

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE A.MIRA-BEJAIA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE



MEMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Télécommunications
Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Thème

Conception d'une antenne RFID large bande à haut gain

Soutenu le 04 juillet 2019

Présenté par

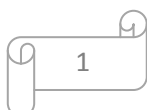
M^{elle} LALOUCHE CHAHINEZ
M^{elle} BOUTOUMI SABRINA

Promotrice :Mme. HAMZAOUI

Devant le Jury composé de :

Président : Mr. ALLICHE
Examinatrice : Mme. BOUNCER

Année Universitaire : 2018/2019



Remerciements

Nous remercions tout d'abord, Allah qui nous a donné la force et le courage afin de parvenir à élaborer ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier notre encadreur : **Mme D. HAMZAOUI** de nous avoir offert un cadre de travail agréable et un encadrement de qualité.*

*On exprime aussi nos remerciements à **Mme BOUNCER** et **Mr A. ALLICHE** d'avoir accepté de siéger à notre jury de mémoire.*

Et ontient aussi à remercier ceux et celles qui nous ont aidé de près ou de loin.

Enfin, nous remercions tous nos enseignants du département de télécommunication de l'université Bejaia, sans oublier de citer tous les enseignants qui ont contribué à notre formation depuis l'école primaire jusqu'aux études universitaire.

Merci



Dédicaces

Nous avons l'immense honneur de dédier ce mémoire :

*À nos très chers parents qui étaient présents de nos côtés durant toute notre
vie.*

À nos frères et nos sœurs.

À nos très chers amis et collègues.

À tous nos connaissances.

À tous nos enseignants qui ont fait leurs possibles pour nous donner le maximum d'informations concernant notre étude.

Lalouche chahinez

Boutoumi sabrina

Liste des figures

Figure 1.1 : Illustration d'un système RFID.....	3
Figure1.2 : Exemple d'un tag RFID.	4
Figure 1.3 : Illustration de la relation maitre-esclave (Master-Slave).	6
Figure 1.4: Allocation des fréquences ISM pour la technologie RFID.	7
Figure 1.5 : Le marché global en RFID en 2016.	13
Figure 2.1: Diagramme de rayonnement d'antenne dipôle en 3D.	19
Figure 2.2.a : Antenne patch alimentée par une ligne microruban..	21
Figure 2.2.b: Alimentation par sonde coaxiale.	22
Figure 2.2.c : Alimentation par couplage par fente.	22
Figure 2.2.d : Antenne patch alimentée par couplage de proximité.	23
Figure2.3 : antenne biconique.	26
Figure2.4 : Antenne discône.	27
Figure2.5 : antenne Vivaldi à fente conique.....	29
Figure 2.6 : Cornet TEM.	28
Figure2.7 : Cornet ridgé.....	31
Figure3.1 : Géométrie de l'antenne Vivaldi.....	32
Figure3.2 : Alimentation et la transition entre la ligne et la fente.	33
Figure 3.3 : Coefficient de réflexion S_{11}	34
Figure3.4 : Diagramme de rayonnement de l'antenne Vivaldi conçue.....	35
Figure 3.5 : Diagramme de rayonnement en coordonnée polaire.	35
Figure3.6: Antenne discône alimentée par câble coaxial.....	36
Figure 3.7:Coefficient de réflexion S_{11}	38
Figure 3.8: Gain et directivité en coordonnées polaires.	38
Figure 3.9:Gain en 3D à la fréquence de 900MHZ	38
Figure 3.10: Coefficient de réflexion selon la variation de gap.	39
Figure 3.11: Gain selon différents rayons croissants du disque métallique.....	40

Figure 3.12 : Gain en fonction des valeurs de plan de masse.....	41
Figure 3.13 : illustration de la variation d'impédance dans l'abaque de Smith.	41
Figure 3.14 : Réseau d'antennes schématisé avec son alimentation en parallèle.	42
Figure 3.15 : Coefficient de réflexion du réseau patch.	44
Figure 3.16 : Directivité de réseau patch.....	44
Figure 3.17 : Gain réalisé du réseau d'antennes patches à 900 MHz.	44
Figure 3.19 : Géométrie d'antenne cornet pyramidale.....	46
Figure 3.20: Antenne excitée par guide d'onde.....	48
Figure 3.21: Représentation du coefficient de réflexion S11.	48
Figure 3.22 : Gain réalisé de l'antenne cornet en 3D.	48
Figure 3.23 : distribution de champs électrique à la fréquence 916MHZ.	49
Figure 3.24 : distribution de champs magnétique.....	49
Figure 3.25: Diagramme de rayonnement.....	50
Figure 3.26: Effet de l'épaisseur de cornet.	51
Figure 3.27 : Distribution de champ électrique à la fréquence 916MHz.....	51
Figure 3.28 : Gain en fonction R_n	52
Figure 3.29:variation de gain en fonction la fréquence.....	52

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Historique de la RFID.....	4
Tableau 1.2 : Modèle en couches simplifié pour la RFID.....	11
Tableau 1.3 : Tableau Récapitulatif des normes ISO pour la standardisation des systèmes RFID.....	12
Tableau 1.4: Allocation des fréquences.....	13
1.12. Les Fréquences d'utilisation	13
Tableau 2.1 : Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation [22] [23].....	26
Tableau 3.1 : Dimensions de discône optimisé.	36
Tableau 3.2: Variation du gain selon les dimensions du disque métallique.....	41
Tableau 3.3: Dimensions du réseau patch.	43

Acronyme

RFID: Radio Frequency Identification.

IFF: identify friendly or foe

RF : radiofréquence

BF: Base Frequency.

HF : haute fréquence (high frequency)

UHF : ultra haute fréquence (ultra high frequency)

GPS : Geographic positioning system

http :hyper texttransfer

LAN :local area network

WLAN :wireless local area network

IP :internetprotocol

TCP : Transmission control protocol

UDP :UserDatagramprotocol

ISO: International Organization for Standardization

EPC :EngineeringProcurement and Construction

NFC: Near Field Communication.

ULB: Ultra Large Bande.

CST : technologie de simulation informatique (computer simulation technology)

FCC:Federal Communications Commission

BP :bande passante

UWB :Ultrawide band

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre1 : la technologie RFID

1.1. Introduction	2
1.2.présentation générale de la RFID.....	2
1.3. Historique	3
1.4.Qu'est-ce que la RFID ?.....	4
1.5. Fonctionnement de la RFID	4
1.6. Les différents composants d'un système RFID	5
1.6.1. Lecteur RFID.....	5
1.6.2. Tag RFID.....	5
1.7. Critères de classification des tags RFID	6
1.8. Types de tags RFID	6
1.8.1. Tag RFID passif	5
1.8.2 Tag RFID semi-passif ou assisté par batterie	6
1.8.3 Tag RFID actif	7
1.9 Architecture d'un Lecteur RFID HF	7
1.10. Classification des Lecteurs.....	8
1.11 - standard et normes des systèmes RFID	10
1.11.1– STANDARD	10
1.11.2 NORMES	12
1.12. Les Fréquences d'utilisation	13
1.13. Le marché mondial de la technologie RFID.....	14
1.13. Application de la RFID	15
1.14. Avantages et inconvénients de la technologie RFID	16

chapitre2:antennes large bande et à haut gain

2.1. Introduction	17
2.2. Définition d'antenne.....	18
2.3. Historique sur les antennes.....	18
2.4. Classifications d'antennes [17].....	19
2.5. Caractéristiques des antennes.....	19
2.5.1 Directivité.....	19
2.5.2. Rendement de l'antenne.....	19
2.5.3. Gain [13].....	20
2.5.4. Impédance d'entrée d'une antenne [18].....	20
2.5.5. Rendement.....	21
2.5.6. Bande passante	21
2.5.7. Coefficient de réflexion S_{11}	21
2.5.8. Ouverture.....	21
2.6. Techniques d'alimentation des antennes	22
2.6.1. Alimentation par ligne microruban.....	22
2.6.2. Alimentation par sonde coaxiale.....	22
2.6.3. Alimentation par couplage par fente.....	23
2.6.4. Alimentation par couplage de proximité.....	23
2.7. Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation.....	24
2.8. Les antennes large bande.....	25
2.8.1. Etat de l'art	25
2.8.2. Exigences pour les antennes ULB	25
2.8.3. Classification des antennes ULB	26
2.8.3.1. Les antennes indépendantes de la fréquence	26
2.8.3.2. Les antennes élémentaires.....	26
2.8.3.3. Les antennes à transition progressive (Vivaldi).....	28
2.8.3.4. Les antennes cornets	28
a. Antennes cornet TEM.....	28
b. Le cornet ridgé.....	29
2.9. Antennes à haut gain	30
2.9.1. Classification des antennes haut gain	30
2.9.2.1. L'antenne à réflecteur parabolique	30
2.9.2.2. Antennes lentilles	30

2.10. Conclusion.....	31
-----------------------	----

chapitre3:conception des antennes large bande et à haut gain

3.1. Introduction	31
3.2. Les antennes ultra large bande	31
3.2.1. Antenne Vivaldi	32
3.2.1.1. Description	32
3.2.1.2. Résultats de simulation	33
a. Coefficient de réflexion.....	33
b. Directivité et gain	34
3.2.2. Antenne discône	35
a. Coefficient de réflexion.....	36
3.2.2.1.Étude paramétrique (effet des paramètres géométriques).....	38
a. Effet de gap.....	38
3.2.3.2. Effet des dimensions du disque métallique.....	39
3.3. Antenne haut gain.....	42
3.3.1. Réseaux d'antennes	42
b. Rayonnement de l'antenne	48
3.4.4. Etude paramétrique	50
3.4.4.1. Effet d'épaisseur du cornet.....	50
3.4.4.2. Effet de la hauteur de guide d'onde (waveguide_height).....	50
3.4.4.3. Effet de la longueur de cornet(R_H).....	51
3.4.5. Gain en fonction de fréquence.....	52
3. Conclusion.....	52
Conclusion générale.....	53
Bibliographie.	

Introduction générale

Tout a commencé dans les années 40, durant la seconde guerre mondiale. Les Etats-Unis avaient beaucoup d'accident qui survenaient à cause d'avions qui s'entre-détruisaient. Dès lors la flotte a été équipée de systèmes qui permettent d'identifier un avion ennemi ou ami : d'où le nom IFF pour Identity Friend or Foe. Ce système s'est répandu pour être utilisé dans le parachutage mais aussi dans le bombardement aveugle. C'est de là qu'a germé les débuts de la RFID, bien sûr comme beaucoup d'autres technologies destinées aux premiers abords au domaine militaire.

L'émergence de la technologie RFID (Radio Fréquency Identification) a désormais une influence majeure sur nos modes de vie. En effet, sans que nous ne nous en soyons forcément aperçus, la RFID fait dorénavant partie intégrante de notre quotidien. Nous la retrouvons par exemple quand on fait sortir un livre de la bibliothèque de l'université il contient un tag pour antivol ou en vacances (contrôles des bagages, remontées mécaniques, passeports, etc.).

Dans le cadre de ce projet, nous nous sommes intéressées à la conception et à la simulation d'antennes RFID de type- lecteurs, ayant la particularité d'être large bande pour couvrir la totalité de la bande RFID [860-960] MHz, la deuxième particularité étant le haut gain dans le but de lire à des distances plus grandes.

Ce manuscrit présente l'ensemble des travaux effectués durant ce mémoire. Il est composé de la présente introduction, de trois chapitres décrits brièvement ci-après et d'une conclusion. Le premier chapitre est consacré à la technologie RFID. Après avoir énoncé brièvement les origines de la RFID et donné le principe de fonctionnement du système RFID, la suite du chapitre se focalise sur les lecteurs et les applications de la RFID ainsi que sur les avantages et les inconvénients de cette technologie.

Le deuxième chapitre est consacré à une description générale des antennes large bande et des antennes à haut gain, leurs propriétés et leur caractéristique, puis un rappel théorique sur les paramètres fondamentaux d'une antenne et les différentes techniques d'alimentation associées

Le troisième chapitre est consacré à la simulation des antennes large bande et à haut gain, à l'aide de l'outil de simulation électromagnétique CST. Ce travail permettra de comprendre le fonctionnement de ces types d'antennes et de les dimensionner pour obtenir les

caractéristiques souhaitées. Enfin, ce mémoire se terminera par une conclusion générale qui résume le travail effectué dans ce projet.

Chapitre 1

La technologie RFID

1.1. Introduction

Dans ce chapitre nous parlerons de la technologie RFID, nous énoncerons les définitions, le principe de fonctionnement, les éléments techniques de la RFID, les avantages, les inconvénients, ainsi que les différentes applications de cette technologie dans les différents domaines les plus intéressés par cette technologie.

1.2. Présentation générale de la RFID

La technologie RFID (Radio Frequency Identification) est en plein développement. Equipée d'un émetteur fixe ou mobile, d'un récepteur sous forme d'antenne et d'une puce (Une ou plusieurs) appelée tag ; ce type de communication par onde radio permet de faire un sondage quasi instantané de plusieurs puces. Ainsi on a accès à une identification d'un objet, de son suivi, de ses caractéristiques et on peut même suivre son cheminement. A titre d'exemple, on les retrouve dans :

- Le suivi des colis ;
- l'identification d'animaux ;
- la gestion d'une bibliothèque.

Cette technologie fait face à plusieurs contraintes dont le coût, la gestion de la lecture simultanée, et la lecture à travers différentes matières de différentes épaisseurs.

Le terme RFID (Radio Frequency Identification) englobe toutes les technologies qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes. Un système RFID est composé généralement d'un lecteur et d'un marqueur (radio étiquette). Le lecteur émet en continu un champ électromagnétique et en entrant dans la périphérie de ce champ l'étiquette munie d'une puce nous délivre ses informations à travers son antenne.

La technologie RFID a contribué d'une manière conséquente à l'amélioration des systèmes automatisés en détection et en traçabilité. Souvent comparée aux codes-barres, la RFID nous permet aussi le scan et l'identification des Objets. Mais la comparaison s'arrête là, car l'utilisation des ondes électromagnétiques au lieu d'un lecteur optique nous permet de couvrir un plus grand espace et de détecter plusieurs éléments à la fois, et cela en présence ou non d'un obstacle ou matériaux quelconques entre le lecteur et l'étiquette ; ce qui est un gain de temps et d'efforts non négligeables pour l'utilisateur.

Le système RFID est une technologie très attractive pour les entreprises, elle leur offre la possibilité d'une gestion automatique d'un nombre conséquent d'informations qu'elles doivent traiter.

1.3. Historique

L'identification radiofréquences, ou RFID, résulte du mariage de deux technologies : la technologie radio et celle de l'électronique à laquelle s'est substitué aujourd'hui celle de la microélectronique. Le tableau ci-dessous dresse un historique rapide de l'évolution de la RFID.

<p>1948</p>	<p>Le concept du système RFID a son origine dans les années 40 dans le but de différencier les avions amis des avions ennemis. D'imposant tags ou transpondeurs furent placés dans les avions amis afin de répondre comme amical à l'interrogation des radars. Ce système IFF(Identify : Friend or Foe) fut la première utilisation de la RFID.</p> <p>Aujourd'hui encore, le contrôle du trafic aérien est basé sur ce principe.</p>
<p>1970</p>	<p>Durant les années 70, les systèmes RFID restèrent une technologie protégée à usage militaire supportée par les états pour la sécurité des sites sensibles notamment dans le secteur du nucléaire.</p>
<p>1980</p>	<p>L'invention des microsystèmes et l'avancée de la technologie conduit à l'utilisation de tag passif. L'absence de source d'énergie embarquée rend le tag moins coûteux mais l'oblige à obtenir de l'énergie au travers du signal du lecteur. Les distances de lecture obtenues sont alors de quelques centimètres.</p> <p>A la fin des années 70, la technologie est transférée vers le secteur privé. Une des toutes premières applications commerciales est l'identification de bétail en Europe.</p> <p>Le début des années 80 marque la fabrication et la commercialisation de tags par de nombreuses firmes européennes et américaines.</p>
<p>1990</p>	<p>Début de la standardisation pour une interopérabilité des équipements RFID à commencer par les cartes à puces puis les systèmes tags-lecteurs de manière générale.</p>
<p>2005</p>	<p>Commercialisation en masse des Lecteurs/Encodeurs et des tags RFID, dans le domaine de la logistique et de la traçabilité.</p>

Tableau 1.1 : Historique de la RFID.

1.4. Qu'est-ce que la RFID ?

- Auto-identification des personnes, des objets, des services.
- Technologie « sans contact » : transmission par ondes radio.
- Vers « l'Internet des choses » et les objets communicants. [1]

1.5. Fonctionnement de la RFID [2]

Un système complet utilisant la technologie RFID est composé des éléments suivants :

- **Un transpondeur** : ou étiquette qui est programmé avec des données identifiant l'objet sur lequel il sera placé.
- **Une antenne** : qui est généralement intégrée au lecteur RFID et à l'étiquette RFID. Elle permet d'activer les tags afin de recevoir des données et d'en transmettre les informations.
- **Un lecteur** : est un élément essentiel à l'utilisation de la RFID. Il transmet à travers des ondes-radio l'énergie au tag RFID, une requête d'informations est alors émise aux étiquettes RFID situées dans son champ magnétique, puis il réceptionne les réponses et les transmet aux applications concernées.
- **Le logiciel RFID** : ou middleware RFID, est le cerveau de la chaîne RFID. Il permet de transformer les données brutes émises par la puce RFID en informations compréhensibles, il est bien sûr géré par un ordinateur.

