », « semi-actif » qui sont explicités plus loin. Seuls les termes définis ci-dessous sont reconnus et promus par l'ISO (International Organization for Standardization – Organisation internationale de normalisation) [2].

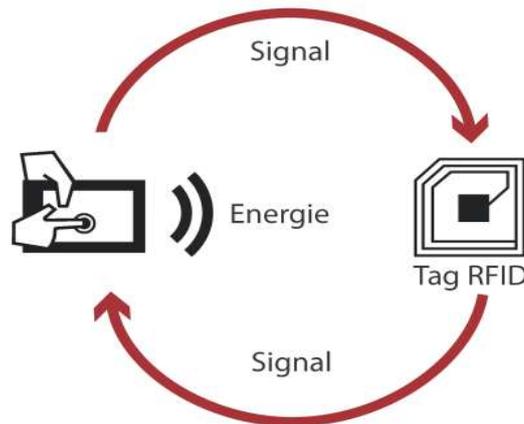


Figure 1.1 : la Technologie RFID.

1.3. Les composants des systèmes RFID :

Un système RFID est toujours composé de deux composantes :

- Le transpondeur ou le tag (étiquette), qui se trouve sur l'objet à identifier
- L'interrogateur ou le lecteur, qui selon la conception et la technologie utilisées, peut être un appareil de lecture ou d'écriture/lecture (le dispositif de capture est toujours appelé lecteur qu'il puisse uniquement lire les données ou est également capable d'écrire)

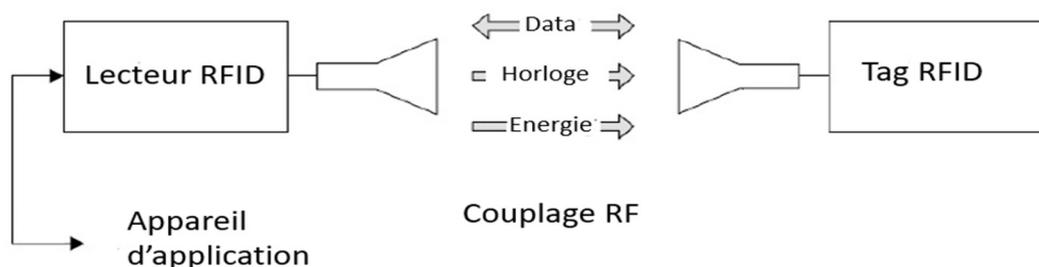


Figure 1.2 : les principaux composants d'un système RFID (lecteur et tag).

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

- Un lecteur (Reader) contient généralement un module radiofréquence (émetteur Tx/ récepteur Rx), une unité de commande et un élément de couplage au tag. De plus. De nombreux lecteurs sont équipés d'une interface (RS 232, RS 485, etc.) pour leur permettre de transmettre les données reçues à un autre système (PC, système de contrôle robot, etc.).
- Tag ou l'étiquette, qui représente le dispositif de transport de données réel d'un système RFID, est normalement se compose d'un élément de couplage et d'une puce électronique. Lorsque l'étiquette qui se ne possède généralement sa propre alimentation (batterie ou pile), n'est pas dans la zone d'interrogation d'un lecteur, il est totalement passif. Le tag (l'étiquette) n'est activé que lorsqu'il se trouve dans la zone d'interrogation d'un lecteur. La puissance nécessaire pour activer le tag est fournie via l'unité de couplage (sans contact), tout comme l'impulsion de synchronisation [3].

1.4. Les composants d'un tag :

Les composants d'un tag sont là pour soutenir sa fonctionnalité en :

- Stockage des informations sur un article
- Traitement de la demande d'informations provenant d'un lecteur
- Préparer et renvoyer la réponse à la demande pour prendre en charge cette fonctionnalité, trois composantes principales qui compose un tag :

1.4.1. La puce : la puce est utilisée pour générer ou traiter un signal. C'est un circuit intégré IC en silicium. La puce se compose des composants fonctionnels suivants :

- **Unité logique** implémente le protocole de communication utilisé pour le lecteur/tag communication.
- **Mémoire** utilisée pour stocker des données.
- **Modulateur** utilisé pour moduler les signaux sortants et démoduler les signaux entrants.
- **Contrôleur d'alimentation** convertit l'alimentation CA du signal entrant en alimentation CC et alimente les composants de la puce. La puce est connectée à l'antenne pour pouvoir envoyer un signal sortant à l'antenne et peut recevoir le signal entrant de l'antenne.

1.4.2. Antenne : dans un système RFID, l'antenne d'une étiquette (Tag) reçoit le signal (une demande d'informations) d'un lecteur et transmet un signal de réponse (informations d'identification) retour au lecteur. Il est fait de métal ou d'un matériau à base de métal.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Tous les deux le lecteur et le tag ont leurs propres antennes. De plus notez ce qui suit deux points :

- Les antennes qui sont généralement utilisées par des Tags et lecteur fonctionnent à UHF et micro-ondes fréquence.
- Les étiquettes (tags) et les lecteurs fonctionnant à LF et HF utilisent des bobines inductives pour envoyer et recevoir des signaux (par la technique de communication par couplage inductif). La taille d'une traditionnelle antenne pour envoyer ou recevoir un signal LF devrait être ridiculement élevée en raison des hautes longueurs d'onde de ces signaux. L'antenne et la puce sont longées sur un substrat.

1.4.3. Substrat : c'est la couche qui abrite la puce et l'antenne. En d'autre c'est la structure de support du tag. Les substrats peuvent être constitués de différents des matériaux tels que le plastique, le polyéthylène téréphtalate (PET), le papier et le verre époxy. Le matériau du substrat peut être rigide ou flexible, selon l'utilisation exigences.

Les substrats pour les étiquettes RFID sont conçus pour répondre à des exigences d'utilisation spécifiques tels que :

- Dissipation de l'accumulation de charge statique.
- Durabilité dans des conditions de fonctionnement spécifiques.
- Protection mécanique pour puce, antenne et connexion.
- Surface d'impression, lisse [4].

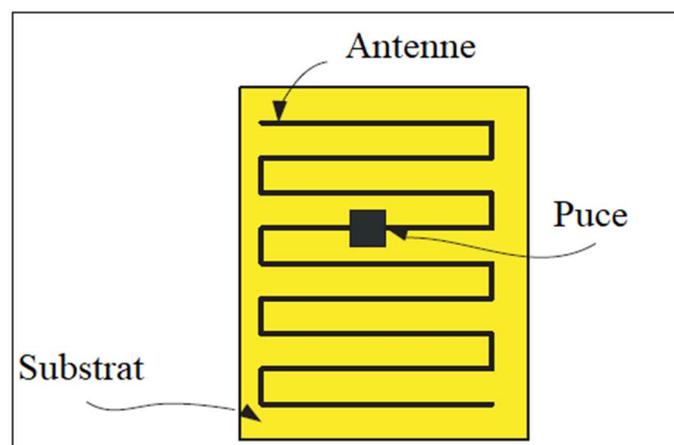


Figure 1.3 : les composants d'un Tag.

1.5. Les types de tag RFID :

Il existe de nombreux types de RFID, mais au plus haut niveau, nous pouvons diviser les appareils RFID en deux classes :

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

- Les tags actifs.
- Les tags passifs.
- Les tags semi-passifs

1.5.1. Les tags actifs :

Nécessitent une source d'alimentation : ils sont soit connecté à une infrastructure électrique ou utiliser l'énergie stockée dans une batterie intégrée. Dans ce dernier cas, la durée de vie d'un tag est limitée par l'énergie stockée, contrebalancé par le nombre de lire les opérations que l'appareil doit subir. Un exemple de tag actif est le transpondeur attaché à un avion qui identifie son origine nationale. La fonction des tags Actifs est une communication sans transiter par un serveur central [3].

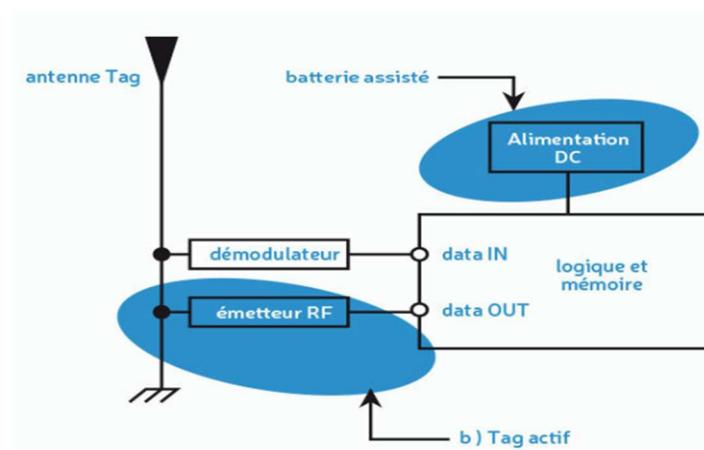


Figure 1.4 : Tag actif.

1.5.2. Tags passifs :

Les RFID passives sont intéressantes car les tags ne nécessitent pas batteries ou entretien. Les tags ont également une durée suffisamment petite pour tenir dans une étiquette adhésive. Une étiquette passive se compose de trois parties : une antenne, une puce semi-conductrice fixée à l'antenne, et une certaine forme d'encapsulation. Le lecteur est responsable d'alimenter et communiquer avec une étiquette. L'antenne tag capture l'énergie et transfère l'ID du tag. L'encapsulation maintient l'intégrité de l'étiquette et protège l'antenne et la puce de conditions environnementales ou réactives. Il existe deux fonctions principales pour les tags passifs selon leurs classes, pour classe 0 et 1 est la lecture de l'identifiants unique, et pour la classe 2 est lecture, écriture avec mémoire [5].

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

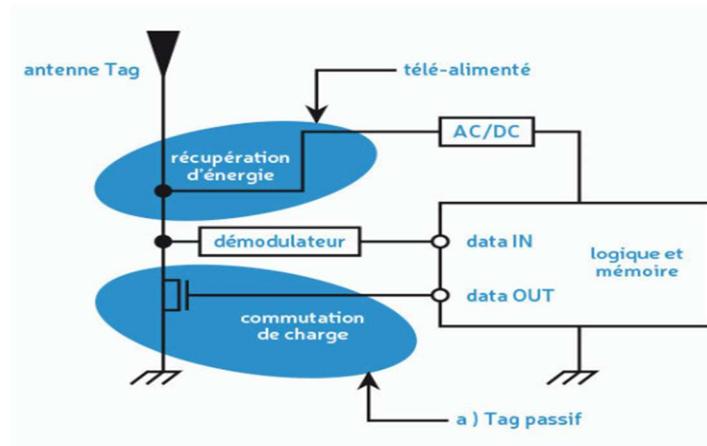


Figure 1.5 : Tag passif.

1.5.3. Tag semi-passifs :

Utilisent des batteries internes pour alimenter leurs circuits ces tag (étiquettes) dépend du lecteur pour fournir sa puissance de diffusion. Parce que ces tags contiennent plus de matériel que les tags RFID passifs ils sont plus chers.

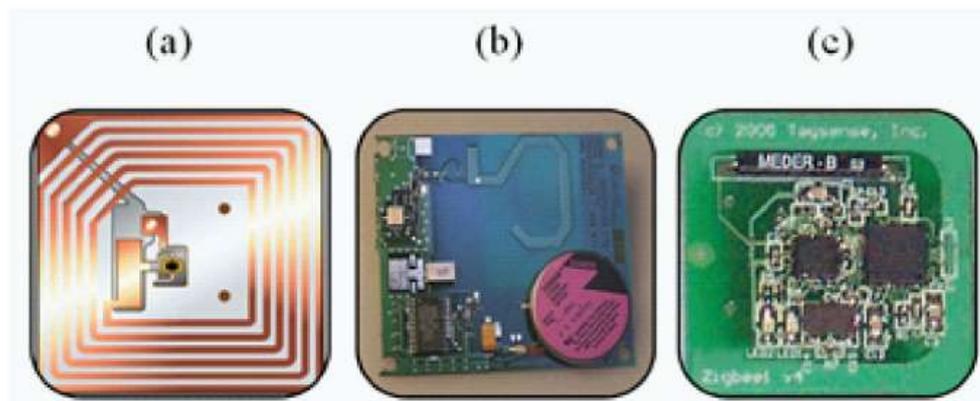


Figure 1.6 : passif, semi-passif et actif tags respectivement.

1.6. Les lecteurs RFID :

Selon les applications visées, le lecteur RFID peut se présenter sous deux formes fixe ou portable.

1.6.1. Lecteur portable :

Les lecteurs doivent être peu encombrants pour être maniés par un utilisateur. Ils sont composés d'une antenne et d'un système d'exploitation qui permet d'identifier les tags. Un lecteur portable développé par l'entreprise IntermeceIP30 est présenté sur la figure 1.7.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.



Figure 1.7 : Lecteur portable RFID, “intermecIP30”

Ce lecteur portable est composé d’une antenne hélice avec un gain de 6dBi et un rapport d’ellipticité de 2dB. Les antennes de ces lecteurs doivent donc être les plus intégrables possibles. Ces lecteurs sont utiles lorsque l’on doit lire un nombre restreint de tags, lors d’un inventaire en magasin par exemple. Mais pour des applications industrielles utilisant des milliers de tags, l’utilisation d’un lecteur fixe est plus appropriée.

1.6.2. Lecteur fixe :

Le lecteur RFID fixe est implanté dans des systèmes de portique à travers lesquels les tags transitent. Pour pouvoir détecter les tags, l’antenne du lecteur doit respecter un cahier des charges : une polarisation circulaire, un rayonnement directif avec de faibles lobes secondaires afin de ne pas détecter des tags à proximité de la zone de lecture et un gain suffisamment élevé pour pouvoir détecter les tags à une distance raisonnable. Les figures 1.8 et 1.9 nous montre deux exemples sur lecteur fixe [6].



Figure 1.8 : Lecteur fixe Portique RFID.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.



Figure 1.9 : Lecteur-poignée fixe(contrôle d'accès).

1.7.Le principe de fonctionnement des systèmes RFID :

Un système RFID est composé de deux entités qui communiquent entre elles [7] :

- a) Un tag ou (étiquette) intelligente, associé à l'élément à identifier il est capable de répondre à une demande venant d'un lecteur.
- b) Une station de base ou lecteur RFID qui a pour mission d'identifier le tag. Le lecteur envoie une onde électromagnétique en direction de l'élément à identifier. En retour il reçoit l'information renvoyée par le tag.

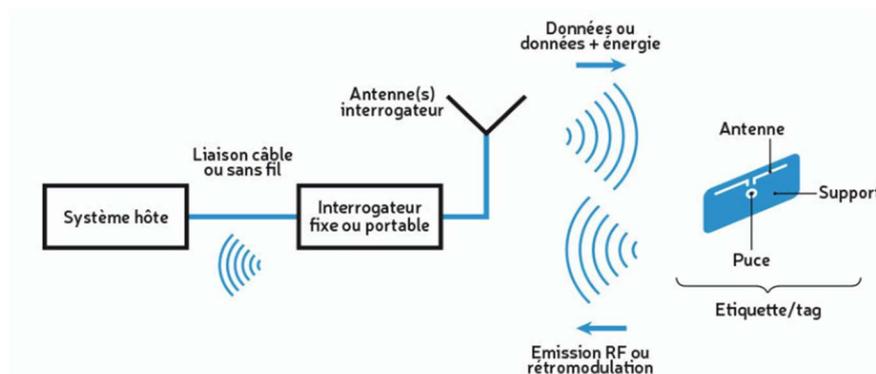


Figure 1.10 : illustration du fonctionnement général d'un système RFID

Le lecteur agit généralement en maître par rapport au tag ; si le tag est dans la zone de lecture de lecteur ce dernier l'active en lui envoyant une onde électromagnétique et entame la communication. Le lecteur est relié à une application hôte qui récupère l'information pour la traiter. Un lecteur RFID est donc chargé de l'interface avec le système global relatif à l'application et de la gestion de l'identification des tags qui se présentent à lui. Le tag est quant à lui, constitué d'une antenne et d'une puce électronique [8].

Le but d'un système RFID est de permettre aux données d'être transmises par un appareil portable (tag) qui est lu par un lecteur RFID et traité selon les besoins d'une application particulière.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Les données transmises par le tag peuvent fournir des informations d'identification ou de localisation, ou des détails sur le produit étiqueté, comme le prix, la couleur, la date d'achat [9].