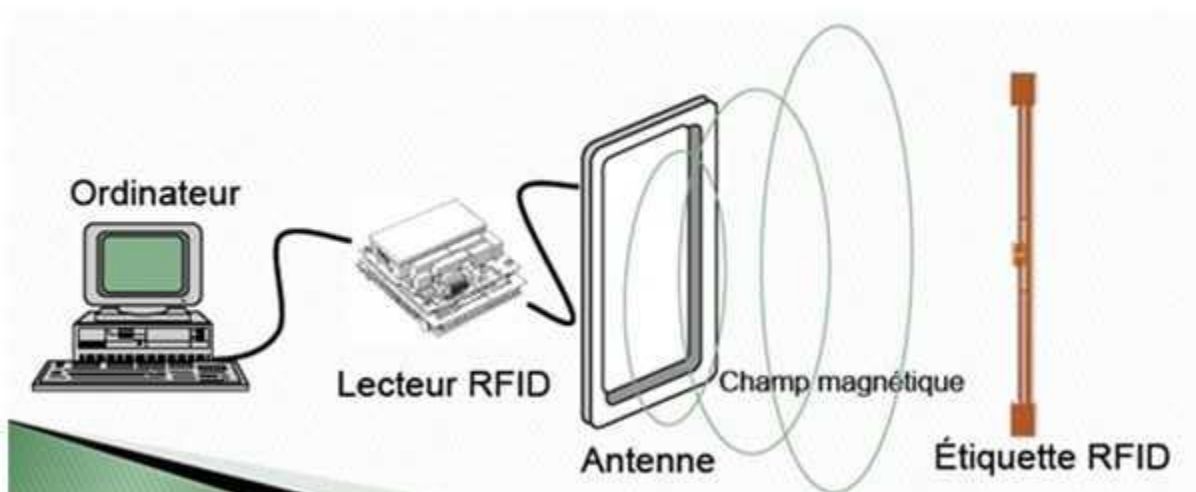


Figure 1.1 : Illustration d'un système RFID.

1.6. Les différents composants d'un système RFID

1.6.1. Lecteur RFID

Le lecteur RFID est un ensemble d'équipements fixes ou mobiles, constitué essentiellement d'une antenne et d'un module RF. Dès lors que le tag se retrouve dans la zone d'action du lecteur, une énergie est fournie au tag pour qu'il puisse fonctionner. Il envoie des commandes spécifiques et reçoit en retour des informations contenues dans la puce. Dans un autre cas de figure le lecteur peut lire et écrire, ainsi les informations reçues sont envoyées vers un autre dispositif qui va se charger du traitement des données (Ordinateur). Les fréquences utilisées sont variables et dépendent du type d'application.

1.6.2. Tag RFID

Le tag RFID est un circuit électronique qui comprend une puce et une antenne et qui répond aux commandes émises par le lecteur. Il y a deux catégories : actives et passive. Le tag actif fournit lui-même son énergie à travers une batterie, le passif convertit le signal reçu en énergie afin de l'utiliser pour transmettre.

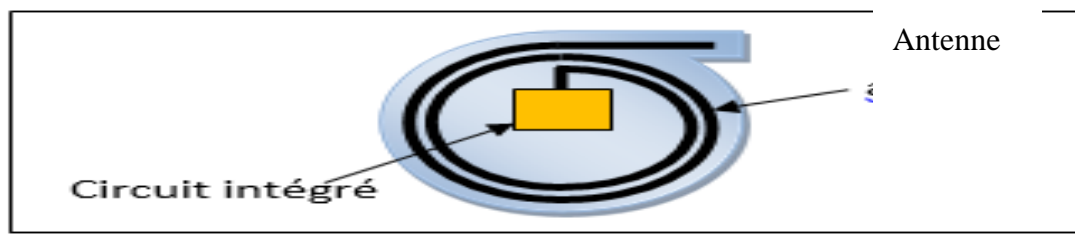


Figure1.2 : Exemple d'un tag RFID.

:

1.7. Critères de classification des tags RFID

Ces critères se font selon leur : mode d'alimentation, fréquence d'opération, capacité cryptographique, protocole de communication ou encore par la présence ou non d'une puce électronique.

1.8. Types de tags RFID

Il existe trois types de tags.

1.8.1. Tag RFID passif [4]

C'est le type de tag le plus répandu sur le marché. Il n'intègre pas d'émetteur radiofréquence. Ce genre de tag passif alimente le circuit électronique embarqué en utilisant l'onde (magnétique ou électromagnétique) issue de l'interrogateur (lecteur RFID + antenne), Il peut contenir des informations dans sa mémoire. Le système RFID passif s'avère très utile pour les marchandises en volume important, lorsque les marchandises peuvent être lues à courte distance (passage à la caisse des supermarchés par exemple). La distance de lecture est cependant un réel frein à ce système puisque le lecteur doit se situer dans le champ du tag afin d'en récupérer les données. Son avantage repose sur le coût des tags moins onéreux que les tags actifs [5].

1.8.2 Tag RFID semi-passif ou assisté par batterie [4]

Ce type de tag est basé sur une alimentation (batteries), son principe de communication reste équivalent au tag RFID passif. L'énergie est utilisée en général pour alimenter le circuit électronique du tag ou un capteur connecté au circuit de base, (température, intensité, accélération, gyroscope, etc.) par exemple. Il nécessite théoriquement des performances plus élevées en comparaison au tag RFID passif. Ce type de tag est utilisé généralement pour des applications particulières : relevé de température, flux de personnes, etc. Il nécessite de la maintenance liée au changement de batteries. Il représente moins de 15% des ventes de tags RFID en 2012.

1.8.3 Tag RFID actif [4]

Ce type de tag embarque un émetteur radiofréquence et par conséquent une alimentation (batteries, piles). Tout comme le tag semi-actif, il peut être équipé de capteurs (température, gyroscope, GPS, etc.) et embarquer de l'intelligence sous forme d'un microcontrôleur par exemple. Ce type de tags nécessite la mise en place d'une structure de communication (nœuds, antennes, lecteurs) afin de « quadriller » une zone, un bâtiment, etc. Il nécessite également de la maintenance liée au remplacement des batteries. Plus fréquent qu'un tag semi-actif, il représente moins de 15% des ventes de tags RFID en 2012.

Grâce à leur équipement d'un système d'énergie propre, les tags RFID actifs peuvent émettre un signal de manière autonome, en plus de la longue distance à laquelle ils peuvent communiquer les données sans qu'un lecteur RFID se situe à proximité du tag. Néanmoins,

leurs inconvénients principaux reposent sur la confidentialité des informations transmises, le coût des étiquettes, l'impact sur la santé très controversé dû à l'émission d'ondes magnétiques, et à la durée de fonctionnement limitée des étiquettes [6].

1.9 Architecture d'un Lecteur RFID HF

Les lecteurs RFID d'aujourd'hui sont composés de systèmes d'antenne intelligents, d'unité numérique dédiée au traitement du signal et de systèmes embarqués aux côtés de middleware et de composants réseaux. Ces composants permettent une intégration facile des lecteurs RFID dans les réseaux de données conformes aux protocoles de transfert de données normalisées [7].

Les lecteurs RFID sont des dispositifs qui effectuent l'interrogatoire d'étiquettes RFID. Dans un système RFID, le lecteur détecte le tag en utilisant des techniques de traitement du signal, de démodulation pour extraire des données à partir du signal du tag. Une étiquette passive RFID ne peut pas générer un signal sans que le lecteur n'envoie d'abord un signal d'interrogation au tag [8]. Par conséquent, le lecteur et les étiquettes sont dans une relation maître-esclave dans laquelle le lecteur agit comme un maître tandis que les étiquettes fonctionnent comme des esclaves. Néanmoins, les lecteurs RFID eux-mêmes sont également dans une position esclave avec le logiciel qui gère l'application appelée middleware et qui traite les données de la RFID [7]. La figure 1.3. Est un schéma bloc qui illustre la relation maître-esclave (Master-Slave) entre les composants du système RFID.

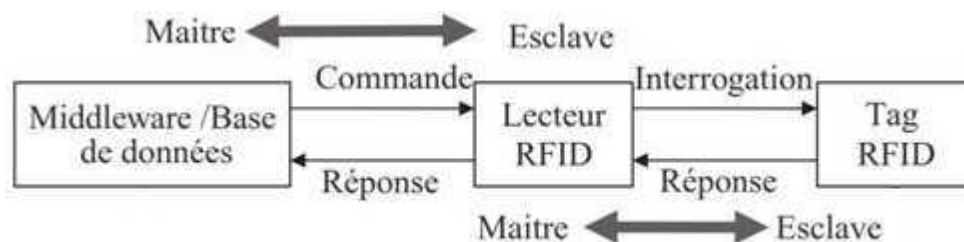


Figure 1.3 : Illustration de la relation maître-esclave (Master-Slave).

La qualité des lecteurs RFID est souvent proportionnelle à leurs prix sur le marché, on trouve plusieurs types avec plus au moins d'options qui simplifient et multiplient les possibilités d'utilisations. Il en existe bien sûr de moins complexes et moins chers mais c'est en vue de l'utilisation que se fait le choix du système à acquérir. [9]

1.10. Classification des Lecteurs

La classification est basée sur les capacités de lecture des lecteurs RFID, la mobilité, l'alimentation, l'interface de communication, les protocoles de codage de données et les protocoles de soutien du lecteur et ainsi de suite [10]. Le choix du lecteur se fait donc selon le besoin mais surtout en se référant aux paramètres de classification suivants :

1. L'alimentation : La classification du lecteur RFID en fonction de leur alimentation engendre deux types de lecteurs [10] :

- Les lecteurs alimentés par le **réseau électrique**.
- Les lecteurs alimentés par **batterie (BP)**.

2. L'interface de communication : ce classement est basé sur l'interface qui fournit un lecteur de communication. Les lecteurs peuvent être classés en tant que :

- **Lecteurs série** : utilisant une liaison de communication série pour communiquer avec leurs ordinateurs hôtes (connecté physiquement via le RS-232, RS-485, IC2, ou USB)[10].
- **Lecteurs réseau** : qui sont connectés à l'ordinateur hôte via un réseau filaire ou sans fil. Ces types de lecteurs se comportent comme un dispositif de réseau standard.

Les lecteurs RFID d'aujourd'hui supportent plusieurs protocoles réseau comme Ethernet, TCP / IP, UDP / IP, HTTP, LAN, WLAN, et d'autres. Ceci permet le suivi et la maintenance plus facile, et aussi d'un meilleur débit de données ; et il en résulte un plus petit nombre d'ordinateurs pour l'installation d'un grand nombre de lecteurs par rapport aux lecteurs série [6].

3. La Mobilité : nous distinguons deux types de lecteurs : stationnaires et portables.

- **Lecteurs stationnaires (fixes)** : ce terme vient de la capacité des lecteurs à être montés sur les murs, portails, portes ou autres objets où ils peuvent effectuer des lectures de transpondeur efficaces et ne sont pas destinés à être déplacés ou transportés. Les lecteurs RFID fixes sont principalement utilisés pour la capture de données sans fil dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement, le suivi des actifs et le contrôle des produits [10].

- **Lecteurs portables** : ce sont des lecteurs mobiles qui peuvent être exploités par des utilisateurs comme des unités portables. Les lecteurs portables sont intégrés dans les antennes et ne sont généralement pas des connecteurs pour antennes supplémentaires.

Ils sont alimentés par batterie et sont légers et ont de plus courtes distances de lecture que les lecteurs fixes. Les lecteurs portables sont utilisés dans le suivi de l'élevage (animaux d'élevage comme les porcs, les moutons, les chèvres et les vaches), la localisation des produits dans les magasins et en stock, etc. [10].

4. Protocoles d'interrogation : cela concerne le lecteur en termes d'être Passif ou Actif.

– **Lecteurs passifs :** ils sont limités à "l'écoute" et à ne pas effectuer d'interrogation supplémentaires de Tags, le lecteur envoie un signal comme une source d'énergie pour le traitement des données au transpondeur RFID. Le transpondeur permet la transmission de données qui est un code d'identification unique, donc pas de message ou de commande nécessaire à partir du lecteur RFID [10].

– **Lecteurs actifs :** ce sont de véritables interrogateurs qui interrogent et écoutent les transpondeurs en fonction du nombre de transpondeurs et des protocoles de communication intégrés dans le système de transmission de données entre les transpondeurs et les lecteurs. Les lecteurs actifs sont plus capables et « agiles » que les lecteurs passifs. Les lecteurs actifs effectuent la transmission de données en tant que signal modulé vers les Tags. Par conséquent, les transpondeurs doivent avoir un circuit de démodulation leur permettant de décoder la commande du lecteur [10].

5. Spectre de fréquences : En plus d'utiliser les fréquences de porteuse pour effectuer la transmission et la réception des données, le lecteur RFID utilise également d'autres bandes de fréquences. La plupart des lecteurs envoient des commandes de balises sur une certaine bande de fréquence et reçoivent la réponse du transpondeur sur une bande de fréquence différente [10]. Par conséquent nous pouvons classer les lecteurs basés sur les réponses en fréquence du transpondeur qu'ils écoutent comme :

– **Lecteurs à base de réponse en fréquence unique :** fonctionnent à une unique (ou courte largeur de bande <80 MHz) gamme de fréquence et utilisent cette fréquence à la fois pour la transmission de données et la réception.

– **Lecteurs à base de réponse en fréquences non-unique :** fonctionnent en utilisant une fréquence d'envoi d'une commande ou simplement fournissent un signal porteur à une certaine fréquence et écoutent un multiple entier de sa fréquence porteuse ; généralement sous la forme d'une seconde harmonique ou en fréquence signal divisé comme la réponse du tag. Deux fréquences RF, utilisées pour la communication par le lecteur au système RFID permettent une communication en duplex intégral, rapide et fiable [10].

6. Protocoles données-encodage : les lecteurs RFID peuvent utiliser de multiples fréquences pour la transmission de données et la réception, mais ils peuvent également utiliser plusieurs protocoles pour communiquer avec les transpondeurs. Par conséquent nous pouvons classer les lecteurs RFID en fonction de leur capacité à communiquer avec des transpondeurs en utilisant divers protocoles [10]. Nous pouvons distinguer deux types de lecteurs RFID, en

fonction de leur capacité à communiquer avec des transpondeurs en ce qui concerne les protocoles de données de codage :

- **Lecteurs RFID simples** : ils utilisent un protocole unique pour la communication et la transmission de données entre les Tags dans la zone d’interrogation du lecteur. [10]
- **Lecteurs RFID Agile** : ils peuvent fonctionner et effectuer les interrogatoires et la transmission de données avec des étiquettes en utilisant plusieurs protocoles. [10]

1.11 - standard et normes des systèmes RFID

1.11.1– STANDARD

De nombreux standards liés à la RFID existent à l’heure actuelle, que ce soit au niveau de la couche physique, de la couche communication ou de la couche application, représentée sur la tableau 1.2.

Application
Communication
Physique

Tableau 1.2 : Modèle en couches simplifié pour la RFID.

ISO/IEC 14443 et ISO/IEC 15693

Ces standards couvrent les couches physiques et communication de la bande de fréquence 13,56 MHz et constituent la pierre angulaire de la plupart des applications qui ne reposent pas sur des normes propriétaires.

Le standard ISO/IEC 14443 est dédié aux tags de type *proximité*(distance de communication d’environ 10 centimètres), alors que le standard ISO/IEC 15693 vise les tags de type *vicinity* (distance de communication d’environ 80 centimètres). Par exemple, les passeports électroniques standardisés par l’ICAO sont basés sur le standard ISO/IEC 14443.

EPC Class 1 Gen 2

Le déploiement des tags à très bas coût a été propulsé par l’Auto-ID Center, un consortium créé aux États-Unis en 1999. Cette organisation, maintenant composée de l’EPC Global Network et des différents Auto-ID Labs, a pour but de standardiser et promouvoir la RFID dans les chaînes logistiques. Le standard EPC Class 1 Gen 2 publié par l’EPC Global

Network est maintenant largement déployé et suivi par de nombreux industriels. Il couvre les trois couches (physique, communication et application).

NFC

La NFC est une technologie de communication sans fil qui opère dans la bande de fréquence 13,56 MHz. Elle provient d'un consortium créé en 2004 par Sony, Philips et Nokia, et maintenant composé de plus de 150 membres.

Cette technologie est compatible avec la RFID (en particulier avec le standard ISO/IEC 14443) et permet la lecture et l'émulation de tags. Par conséquent, deux appareils NFC, typiquement des GSM, peuvent communiquer en utilisant la technologie RFID. Cela autorise des communications à faible débit et de courte distance qui sont établies beaucoup plus rapidement que des communications Bluetooth ou Wifi.

Le standard ISO/IEC 18092 définit les principales caractéristiques de la NFC et propose un format précis (NDEF) pour stocker et échanger les informations. Il a pour but de renforcer l'interopérabilité des appareils NFC.

1.11.2 NORMES

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.1.3 présentent 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 [10].

Références principales	Intitulé
ISO 11784, ISO 11785, ISO 14233	Identification radiofréquence des animaux.
ISO 10536, ISO 14443, ISO 15693	Cartes d'identité, cartes à circuit intégré sans contact, cartes de proximité.
ISO 18000	Identification sans contact des articles.

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

La figure 1.4 montre le découpage des régions (ainsi qu'un tableau) qui met en évidence les différentes fréquences allouées :

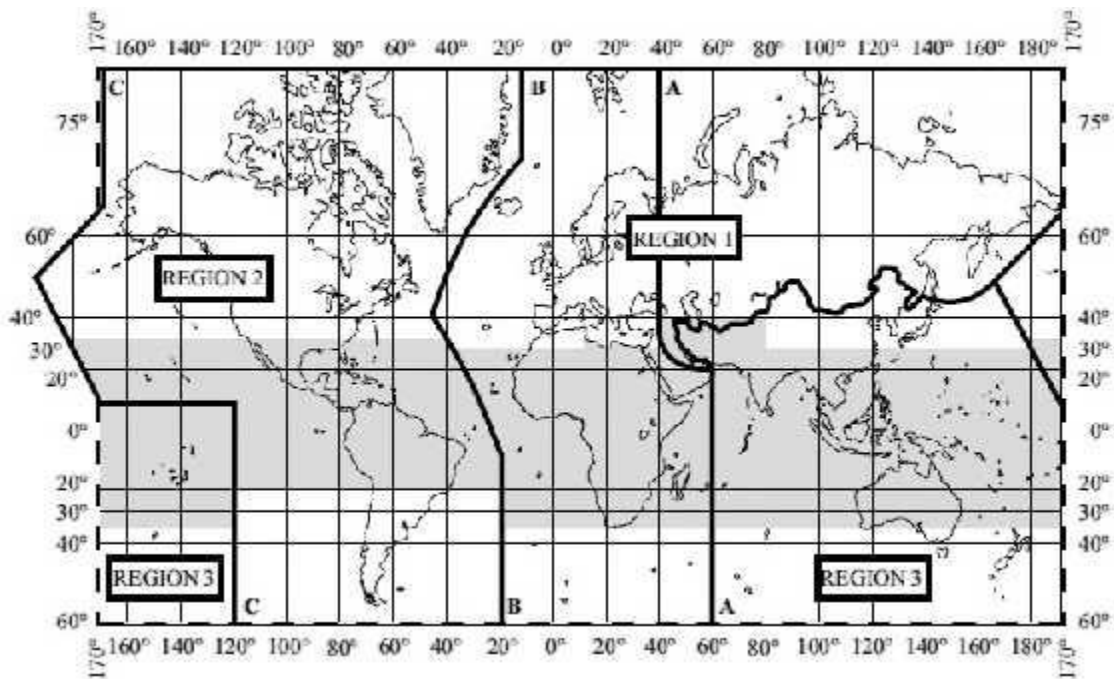


Figure 1.4: Allocation des fréquences ISM pour la technologie RFID.

Fréquence	Région1	Région2	Région3
BF	<135 KHz	<135 KHz	<135 KHz
RF	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
UHF	865,5-869,65 MHz	902-928 MHz	860-960 MHz
Micro-ondes	2,4-2,4835 GHz	2,4-2,4835 GHz	860-960 MHz

Tableau 1.4: Allocation des fréquences.

1.12. Les Fréquences d'utilisation

Le dialogue entre le tag et le lecteur est régi par un protocole de communication dont la principale caractéristique est la fréquence radio d'échange. Plusieurs fréquences de communication cohabitent au sein de la technologie RFID, les principales sont : < 135 KHz, 13.56 MHz, de 863 à 915 MHz et 2.45 GHz.

Fréquences	Caractéristiques	Applications
Basses Fréquences 125 KHz	Distance de lecture moyenne (10 à 150 cm). Rapidité de lecture moyenne.	Identification d'animaux. Pas de lecture écriture. Pas de gestion de l'anticollision.
Hautes Fréquences 13,56 MHz	Distance de lecture faible : quelques centimètres (à puissance d'émission égale)	Contrôle d'accès. Lecture-écriture facilitée.
Très Hautes Fréquences 900 MHz	Grande distance de lecture jusqu'à 5 mètres. Vitesse de lecture importante.	Logistique, gestion de stocks multiples, sans collision
Ultra Hautes Fréquences 2,4 GHz	Très grande vitesse de lecture. Très grande distance de détection (>10 mètres).	Péage d'autoroute. Tag alimenté (actif).

Tableau 1.5 : Les fréquences d'utilisation.

1.13. Le marché mondial de la technologie RFID

Il y a eu plus de 2.24 milliards de tag RFID vendus dans le monde entier à partir du 2007 et le marché de RFID sera prévisionnellement 26 milliards USD en 2016 selon IDTechex.

Généralement, un lecteur RFID à Ultra-haute Fréquence coute entre 200\$ et 1000\$ tandis que les prix des tags RFID UHF passifs sont maintenant entre 0.07\$ et 0.15\$. Cependant, leurs prix continuent à décroître et pourraient devenir moins chers que les inlays de code-barres vers l'horizon de 2020 selon certaines prévisions Le scénario du marché de la technologie RFID est montré dans la figure 1.5 [11].

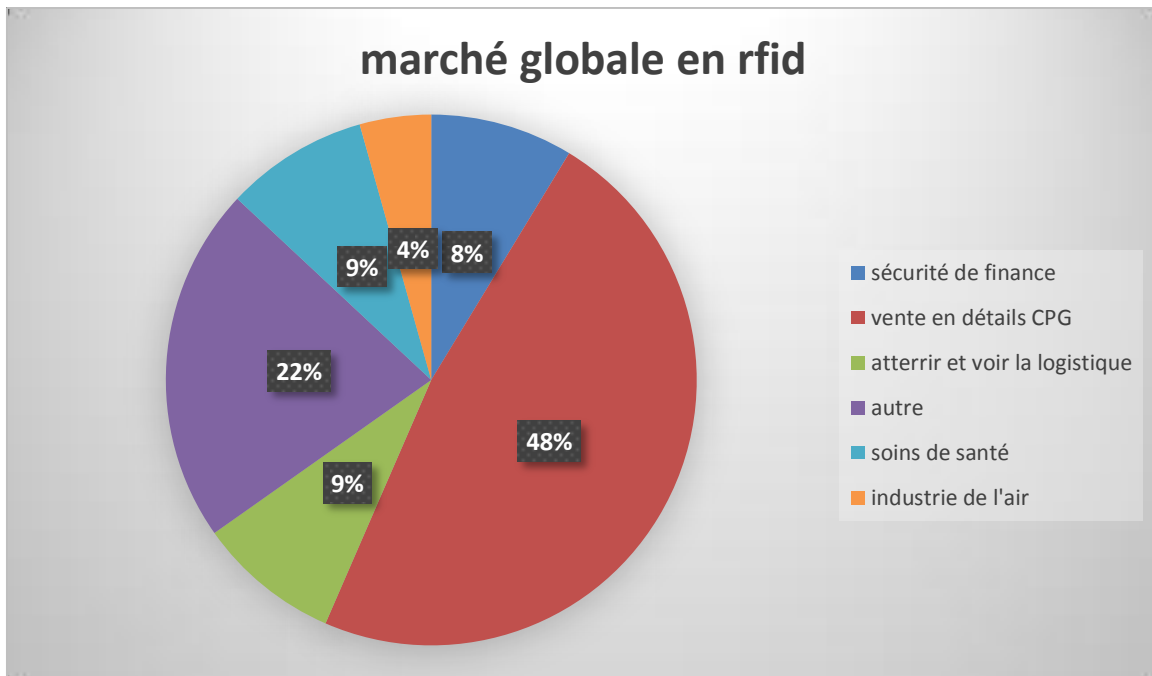


Figure 1.5 : Le marché global en RFID en 2016.

1.13. Application de la RFID

Les applications industrielles reposant sur la RFID sont multiples et variées. Elles peuvent être regroupées en trois catégories : contrôle d'accès, pistage et suivi de production et application sécurisée. Cette section présente chaque domaine et les illustre avec des exemples concrets de la vie de tous les jours.

❖ *SECURITE*

- Gestion du personnel ;
- Contrôle d'accès aux zones réservées ;
- Authentification d'objet.

❖ *AGROALIMENTAIRE*

- Suivi de la chaîne du froid des produits alimentaires ;
- Suivi de la chaîne de fabrication des produits frais ;
- Suivi du bétail.

❖ **INDUSTRIE**

- Identification et suivi de vêtements ;
- Blanchisserie industrielle ;
- Identification et suivi des bouteilles de gaz.

❖ **LOGISTIQUE**

- Suivi de bagages dans le transport aérien ;
- Suivi de sacs postaux ;
- Suivi et pistage de containers ;
- Identification de produits palettisés ;
- Contrôle d'accès (parking).

❖ **VEHICULE**

- Gestion de flotte de véhicules ;
- Authentification de véhicule ;
- Paiement des carburants ;
- Antivol, anti-démarrage ;
- Contrôle des pneumatiques.

❖ **LOISIRS**

- Location de cassettes vidéo et DVD ;
- Bibliothèque (gestion rapide des entrées/sorties) ;
- Pickering (remontées mécaniques dans les stations) ;
- Gestion des temps des coureurs.

❖ **MEDICAL**

- Gestion de collectes des déchets médicaux jusqu'à l'incinération ;
- Tatouages électroniques pour animaux.

1.14. Avantages et inconvénients de la technologie RFID

Avantage

- Lecture et décodage instantanée ;
- Remplacement de la saisie au clavier ;
- Facilité de branchement (écran clavier) et l'utilisation du lecteur optique ;
- Coût faible ;
- Impression très facile.

Inconvénient

- Faible capacité ;
- Impossibilité de modifier les informations ;
- Exigence d'un contact visuel pour la lecture ;
- Impossibilité de lecture simultanée.

1.15. Conclusion

On a initialisé ce chapitre avec une présentation générale de la RFID, son historique, son impact sur le marché des technologies faible coûts et fiables et ses applications qui touchent tous les domaines et permettent de faciliter le quotidien des citoyens. Nous nous sommes également étalées sur la description des composantes du système RFID et leurs caractéristiques pour assurer d'une part une compréhension globale du principe de son fonctionnement et d'autre part, et c'est le but de notre étude, pour pouvoir positionner l'importance d'un élément majeur aussi bien pour le lecteur que pour le tag qui est l'antenne. Nous nous intéressons principalement à l'antenne du lecteur qui doit avoir les caractéristiques qui lui permettent d'assurer des transmissions sur de plus longues distances et sur la totalité de la bande UHF RFID allouée [860-960] MHz. Ceci n'est possible qu'en concevant une antenne large bande et à haut gain. Le chapitre suivant sera dédié à l'étude des antennes et leurs caractéristiques.

Chapitre 2

antennes large bande et haut

gain

2.1. Introduction

Après avoir donné un aperçu général sur le système RFID, ses composantes et ses applications, nous allons nous intéresser à un des éléments majeurs de ses composantes. Ce dernier se trouve au bout de la chaîne de transmission et est responsable de la communication entre le lecteur et le tag. Il s'agit de l'antenne. Plus particulièrement nous allons nous intéresser à l'antenne du lecteur. Les lecteurs conçus jusqu'à présent sont dotés le plus souvent d'antennes couvrant une bande étroite relative à une des cinq régions du monde (évoquées dans le chapitre précédent). De plus nous trouvons sur le marché des lecteurs dont le gain de l'antenne utilisée ne dépasse pas les 12 dB. Ceci limite la distance de lecture qui ne dépasse pas, le plus souvent quelques mètres.

Il est donc indispensable de concevoir de nouvelles antennes qui puissent couvrir toutes les régions et permettent de lire sur de plus grandes distances. Ces antennes doivent avoir ces deux caractéristiques : une large bande de couverture et un haut gain.

Ce chapitre sera consacré à la présentation de ce type d'antennes. En premier temps nous donnons une définition et un historique sur les antennes en général, leurs principales caractéristiques associées, les différentes techniques de leur alimentation. Par la suite nous décrivons les antennes larges bandes et à haut gain reportées dans la bibliographie.

2.2. Définition d'antenne

Une antenne est définie par le dictionnaire de *Webster* comme " un appareil habituellement métallique (comme une tringle ou fil) pour rayonner ou recevoir des ondes radio" [12]. Le rôle d'une antenne est de convertir l'énergie électrique d'un signal en énergie électromagnétique, ou inversement de convertir l'énergie électromagnétique en énergie électrique. 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 [13].

2.3. Historique sur les antennes

Le concept d'antennes imprimées a été proposé pour la première fois par Deschamps en 1953 aux U.S.A, et en France par Baissinot et Gutton en 1955 [14], [15]. Le phénomène de rayonnement provenant des discontinuités dans les strip-lines fût observé et étudié par Lewin

en 1960 . En 1970 Byron a décrit la structure planaire qui se constitue d'une plaque conductrice gravée sur un substrat diélectrique $\epsilon_r \leq 10$ qui repose sur un plan de masse [14], [16], les premières réalisations étaient essentiellement réservées à des applications militaires, un peu plus tard, dans les années 1990 des antennes pratiques ont été développées par Howel et Munson , un véritable passage au stade industriel.

2.4. Classifications d'antennes [17]

Depuis le début des communications radio il y a plus de 100 ans, des milliers d'antennes ont été développées et étudiées. Elles peuvent être catégorisées par différents critères:

- Du point de vue bande passante, les antennes peuvent être classées en bande étroite ou large bande.
- Du point de vue polarisation, elles peuvent être classées en antennes à polarisation linéaire, circulaire ou elliptique.
- Du point de vue résonance, elles peuvent être organisées sous la forme d'antennes résonnantes (ondes stationnaires) ou d'ondes progressives.
- À partir du nombre d'éléments, elles peuvent être regroupées sous la forme d'antennes mono-élément ou de réseaux d'antennes.
- Du point de vue construction, elles peuvent être catégorisées en antennes solides, liquides et à gaz. Les antennes solides se réfèrent à celles faites de matériaux conducteurs (tels que les dipôles, les boucles et les cornets), les matériaux diélectriques (tels que les DRA) ou une combinaison des deux (comme les antennes patch). Les antennes liquides sont principalement constituées des types de liquides (l'antenne plasma utilise un élément de plasma comme milieu conducteur pour que le signal RF soit rayonné).

2.5. Caractéristiques des antennes

2.5.1 Directivité

La directivité $D(\Theta, \phi)$ dans une direction (Θ, ϕ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée (Θ, ϕ) et la puissance que rayonne une antenne isotrope [17].

$$D(\Theta, \phi) = \frac{P(\Theta, \phi)}{\frac{P_r}{4\pi}} = 4\pi \frac{P(\Theta, \phi)}{P_r} \quad (2.1)$$

2.5.2. Rendement de l'antenne

Le rendement d'une antenne est le rapport entre la puissance rayonnée (p_r) et la puissance fournie à l'antenne (p_f).

$$\eta = \frac{p_r}{p_f} \quad (2.2)$$

2.5.3. Gain [13]

Le diagramme de rayonnement d'une antenne présente les variations de la puissance rayonnée par unité d'angle solide dans les différentes directions de l'espace, il y a généralement une direction de rayonnement maximal autour de laquelle se concentre la grande partie de la puissance rayonnée, et des directions secondaires autour desquelles se répartit la puissance restante.

$$G(\Theta, \phi) = \frac{u}{p_t} \quad (2.3)$$

U = intensité de puissance rayonnée dans la direction (Θ, ϕ)

P_t = puissance totale acceptée

Le gain et la directivité d'une antenne sont liés par la relation suivante :

$$G(\Theta, \phi) = \eta \times D(\Theta, \phi) \quad (2.4)$$

Avec η le rendement. Il est déterminé par les pertes dues à une mauvaise adaptation de l'antenne.