1.8. Les fréquences d'utilisations :

Suivant la fréquence de fonctionnement utilisée on peut différencier entre les systèmes RFID, et selon les bandes de fréquences la communication peut se faire plus au moins grande distance les ondes magnétiques [10] :

LH : 125 KHz (bande basse fréquence)

HF : 13.54 MHz (bande haute fréquence)

UHF : 860 MHz – 960 MHz (bande ultra haute fréquence)

MWF : 2.4-5.8 GHz (bande micro-onde)

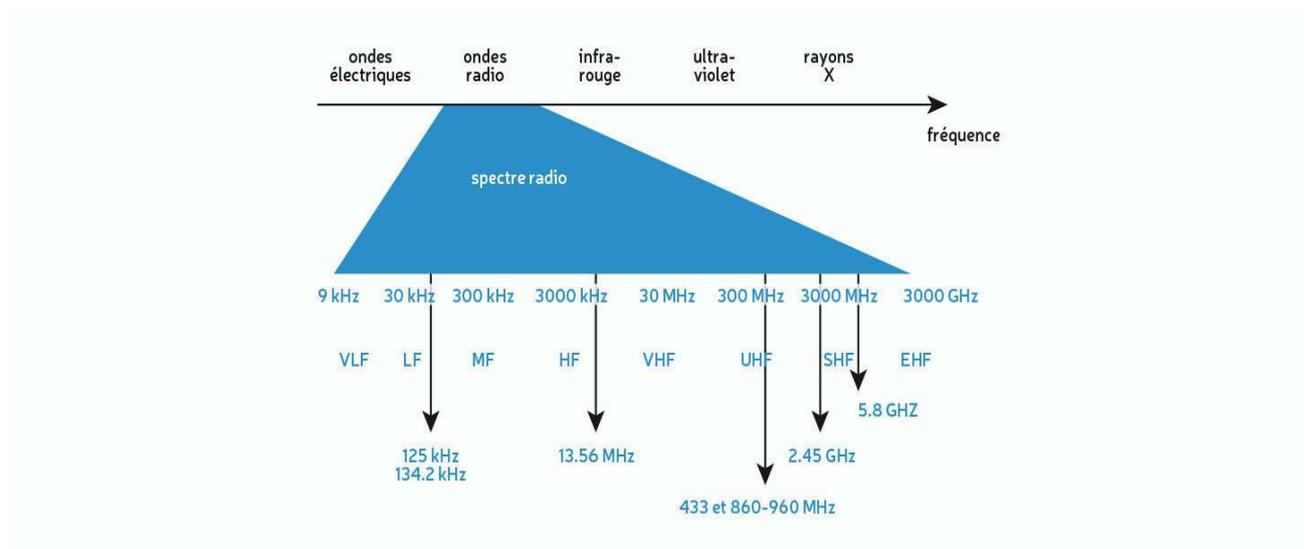


Figure 1.11 : Récapitulation des différentes fréquences d'utilisation.

1.9. Spectres alloués à la RFID UHF passive en fonction de la Région :

La régulation régissant les systèmes RFID UHF dépend des autorités publiques. Ses objectifs sont de permettre l'interopérabilité et la protection des données sensibles, de garantir les libertés, ainsi que de protéger la santé. Elle est cependant différente d'un pays à l'autre ce qui ne facilite pas la mise en place d'un système universel particulièrement intéressant pour la logistique dans le contexte de la mondialisation. Le tableau 1.1 présente en fonction de la région les spectres alloués à la RFID UHF passive [13] :

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Tableau 1.1 : Spectres alloués à la RFID UHF passive en fonction de la région.

Région	Spectre alloués à la RFID UHF passive
(1) Europe	869.4 à 869.65 MHz – 500 mW EPR – 10% DC 865 à 868 MHz – 100 mW EPR – LBT 865.5 à 867.6 MHz – 2W EPR- LBT(10 canaux de 200 KHz) 865.6 à 868 MHz – 500 mw EPR-LBT
(2) Amérique	902 à 928 MHz – 4W PIRE – FHSS (80 canaux de 325 KHz)
(3) Asie et Océanie	Japon : 952 à 954 MHz – 4W PIRE Corée : 908.5 à 914 MHz – 4W PIRE Australie : 915 à 928 MHz – 1W PIRE

La réglementation aux Etats-Unis est définie par la réglementation 15.247 déterminée par la FCC (Federal Communication Commission).

En Europe la réglementation pour cette technologie est plus contraignante. Elle est définie par la réglementation 302.208 déterminée par ETSI (European Telecommunication Standard Institute) [17]. Elle stipule qu'un lecteur doit opérer avec une puissance maximale de 2W EPR (effective radiated power) ou l'équivalente de 3.2W EIRP. D'autre part elle introduit la réglementation LBT (listen before talk) cette dernière signifie qu'un lecteur RFID doit vérifier la présence d'un autre signal dans sa sous bande de transmission avant de pouvoir l'utiliser.

Cette contrainte a été apportée afin d'éviter qu'un tel système ne vienne perturber d'autres systèmes opérant dans la même bande de fréquence.

1.10. La normalisation des systèmes RFID :

Le développement des normes en cours (notamment au niveau du test) sous l'impulsion des industriels et des utilisateurs, est nécessaire pour la maîtrise de cette technologie et le développement de son marché. Ce développement vise à certifier le fonctionnement, l'interopérabilité et l'interchangeabilité des systèmes RFID et de ses composants. Le tableau ci-dessous présente les principales normes développées par l'ISO qui réglementent les paramètres de communication, comme la fréquence de fonctionnement, la bande passante, la puissance d'émission maximale, le type de modulation, le codage, le débit, le protocole de communication et bien d'autres paramètres [11].

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

Tableau 1.2 : Normes ISO 18000 pour la standardisation des systèmes RFID.

Références	Fréquences concernées	Intitulé	Status
18000-1	Vocabulaire et définitions	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Architecture de références et définition des paramètres à normaliser.	Publié le 13/09/2004
18000-2	< 135 KHz	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Paramètres de communication d'une interface d'air à moins de 135 KHz	Publié le 13/09/2004
18000-3	13.56 MHz	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Paramètres de communication d'une interface d'air à 13.56 Mhz	Publié le 13/09/2004
18000-4	2.45 GHz	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Paramètres de communication d'une interface d'air à 2.45 GHz	Publié le 31/10/2004
18000-5	5.8 GHz	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Paramètres de communication d'une interface d'air à 5.8 GHz	Pas de consensus
18000-6	900 MHz	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Paramètres de communication d'une interface d'air entre 860 MHz et 960 MHz	Publié le 31/10/2004
18000-7	433 MHz	RFID pour la gestion d'objet- Partie 1 : Paramètres de communication d'une interface d'air à 433 MHz	Publié le 12/12/2005

En ce qui concerne les systèmes RFID UHF passifs, l'ISO a défini plusieurs normes pour la RFID UHF passive : la norme 18000-6 concernant le protocole de communication, la norme

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

18047 concernant les tests de conformité, et la norme 18046 concernant les tests de performance.

Tableau 1.3 : Tableau Récapitulatif des normes ISO pour la standardisation des systèmes RFID.

Références principales	Intitulé
ISO 11784, ISO 11785, ISO 1223	Identification radiofréquences des animaux
ISO 10536, ISO 14443, ISO 15693	Cartes d'identité – Carte à circuit intégré sans contact – Cartes de proximité
ISO 18000	Identification sans contact des articles

1.11. Les avantages et les inconvénients de la technologie RFID :

Les avantages :

- Une plus grande capacité de contenu : dans une étiquette RF une capacité de 1000 caractères est aisément stockable 1mm².
- Une sécurité d'accès au contenu : l'étiquette RF peut être protégée par mot de passe en écriture ou en lecture. Les données peuvent être chiffrées. Dans une même étiquette, une partie de l'information peut être en accès libre, et l'autre protégée.
- Une plus grande durée de vie : Dans les applications où un même objet peut être utilisé plusieurs fois, comme ID des supports de manutention, ou la consignation du contenant, une étiquette radio fréquence peut être réutilisée 1 000 000 de fois.
- Lecture et décodage instantanée.
- Une plus grande souplesse de positionnement.

Les inconvénients :

- La perturbation par l'environnement physique. Et exigence d'un contact visuel pour la lecture.
- Les perturbations induites par les étiquettes entre elle (l'interférence).
- Le coût : Les prix restent nettement supérieurs à ceux des étiquettes code à barres pour des unités consommateurs. Le coût de l'étiquette RF peut devenir marginal par rapport à la valeur des produits contenus.
- Impossibilité de lecture simultanée [12].

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

1.12. Les techniques de communication RFID :

La communication est essentiellement le transfert d'informations, c'est-à-dire l'envoi d'informations d'un endroit et de le recevoir à un autre. Dans le monde RF, ceci est accompli par le transfert d'énergie (qui contient les informations qui y sont codées) à travers les ondes FR. il existe deux principales techniques de communication que les lecteurs et étiquettes RFID utilisent pour communiquer entre eux. Ces techniques sont le couplage et la rétrodiffusion.

1.12.1. Communication par couplage :

Le couplage, en général, est le transfert d'énergie d'un milieu, tel qu'un fil métallique ou une fibre optique, vers un autre support similaire. Exemples : couplage capacitif (électrostatique) et couplage inductif (magnétique).

Le couplage inductif est le processus de transfert d'énergie d'un circuit à l'autre à travers un champ magnétique partagé grâce à la mutuelle inductance entre les deux circuits. Notez les points suivants concernant le couplage inductif :

- Couplage inductif est utilisé par les systèmes RFID basse fréquence ou haute fréquence. De cette façon, l'étiquette et le lecteur peuvent utiliser une bobine en boucle pour une antenne parce que l'antenne traditionnelle devrait être trop longue en raison de la longueur d'onde des ondes de basse fréquence.
- Le couplage inductif ne fonctionne que dans le champ proche du signal RF.
- Parfois, le couplage inductif est subdivisé en deux types de couplage :
 - a) Couplage étroit dans une plage d'environ 1 cm.
 - b) Couplage à distance dans une plage d'environ 1 cm à 1 m.

Le transfert de puissance entre les deux bobines dépend des quantités suivantes :

- Fréquence de fonctionnement du système.
- Nombre de tours / enroulement dans les bobines.
- Zone fermée par chaque bobine.
- Incliner les bobines entre elles ; pour un transfert de puissance maximal, les bobines doivent être aligné dans le même plan.
- Distance entre les deux bobines.

Le champ magnétique ne peut être utilisé pour transférer l'énergie que sur une courte distance. Pour communication à longue portée, vous devez envoyer des informations par ondes EM

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

(rayonnement). Cette technique utilisée dans les systèmes RFID est appelée couplage radiatif ou rétrodiffusion.

1.12.2. Communication par rétrodiffusion :

La rétrodiffusion est le processus de collecte d'un signal entrant (énergie), modifiant le signal (les données qu'il transporte), et les renvoyant à leur origine. Les systèmes RFID à longue portée fonctionnant à des fréquences ultra-haute fréquence UHF ou micro-ondes, utilise cette technique de communication.

Le lecteur envoie l'information sous forme onde EM à une fréquence spécifique ; l'étiquette reçoit l'onde, code les informations et le diffuse à nouveau au lecteur. Lorsque vous concevez et installez un système, il existe toujours un ensemble d'exigences de performances qui peut différer d'un client à l'autre. L'antenne est un élément important d'un système RFID. Par conséquent, il est important de comprendre ce qui constitue et affecte les performances d'une antenne.

1.13. Domaines d'applications de la RFID :

La RFID offre la possibilité illimitée pour une utilisation actuelle et future, quelques exemples d'application de la RFID sont décrits ci-dessous :

1.13.1. Contrôle d'accès :

Des systèmes de contrôle d'accès électronique utilisent des supports de données pour vérifier automatiquement l'accès d'autorisation des particuliers aux bâtiments ou aux salles individuelles, lors de la conception de tels systèmes il existe deux systèmes aux propriétés correspondantes :

Systemes en ligne : utilisé lorsque l'autorisation d'accès d'un grand nombre de personne être vérifier a seulement quelques entrées par exemple entrées principales des bureaux, bâtiments locaux

Systemes hors ligne : sont devenus répandus principalement dans les situations où nombreuses pièces auxquelles seuls quelques personnes ont l'accès, doivent être équipées d'un système de contrôle d'accès électronique. Chaque terminal enregistre une liste d'identificateurs de clé par exemple (clé-3, serveur-7- étage, chambre-517) dont l'accès à ce terminal doit être autorisé.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.



Figure 1.12 : terminal Hors ligne

1.13.2. Cartes à puce intelligente :

Le développement rapide de la technologie du semi-conducteur a permis d'intégrer la mémoire de données sur une seule puce de silicium en 1970. 15 ans plus tard la grande percée a été réalisée avec l'introduction de la carte à puce téléphonique par la société française PTT, ces cartes à puce de 1^{ère} génération étaient des cartes avec contacts. Une importante amélioration a été obtenue lorsque des microprocesseurs entiers ont été intégrés avec succès dans un silicium, et ces puces incorporées dans une carte d'identité. Ouvrant ainsi la possibilité de réaliser des applications à haute sécurité. Ainsi cartes intelligentes pour les téléphones portables et les cartes bancaire.

Aujourd'hui, les cartes à puce intelligentes sont divisées en trois groupes en fonctions des normes applicables : carte à puce par couplage étroit selon ISO/IEC 10536. Cartes par couplage à proximité selon ISO/CEI 14443 et ISO/IEC 15693.

Les cartes à puce par couplage étroit sont en train de disparaître car leur production est très coûteuse en raison de la zone de couplage capacitif. Ces cartes n'ont aucun avantage de manipulation par rapport aux cartes traditionnelles contacts car ils doivent également être insérés dans un lecteur afin d'être lus.

1.13.3. Passeports électroniques :

Le passeport-e lui-même se compose d'une puce de microprocesseur sans contact, avec l'antenne, plastifié dans la page de données du passeport ou intégré dans la couverture du passeport. Le but de la puce sans contact est d'améliorer la sécurité des passeports contre l'imitation.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

La première étape des passeports électronique de l'UE, défini que la puce RFID stock en tant que données nom, date de naissance, sexe, comme élément biométrique et une photographie de titulaire, et une autre caractéristique l'empreinte digitale du titulaire.

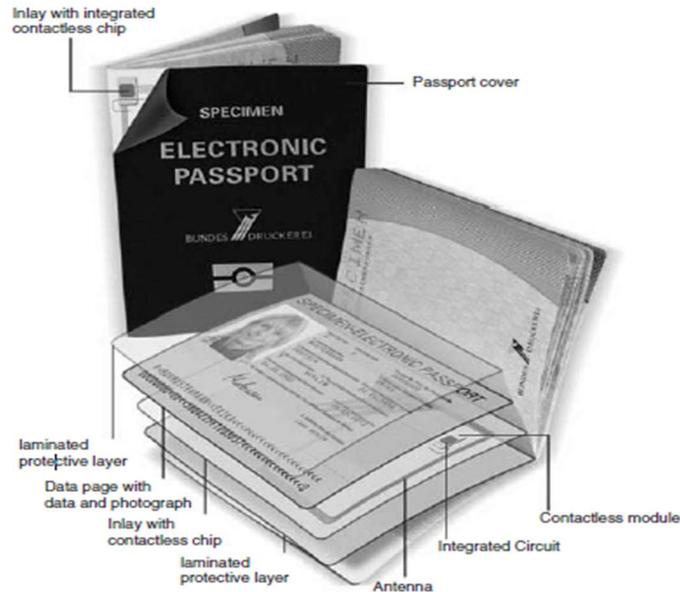


Figure 1.13 : Intégration des puces RFID sur les passeports.

1.13.4. Systèmes de paiement sans contact :

Depuis, le début de la technologie RFID, des cartes à puce telle que (MasterCard- Visa contactless- ExpressPay ...) et de transpondeurs sans contact ont été utilisés pour payer des biens et des services.

Un système de paiement fermé ne fonctionne que dans la plage opérationnelle d'un fournisseur et ne peut être utilisé que pour acheter des biens ou des services auprès de ce fournisseur particulier. Par exemple dans les restaurants universitaires, et les cantines d'entreprise, ou la RFID bracelets qui sont utilisés pour payer les aliments achetés. Ceux-ci sont principalement des systèmes prépayés, ce que signifie que la carte doit être chargée dans un terminal d'argent qui est crédité sur la carte à puce puis débité à la caisse du fournisseur [14].

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.



Figure 1.14 : Processus de paiement avec une carte à puce sans contact dans un terminal de point de vente POS.

Il existe d'autres systèmes de paiement sans contact le péage autoroutier dans les USA utilisent la technologie RFID pour collecter électroniquement les péages des voitures qui passent au lieu de s'arrêter au péage. Les voitures passent directement dans la voie et le péage est automatiquement déduit d'une carte prépayée [15].

1.13.5. La culture :

Les bibliothèques utilisent des tags RFID dans les livres et autres documents pour suivre la circulation et l'inventaire, stocker les informations sur les produits (comme les titres et les auteurs) et pour assurer la sécurité contre le vol.

Des librairies telles que Barnes & noble utilise la RFID pour identifier les livres à retirer des étagères et à retourner aux maisons d'édition.

1.13.6. La santé et le corps humain :

Dans le domaine de la santé, l'usage de la RFID est lié aux questions de sécurité des malades, pour l'indentification et la traçabilité des analyses (gestion des prélèvements sanguins) et le suivi des médicaments. Où des puces RFID contenant des informations vitales sont placées pour le traitement, la prévention d'erreur médicale, l'indentification et le suivi du personnel et de documents, l'automatisation de la facturation et d'autres tâches [16].

Les animaux ne sont plus les seuls désormais à pouvoir se faire injecter des tags RFID. Des entreprises comme VERICHIP commercialisent des puces en forme de gain de riz pouvant être insérées sous la peau. Les applications concernent notamment le secteur de la santé puisqu'un patient atteint de certaines pathologies (Alzheimer, diabète, etc.) pourra ainsi transporter son dossier médical sur lui.

CHAPITRE 1 : La technologie RFID.

1.13.7. Logistique et gestion des stocks :

- La RFID offre la possibilité de lire un tag à plusieurs mètres sans la nécessité d'un contact visuel. Cette caractéristique de la RFID augmente sensiblement l'efficacité de l'entreprise. Une passe suffit pour scanner toutes les palettes se trouvant dans un conteneur, et le statut des stocks peut être vérifié en temps réel.
- Dans les inventaires RFID peut réduire les ruptures d'inventaire de 30%.
- Saisie automatique d'une liste de produits achetés ou sortis du stock

1.14. Conclusion :

Le concept de ce chapitre permet d'avoir une vue d'ensemble de cette technologie RFID son objectif n'a plus seulement pour les entreprises, aujourd'hui le grand public commence à être visé de façon à se faciliter la vie, cette dernière a pour avantage de faire gagner du temps aux usagers et de permettre une lecture rapide et plus fiable des données. Ces données peuvent être mises à jour chaque fois nécessaire.

CHAPITRE 2 :

Systeme RFID UHF

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

2.1. Introduction :

Dans la première partie de ce chapitre nous présentons les principales notions sur les paramètres fondamentaux des antennes dont sont conformer aux définitions de l'IEEE. La seconde partie s'intéresse sur l'adaptation d'impédance des tags RFID UHF passif et les différentes méthodes d'adaptation les plus connus. Nous exposerons enfin les puces des systèmes RFID.

2.2. Le rôle des antennes :

Le rôle d'une antenne est de convertir l'énergie électrique d'un signal en énergie électromagnétique transportée par une onde électromagnétique (ou inversement). Une définition traditionnelle est la suivante : « Une antenne d'émission est un dispositif qui assure la transmission de l'énergie entre un émetteur et l'espace libre où cette énergie va se propager. Réciproquement, une antenne de réception est un dispositif qui assure la transmission de l'énergie d'une onde se propageant dans l'espace à un appareil récepteur » [Combes] [18].

2.3. Les paramètres fondamentaux des antennes :

2.3.1. Les paramètres de rayonnement :

2.3.1.1. Le Diagramme de rayonnement :

Le diagramme de rayonnement représente les variations de la puissance rayonnée par l'antenne dans les différentes directions de l'espace. Il indique les directions de l'espace (θ_0, φ_0) dans lesquelles la puissance rayonnée est maximale. Il est important de noter que le diagramme de rayonnement n'a de sens que si l'onde est sphérique.

On trace dans le diagramme de rayonnement la fonction caractéristique de rayonnement $r(\theta, \varphi)$, qui varie entre 0 et 1 selon la direction.

Celui-ci peut se représenter sous différentes formes. En général, le diagramme de rayonnement d'une antenne est représenté dans les plans horizontaux ($\theta = 90^\circ$) et verticaux ($\varphi = \text{constante}$), ou bien dans les plans E et H.

$$r(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P_0(\theta_0, \varphi_0)} \quad (2.1)$$

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

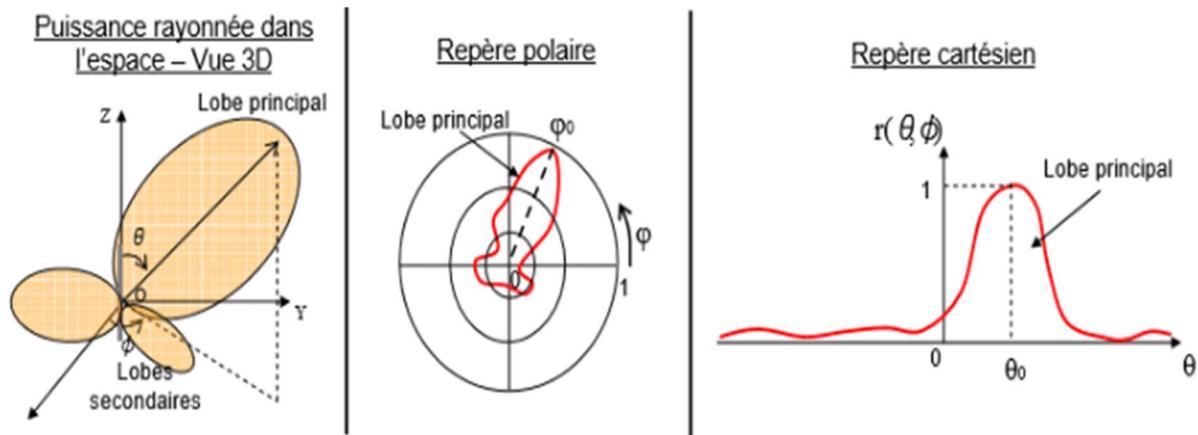


Figure 2.1 : Illustration du diagramme de rayonnement d'une antenne.

Le diagramme de rayonnement d'une antenne est principalement relié à sa géométrie mais peut aussi varier avec la fréquence. Hormis les antennes omnidirectionnelles, les antennes ne rayonnent pas la puissance de manière uniforme dans l'espace. Dans ce cas, la fonction caractéristique de rayonnement est égale à 1 quel que soit la direction considérée. En général, la puissance est concentrée dans un ou plusieurs « lobes ». Le lobe principal correspond à la direction privilégiée de rayonnement. Les lobes secondaires sont généralement des lobes parasites. Dans ces directions, l'énergie rayonnée est perdue donc on cherche à les atténuer.

Remarque : niveau du premier lobe secondaire

Pour que les lobes secondaires ne soient pas considérés comme gênants, on admet en pratique que le niveau du premier lobe secondaire doit être au moins 20 dB inférieur au niveau du lobe principal [18].

2.3.1.2. Différentes zones de rayonnement :

Quel que soit le type d'antenne, on obtient invariablement des champs dont les expressions mathématiques indiquent des variations en $1/r$, $1/r^2$ et $1/r^3$. On interprète ces variations des champs selon la distance comme ceci :

- les termes en $1/r$ correspondent au rayonnement.
- les termes en $1/r^2$ de E sont reliés à l'induction.
- les termes en $1/r^3$ de E et en $1/r^2$ de H proviennent de l'électrostatique.

On reconnaît aussi 3 régions aux caractéristiques différentes pour l'expression des champs. Les limites de ces régions, bien qu'imprécises, dépendent de la longueur h_x , y , z de l'antenne

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

suivant l'axe considéré. Il existe en effet, un déphasage de plus en plus important entre tous les points sur la structure constituant l'antenne par rapport à un axe perpendiculaire à l'observation lorsque les dimensions de l'antenne croissent [19].

- **Zone de Rayleigh** ($r < r_{nf} = \frac{h^2}{\lambda}$) :

Les termes inductifs et électrostatiques sont prépondérants au voisinage immédiat de l'antenne. Il y a une accumulation d'énergie électrique et magnétique. Les champs varient peu en fonction de la distance mais ils sont très complexes à analyser.

- **Zone de Fraunhofer** ($r > r_{ff} = \frac{2h^2}{\lambda}$) : (Ou région de champ lointain)

Loin de l'antenne, les termes en $1/r^2$ et $1/r^3$ peuvent être négligés. Il ne reste donc que le rayonnement. Les champs électrique et magnétique sont orthogonaux entre eux, et orthogonaux à la direction de propagation α_r . Leur rapport est constant :

$$\frac{\bar{E}_\theta}{\bar{H}_\phi} = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma + j\omega c}} \approx \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \eta_0 \quad (2.2)$$

- **Zone de Fresnel** : (Ou région de champ proche radiatif)

Elle se situe entre les 2 extrêmes. Ici, les champs varient avec de fortes oscillations.



Figure 2.2 : Représentation des zones de radiation d'une antenne.

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

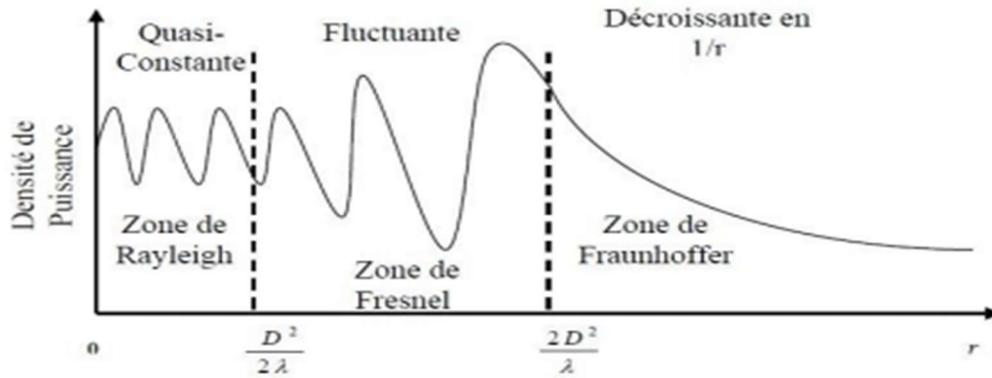


Figure 2.3 (a)

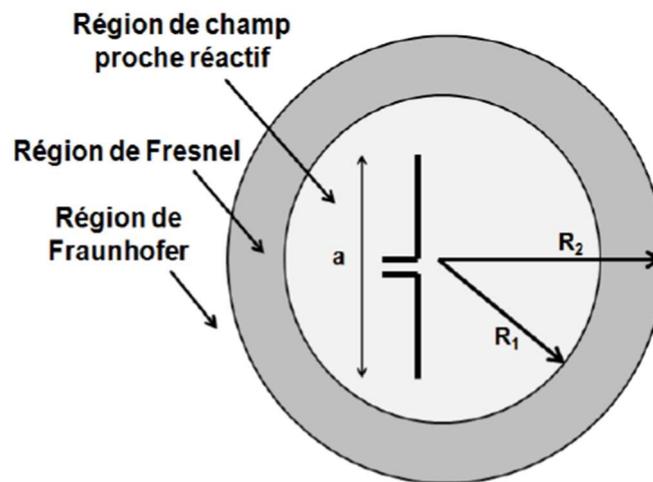


Figure 2.3 (b)

Figure 2.3 : Les régions de rayonnement au voisinage d'une antenne.

2.3.1.3. La directivité :

La directivité est un paramètre d'antenne fondamental. C'est le rapport entre l'intensité de rayonnement dans une direction donnée et l'intensité que rayonnerait une antenne isotrope [18].

$$D = \frac{U_{max}}{U_{max}(isotrope)} \quad (2.3)$$

U : est l'intensité de rayonnement

$$U = \pi(\Omega) = (P_R)/(\Omega) \quad (2.4)$$

Où : $\Omega = \iint \sin\theta d\theta d\varphi = 4\pi$ [Sr] isotrope.

Une antenne qui rayonne de façon égale dans toutes les directions aurait une direction nulle, et la directivité de ce type d'antenne serait de 1 (ou 0 dB).

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{\frac{P_R}{4\pi}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_R} \quad (2.5)$$

Avec : θ, ϕ sont l'azimut et l'élévation respectivement.

2.3.1.4. Le gain :

Le terme Gain d'antenne décrit la quantité de puissance transmise dans la direction du rayonnement de crête à celle d'une source isotrope. Le gain d'antenne est plus souvent cité que la directivité dans la fiche technique d'une antenne parce qu'il tient compte des pertes réelles qui se produisent.

Le gain $G(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ sur la puissance que rayonnerait une antenne isotrope sans pertes. En général, le gain G correspond au gain dans la direction de rayonnement maximal (θ_0, φ_0) . Cette propriété caractérise la capacité d'une antenne à focaliser la puissance rayonnée dans une direction.

$$G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_A} \implies G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta_0, \varphi_0)}{P_A} \quad (2.6)$$

Le gain ne se diffère de sa directivité D que par son rendement η :

$$G(\theta, \varphi) = \eta * D(\theta, \varphi) \quad (2.7)$$

Si l'antenne est omnidirectionnelle et sans pertes, son gain vaut 1 ou 0 dB. Le gain est généralement exprimé en dB ou en dBi car une antenne isotrope est utilisée comme référence. On trouve aussi parfois le gain exprimé en dBd, lorsqu'une antenne dipôle est utilisée comme référence [18].

2.3.1.5. La polarisation :

Toutes les ondes électromagnétiques ont une polarisation associée. Les concepts d'antenne de polarisation linéaire et elliptique sont présentés.

- **Polarisation linéaire** : Si le champ électrique (et donc le champ magnétique) change de telle manière que sa direction reste parallèle à une ligne dans l'espace comme l'onde se déplace, l'onde est dite polarisée linéairement.

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

- **Polarisation circulaire** : Si la modification du champ électrique se produit dans un cercle ou dans une ellipse, l'onde est dite polarisée circulairement ou elliptiquement.

La Polarisation d'une onde transversale détermine la direction de l'oscillation dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde [35].

2.3.2. Les paramètres circuits :

2.3.2.1. L'impédance d'entrée :

L'impédance est définie comme la résistance à la circulation du courant dans un élément de circuit et, est mesurée comme rapport de tension V et de courant I

$$Z = \frac{V}{I} \quad (2.8)$$

Une antenne est caractérisée par une impédance d'entrée complexe d'où

$$Z_a = R + jX \quad (2.9)$$

Avec $R = R_r + R_p$

R_r : résistance avec rayonnement.

R_p : résistance avec perte.

L'antenne reçoit l'énergie en terme courant de la source à travers une ligne de transmission donc l'impédance d'entrée Z_i est aussi s'écrit :

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} \quad (2.10)$$

L'impédance d'entrée en fonction de coefficient de réflexion est donnée par :

$$Z_i = Z_c * \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \quad (2.11)$$

Où : Z_c : Impédance caractéristique,

Γ : Coefficient de réflexion.

L'impédance de charge Z_l , dans le cas d'une ligne Bl sans perte la relation est donnée par :

$$Z_i = Z_c * \frac{Z_l \tan Bl}{Z_c + jZ_l \tan Bl} \quad (2.12)$$

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

2.3.2.2. Le coefficient de réflexion

Communément, une antenne est conçue pour être adaptée à l'impédance caractéristique Z_0 réelle d'une ligne de transmission (généralement 50Ω ou 75Ω) afin de minimiser le taux d'onde stationnaire (TOS). On définit alors le coefficient de réflexion d'une antenne Γ par :

$$\Gamma = \frac{Z_a - Z_0}{Z_a + Z_0} \quad (2.13)$$

Le TOS est quant à lui donné par :

$$\text{TOS} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.14)$$

Dans le cas où il n'y a pas de ligne de transmission entre l'antenne et une charge qui peut ne pas présenter une impédance réelle. Il faut dans ce cas maximiser la puissance transmise à la charge. On définit donc le coefficient de réflexion en puissance Γ^* par :

$$\Gamma^* = \frac{Z_0 - Z_a^*}{Z_0 + Z_a} \quad (2.15)$$

2.3.2.3. La bande passante et facteur de qualité :

La bande passante d'une antenne correspond à la bande de fréquence où le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne (ou de l'antenne vers le récepteur) est maximal. La bande passante peut être définie en fonction du coefficient de réflexion, à condition que le diagramme de rayonnement ne change pas sur cette bande. Il n'y a pas de critères précis pour la limite du coefficient de réflexion. Un critère typique d'avoir un coefficient de réflexion inférieure à -10 dB ou -15 dB sur la bande passante [18].

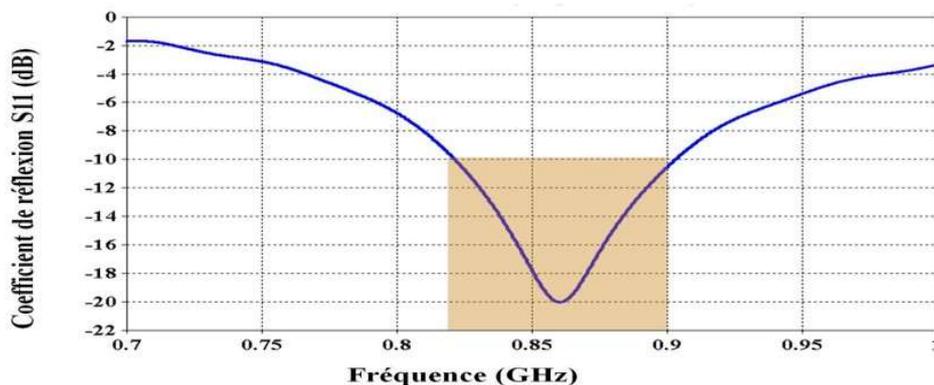


Figure 2.4 : Représentation du coefficient de réflexion.

D'un point de vue électrique, nous avons vu que l'antenne pouvait être vue comme un circuit résonant RLC. La bande passante BW (bande passante à 3 dB de la valeur du champ) est liée au facteur de qualité Q du circuit RLC à la fréquence de résonance f_{Res} . Le facteur de qualité représente la quantité de résistance présente lors de la résonance

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

$$Q = \frac{f_{Res}}{BW} \quad (2.16)$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{R_{ant}}{2\pi f_{Res} L_{ant}} \quad (2.17)$$

Une antenne avec un fort facteur de qualité rayonne très efficacement à la fréquence de rayonnement sur une bande de fréquence très étroite, ce qui peut limiter les interférences hors bande. Cependant, si la bande passante est trop étroite, tout signal émis ou reçu près des bornes de la bande de fréquence de fonctionnement sera atténué. Une antenne avec un faible facteur de qualité est large bande mais collecte le bruit présent sur la bande de fonctionnement, dégradant ainsi la qualité du signal reçu.