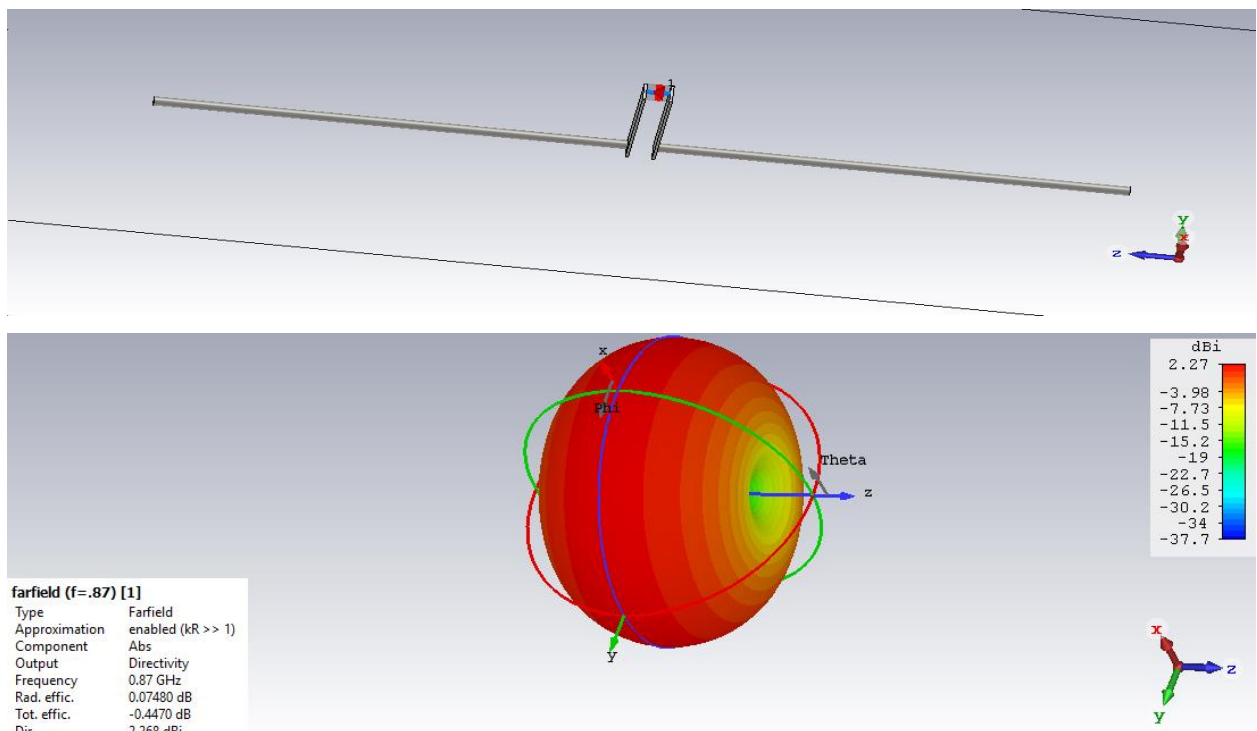


Figure 2.1: Diagramme de rayonnement d'antenne dipôle en 3D.

2.5.4. Impédance d'entrée d'une antenne [18]

On note Z_c l'impédance caractéristique de la ligne (50Ω , en règle générale), par rapport au générateur, l'antenne se comporte comme un dipôle électrique. L'impédance d'une antenne est l'impédance vue par les extrémités de l'antenne seule (non reliée à une charge). Cette impédance est définie comme le rapport entre la tension et le courant aux bornes de l'antenne ou comme le rapport entre les composantes appropriées des champs électriques et magnétiques. On note Z_{ant} cette impédance dépendant de la fréquence.

$$Z_{ant} = R_{ant}(f) + jX_{ant}(f) \quad (2.5)$$

2.5.5. Rendement

Nous rappelons que le rendement qui est le rapport entre l'énergie rayonnée par une antenne et celle que lui fournit l'alimentation est aussi exprimé par :

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_p} \quad (2.6)$$

Où R_r : Résistance liée à son rayonnement.

R_p : Résistance liée aux pertes de l'antenne. [19]

2.5.6. Bande passante

La largeur de bande ou bande passante d'une antenne définit le domaine de fréquence dans lequel le diagramme de rayonnement de l'antenne présente les caractéristiques requises.

Plusieurs travaux ont tenté d'établir une relation entre la taille physique, l'efficacité et la bande passante relative des antennes électriquement petites. Parmi ces travaux, on peut citer le modèle de Wheeler et Chu [20]

$$BP = \frac{\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)^3}{\mu} \quad (2.7)$$

Où : d représente la grande dimension de l'antenne.

λ est la longueur d'onde. et μ la permittivité.

2.5.7. Coefficient de réflexion S_{11}

Le coefficient de réflexion S_{11} met en évidence l'absorption de l'énergie par l'antenne. C'est sur ce paramètre que l'on se base lors de l'optimisation.

2.5.8. Ouverture

Si GM est le gain maximal d'une antenne donnée dans un plan bien déterminé, alors son ouverture dans ce plan est l'angle qui se trouve entre deux directions de ce plan ayant la moitié du gain maximal.

2.6. Techniques d'alimentation des antennes

Il existe plusieurs techniques pour l'alimentation des antennes, ces techniques peuvent être soit par contact direct soit par couplage, les plus communément utilisées sont l'alimentation par ligne microruban, par sonde coaxiale, par couplage de proximité ou par ouverture.

2.6.1. Alimentation par ligne microruban

Dans le premier cas, une ligne microruban est directement connectée à l'élément rayonnant comme le montre la figure 2.2.a, le point de jonction peut être sur l'axe de symétrie du patch ou complètement décalé pour permettre une meilleure adaptation d'impédance.

Ce type d'alimentation est facile à mettre en œuvre et à modéliser, mais peut engendrer un rayonnement parasite qui peut devenir considérable et une bande passante typiquement entre 2 et 5%.

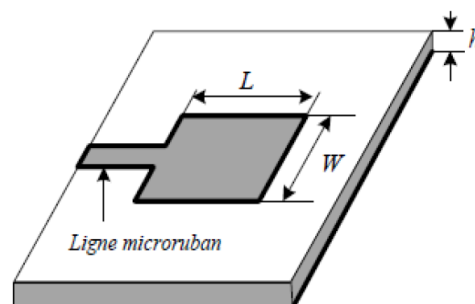


Figure 2.2.a : Antenne patch alimentée par une ligne microruban..

2.6.2. Alimentation par sonde coaxiale

L'alimentation par sonde coaxiale est réalisée par un contact direct de l'élément rayonnant au conducteur central d'une ligne coaxiale, tandis que son conducteur externe est relié au plan de masse, tel que le montre la figure 2.2.b. L'adaptation d'impédance est réalisable en déplaçant le point d'alimentation sur le patch. L'inconvénient de ce type d'alimentation réside dans la bande passante étroite et la difficulté de modélisation surtout pour des substrats électriquement épais.

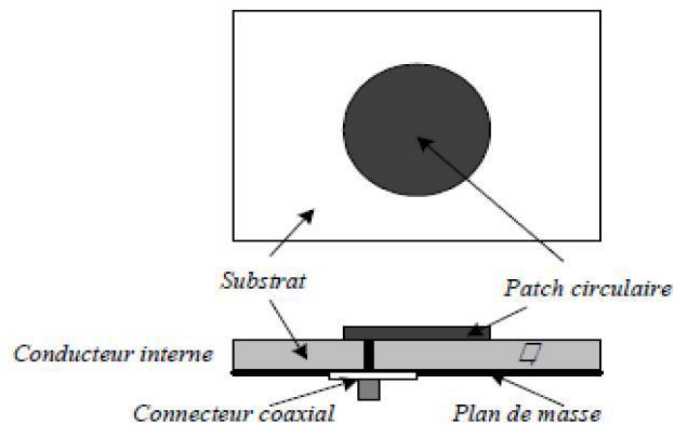


Figure 2.2.b: Alimentation par sonde coaxiale.

2.6.3. Alimentation par couplage par fente

L'alimentation par ligne microruban ou par ligne coaxiale présentent une asymétrie qui génère des modes d'ordres supérieurs produisant un rayonnement de polarisation croisée, pour y remédier à cet état de fait l'alimentation par fente a été introduite.

Un couplage électromagnétique est introduit à travers une petite fente réalisée dans le plan de masse qui sépare deux substrats l'un portant l'élément rayonnant et l'autre la ligne microruban comme le montre la figure 2.2.c. Cette configuration permet une optimisation indépendante entre la ligne d'alimentation et le patch, facile à modéliser et présente un rayonnement parasite modéré. Cependant, elle est la plus difficile à mettre en œuvre et présente une bande passante étroite.

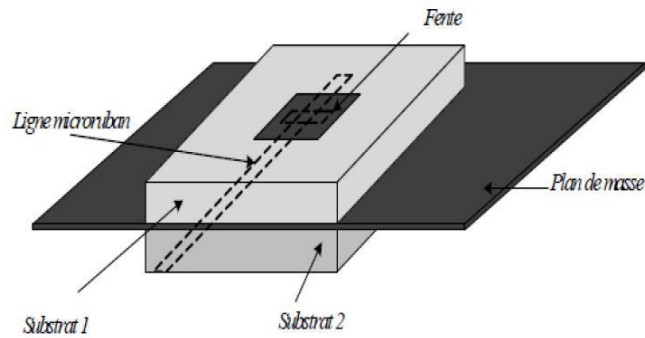


Figure 2.2.c : Alimentation par couplage par fente.

2.6.4. Alimentation par couplage de proximité

La meilleure bande passante pouvant atteindre 13% est réalisable en utilisant l'alimentation par couplage de proximité illustrée par la figure 2.2.d. L'avantage de cette technique d'alimentation réside dans l'affaiblissement du rayonnement parasite et la facilité du couplage, ce dernier peut être optimisé par l'ajustement des dimensions de la ligne. Cependant elle est très difficile à mettre en œuvre [21].

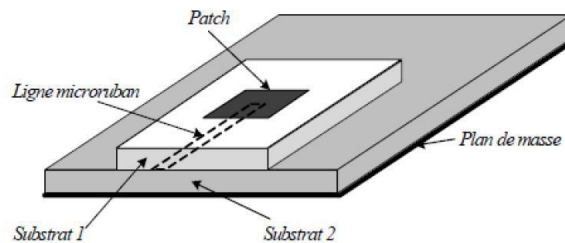


Figure 2.2.d : Antenne patch alimentée par couplage de proximité.

2.7. Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation.

Caractéristiques	Alimentation par ligne microruban	Alimentation par ligne coaxiale	Alimentation couplée par proximité	Alimentation couplée par ouverture
Rayonnement parasite de l'alimentation	Plus	Plus	Minimum	Moins
Fiabilité	Meilleure	Pauvres à cause des Soudures	Bonne	Bonne

Facilité de Fabrication	Facile	Soudure et forage requis	Alignement requis	Alignement requis
Adaptation d'impédance	Facile	Facile	Facile	Facile
Bande passante (réalisée avec adaptation)	2-5%	2-5%	13%	2-5%

Tableau 2.1 : Comparaison entre les différentes techniques d'alimentation [22] [23].

2.8. Les antennes large bande

2.8.1. Etat de l'art

Il est convenu de distinguer les antennes large bande des antennes ultra large bande sur un critère de la bande passante relative (r_{BP}) supérieure à 25% [20]. La formule de la bande passante relative est présentée ci-dessous

$$BP \% = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_c} * 100\% \quad (2.8)$$

Cette famille d'antennes est développée depuis les années 60 pour les applications d'émissions TV, radar de sol, CEM, technologies UWB, positionnement courte portée et imagerie micro-ondes.

Il existe plusieurs façons de réaliser une antenne ayant une bande passante très large. La première d'entre elles consiste à utiliser des géométries particulières. Ces antennes sont appelées antennes indépendantes de la fréquence : leur géométrie permet d'avoir une bande passante d'une décade.

Concernant les antennes omnidirectionnelles, il existe deux grandes catégories d'antennes présentant naturellement une bande passante élevée: les antennes biconiques et leurs dérivées et les antennes monopoles large bande.

2.8.2. Exigences pour les antennes ULB

À l'instar des systèmes de communication classiques sans fil, l'antenne a une place capitale dans les systèmes ULB. Toutefois, les challenges sont plus nombreux et plus importants lorsqu'on fabrique une antenne ULB que lorsqu'on crée une antenne à bande étroite.

La première distinction entre l'antenne ULB et les autres antennes c'est la très large bande passante fréquentielle. Pour le FCC (Fédéral communications commission), l'antenne ULB adéquate doit fournir une bande passante absolue minimale de 500 MHz, ou une bande passante fractionnelle minimale de 0,2. [24]

La seconde distinction tient au fait que la performance de l'antenne ULB doit être en stricte conformité avec la bande opérationnelle entière. En situation idéale, les diagrammes de rayonnement, le gain et l'adaptation d'impédance doivent être stables sur la bande entière. Dans certains cas, on exige que l'antenne ULB ait une caractéristique coupe-bande afin de tenir avec d'autres dispositifs à bande étroite et des services occupant la même bande de fonctionnement. [21,22].

La troisième distinction est que les propriétés du rayonnement omnidirectionnel ou directionnel sont indispensables dépendamment de l'application pratique. C'est dans les systèmes portatifs et mobiles qu'il est préférable d'avoir des modèles omnidirectionnels. Dans les systèmes radar et d'autres systèmes directionnels là où on compte un gain important, l'on préfère les caractéristiques de rayonnement directif.

La quatrième distinction fait référence à la taille de l'antenne. Pour être appropriée à l'unité ULB en particulier dans les appareils mobiles et portables, il faut que l'antenne ait une taille assez réduite. Elle doit également avoir un profil bas et être compatible à l'intégration dans un circuit imprimé (*PCB, Printed circuit board*).

2.8.3. Classification des antennes ULB

Les antennes ULB peuvent être réparties en quatre classes différentes, selon leurs formes et leurs spécificités :

2.8.3.1. Les antennes indépendantes de la fréquence

En théorie, les antennes indépendantes de la fréquence sont composées d'éléments susceptibles de se déduire les uns des autres par homothétie. Elles ont la particularité de présenter un diagramme de rayonnement, une impédance d'entrée ainsi qu'une polarisation

virtuellement inchangée sur une bande de fréquences quasiment infinie. En guise d'exemple pour cette classe d'antennes, on peut noter deux grands groupes. En occurrence, les antennes équiangulaires (antenne spirale logarithmique, antenne spirale conique) et les antennes log-périodiques.

2.8.3.2. Les antennes élémentaires

En général, les structures d'antennes élémentaires sont considérées comme une évolution des monopôles ou de dipôle simples. Dans cette catégorie, on peut mentionner l'antenne biconique, l'antenne *discône*, ainsi que les monopôles plans sur plan de masse.

a. Antenne biconique

L'antenne biconique constitue une structure symétrique dans laquelle chaque cône opposé peut être assimilé à une ligne de transmission s'évasant à l'infini. Elle a été inventée en 1898 par Oliver Lodge[25]. Dans son brevet, il avait présenté une variété d'antennes qui sont devenues plus tard familières pour les concepteurs des antennes larges bandes. Nous citons particulièrement les antennes biconiques. Sur la figure 2.3, nous donnons la géométrie d'une antenne biconique finie.

L'antenne biconique a été réintroduite en 1939 par Carter après l'intérêt aux antennes larges bandes dans le cadre des recherches pour la télévision [26].



Figure2.3 : antenne biconique.

b. Antenne discône

Une autre dérivation de l'antenne biconique infinie est l'antenne discône [27]. Cette antenne est formée d'un cône et d'un plan de masse qui peut être circulaire ou rectangulaire qui remplace le second cône de l'antenne biconique. Une représentation graphique est donnée par la figure 2.4.



Figure 2.4 : Antenne discône.

2.8.3.3. Les antennes à transition progressive (Vivaldi)

Les antennes à fente, à transition progressive (TSA Tapered Slot Antenna) constituent une autre catégorie importante d'antennes ultra large bande directives. Ce sont des antennes à deux dimensions présentant une transition à partir d'une ligne ou d'un guide d'onde imprimé. Elles ont été imaginées en 1974 par Lewis et Gibson. Elles sont généralement constituées par une ligne à fente s'élargissant suivant un profil donné jusqu'à la discontinuité finale. Le profil de ces ouvertures peut prendre différentes formes soit linéaire soit exponentielle.

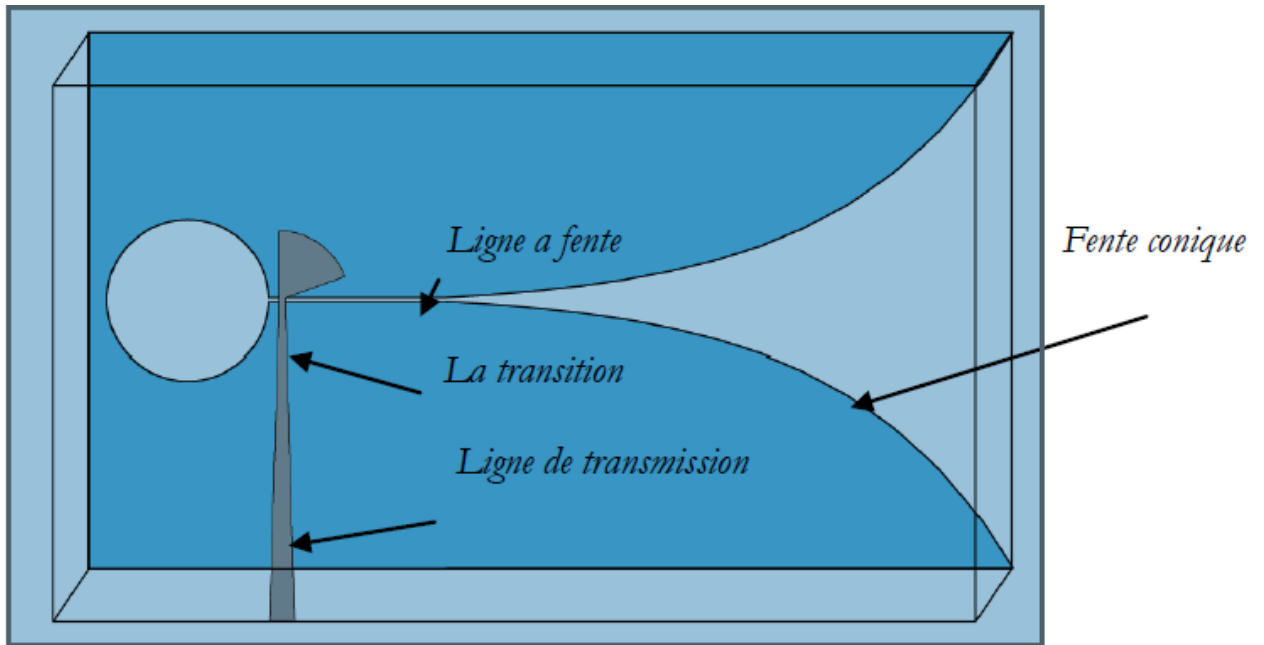


Figure 2.5 : antenne Vivaldi à fente conique.