2.3.2.4. La distance de lecture :

La sensibilité à l'écriture d'habitude se diffère de la sensibilité en lecture par quelque [dB]. La sensibilité de tag peut être calculée à partir de la puissance minimale nécessaire pour activer le tag, la distance est l'une des caractéristiques importantes souvent utilisé pour évaluer les performances de l'antenne de tag, **la distance maximale** à laquelle un tag peut lire est donné [20] :

$$r=Dmax = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{PIRE \times Gr \times \tau}{Pci}} \quad (2.18)$$

Où :

$$PIRE = Pt \times Gt.$$

Pci : est la sensibilité du circuit intégré (la puce) en (Watt).

Gr : gain reçu

τ : coefficient de transmission, aussi donné par :

$$\tau = \frac{4R_c R_a}{|Z_c + Z_a|^2} \leq 1 \quad (2.19)$$

Noté que :

$Z_c = R_c + jX_c$: Impédance de la puce (chip).

$Z_a = R_a - jX_a$: Impédance de l'antenne.

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

2.4. Les principaux types d'antennes tag RFID UHF passifs :

Dans la littérature, 3 principaux types d'antennes sont mis en œuvre pour les antennes de tags RFID UHF passifs [8] :

- les antennes IFA (Inverted F Antenna),
- les antennes patches,
- les antennes dipôles,
- les antennes à fentes.

Nous allons décrire leurs structures :

2.4.1. Antenne dipôle :

Les antennes dipôles sont utilisées fréquemment dans la technologie RFID, car elles sont très sensibles à la polarisation (polarisation linéaire) et présentent un rayonnement Omnidirectionnel, la figure 2.5 nous présente une antenne dipôle.

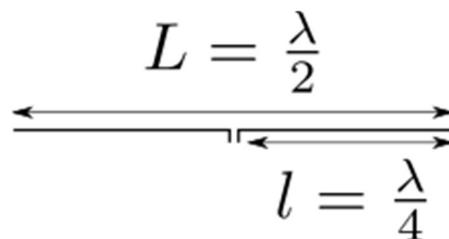


Figure 2.5 : Antenne dipôle.

2.4.2. Antenne a fente :

Un autre type d'antenne utilisé dans la technologie RFID, l'antenne à fente, sa large bande passante et son intégration aisée avec les circuits électronique facilite sa fabrication.

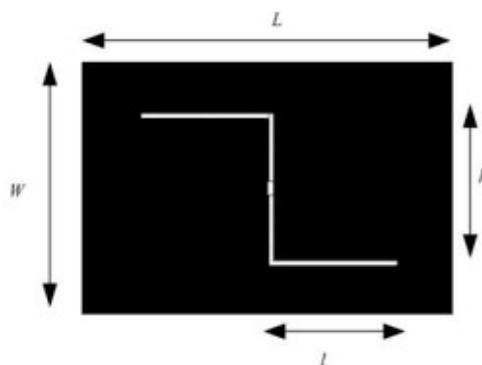


Figure 2.6 : Antenne à fente.

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

2.4.3. Antenne IFA :

Composé d'un fil conducteur placé parallèlement au plan de masse, un morceau de fil assurant la connexion au plan de masse et un fil d'alimentation pour l'antenne. La longueur du fil vertical qui est relié entre le fil de conducteur et le plan de masse peut être utilisée pour ajuster la résistance et la capacité de l'antenne. Le principal élément rayonnant est la ligne de conducteur parallèle au plan de masse, tandis que le fil de liaison est la cause des pertes de puissance. Pour améliorer la bande passante de l'IFA, le fil de rayonnement sera remplacé par un plan de rayonnement et nous permet d'obtenir un nouveau motif appelé PIFA.

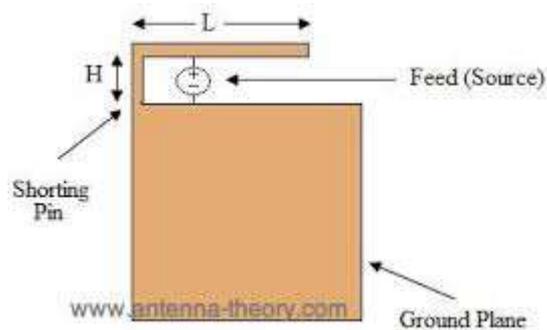


Figure 2.7 (a)

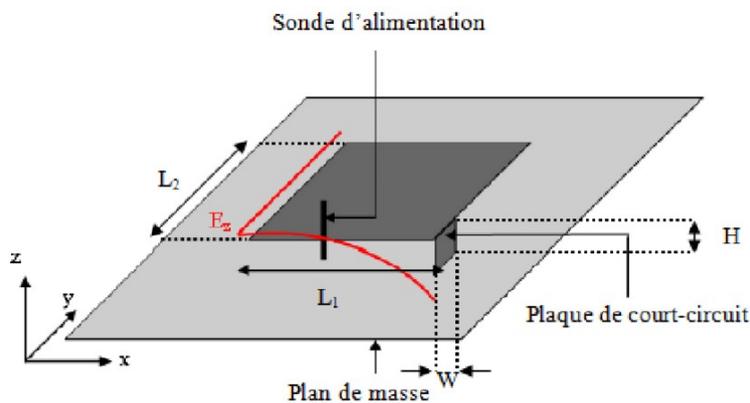


Figure 2.7 (b)

Figure 2.7 : (a) Antenne IFA, (b) Antenne PIFA.

2.4.4. Antennes Patches :

C'est une antenne considérablement populaire lors des dernières années, avec plusieurs variétés d'antennes patches, mais leur caractéristique commune c'est qu'elles se composent de quatre parts :

- Un élément rayonnant appelé patch.
- Un substrat diélectrique.

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

- Un plan de masse.
- Une alimentation.

Comme le montre la figure 2.8

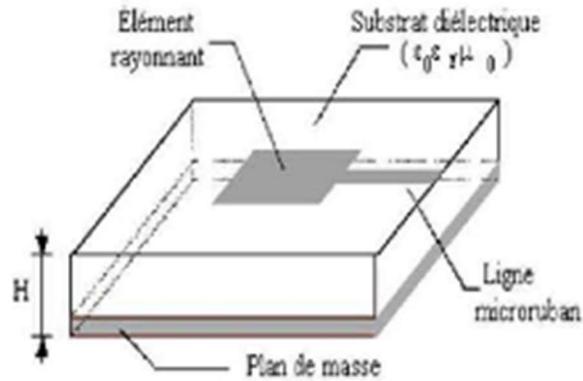


Figure 2.8 : Représentation d'une antenne patch.

2.5. L'adaptation d'impédance d'antenne tag RFID :

Le but de l'adaptation d'impédance d'une antenne à sa charge est de s'assurer que la puissance transférée par l'antenne est maximale à sa charge [21].

Dans un tag RFID la charge de l'antenne est un circuit intégré (la puce) qui sera alimenté par l'énergie fournie par l'antenne.

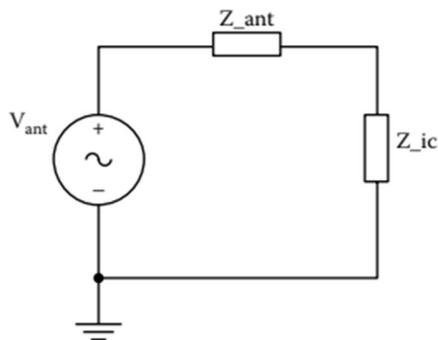


Figure 2.9 : Modèle de circuit pour transfert de puissance dans un Tag RFID

Avec :

$$\begin{cases} Z_a = R_a + jX_a \\ Z_{ic} = R_{ic} - jX_{ic} \end{cases} \quad (2.22)$$

Où : $\begin{cases} R : \text{résistance} \\ X : \text{réactance} \end{cases}$

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

Deux conditions qui doivent être remplies pour transférer le maximale de puissance de la source vers la charge est lorsque leur impédance sont conjuguées :

$$Z_a = Z_{ic} * \begin{cases} R_{ic} = R_a \\ -X_{ic} = X_a \end{cases} \quad (2.23)$$

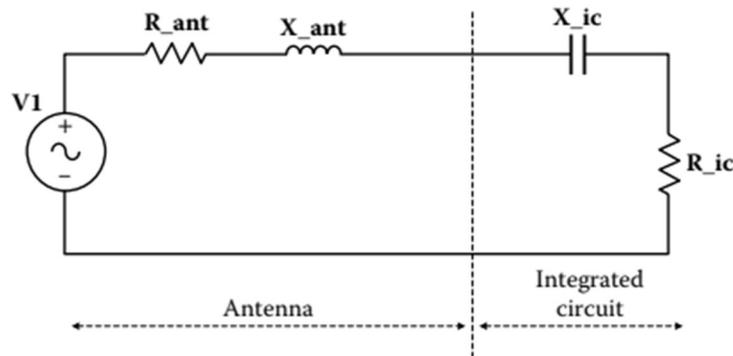


Figure 2.10 : modèle de circuit en série d'une antenne et la puce (IC).

Cette condition est avantageuse pour les systèmes RFID à pour l'impédance de l'antenne un comportement inductif et l'impédance d'entrée de circuit intégré (la puce) a un comportement capacitif.

2.6. Les méthodes d'adaptation d'impédance pour les tags RFID UHF passifs :

2.6.1. T-match :

Cette technique rend l'adaptation plus facile. Un T-match constitué d'une boucle rectangulaire, et permettant d'adapter facilement l'impédance de l'antenne à celle de la puce, la variation de longueur et de largeur de la ligne de boucle fait varier la résistance et la réactance de l'antenne [22] [23].

L'impédance au point de source donné par :

$$Z_{in} = \frac{2Z_t(1+a)^2 Z_a}{2Z_t + (1+a)^2 Z_a} \quad (2.23)$$

L'impédance de court de circuit formé par les conducteur t-match :

$$Z_t = jZ_o \tan\left(\frac{ka}{2}\right) \quad (2.24)$$

L'impédance caractéristique des deux lignes transmission espacé avec b :

$$Z_o \cong 276 \log_{10} \frac{b}{\sqrt{re \cdot re'}} \quad (2.25)$$

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

Avec : $re = 0.25w$ / $re' = 8.25w'$ / $a = \ln\left(\frac{b}{re'}\right) / \ln\left(\frac{b}{re}\right)$

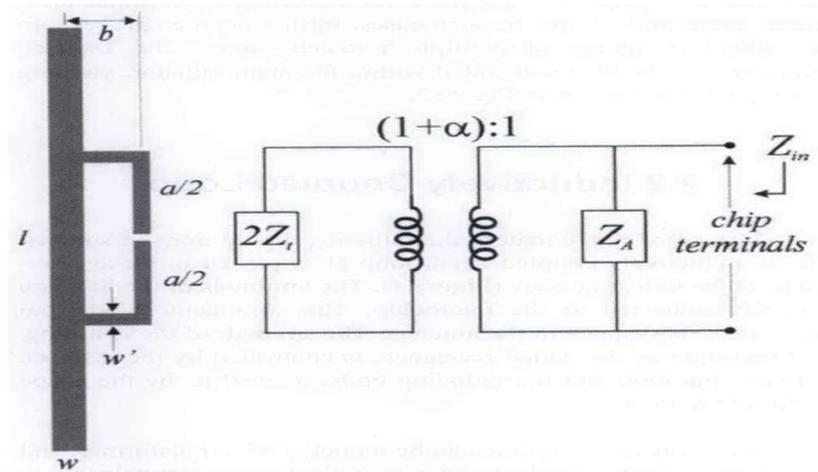


Figure 2.11 : Exemple T-match pour un dipôle planaire et leur circuit équivalent.

2.6.2. Boucle à couplage inductif :

Le fonctionnement de cette méthode est presque identique à celle méthode précédente (T-match), aussi un dipôle rayonnant peut avoir une excitation à travers d'une petite boucle a couplage inductive, placé à proximité du corps rayonnant où les bornes de la boucle connecté avec la puce. La force du couplage est contrôlée par la distance entre la boucle et le corps rayonnant dont l'adaptation de l'impédance est maîtrisée par la variation des dimensions de la boucle [23].

Le couplage inductif peut modéliser comme un transformateur, et l'impédance d'entrée au borne de la boucle est donné par :

$$Z_{in} = Z(\text{boucle}) + \frac{(2\pi fM)^2}{Z_a} \quad (2.26)$$

Où l'impédance de la boucle est :

$$Z(\text{boucle}) = j2\pi fL(\text{boucle}) \quad (2.27)$$

La réactance totale dépend de l'inductance L :

$$X_{in}(f_o) = 2\pi f_o L(\text{boucle}) \quad (2.28)$$

Tandis que la résistance est liée :

$$R_{in}(f_o) = \frac{(2\pi fM)^2}{Ra(f_o)} \quad (2.29)$$

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

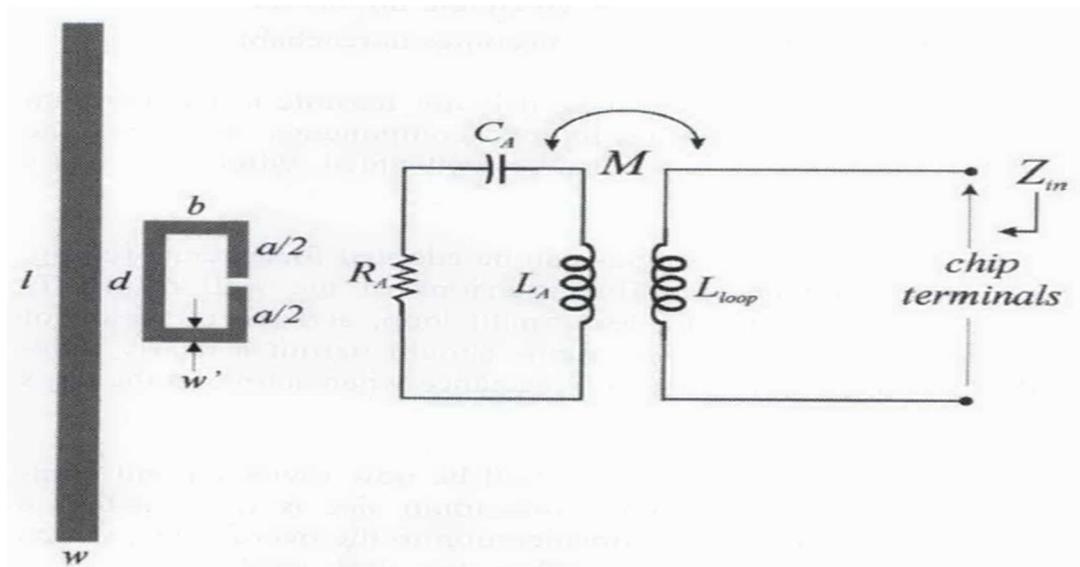


Figure 2.12 : Exemple d'une boucle proche au corps rayonnant et leur circuit équivalent.

2.6.3. Structure de Nested-Slot :

C'est une approche complètement différente en comparaison avec les deux précédentes, des fentes sont créés pour l'adaptation, ces fentes sont équivalentes aux résistances et inductances qui permettent de stocker et de rayonner l'énergie électromagnétique. Avec plusieurs degrés de liberté, cette configuration contribue à la réduction de la taille et à la réalisation de structures multi-bandes [24].

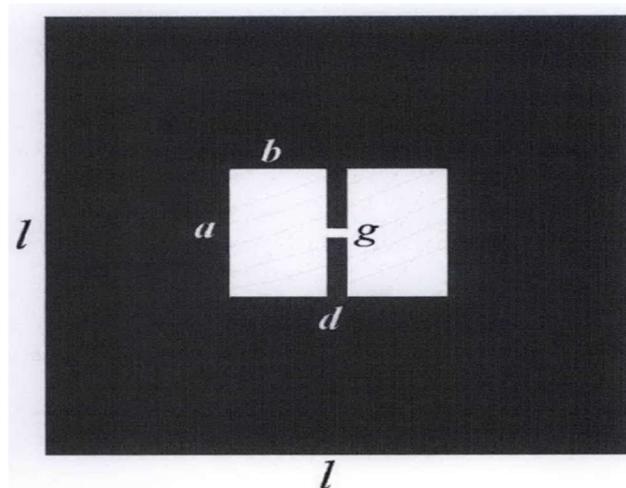


Figure 2.13 : Exemple géométrie d'un patch avec emplacement imbriqué (Nested-slot)

2.7. Les puces dans les systèmes RFID :

La tendance actuelle et future sur la RFID consiste à la mise en œuvre de puces UHF RFID de petites tailles avec une grande mémoire d'utilisation et un seuil de puissance minimum, selon les spécifications de la norme EPC Class 1 Gen 2. Le marché des puces RFID-UHF est partagé

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

par IMPINJ et d'autres entreprises comme NXP Semi-conducteur de Philips, Alien Technologie et Texas Instrument. Le tableau 2.1 montre quelques exemples de puces RFID-UHF les plus utilisées, disponibles sur le marché actuel [25].

Tableau 2.1 : Exemple de puces RFID-UHF disponible dans le marché.

Puce RFID	Puissance min			Fréquence de travail
	de fonctionnement (dBm)	Rc (Ω) Série	Cc (pF) Série	
AlienHiggs 4	-18.5	1500	0.85	860-960 MHz
AlienHiggs3	-18	1500	0.85	860-960 MHz
NXPUCODE G2XM/G2XL	-15	1385	1.16	860-960MHz
IMPINJ Monza 5	-17.8	1800	0.825	860-960MHz
IMPINJ Monza 4	-17.4	1650	1.21	860-960MHz

2.8. Modélisation du port d'entrée d'une puce RFID UHF passive :

Un model électrique équivalent de l'impédance d'entré peut être modélisé par une résistance et une capacité soit en parallèle R_p , C_p soit en série par R_s , C_s [8].

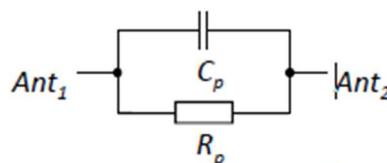


Figure 2.14 (a)

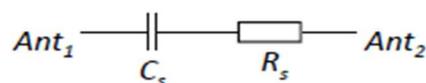


Figure 2.14 (b)

Figure 2.14 : (a) Circuit équivalent en parallèle, (b) Circuit équivalent en série.

CHAPITRE 2 : Généralités sur les antennes de tags RFID.

Les fabricants de puces RFID fournissent généralement soit l'impédance Z_c , admittance Y_c , ou les valeurs des éléments de deux modèles de la figure 2.4

Une relation entre les deux circuits. Étant donné les valeurs de résistance et capacité en parallèle, est possible de trouver leurs valeurs en série équivalente en utilisant l'équation (2.30) :

$$\begin{cases} R_s = \frac{R_p}{1 + (\omega R_p C)^2} \\ C_s = 1 + \frac{(\omega R_p)^2}{\omega^2 R_p^2 C_p} \end{cases} \quad (2.30)$$

Les équations (2.31) et (2.32) permettent d'obtenir la valeur de ces éléments en fonction de l'impédance d'entrée Z_c :

$$R_p = \frac{\operatorname{Re}(Z_c)^2 + \operatorname{Im}(Z_c)^2}{\operatorname{Re}(Z_c)^2} \quad (2.31)$$

$$C_p = \frac{\operatorname{Im}(Z_c)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot (\operatorname{Im}(Z_c)^2 + \operatorname{Re}(Z_c)^2)} \quad (2.32)$$

$$R_s = \operatorname{Re}(Z_c) \quad (2.33)$$

$$C_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \operatorname{Im}(Z_c)} \quad (2.34)$$

2.9. Conclusion :

Durant ce chapitre nous avons tout d'abord présenté les paramètres fondamentaux des antennes. Nous avons exposé les principaux types d'antennes couramment utilisés dans les systèmes RFID UHF passif. Puis, nous avons également abordé le principe d'adaptation d'impédance des antennes RFID UHF passive et ces méthodes d'adaptation les plus utilisées. Nous avons finalisé ce chapitre en citant les puces dans les systèmes RFID et les techniques de modélisation électrique des puces RFID passive.

CHAPITRE 3 :

Résultats et discussions

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

3.1.Introduction :

Dans chapitre, nous allons concevoir une antenne tag RFID UHF de type dipôle replié bien adapté avec l'impédance complexe de la puce choisi IMPINJ Monza-4, l'adaptation est réalisée avec un stub (T-match), la bande allouée pour le fonctionnement de l'antenne est UHF (902-928 MHz). La modélisation, la simulation et l'optimisation sont effectuées à l'aide du logiciel CST-MW (Computer Simulation Technology-Microwave).

3.2.Présentation du logiciel CST :

CST Studio Suite® est une solution logicielle d'analyse EM 3D hautes performances dédiée à la conception, à l'analyse et à l'optimisation des composants et systèmes électromagnétiques (EM). Les solveurs de champ électromagnétique destinés aux applications de l'ensemble du spectre EM sont proposés dans une seule et unique interface utilisateur. Il est possible d'associer les solveurs pour réaliser des simulations hybrides, ce qui offre aux ingénieurs la flexibilité requise pour analyser des systèmes entiers composés de nombreux éléments, de façon efficace et simple. La co-conception avec d'autres produits SIMULIA permet d'intégrer la simulation EM au flux de conception et booste le processus de développement dès les premières étapes. [26].

3.3.Conception d'une antenne RFID UHF :

La conception de notre antenne est passée par trois étapes : 1. Conception d'un dipôle, 2. Repliement du dipôle (ajout de méandre) et 3. Adaptation de l'antenne avec ajout d'un élément inducteur (ajout d'inductance).

3.3.1.Antenne dipôle :

L'antenne, représentée dans la figure 3.1, est composée d'un dipôle planaire, de dimensions $2 \times W_d/2 \times L_d$, déposé sur un substrat de type Roger RO4003C d'une taille $W_s \times L_s \times h$ et de permittivité électrique $\epsilon_r = 3.38$ avec une constante de perte $\delta = 0.0027$. Un plan de masse, de dimensions $W \times L$, est déposé au même plan que l'élément rayonnant. Les valeurs des dimensions sont présentées dans le tableau 3.1

Dans le but de concevoir une antenne avec de faibles dimensions (miniaturisation) On va concevoir en premier lieu une antenne qui résonne à une fréquence de 2400Mhz. Pour cela l'équation (3.1) est utilisée pour calculer la longueur du dipôle $W_d/2$ [22].

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

$$Wd = 0.47 \lambda = 0.47 \frac{v}{f} \quad (3.1)$$

f : La fréquence de résonance.

v : la vitesse de propagation dans le milieu sur les brins du dipôle.

$$v = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3.2)$$

c_0 : La vitesse de la lumière dans le vide.

ϵ_{eff} : La constante diélectrique du milieu environnant.

$$\epsilon_{eff}(w) = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{Ld} \right]^{-1/2} \quad (3.3)$$

h : l'épaisseur du substrat.

Ld : la largeur du dipôle.

D'après les calculs on a eu une longueur du dipôle $Wd = 31$ mm

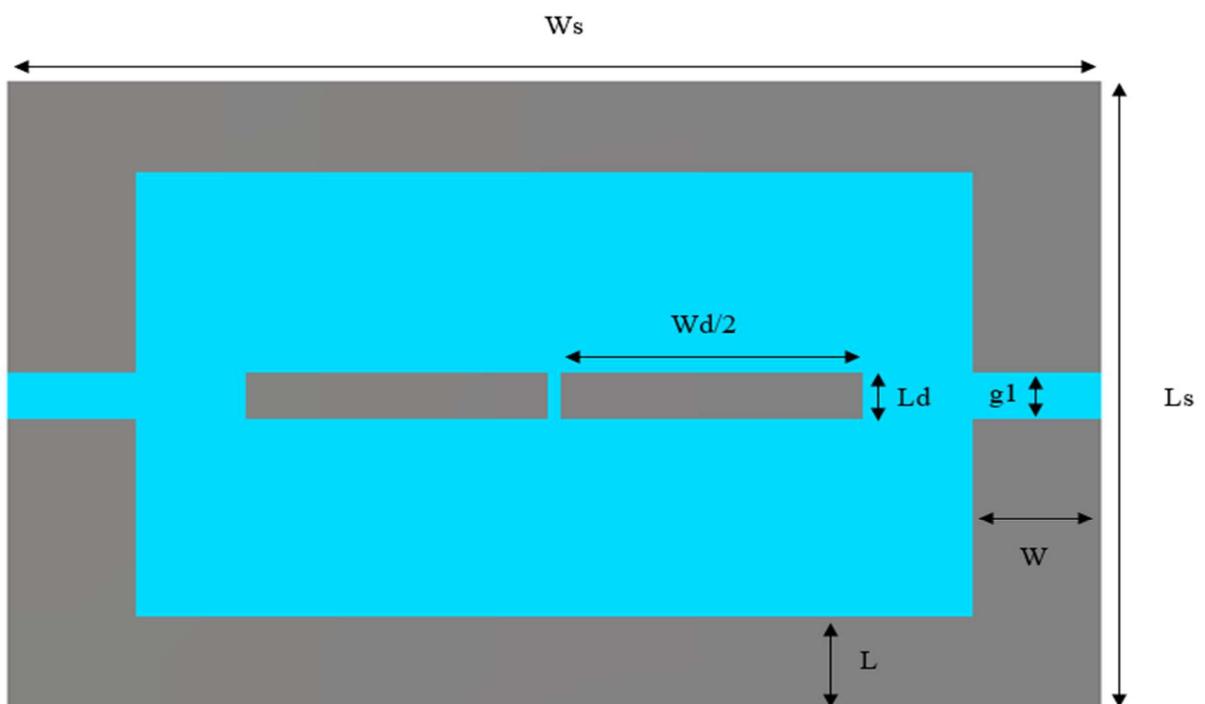


Figure 3.1 : Géométrie de l'antenne dipôle.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Tableau 3.1 : Dimensions de l'antenne

Paramètres	Dimensions (mm)
$Wd/2$	23.5
Ld	4
Ws	85
Ls	55
h	0.203
L	8
W	10
$g1$	4

La Figure 3.2 présente le coefficient de réflexion $S_{1,1}$ obtenue après avoir alimenté l'antenne avec un discrète port de 50 Ohms, d'où on remarque qu'on a eu une résonance a une fréquence proche de 2400 MHz.

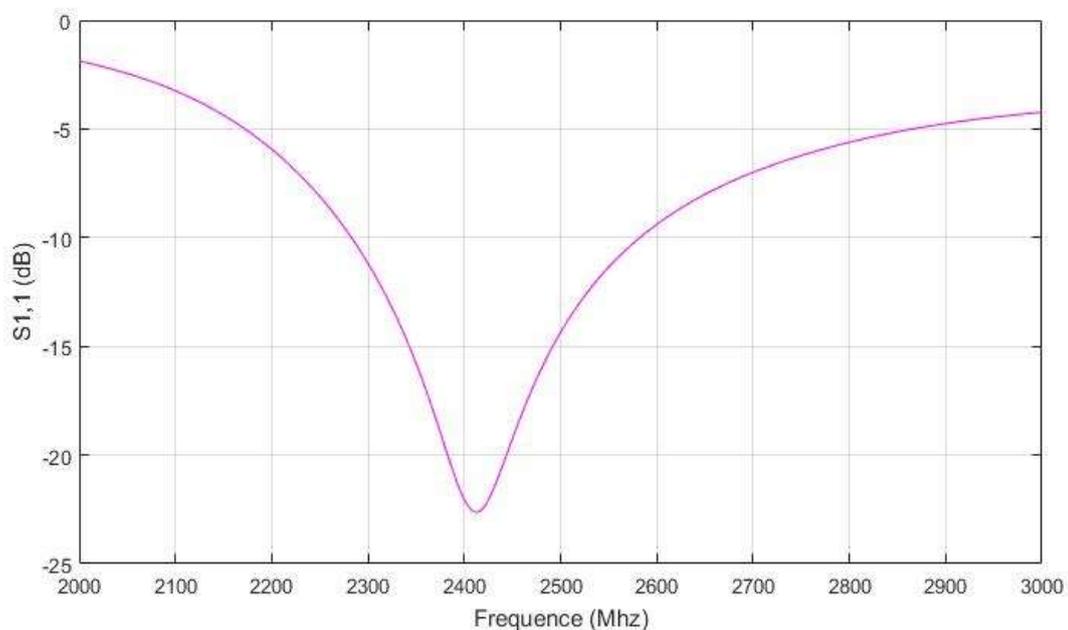


Figure 3.2 : Coefficient de réflexion de l'antenne dipôle en dB.

Nous savons que la taille de l'antenne est inversement proportionnelle à la fréquence de résonance. Notre but est de ramener la fréquence de travail dans la bande UHF (902 – 928 MHz) tout en conservant la même taille de l'antenne, pour cela nous allons ajouter des modifications pour qu'elle résonne dans cette bande.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées, pour abaisser la fréquence de résonance sans augmenter la taille de l'antenne. Parmi ces techniques nous avons utilisé la technique du mandrin [32],[33],[34] qui sera expliquée dans l'étape 2.

3.3.2. Antenne dipôle replié :

Dans le cadre de diminuer la bande de fréquence, nous avons modifié notre dipôle en introduisons un méandre comme proposé par G.Marrocco dans [23] , en repliant les bras d'une antenne dipôle Le long d'un chemin sinueux (Figure 3.3), une configuration de fils est produite avec des réactances capacitatives et inductives distribuées qui affectent globalement l'impédance d'entrée de l'antenne. Jusqu'à la première fréquence de résonance, les courants sur les segments horizontaux adjacents des antennes en méandre (MLA) ont des phases opposées. Ces courants sur les lignes de transmission ne contribuent pas à la puissance rayonnée, mais produisent néanmoins des pertes. Les résonances sont obtenues à des fréquences beaucoup plus basses que dans le cas d'un dipôle droit de même hauteur, au détriment d'une étroite bande passante et une faible efficacité.

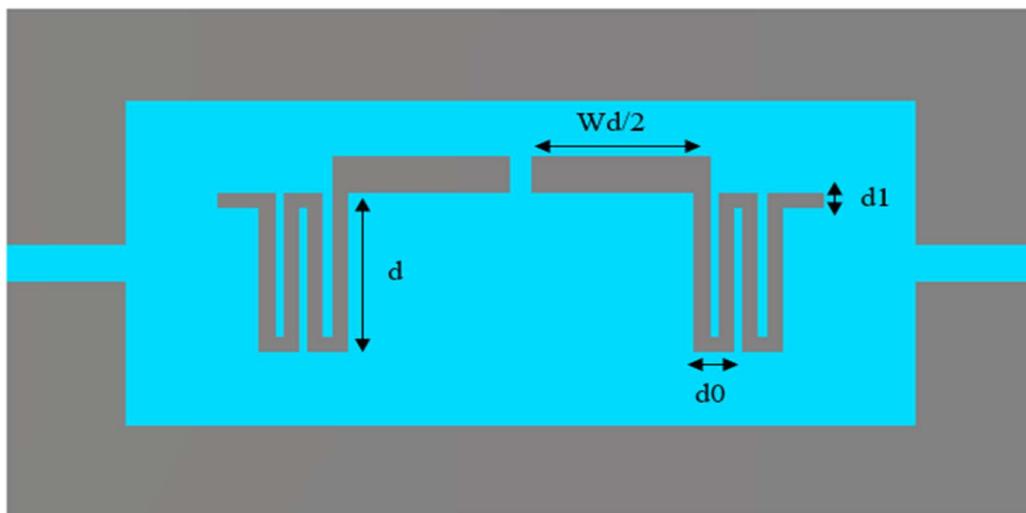


Figure 3.3 : Géométrie de l'antenne dipôle replié

Le tableau 3.2 présente les valeurs des paramètres de cette nouvelle structure

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Tableau 3.2 : Dimensions du méandre.

Paramètres	Dimensions optimisées (mm)
Wd/2	16.5
d	17
d0	3.75
d1	1.5

Après simulation de cette antenne on a eu les résultats suivants

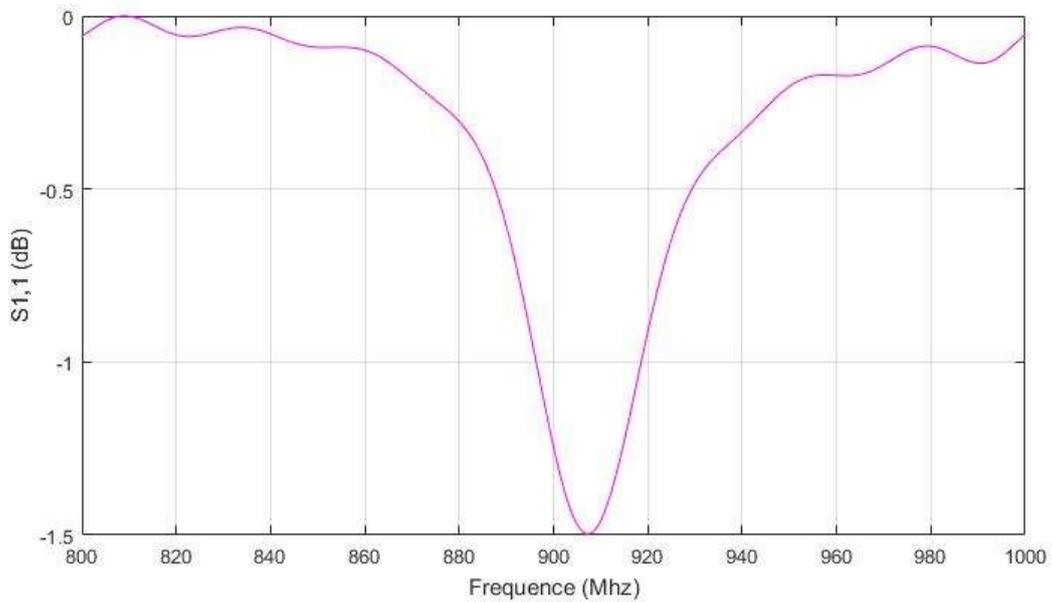


Figure 3.4 : Coefficient de réflexion de l'antenne dipôle replié en dB.