2.8.3.4. Les antennes cornets

Avec des caractéristiques intrinsèques larges bande, les antennes cornets sont très peu dispersives. Cependant, elles sont encombrantes et leur coût de production est élevé.

a. Antennes cornet TEM

Les cornets TEM ont une forme évasée pyramidale ou conique (figure 2.6). Dans les hautes fréquences de leur spectre d'utilisation, ils sont alimentés, le plus souvent, par un guide d'onde [28]. Les cornets TEM sont assez largement utilisés dans les sources ultra larges bande de forte puissance.

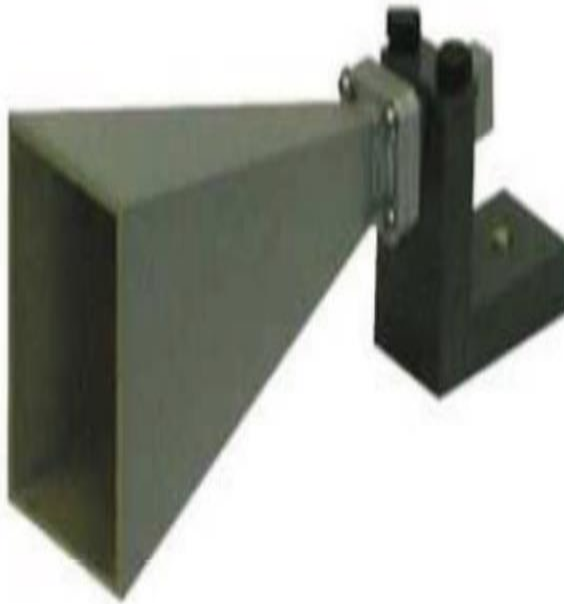


Figure 2.6 : Cornet TEM.

b. Le cornet ridgé

Cette antenne reprend la structure classique des cornets en lui ajoutant une paire d'arches formant une ouverture exponentielle. Cette modification permet d'élargir la bande de fonctionnement tout en conservant des dimensions relativement modestes [28]. Ces antennes sont plus largement utilisées en réception (métrologie) qu'en émission.

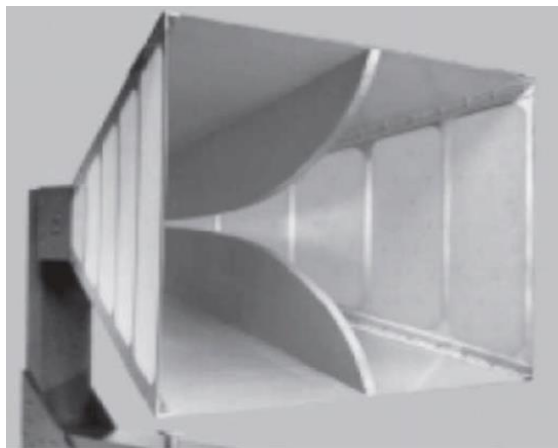


Figure2.7 : Cornet ridgé.

2.9. Antennes à haut gain

Pour différentes applications on cherche toujours à avoir des antennes à gain élevé, à faible encombrement et présentant une large bande de fonctionnement, chose qui n'est cependant, pas toujours compatible [16, 12].

Parmi les antennes présentant des gains élevés et utilisées dans diverses applications on cite : les antennes à réflecteur parabolique, les antennes lentilles, et les réseaux imprimés. Ces antennes présentent plusieurs avantages mais aussi de nombreux inconvénients.

2.9.1. Classification des antennes haut gain

2.9.2.1. L'antenne à réflecteur parabolique

Les antennes à réflecteur parabolique sont privilégiées pour les transmissions longue distance notamment les communications satellites. Elles sont composées d'une source (généralement un cornet) disposée à la focale d'un réflecteur qui est souvent métallique mais qui peut aussi être diélectrique.

Bien que ces antennes souffrent de plusieurs pertes, elles peuvent atteindre des gains de l'ordre de 50 dB, un diagramme de rayonnement très directif avec des niveaux de lobes secondaires très faibles (-20dB).

2.9.2.2. Antennes lentilles

Il existe plusieurs types de lentilles et la plus répandue est la lentille diélectrique. Le fonctionnement de la lentille est assimilable à celui du réflecteur parabolique. Les lentilles peuvent atteindre des gains de l'ordre de 40 dB avec des lobes secondaires faibles (-20 dB). La bande de fonctionnement de la lentille est d'une dizaine de pourcent [16, 12].

Elles présentent les avantages suivants : pas de zone d'ombre car elles travaillent en transmission. Cet avantage permet d'utiliser des sources à grandes dimensions sans aucun problème. Elles offrent une plus grande flexibilité par rapport aux réflecteurs paraboliques. Elles comportent aussi des inconvénients : elles présentent plusieurs types de pertes et elles présentent souvent des géométries singulières induisant une complexité et un coût élevé de fabrication.

2.10. Conclusion

Dans ce chapitre, après avoir rappelé les définitions et les caractéristiques essentielles des antennes d'une manière générale, nous avons donné un aperçu sur les différentes techniques d'alimentation existantes. En rapport avec notre travail, il était indispensable de faire une recherche bibliographique sur les antennes à large bande et les antennes à haut gain. Nous avons retenu les antennes discônes, Vivaldi, les cornets et les réseaux d'antennes patch qui vont être revues de près, étudiées et conçues dans le chapitre prochain pour répondre à notre application.

Chapitre 3

conception antennes large bande

et haut gain

3.1. Introduction

Dans ce présent chapitre, nous allons exposer nos résultats de simulations des antennes qu'on a conçues selon les principes évoquées théoriquement dans le chapitre précédent. Celles-ci doivent répondre au cahier des charges afin d'obtenir une antenne « reader » RFID large bande et à haut gain balayant la plage fréquentielle UHF RFID mondiale à savoir [860-960] MHz.

Nous allons d'abord Nous rappelons que les modélisations et les simulations sont effectuées à l'aide du logiciel de simulation électromagnétique 3D CSTMicroWave studio (Computer Simulation Technology), reconnu mondialement pour ses performances et sa simplicité d'utilisation.

3.2. Les antennes ultra large bande

Dans cette partie nous allons présenter différentes structures d'antennes large bande pour la RFID conçues et simulées sous environnement CST MICROWAVE STUDIO SUITE. En général, les conceptions d'antennes commencent par des structures simples. Les dimensions sont calculées à partir de formules empiriques afin d'avoir la fréquence d'opération désirée. Par la suite, il est envisageable de modifier certains paramètres de l'antenne dans le but de répondre aux exigences de l'application en question, à savoir, le gain, la bande passante, l'impédance d'entrée de l'antenne, etc...

3.2.1. Antenne Vivaldi

3.2.1.1. Description

Il s'agit d'une antenne Vivaldi. L'antenne optimisée a une dimension totale (349×183) mm² comme le montre la figure3.1. Le profil exponentiel est donné par l'équation (3.1) [30]:

$$F(x)=0.08e^{(0.07x)}+0.0474 \quad (3.1)$$

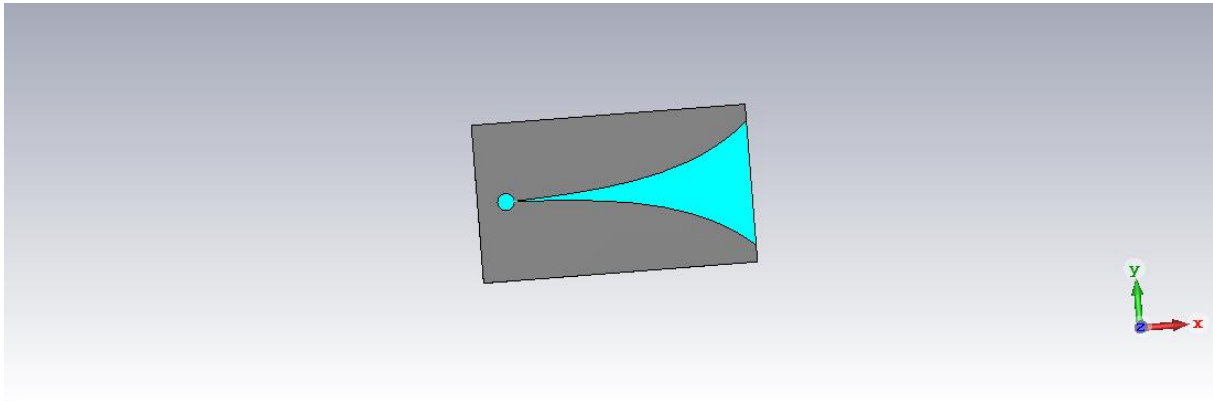


Figure3.1 : Géométrie de l'antenne Vivaldi.

Nous nous sommes intéressées à la transition ligne microruban/ligne à fente, afin d'alimenter l'antenne qui doit fonctionner dans la bande [860-960] MHz la transition est montrée dans la figure 3.2.

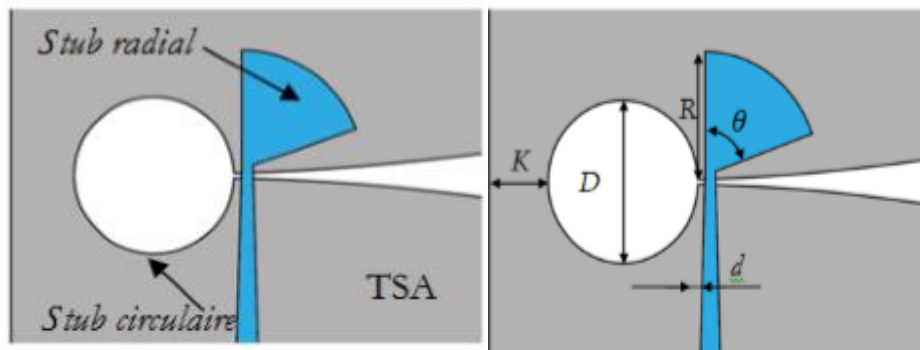


Figure3.2 : Alimentation et la transition entre la ligne et la fente.

La ligne d'alimentation utilisée a une forme d'un transformateur d'impédance linéaire 50Ω vers 100Ω . Elle est terminée par un stub radial défini par un angle θ et un rayon R et la fente par un stub circulaire de diamètre D . La transition se fait entre le stub et la ligne à fente [31].

La conception de cette antenne Vivaldi a été faite sur un substrat de permittivité $\epsilon_r=3.27$, et d'épaisseur $h=1.904\text{mm}$.

3.2.1.2. Résultats de simulation

Avant de valider les valeurs des différents paramètres donnés ci-dessus, on a effectué plusieurs simulations, en jouant sur le profil, les dimensions et la position du point d'alimentation de notre antenne Vivaldi, jusqu'à obtention des meilleurs résultats possibles ici exposés.

a. Coefficient de réflexion

Nous avons lancé la simulation avec les paramètres optimaux et nous remarquons que cette antenne fonctionne à notre bande de fréquence [860-960] MHz avec une valeur du coefficient de réflexion inférieur à -10 dB. L'antenne est simulée dans le domaine temporel. Nous remarquons que le coefficient de réflexion atteint la valeur de $|S_{11}| = -15.40$ dB avec une bande passante supérieure à 100MHz comme le montre la figure 3.3.

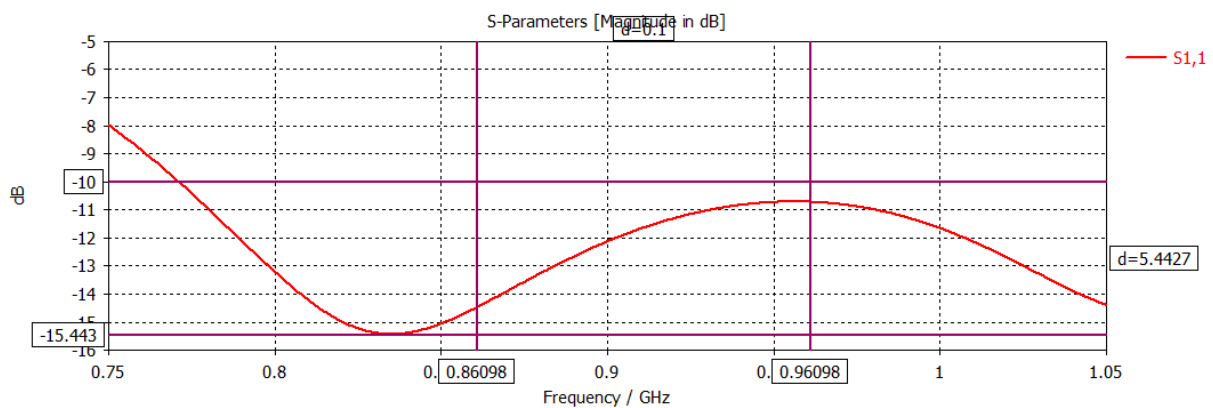


Figure 3.3 : Coefficient de réflexion S_{11} .

Le coefficient de réflexion de l'antenne optimisée comme présenté dans la figure 3.3 montre une réponse en fréquence à -10 dB qui peut couvrir une large bande s'étalant de 771 MHz à 1050 MHz et au-delà. Nous nous sommes contentées de montrer la plage de fréquence qui nous intéresse.

b. Directivité et gain

Nous allons maintenant nous intéresser au gain de l'antenne. Le gain de l'antenne croît avec la fréquence. Considérons la figure 3.4 le gain atteint une valeur proche de 6 dB. Les résultats montrent que l'antenne simulée se comporte comme une antenne directive sur la fréquence observée. Les antennes directives sont souhaitables dans les applications RFID ainsi que les communications sans fils ULB. Etant donné que la valeur élevée de la directivité à un angle conduira à minimiser la consommation et l'absorption d'énergie dans le corps et surtout minimiser les pertes de trajet.

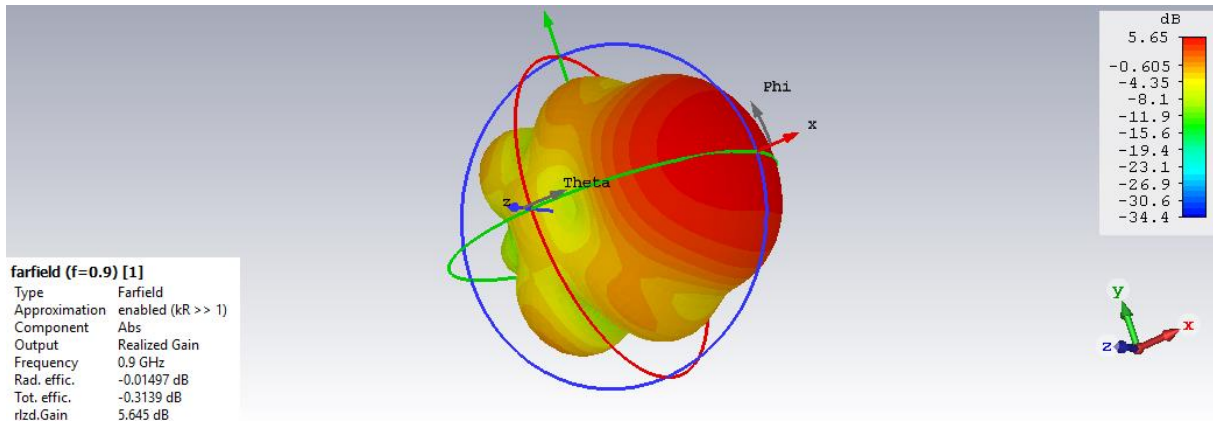


Figure 3.4 : Diagramme de rayonnement de l'antenne Vivaldi conçue.

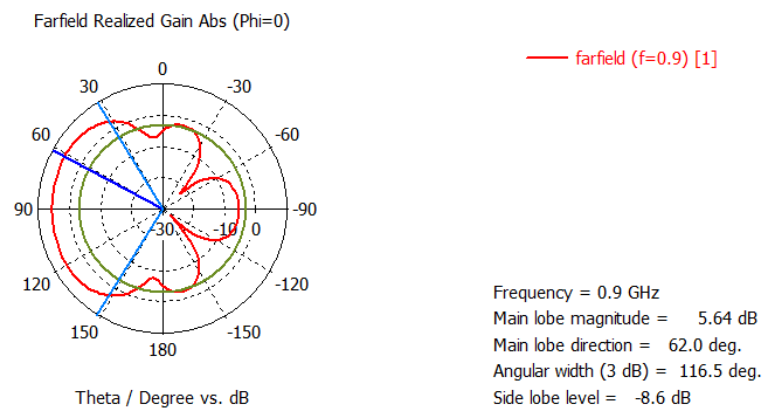


Figure 3.5 : Diagramme de rayonnement en coordonnée polaire.