D'après ses résultats on constate qu'il y a une résonance à 915 MHz, mais à cause de la mauvaise adaptation, la courbe est restée loin d'être au-dessous de -10 dB.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

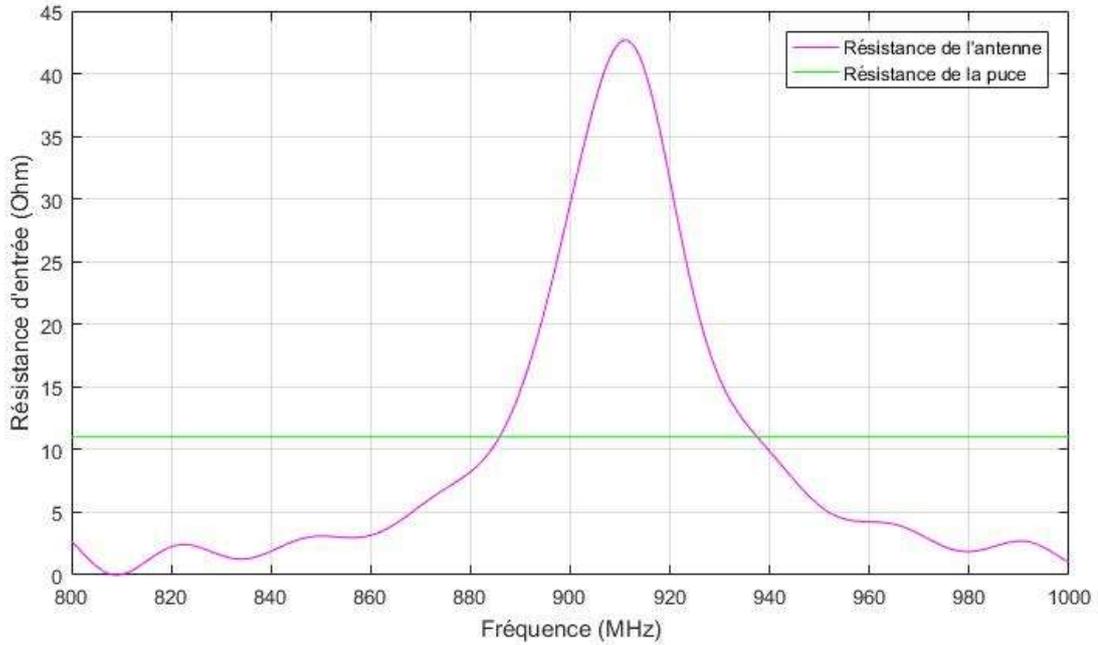


Figure 3.5 (a)

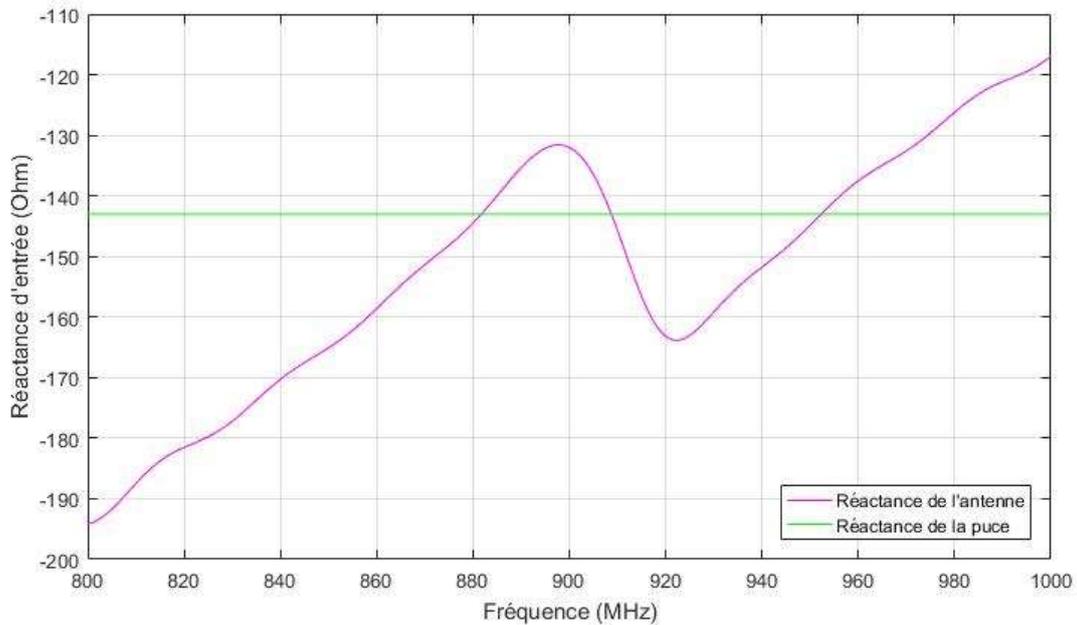


Figure 3.5 (b)

Figure 3.5 : Impédance d'entrée simulée. (a) Partie réelle (b) Partie imaginaire.

Après l'ajout du méandre, l'impédance d'entrée de l'antenne est $Z_a = 42 - j143$ Ohms, pour la fréquence 915 MHz. L'impédance d'entrée voulu doit être le conjugué de $Z_p = 11 - j143$ ($11 + j143$), ce qui signifie que notre antenne n'est pas adaptée. En d'autres termes, l'impédance

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

d'entrée de notre antenne est capacitive et on doit la rendre inductive avec une valeur égale à $11+j143$ Ohms.

3.3.3. Adaptation du dipôle replié :

L'impédance d'entrée d'un dipôle de longueur « l » peut être modifiée en introduisant un stub de court-circuit centré, comme expliqué dans [22], La source de l'antenne est connectée à un second dipôle de longueur ($a \leq l$), placé à une distance b proche du premier. Le courant électrique se répartit le long des deux radiateurs principaux en fonction de la taille de leur sections transversales.

Pour le but d'adapté notre antenne, et avoir une impédance d'entrée $Z_a=11-j143$, nous avons ajouté un stub T-match [23], montrer sur la Figure 3.6.

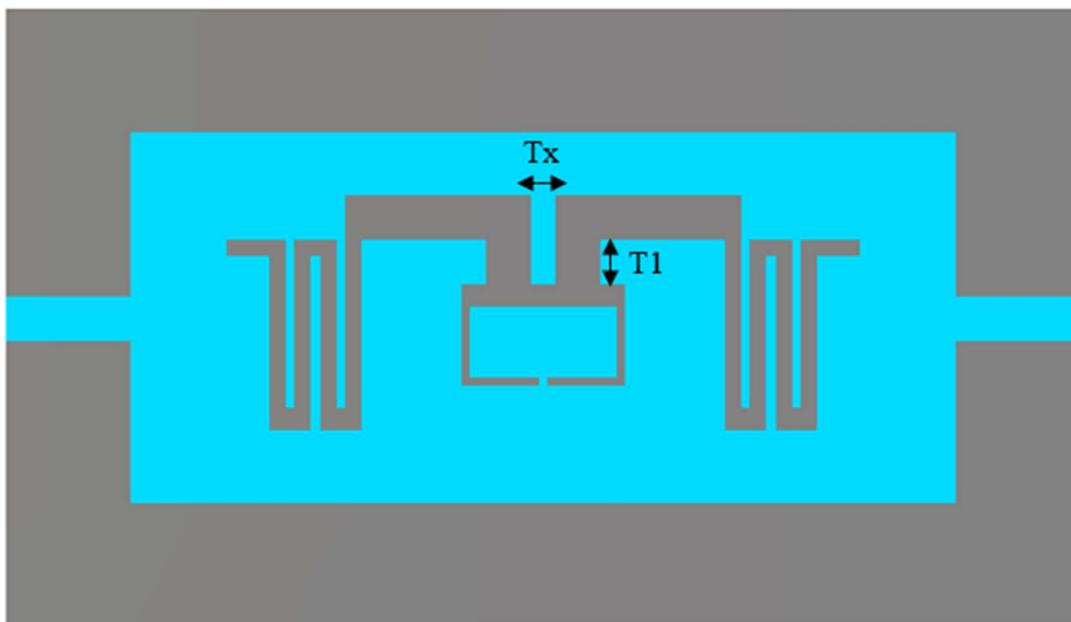


Figure 3.6 : Géométrie du dipôle replié en ajoutant le T-Match.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

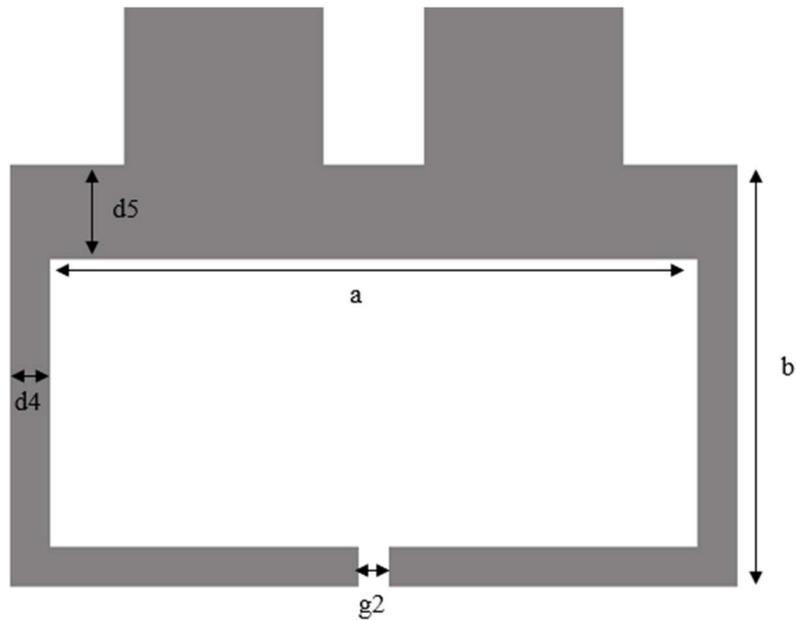


Figure 3.7 : Géométrie du T-Match.

Les dimensions de l'antenne proposée sont illustrées par le tableau 3.3 :

Tableau 3.3 : Dimensions de l'antenne repliée.

Paramètres	Dimensions optimisées (mm)
Tx	2
T1	4
a	12.926
b	8.5
g2	0.59
d4	0.787
d5	1.9

Cette étape consiste à adapter l'impédance complexe de l'antenne pour avoir le conjugué de l'impédance de la puce choisi IMPINJ Monza4 avec $Z_p=11-j143$ de sensibilité de lecture $P_{th} = -17.4$ dBm à la fréquence 915 MHz.

Nous avons fait une étude paramétrique qui concerne une variation d'épaisseur du substrat 'h' et les paramètres 'a' et 'b' pour adapter l'impédance de l'antenne à la fréquence 915 MHz.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Après avoir excité l'antenne avec une impédance de 50 Ohm(Ω). Les résultats obtenus sont tracés en utilisant MATLAB.

On a commencé la visualisation de l'influence paramétrique en variant l'épaisseur du substrat 'h' en variant sa valeur entre 0.508 mm et 1.524 mm.

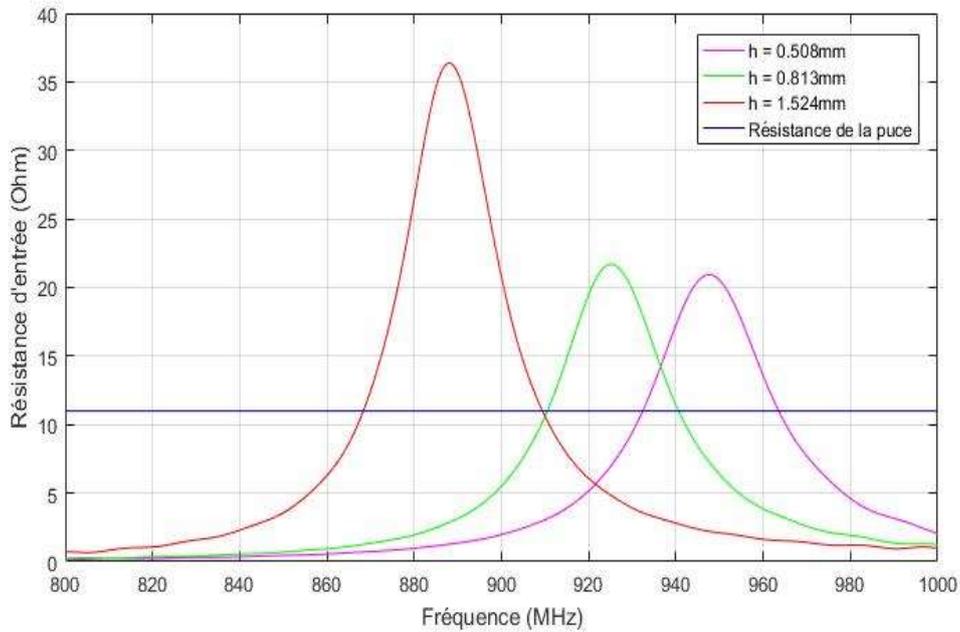


Figure 3.8 (a)

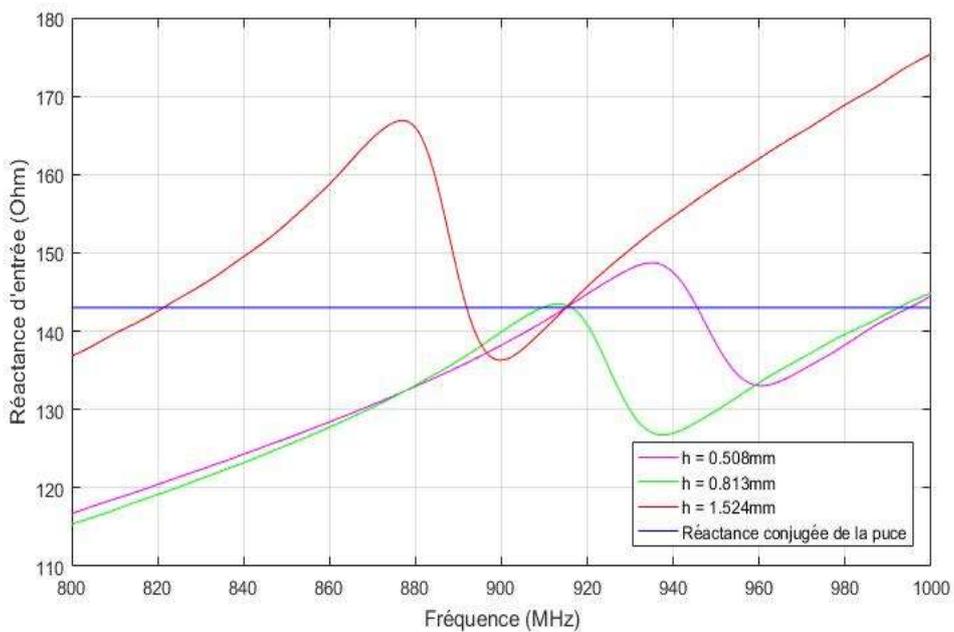


Figure 3.8 (b)

Figure 3.8 : impédance d'entrée simulée en fonction du paramètre h. (a) partie réelle. (b) partie imaginaire.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

Tableau 3.4 : Résultats de la simulation.

Epaisseurs de substrat [mm].			
	h=0.508	h=0.813	h=1.524
Les Impédances d'entrées de l'antenne (Ω) à 915 MHz	$Z_a=3.9+j142.9$	$Z_a=14.8+j143.3$	$Z_a=7.8+j142.9$

Les résultats obtenus nous montrent que la variation de l'épaisseur du substrat influence sur la partie réelle de l'impédance d'entrée de l'antenne, et on déduit que la meilleure valeur est $h=0.813\text{mm}$.

Après avoir déterminé les paramètres optimaux de l'impédance d'entrée de l'antenne à la fréquence 915 MHz nous avons intégré la puce IMPIJN Monza4 $Z_p=11-j143$ [27] dans l'antenne comme illustré dans la figure 3.9. La puce est modélisée par un élément de type « Lumped éléments ».

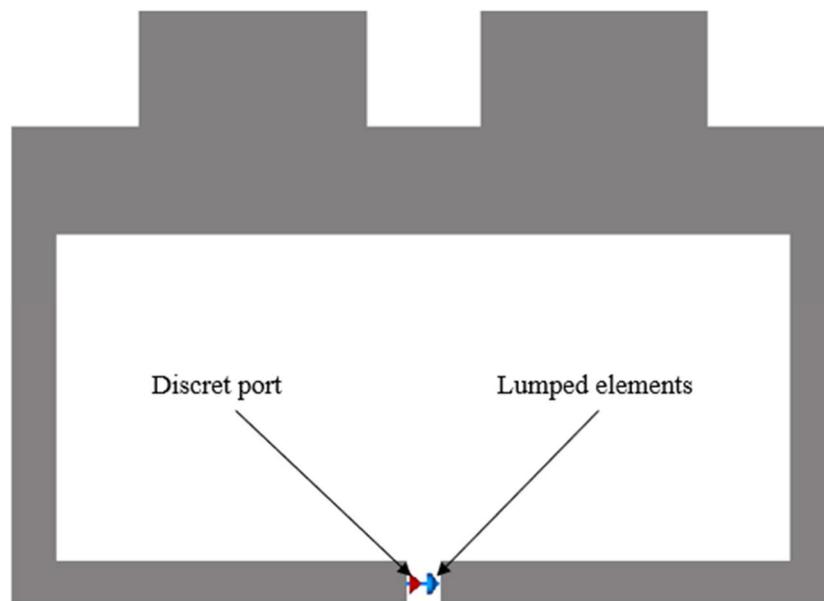


Figure 3.9 : Modélisation de la puce sur CST.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

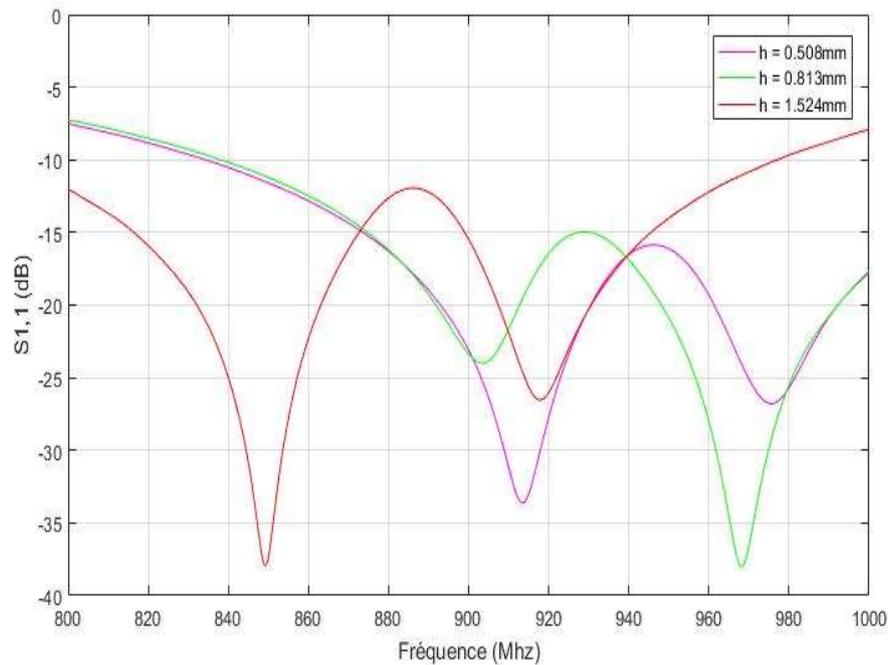


Figure 3.10 : Coefficient de réflexion en fonction du paramètre 'h'.

Tableau 3.5 : Résultats de simulation en fonction du paramètre 'h'.

Les impédances complexes d'antenne [Ω]			
	h=0.508mm	h=0.813mm	h=1.524mm
	$Z_a=3.84+j142.9$	$Z_a=14.8+j143.3$	$Z_a=7.8+j142.9$
Coefficient de réflexion [dB] à 915 MHz	-33 dB	-18.69 dB	-25.6 dB
La valeur linéaire (Gain)	0.193	0.612	0.371

Nous remarquons que la bonne adaptation de l'antenne est à l'épaisseur $h=0.813\text{mm}$ où le gain de l'antenne est bon par rapport aux autres valeurs d'épaisseur.

L'adaptation à cette épaisseur $h=0.813$ est faite à en fixant la valeur de $a = 14.5\text{mm}$ et $b = 8.5\text{mm}$.

Maintenant on va visualiser l'influence du paramètre 'a' sur l'impédance d'entrée, en variant sa valeur entre 14mm et 15mm.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

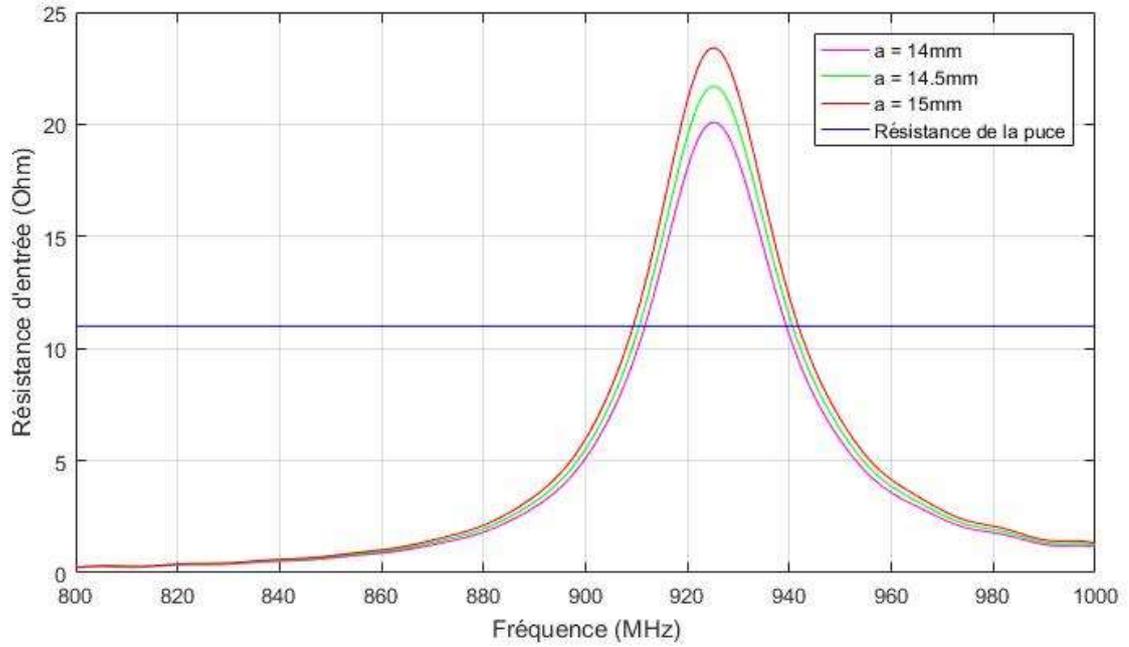


Figure 3.11 (a)

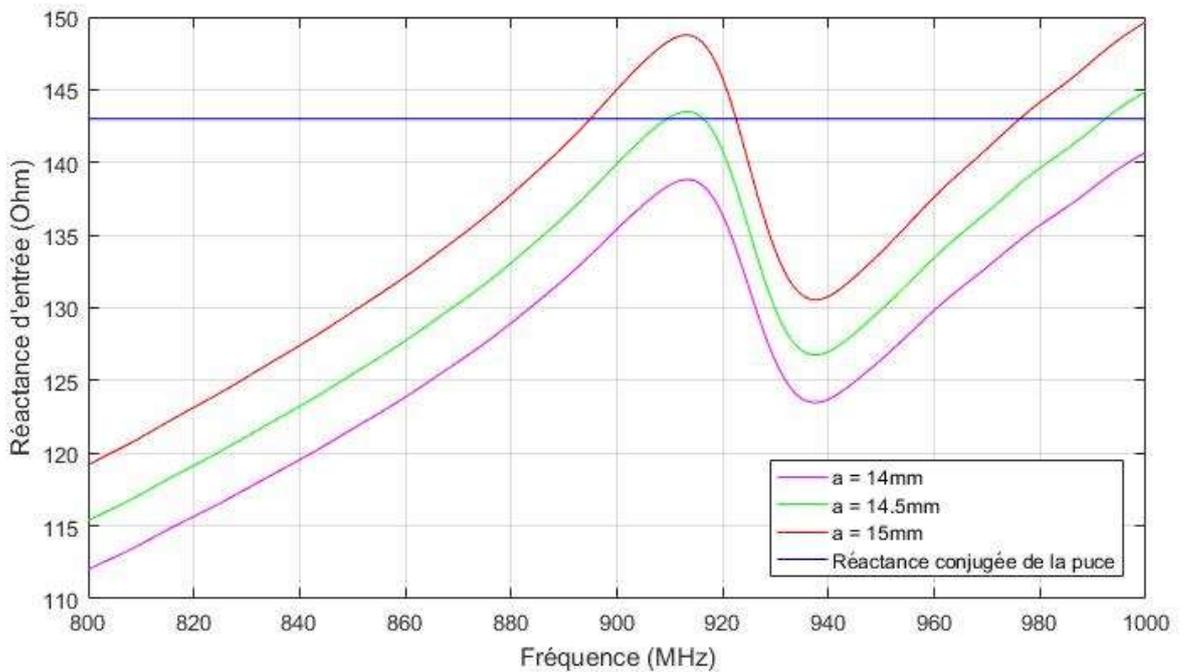


Figure 3.11 (b)

Figure 3.11 : Impédance d'entrée en fonction du paramètre 'a'. (a) partie réelle (b) partie imaginaire.

D'après les résultats obtenus, on remarque que la variation du paramètre 'a' influe sur l'impédance d'entrée, de sorte que son augmentation mène à une augmentation de la valeur de l'impédance d'entrée.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

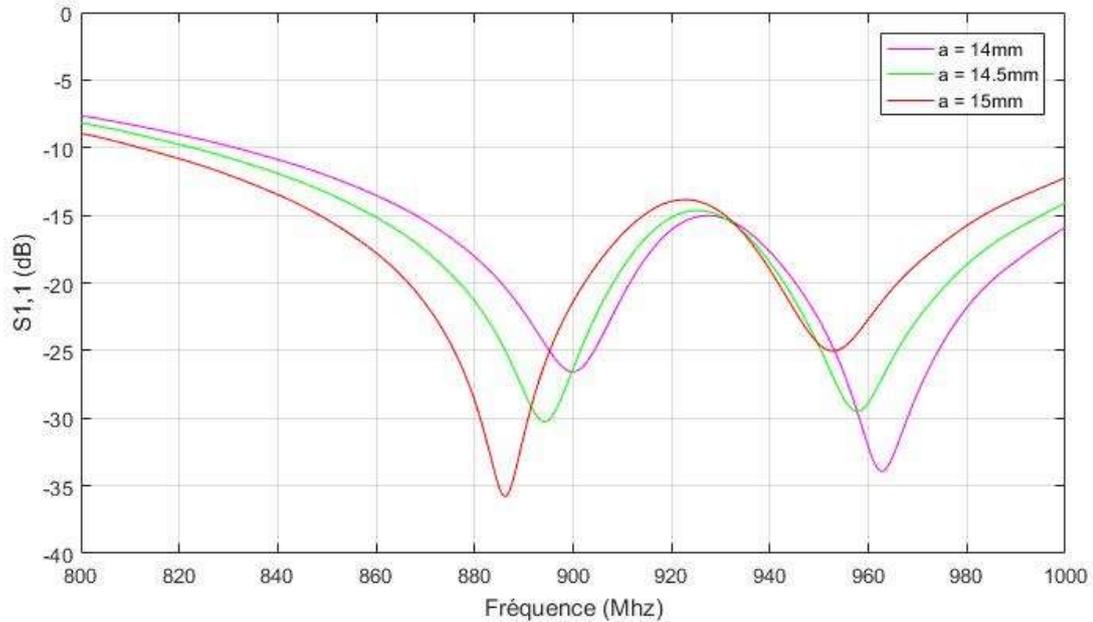


Figure 3.12 : Coefficient de réflexion en fonction du paramètre 'a'.

Selon les résultats obtenus en variant le paramètres 'a' (Tableau 3.6) on remarque que l'antenne est mieux adaptée lorsque $a=14.5\text{mm}$.

Tableau 3.6 : Résultats de simulation en fonction du paramètre 'a'.

	Paramètre a [mm]		
	14mm	14,5mm	15mm
Impédance d'entrée [Ω]	13.76 +j138.69 Ω	14.85 +j143.34 Ω	16.08 +j148.57 Ω
Coefficient de réflexion [dB] à 915 MHz	-18.03 dB	-18.69 dB	-14.82 dB

De la même façon, on visualise l'influence du paramètre 'b' en variant sa valeur entre 8mm et 9mm.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

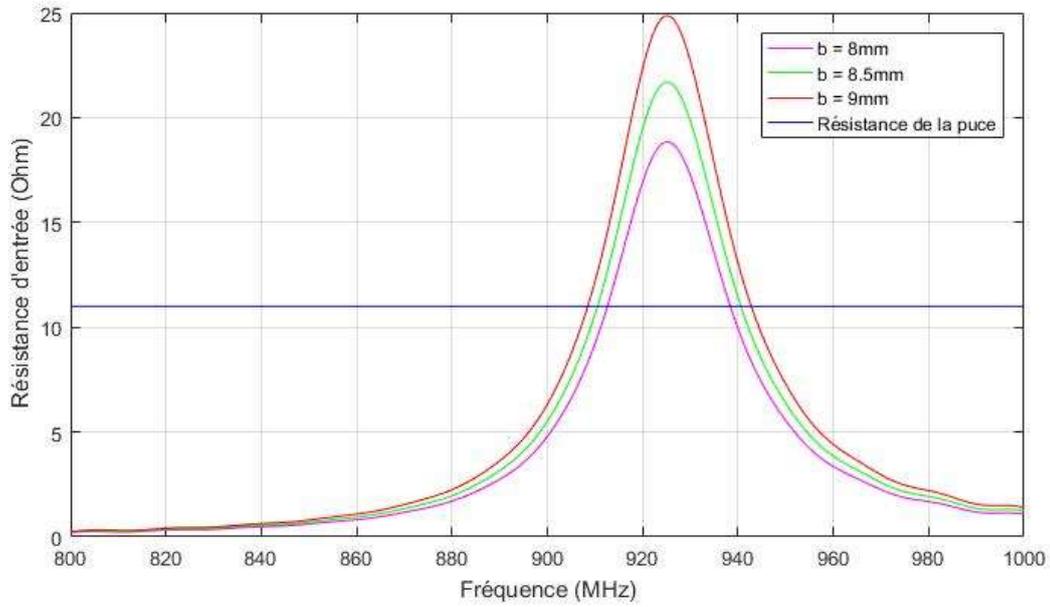


Figure 3.13 (a)

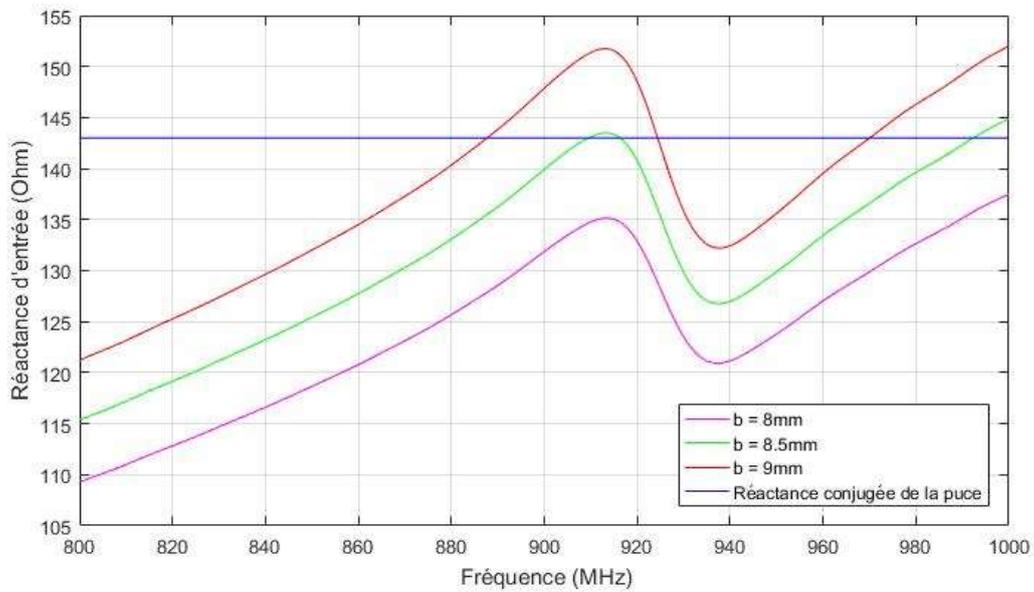


Figure 3.13 (b)

Figure 3.13 : impédance d'entrée en fonction du paramètre 'b' : (a) partie réelle, (b) partie imaginaire.

D'après ces résultats, on remarque que la variation du paramètre 'b' influence sur l'impédance d'entrée d'une façon considérable par rapport au paramètre 'a'.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

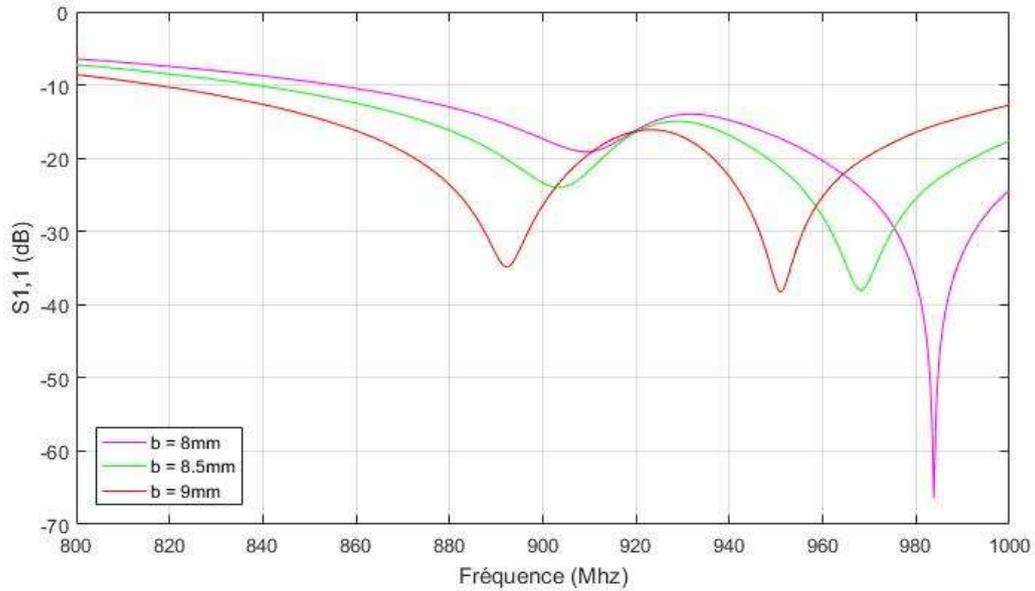


Figure 3.14 : Coefficient de réflexion en fonction du paramètre 'b'.