L'efficacité de rayonnement dans la figure 3.4 en dB (-0.3139) et elle égale 93.02%.

En observant la figure 3.5 on voit que le niveau des lobes secondaires à la fréquence 900 MHz est faible (-8.6) et celui de lobe principale est élevé (5.64).

3.2.2. Antenne discône

L'antenne qu'on a réalisée (figure 3.6) fonctionne dans une large bande de fréquence comprenant celle des UHF RFID [860-960] MHz. Elle est alimentée par câble coaxiale, dont les dimensions sont résumées dans le tableau 3.1.

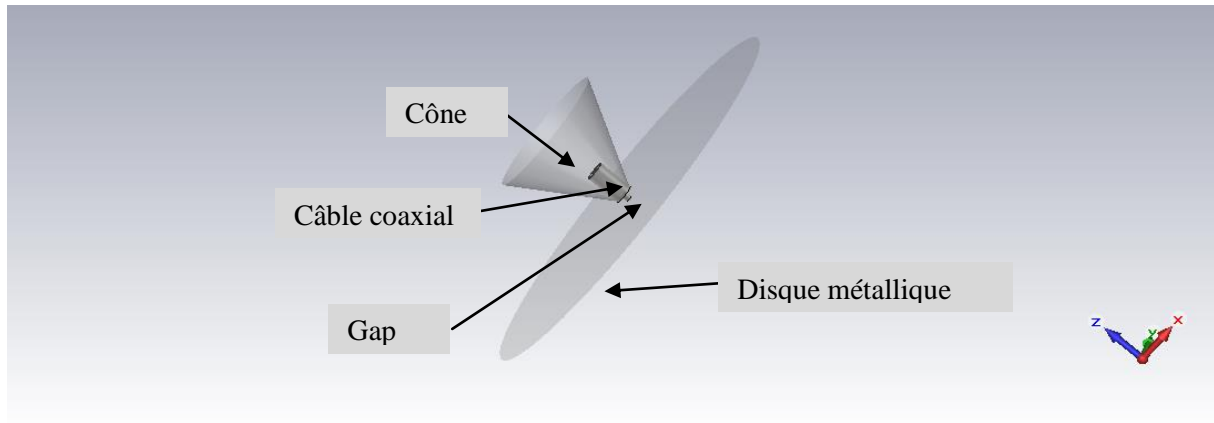


Figure3.6: Antenne discône alimentée par câble coaxial.

Paramètres	Valeurs (mm)
Sommet de cône	25
Cercle d'ouverture	200
Hauteur de dissonne	300
Gap	30
Rayon de disque métallique	300
Diamètre interne de câble coaxiale	21.5
Diamètre externe de câble coaxial	50

Tableau 3.1 : Dimensions de discône optimisé.

L'antenne est alimentée par un câble coaxial dont le fil central est connecté directement au disque circulaire (en passant par le sommet de cône sans le toucher) et dont la masse est reliée au cône. Les paramètres gouvernants la structure sont la dimension du disque métallique et l'espacement entre ce dernier et le cône ; le plan métallique agit principalement sur le diagramme de rayonnement et sur l'adaptation en haut fréquence.

a. Coefficient de réflexion

La figure (3.7) illustre le résultat de simulation de S_{11} de l'antenne conçue sur l'environnement CST.

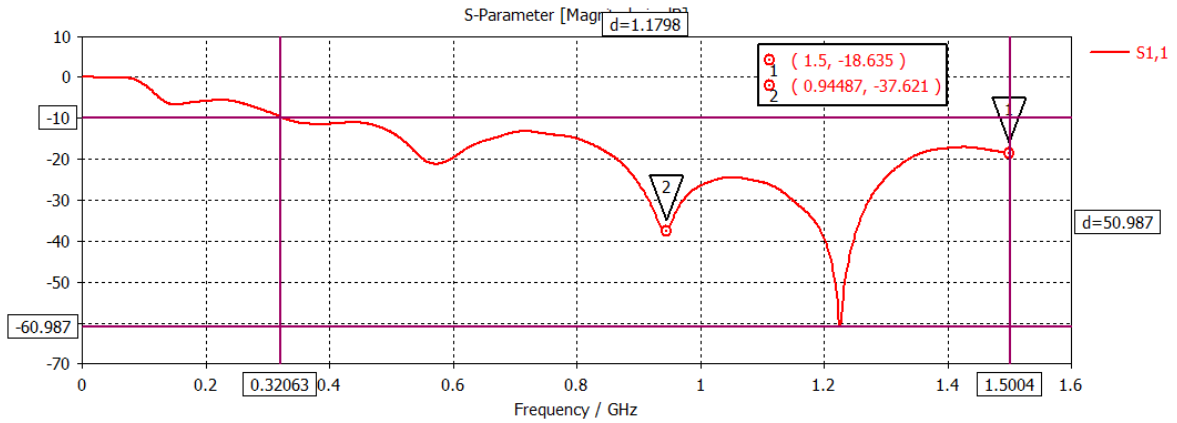


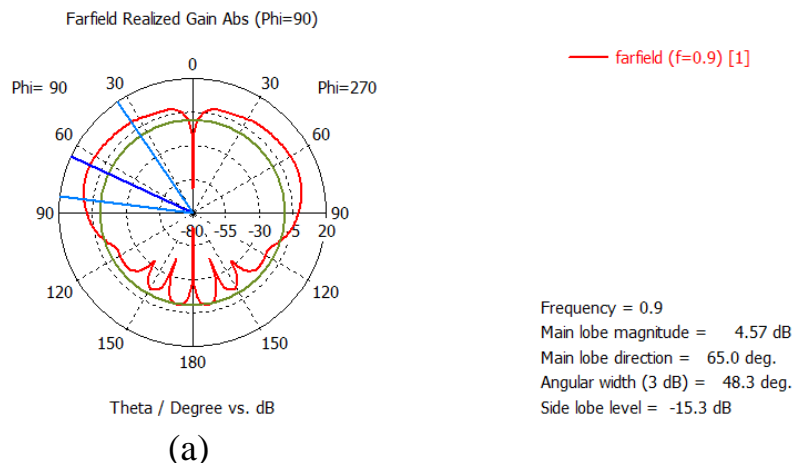
Figure 3.7 : Coefficient de réflexion S_{11} .

La figure 3.7 montre que le paramètre S_{11} est inférieur à -10 dB, ce qui signifie que l'antenne a une bonne adaptation d'impédance sur toute sa largeur de bande occupée.

Cette antenne a une directivité égale à 4.68dB et son gain réalisé est égal à 4.6 dB. Le diagramme de rayonnement du gain et celui de la directivité peuvent être visualisé en coordonnées polaires (figure 3.8) et en 3D (Figure 3.9).

La figure 3.8 présente les diagrammes de rayonnement du gain réalisé (a) et de la directivité (b) dans le plan vertical ($\Phi = 90^\circ$), et elle donne la valeur de l'angle d'ouverture à 3dB qui est 48.3 degrés et la valeur du lobe principal ainsi que celle du lobe secondaire.

L'efficacité de rayonnement est donnée dans la figure 3.9 vaut -0.08524 dB à savoir 98 %, ce qui exprime une bonne efficacité.



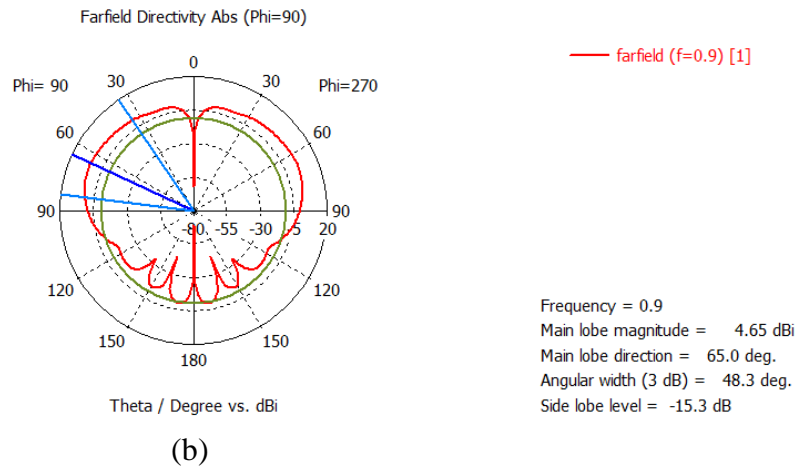


Figure 3.8: Gain et directivité en coordonnées polaires.

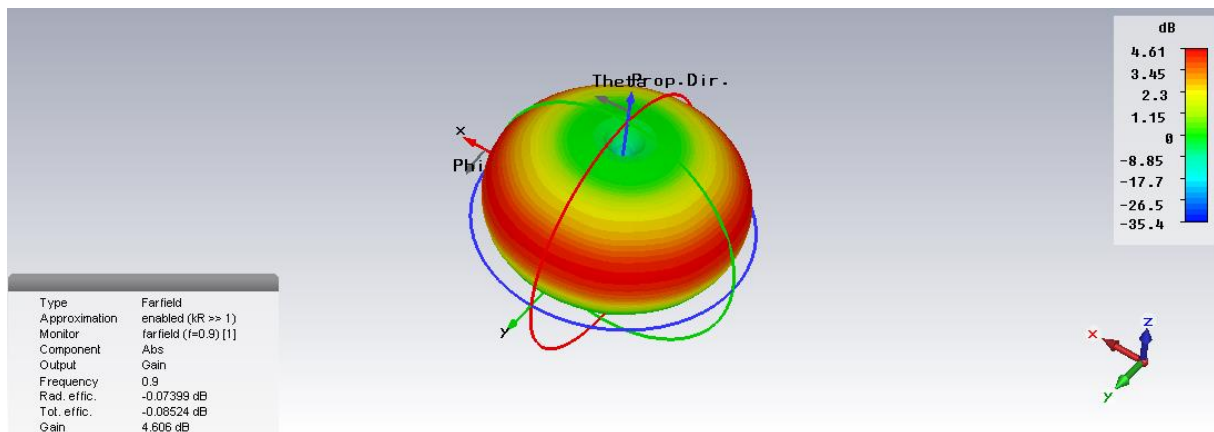


Figure 3.9 : gain en 3D à la fréquence de 900MHZ.

La figure 3.9 montre le diagramme de rayonnement de notre antenne discône avec un gain 4.61dB, ce rayonnement est omnidirectionnel dans le plan x-y.

3.2.2.1.Étude paramétrique (effet des paramètres géométriques)

Nous avons fait une étude paramétrique pour connaître l'influence des paramètres sur le comportement de l'antenne. Cette partie a été menée pour comprendre les effets des divers paramètres afin de les optimiser et d'aboutir à une structure finale efficace.

a. Effet de gap

On présente d'abord les résultats de simulation de l'effet du gap. La Figure 3.10 montre les résultats de la simulation du paramètre S_{11} de l'antenne discône pour différentes valeurs de gap (cm), on peut constater clairement la variation de l'adaptation.

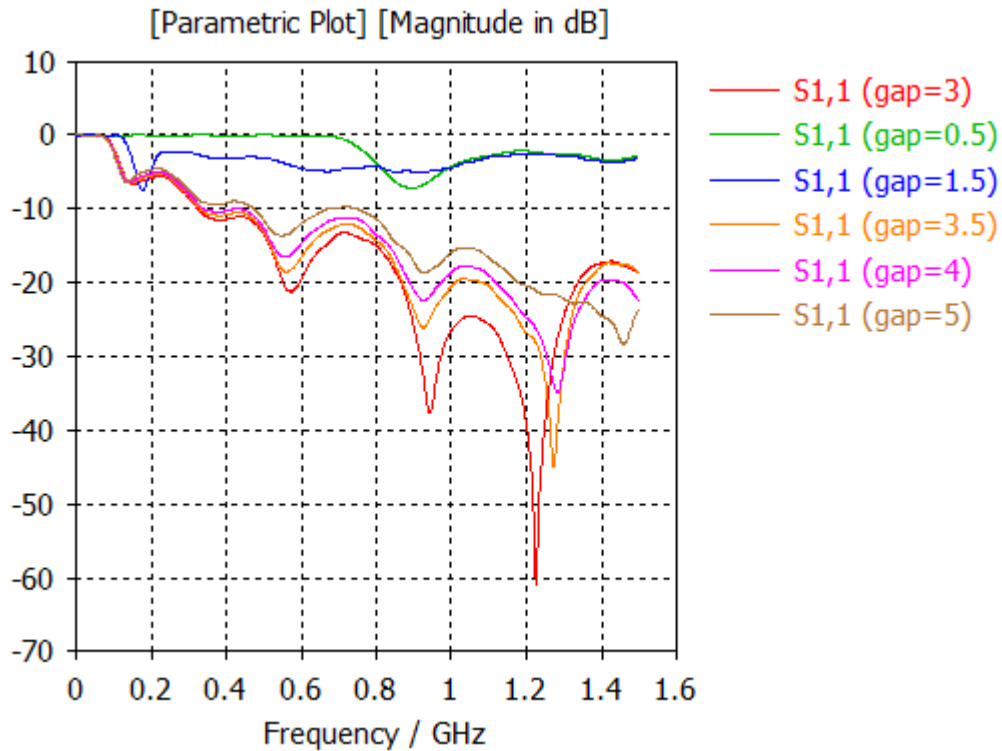
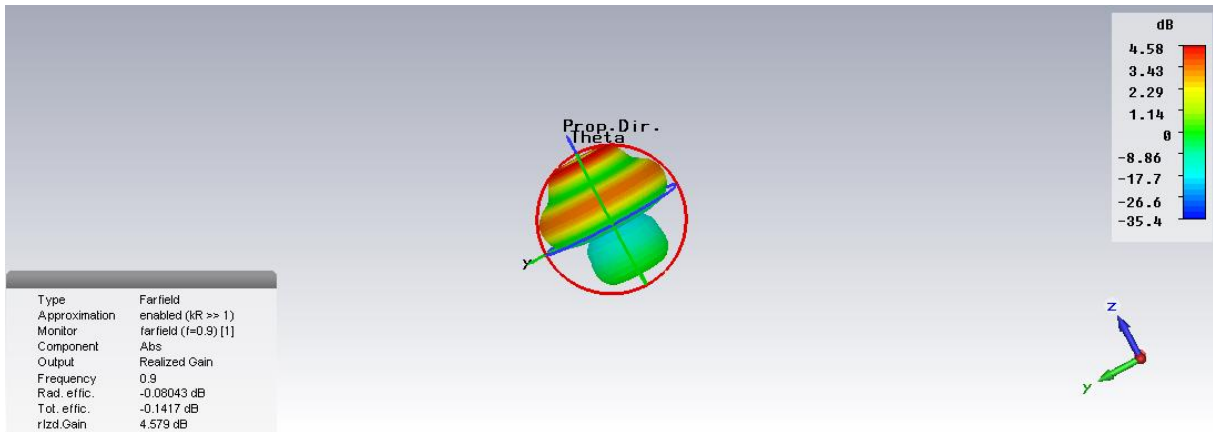


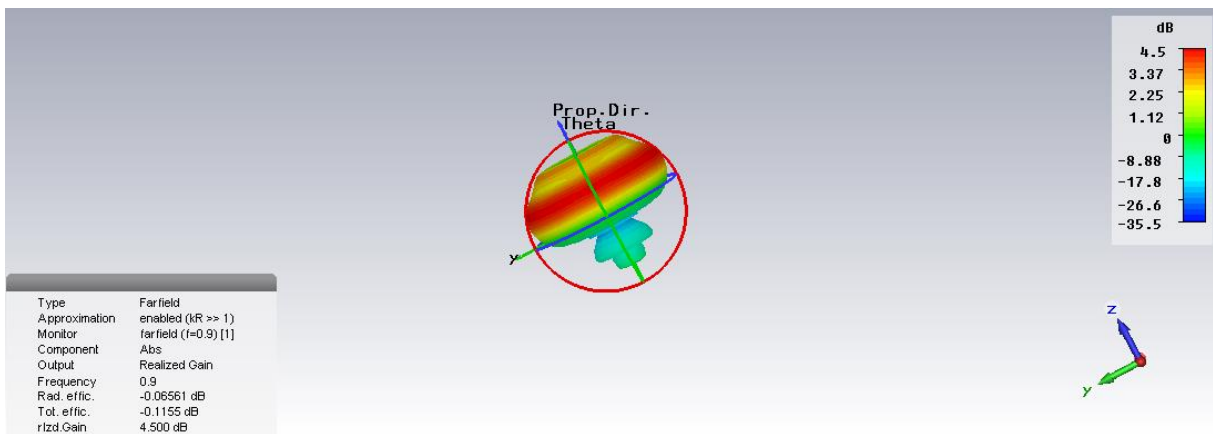
Figure 3.10: Coefficient de réflexion selon la variation de gap.

3.2.3.2. Effet des dimensions du disque métallique

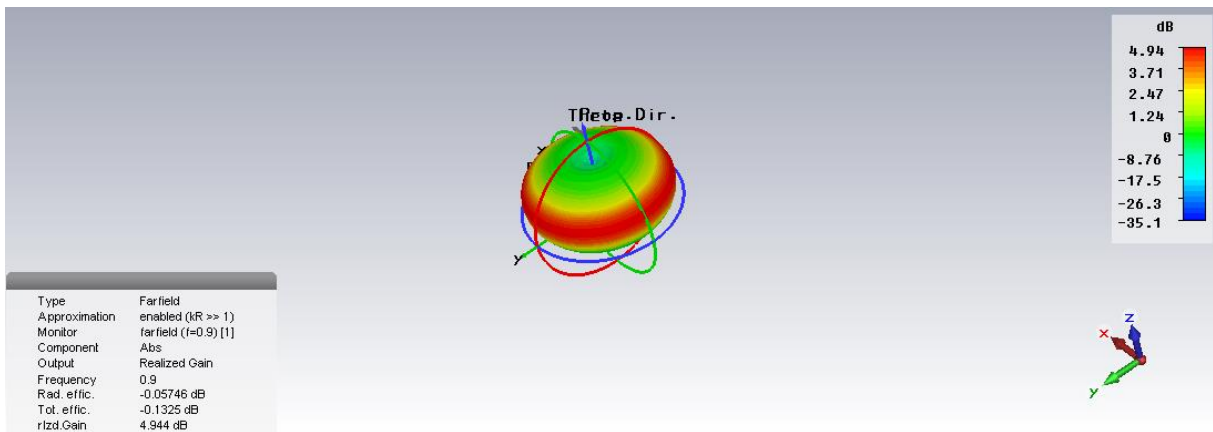
Nous présentons ici l'étude d'un autre paramètre de la structure qui est le plan métallique qui a une grande influence sur la variation de la directivité et du gain, les résultats sont montrés dans le tableau 3.2.



(a)



(b)



(c)

Figure 3.11: Gain selon différents rayons croissants du disque métallique.

Rayon du disque métallique	Gain
100	4.58
200	4.5
400	4.94

Tableau 3.2: Variation du gain selon les dimensions du disque métallique.

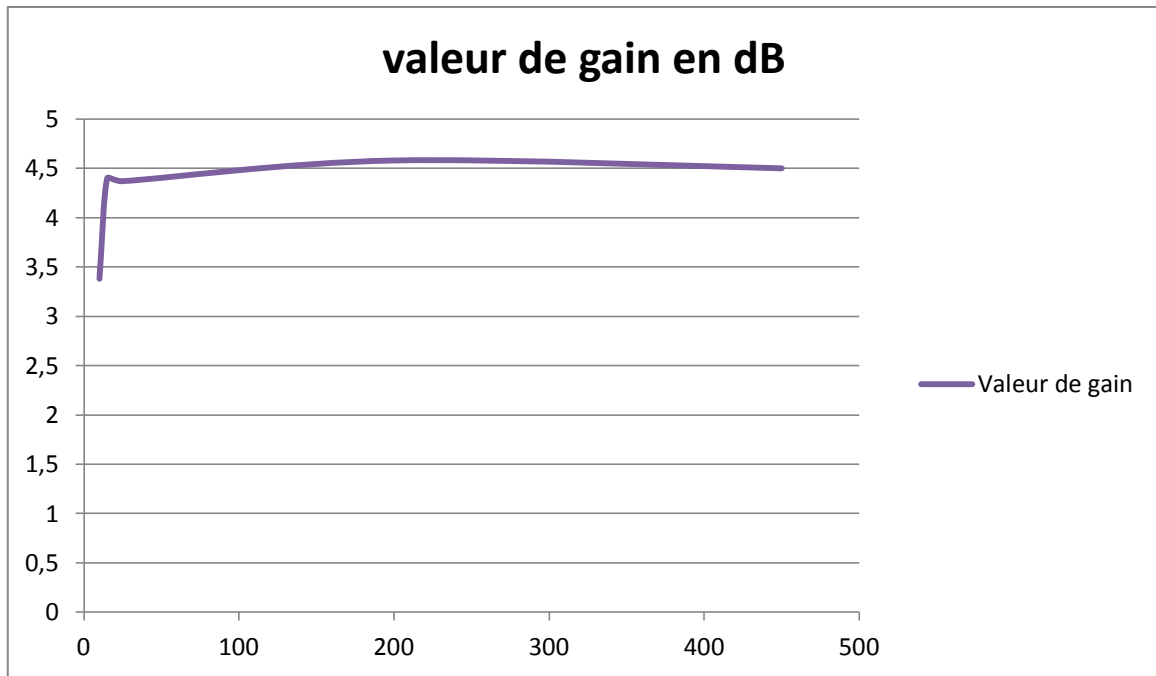


Figure 3.12 : Gain en fonction des valeurs de plan de masse.

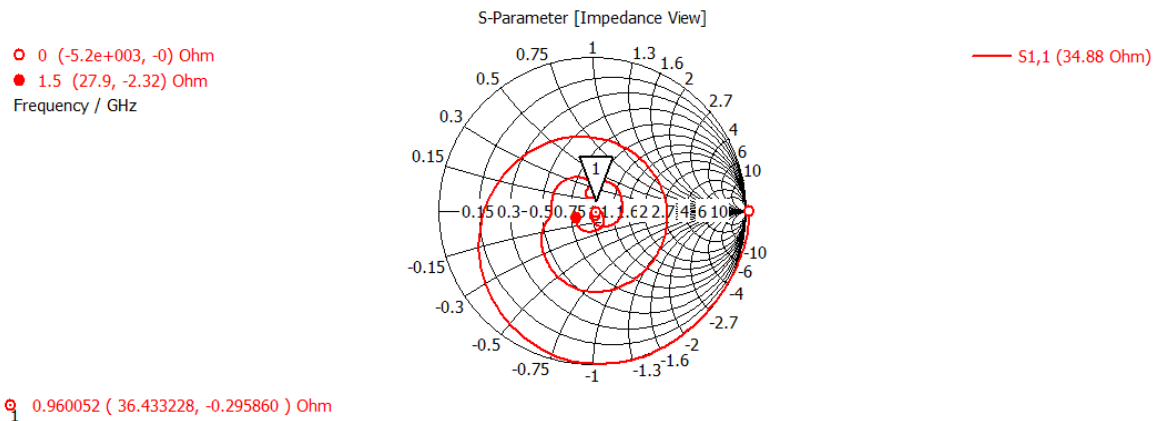


Figure 3.13 : illustration de la variation d'impédance dans l'abaque de Smith.

Nous avons présenté dans cette partie deux antennes qui appartiennent au type d'antennes large bande, l'antenne Vivaldi et l'antenne discône. Cette étude a permis de mettre en évidence les rôles des paramètres critiques de ces deux antennes sur leur

performance et ainsi de concevoir des antennes fonctionnant dans la bande fréquentielle [860-960] MHz.

Après une étude paramétrique pour les deux antennes sur ses facteurs, nous avons obtenu deux antennes optimisées qui répondent au cahier des charges en termes de largeur de bande.

3.3. Antenne haut gain

3.3.1. Réseaux d'antennes

Une antenne réseau est un système constitué d'antennes élémentaires (les plus courantes sont les antennes imprimées), disposées périodiquement et fonctionnant à la même fréquence. Elles sont alimentées par un réseau de distribution qui répartit l'énergie en amplitude et en phase sur les différents éléments (figure 3.14). La directivité est fonction du nombre d'éléments et du pas de réseau. Le gain maximal du réseau imprimé est de l'ordre de 28 dB mais peut atteindre 30 dB et la bande de l'ordre de 5% [12]

La structure choisie est un réseau d'antennes patches. Le début de cette simulation consistait à réaliser en premier temps une antenne patch rectangulaire bien adaptée, et ensuite nous avons ajouté des éléments patches afin d'obtenir un réseau d'antennes aussi bien adapté et à gain élevé.

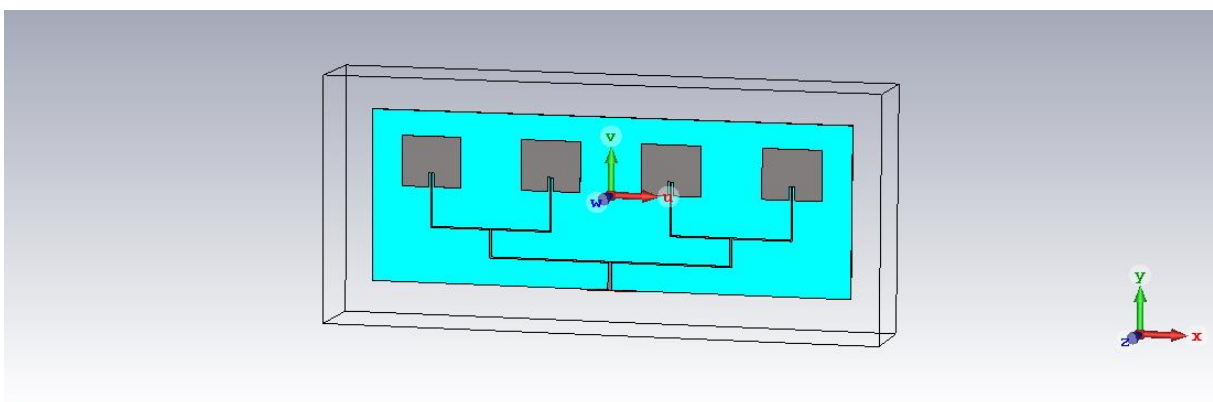


Figure 3.14 : Réseau d'antennes schématisé avec son alimentation en parallèle.

Le réseau d'antennes qu'on a réalisé (figure 3.14) fonctionne à la fréquence 889 MHz. Il est alimenté par une ligne microruban, dont les dimensions sont résumées dans le tableau 3.3.

Paramètres	Valeurs (mm)
Epaisseur de substrat	0.3
Largeur de substrat	37.65
Longueur de substrat	106.28
Largeur de patch	11.09
Longueur de patch	13.16
Espace entre les patches	26.16

Tableau 3.3: Dimensions du réseau patch.

Avant de valider les valeurs des différents paramètres donnés ci-dessus, on a effectué plusieurs simulations, en jouant sur la valeur d'un paramètre à savoir la largeur du patch, sa longueur, le type de diélectrique constituant le substrat, à chaque fois un paramètre est changé, les autres étant fixés jusqu'à ce qu'on est arrivé à avoir les meilleurs résultats possibles. Le diélectrique avec le quel cette antenne est mieux adaptée a une permittivité relative $\epsilon_r = 2,2$. On a remarqué tout au long de nos simulations que l'augmentation de la largeur du patch engendre la diminution de la fréquence, alors que la modification de la longueur porte peu d'influence sur la fréquence mais elle influe plus sur le paramètre S_{11} .

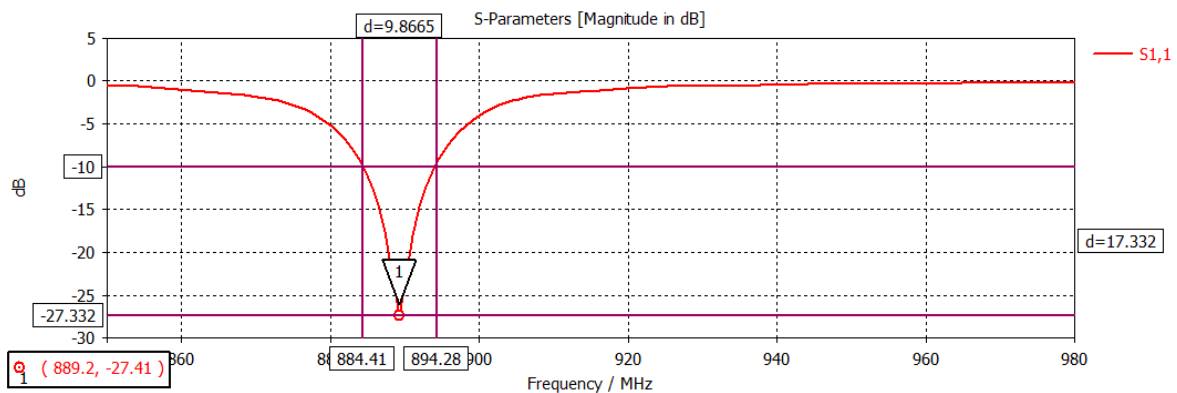


Figure 3.15 : Coefficient de réflexion du réseau patch.

D'après la figure 3.15 La résonance à 889 MHz nous donne un coefficient de réflexion S_{11} plus profond, d'une valeur égale à -27.33 dB.

On a pu calculer facilement la bande passante dans laquelle l'antenne fonctionne.

$BP(\%) = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_c} 100 = 1.12 \%$. On remarque que la bande est étroite.

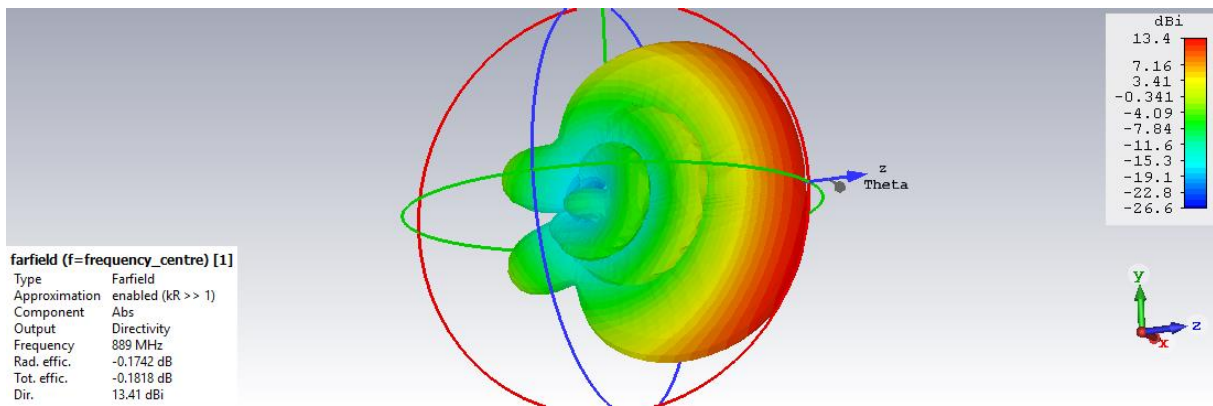


Figure 3.16 : Directivité de réseau patch.

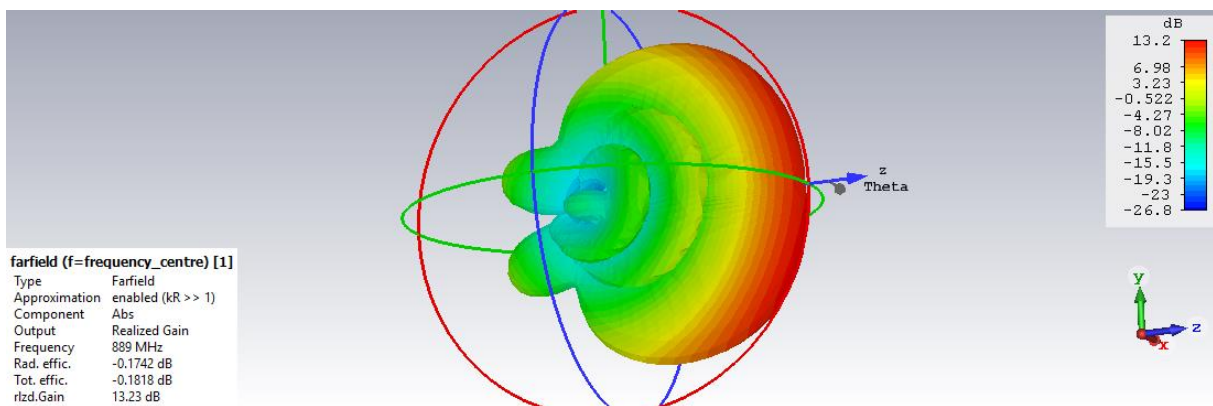


Figure 3.17 : Gain réalisé du réseau d'antennes patches à 889 MHz.

D'après le diagramme de rayonnement de la figure 3.17, le gain mesuré est élevé avec une valeur de 13,2 dB. L'efficacité est : 95,9 %.

Les résultats montrent que l'antenne simulée se comporte comme une antenne directive sur la fréquence observée, et les antennes directives sont souhaitables dans l'application RFID ainsi que les communications sans fils ULB.