Les résultats sont résumés dans Tableau 3.7 :

Tableau 3.7 : Résultats de simulation selon la variation du paramètre 'b'.

	Paramètre b [mm]		
	8	8,5	9
Impédance d'entrée [Ω]	12.9+j 135.03 Ω	14.85+j143.34 Ω	17.04+j151.54 Ω
Coefficient de réflexion [dB] à 915 MHz	-18.03 dB	-18.69 dB	-17.38 dB

Selon les résultats obtenus en variant le paramètres 'b' on constate qu'on a eu de meilleurs résultats lorsque $b = 8.5$ mm.

Le diagramme de rayonnement obtenu par la simulation est représenté par les figures 3.15 et 3.16.

On remarque que le rayonnement est directif selon l'axe 'y', où la directivité peut atteindre 4.27 [dBi].

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

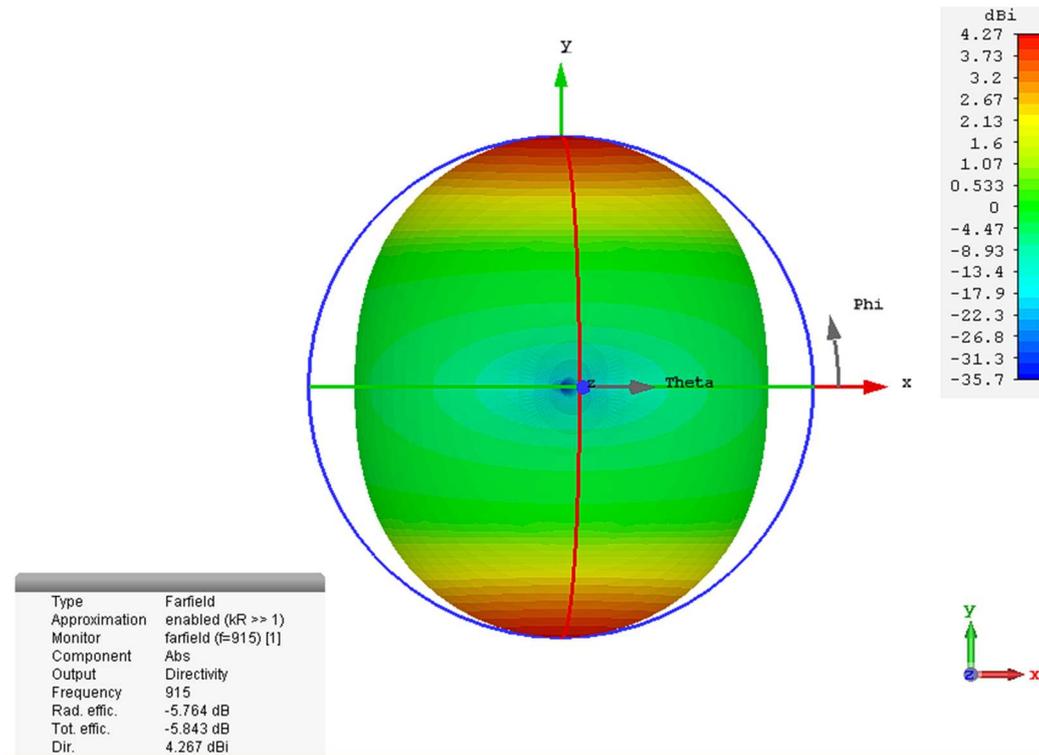


Figure 3.15 : Diagramme de rayonnement en 3D.

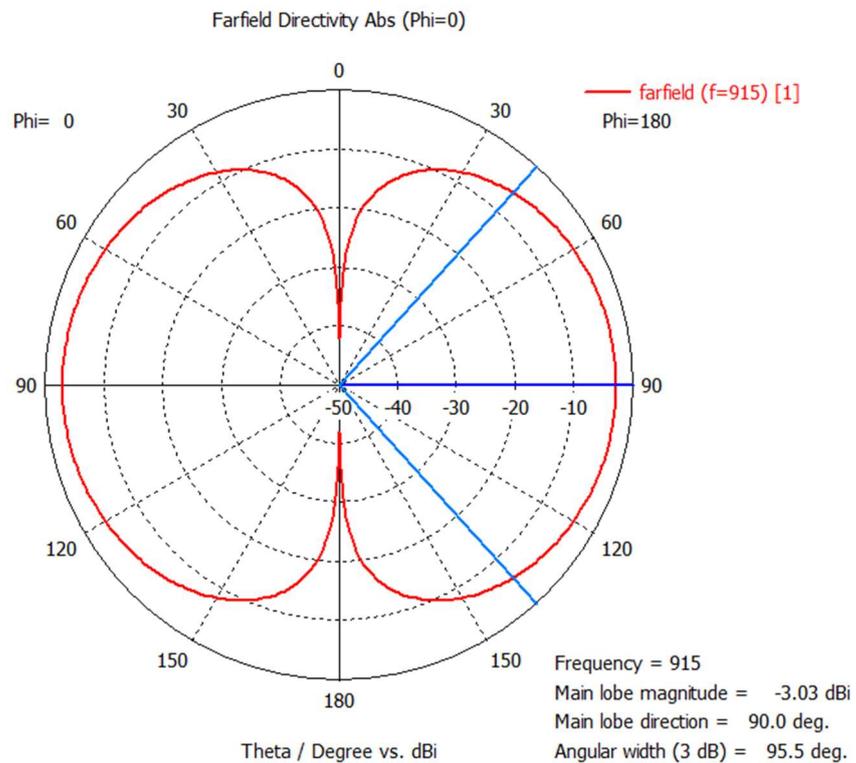


Figure 3.16 : Diagramme de rayonnement en 2D.

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

La distance de lecture obtenue en espace libre du tag, peut être calculée en utilisant l'équation (3.4) de FRIIS :

$$D_{max} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{PIRE \times G_r \times \tau}{P_{th}}} \quad (3.4)$$

Tableau 3.8 : Distances de lecture en fonction du paramètre 'h'.

	PIRE [W]	$\tau (\leq 1)$	Pth [dBm]	Distance [m]
h=0.508	4	0.77	-17.4	4.7
h=0.813	4	0.978	-17.4	9.4
h=1.524	4	0.971	-17.4	7.3

D'après ces résultats on remarque que notre distance atteint 9.4 mètre lorsque h=0.813mm.

Le tableau suivant compare les dimensions et la distance de lecture et le gain de notre propre tag avec des résultats précédemment publié :

Tableau 3.9 : Comparaison de la taille de tag et la distance de lecture.

Tags	Dimensions [mm ³]	Puissance PIRE [w]	Gain [Valeur linéaire]	Distance de Lecture [m]	
Tag [28]	95.5×8×0.07	3.1	1.5	6.6	
Tag [29]	46×20×0.8	3.28	0.65	6	
Tag [30]	149.8×17.7×0.059	3.28	1.7	17.7	
Tag [31]	66×66×1.6	4	1.05	CP	6.7
				LP	5.1
Tag proposé	95×55×0.8	4	0.61	9.4	

3.4.Conclusion :

A travers ce chapitre, et à l'aide du simulateur CST MW studio nous avons pu de concevoir notre structure qui est représenté par un dipôle planaire repliée, dans la première étape on a initialisé la conception par un dipôle, qui est alimenté par un discret port, la seconde étape consiste à diminuer la bande de fréquence en bande UHF et gardant la taille réduite par repliement du dipôle, la dernière étape où notre travail est consacré sur l'adaptation

CHAPITRE 3 : Résultats et discussions.

d'impédance d'entrée de l'antenne, à l'aide d'un stub (T-match) on a intégré la puce après avoir les paramètres optimaux ('h','a','b') et pour le but d'obtenir des résultats satisfaisantes dont l'adaptation est bonne entre l'antenne et la puce. Une bande passante large et un coefficient de réflexion à la fréquence désiré, avec un rayonnement directif, et la portée de lecture du tag la plus satisfaisante selon l'optimisation étudié, nous souhaitons améliorer notre antenne conçus pour les RFID UHF en ajustant la structure pour optimiser leur rayonnement afin d'avoir une polarisation circulaire, et un gain plus élevé,

Conclusion Générale.

Conclusion Générale :

Dans ce mémoire on cherchait à faire une conception d'une antenne de TAG RFID passif dans la bande UHF en utilisant le programme de simulation CST Studio Suite, ce qui nous a aidé à bien étudier la technologie RFID.

Au 1^{er} chapitre on a présenté les systèmes RFID qui sont composé d'un lecteur et un tag RFID, et les deux types principaux des tags, le tag actifs qui nécessite une source d'énergie pour l'alimenter et le tag passif qui contrairement à l'autre, n'a pas une source d'énergie et se sert de l'énergie émise du lecteur RFID, on a aussi montré ces avantages, ces inconvénients et ces applications.

Au 2^{ème} chapitre, dans la première partie, on a présenté les notions principales sur les paramètres fondamentaux des antennes, en montrant les types des antennes de tag RFID les plus utilisé sur la bande UHF, et puis dans la seconde partie, on a expliqué quelques techniques d'adaptation d'impédance des tags RFID.

Finalement, au 3^{ème} chapitre, qui représente la conception d'antenne de tag RFID, on a expliqué notre méthodologie de conception, en commençant par la conception du dipôle, l'ajout du méandre pour diminuer la bande de fréquence sans augmenter la taille du dipôle, et l'adaptation de l'antenne avec ajout d'un élément inducteur, pour compenser l'effet capacitif de l'impédance d'entrée de l'antenne afin d'avoir le conjugué de l'impédance de la puce à la fréquence donnée. On a évalué les performances de cette antenne à partir du coefficient de réflexion, du diagramme de rayonnement qui est représenté en 2D et en 3D, du gain, et de la distance de lecture théorique, d'après les résultats obtenus et la comparaison faite avec d'autre antenne on peut estimer que la performance de l'antenne conçue est bonne.

En perspective à ce travail, nous souhaitons améliorer notre antenne conçus pour les applications RFID UHF passive de sorte à optimiser le rayonnement afin d'avoir une polarisation circulaire, un gain plus élevé et une taille plus petite.

Bibliographie

- [1] Centre national RFID (CNR RFID). Introduction à la RFID
- [2] Saisine Afsset N2015/013, « Les Systèmes d'identification par radiofréquences (RFID) : Evaluation des impacts sanitaires »,2009.
- [3] Klaus Finkenzelle, “RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification”, John Wiley & Sons, Second Edition, 2003
- [4] Dr.Paul Shangera, ”RFID+ Study guide and practice exam”,Syngress,2007, 354p, pp 56-59.
- [5]] A. Juels, R.L. Rivest, and M. Szydlo, “ThevBlocker Tag: Selective Blocking of RFID Tags for Consumer Privacy,” Proc. 8thvACM Conf. Computer and Comm. Security, ACM Press, 2003, pp. 103–111.
- [6] Narcisse Raimbault. Antenne hélice compacte directive à polarisation circulaire pour dispositif RFID. Traitement du signal et de l'image. Université Rennes 1, 2015. 141p
- [7] Connectwave, Fonctionnement d'un système RFID, CNR RFID.
- [8] A.Ghiotto, " Conception d'Antennes de TAGS RFID, UHF, Application à la Réalisation par Jet de Matière' ", 2008
- [9] Mandeep Kaur, Manjeet Sandhu, Neeraj Mohan and Parvinder S. Sandhu “RFID Technology Principles, Advantages, Limitations & Its Applications” International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol.3, No.1, February, 2011
- [10] Centre national RFID (CNR RFID). Les gammes de fréquences RFID
- [11] P. Hauet, "L'Identification par Radiofréquence (RFID) Techniques et Perspectives", article invité, REE No.10, Novembre 2006
- [12] Cours NFC Bouzefrane Décembre 2013
- [13] G. Dessenne, « *La normalisation RFID* », presented at the 19th Int. Conf. on Hertzian Optic and Dielectrics, Valence, 5-7 September 2007.
- [14] RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication, Third Edition. Klaus Finkenzeller 2010 John Wiley & Sons, Ltd
- [15] Arizona university, RFID technology uses.
- [16] O. Liechti, « RFID : applications et perspective technologique », pp 12, SUN MICROSYSTEMS
- [17] ETSI EN 302 208-1 V1.1.1
- [18] Alexandre Boyer, ANTENNES SUPPORT DE COURS ENONCE DE TRAVAUX DIRIGES.
- [19] Dominic Grenier, Antenne et Propagation radio.

- [20] Rao, KVS, Nikitin, P. et.al., "Antenna Design for UHF RFID Tags: a Review and a Practical Application," *IEEE Trans. on AP*, no.12, pp. 3870- 3876, Dec. 2005
- [21] Albert Lozano-Nieto ‘‘ RFID design Fundamentals and applications’’, by Taylor and Francis Group, LLC, pp 35-36 ,2011
- [22] C.A Balanis, *Antenna Theory: Analysis and design*, 3rd edition.
- [23] G.Marrocco, *The Art of UHF RFID Antenna Design: Impedance-Matching and Size-Reduction Techniques*.
- [24] Dat Son Nguyen Développement des capteurs sans fil basés sur les tags RFID UHF passifs pour la détection de la qualité des aliments 2013.
- [25] M.Dhaouadi, "Conception et optimisation des antennes RFID UHF en vue d'améliorer la Fiabilité des systèmes RFID' ",2014.
- [26] DirectIndustry Products, Simulia, CST STUDIO SUITE description.
- [27] Monza 4 RFID Tag Chip Datasheet.
- [28] C.-H. Loo, K. Elmahgoub, F. Yang, A. Elsherbeni, D. Kajfez A. Kishk and T. Elsherbeni « CHIP IMPEDANCE MATCHING FOR UHF RFID TAG ANTENNA DESIGN » *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 81, 359–370, 2008
- [29] Yassine Gmih1 Abdelmajid Farchi “Compact Antenna for UHF-RFID Tag Tested on the Human Body for Identification Cards”, *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, Vol.13, No.1, 2020.
- [30] RAIHANI Hind 1, BENBASSOU Ali 1, EL GHZAOUI Mohammed 1,2, BELKADID Jamal 1 “Performance Evaluation of a Passive UHF RFID Tag Antenna using the Embedded T-Match Structure”, April 2017
- [31] Mohammad H. Zolghadri and Shahrokh Jam “A Wideband Circular Polarization Antenna for UHF Tags”, *ACES JOURNAL*, Vol. 33, No. 3, March 2018
- [32] T. J. Warnagiris and T. J. Minardo, "Performance of a meandered line as an electrically small transmitting antenna," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 46, no. 12, pp. 1797-1801, Dec. 1998.
- [33] J. Rashed and C. -. Tai, "A new class of resonant antennas," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 39, no. 9, pp. 1428-1430, Sept. 1991.
- [34] G. Marrocco, "Gain-optimized self-resonant meander line antennas for RFID applications" in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 2, pp. 302-305, 2003
- [35] Paul Sanghera, *CompTIA RFID+, STUDY GUIDE AND PRACTICE EXAM*.

Résumé

De nos jours, les applications des systèmes RFID dans La bande UHF a gagné en popularité de nombreux domaines tels que : le contrôle d'accès, la bio-ingénierie, systèmes de transport, santé, inventaire de gestion et bien d'autres encore.

Dans ce mémoire, en utilisant le logiciel CST Studio Suite, on a fait une conception d'antenne de tag RFID dans la bande UHF, après la simulation qui nous a servis a optimisé la géométrie et les dimension de l'antenne, et définir les paramètres qui influencent sur ses performances, ces derniers on était évaluer par le coefficient de réflexion, le diagramme de rayonnement, le gain, la distance de lecteur, et enfin un comparaison avec d'autres types d'antenne de tag RFID d'où on a pu estimer que les performances sont bonnes.

Mots clés : RFID, antenne de tag RFID, technologie RFID, bande UHF.

Abstract

Nowadays, the applications of RFID systems in the UHF band has gained popularity in many fields such as: access control, bio-engineering, transportation systems, health care, inventory management and many others.

In this thesis, using the CST Studio Suite software, we designed an RFID tag antenna in the UHF band, after the simulation which we used to optimize the geometry and dimensions of the antenna, and define the parameters that influence its performances, these were evaluated by the reflection coefficient, radiation pattern, gain, reading distance, and finally a comparison with other types of RFID tag antennas from which we could estimate that the performances are good.

Key words: RFID, RFID tag antenna, RFID technology, UHF band.

ملخص

في الوقت الحاضر، اكتسبت تطبيقات أنظمة RFID في النطاق UHF شعبية في العديد من المجالات مثل: التحكم في الوصول، والهندسة الحيوية، وأنظمة النقل، والصحة، وإدارة المخزون وغيرها الكثير.

في هذه الأطروحة، وباستخدام برنامج CST Studio Suite، قمنا بتصميم هوائي RFID في نطاق UHF، بعد أن أدت المحاكاة التي استخدمناها إلى تحسين هندسة وأبعاد الهوائي، وتحديد المعلمات التي تؤثر على أدائها، تم تقييم الأخير من خلال معامل الانعكاس، ومخطط الإشعاع، والكسب، ومسافة القراءة، وأخيراً مقارنة مع الأنواع الأخرى من هوائي RFID يمكن تقدير أن الأداء جيد.

الكلمات الدالة: RFID، هوائي RFID، تكنولوجيا RFID، نطاق UHF.