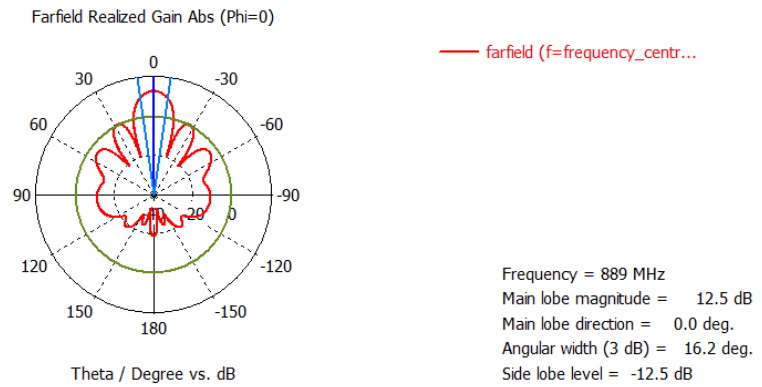


Figure 3.18 : Diagramme de rayonnement en coordonnée polaire

La figure 3.18 présente les diagrammes de rayonnement du gain réalisé en polaire dans le plan vertical ($\Phi = 0^\circ$), et elle donne la valeur de l'angle d'ouverture à 3dB qui est 16.2 degrés et la valeur du lobe principal qui vaut 12.5 dB ainsi que celle du lobe secondaire qui vaut la valeur -12.5dB.

Les réseaux d'antennes imprimés manifestent plusieurs avantages : ils sont moins encombrants, leurs technologies performantes et fiables, ils sont de faible coût et de poids réduit.

Parmi les inconvénients auxquels souffrent les réseaux d'antennes on peut citer : des pertes dues aux lignes d'alimentation et de couplage inter sources réduisant l'efficacité de l'antenne , un très grand nombre d'éléments pour un gain élevé, et ces antennes ont une bande de fonctionnement réduite, et elles n'ont pas une bonne tenue en puissance.

3.4. Antenne large bande à haut gain

Après avoir conçu les deux antennes larges bande et le réseau d'antennes à haut gain, nous allons nous intéresser à une antenne qui répond aux deux critères à la fois, à savoir une antenne large bande à haut gain.

Dans cette section, nous introduisons en détail la procédure de simulation et de dimensionnement de l'antenne proposée. Nous tenons à rappeler que la bande de fréquence utilisée dans l'étude des antennes considérées est [860-960] MHz.

La structure choisie est une antenne cornet pyramide (pyramidal Horn) dont les caractéristiques sont telles que mentionnées dans la figure 3.19.

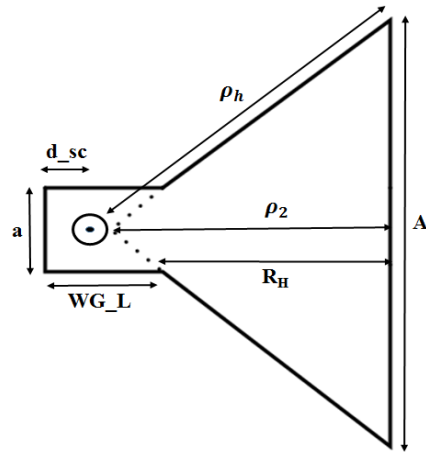


Figure 3.19 : Géométrie d'antenne cornet pyramidale.

3.4.1. Performance de l'antenne optimisée

La structure proposée a été alimentée avec une guide d'onde dont les dimensions sont données dans le tableau 3.4 :

Paramètres	Valeur (mm)	Description
A	450	Largeur d'ouverture
A	200	Longueur du guide d'onde
WG_L	100	Largeur du guide d'onde
R _H	250	Longueur de cornet
W	3	Epaisseur de cornet
Θ	30	Angle de cornet

Tableaux 3.4 : Paramètres de l'antenne cornet pyramidale.

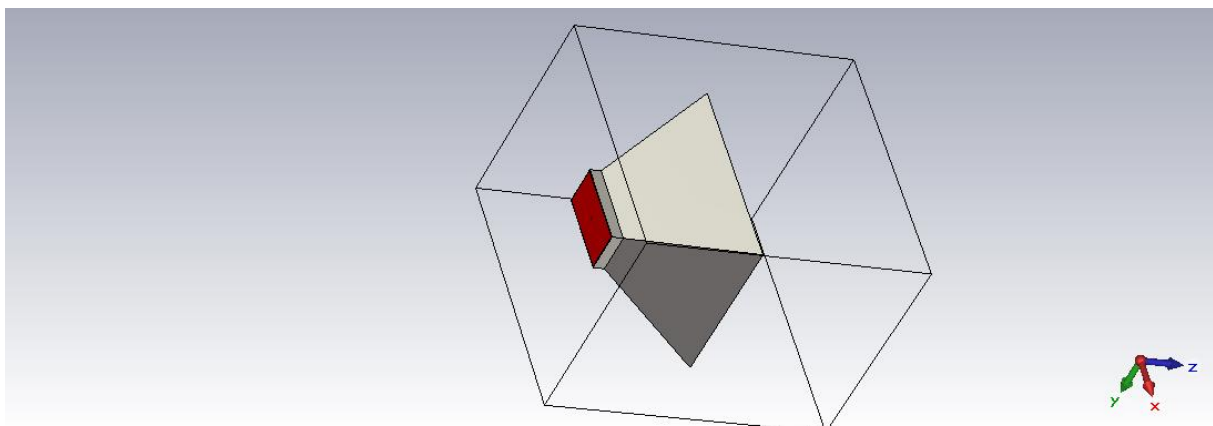


Figure 3.20 : Antenne excitée par guide d'onde.

a. Paramètre S_{11}

Nous représentons sur la figure 3.21 la variation du coefficient de réflexion S_{11} à l'entrée de l'antenne en fonction de la fréquence.

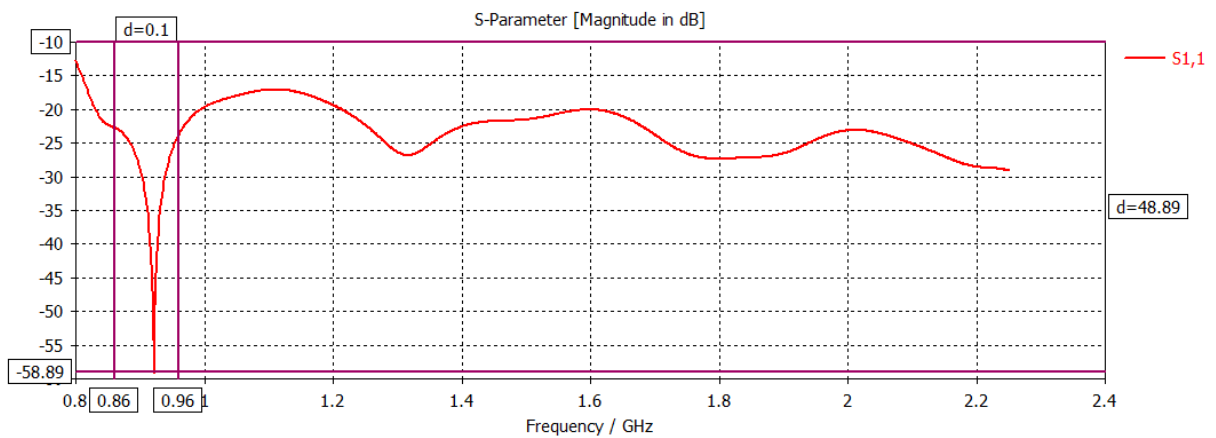
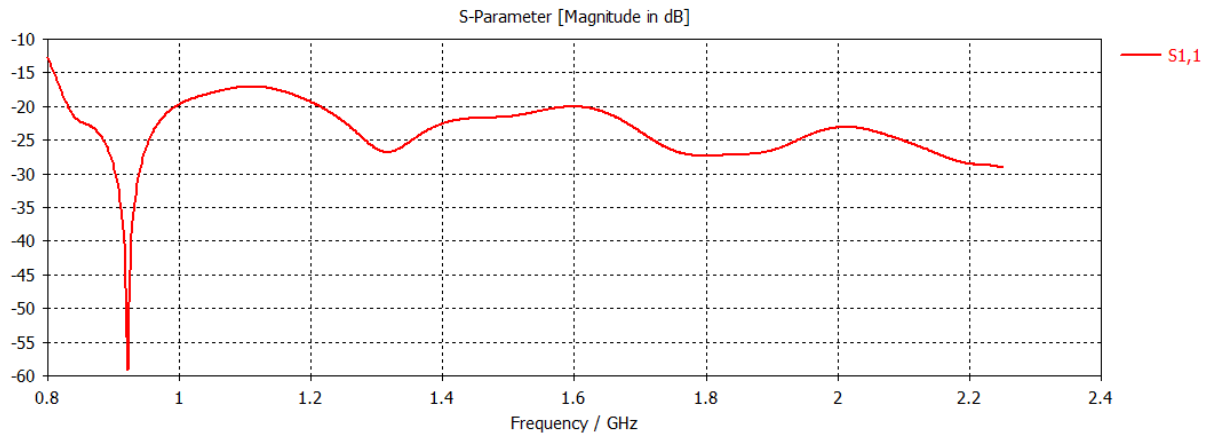


Figure 3.21: Représentation du coefficient de réflexion S_{11} .

L'antenne réalisée présente une bonne adaptation d'impédance avec un module du coefficient de réflexion inférieur à -10dB sur une bande passante large. Plus précisément, l'antenne est adaptée dans la bande de fréquence désirée [860-960] MHz.

La réponse en fréquence à -10 dB peut couvrir une très large bande, et qui peut répondre à l'exigence des applications ultra large bande.

b. Rayonnement de l'antenne

La figure représente le diagramme de rayonnement obtenu par simulation, on remarque que le rayonnement est unidirectionnel (directive) et le gain à la fréquence 920MHz peut atteindre la valeur 13.4dB avec une efficacité meilleure 98.9%.

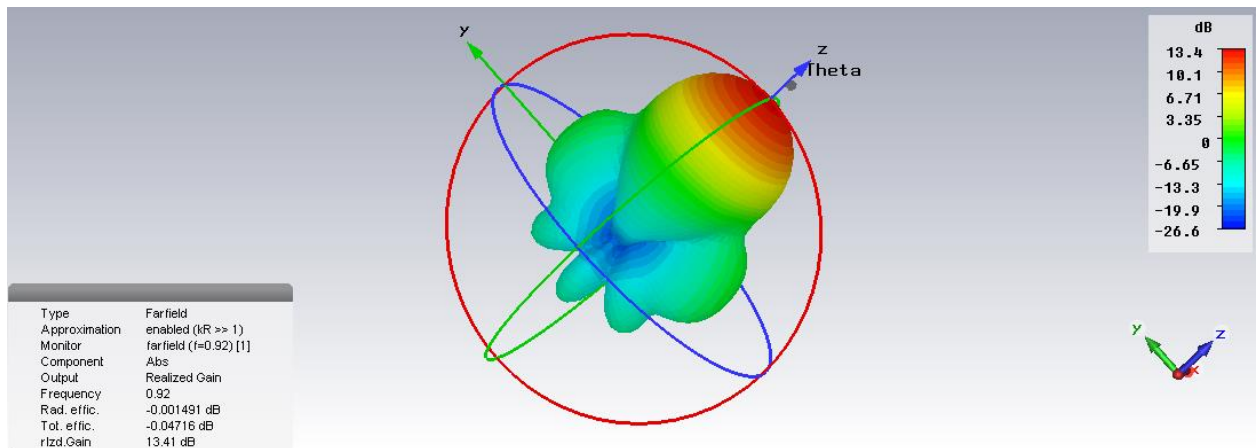


Figure 3.22 : Gain réalisé de l'antenne cornet en 3D.

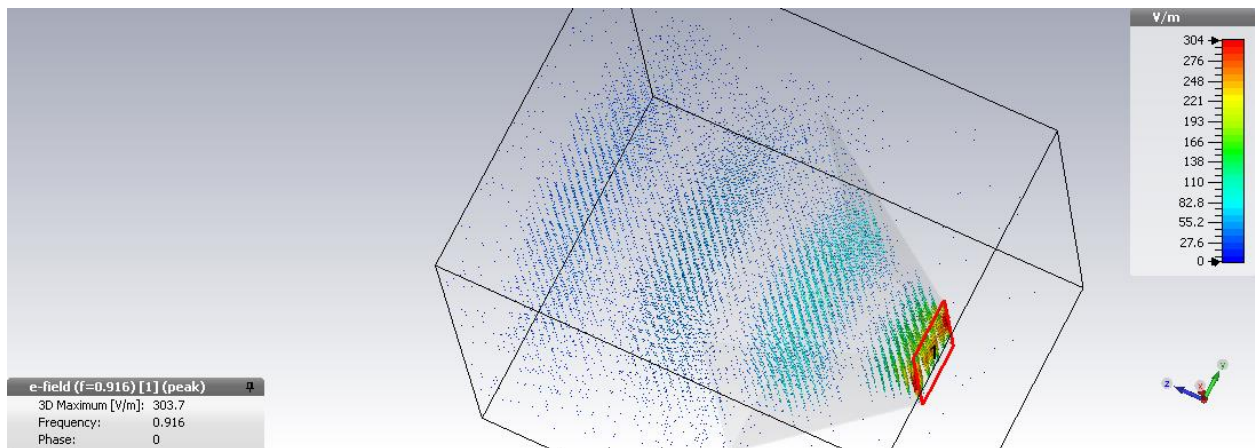


Figure 3.23 : Distribution de champ électrique à la fréquence 916MHz.

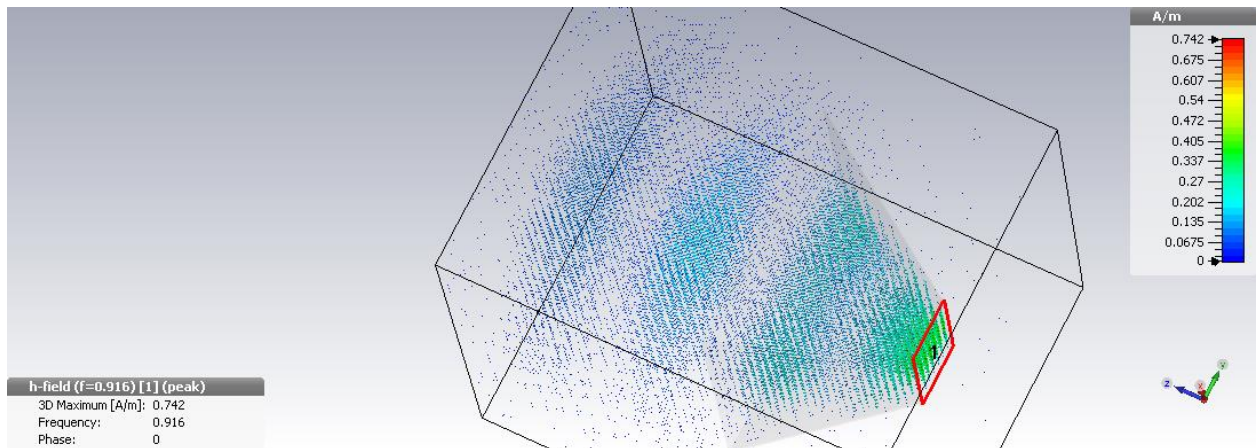


Figure 3.24 : distribution de champs magnétique.

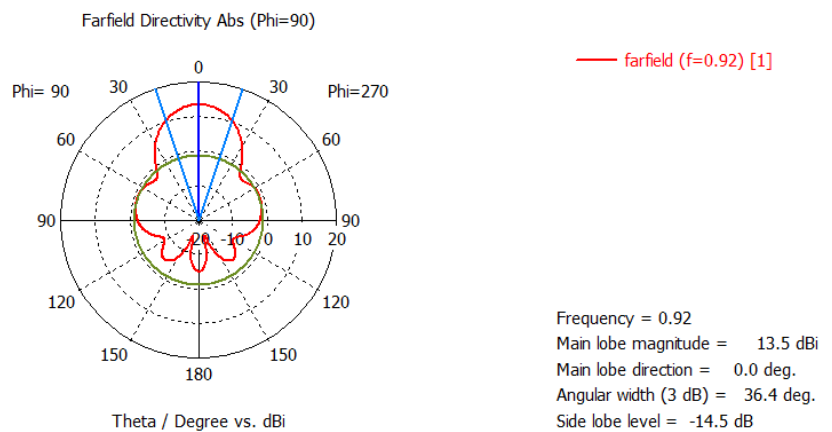


Figure 3.25: Diagramme de rayonnement.

En observant la figure on voit que le niveau des lobes secondaires à la fréquence 920MHz est faible (-14.5 dB), et celui de lobe principale est élevé (13.4 dB).

Nous avons pu réaliser une antenne cornet à haut gain (13.4dB) dans la bande de fréquences désirée [860-960] avec une large bande aussi une efficacité qui vaut 98.9% et un rayonnement directif idéal aussi qui est un candidat approprié pour les lecteurs RFID.

Les résultats sont satisfaisants, et on estime la fiabilité de fonctionnement de cette antenne qui peut être utilisée comme un lecteur RFID.

3.4.4. Etude paramétrique

Dans le but de montrer l'effet des différents paramètres géométrique sur les caractéristiques de l'antenne, une étude paramétrique a été effectuée afin de savoir quel est le paramètre le plus influant sur le rendement de notre antenne

3.4.4.1. Effet d'épaisseur du cornet

On présente d'abord les résultats de simulation de l'effet de l'épaisseur (Wall _thickness) du cornet, La Figure 3.26 montre les résultats de la simulation du paramètre S_{11} de l'antenne pour différentes valeurs de (Wall_thickness), on peut constater clairement la diminution de l'adaptation en augmentant les valeurs de l'épaisseur.

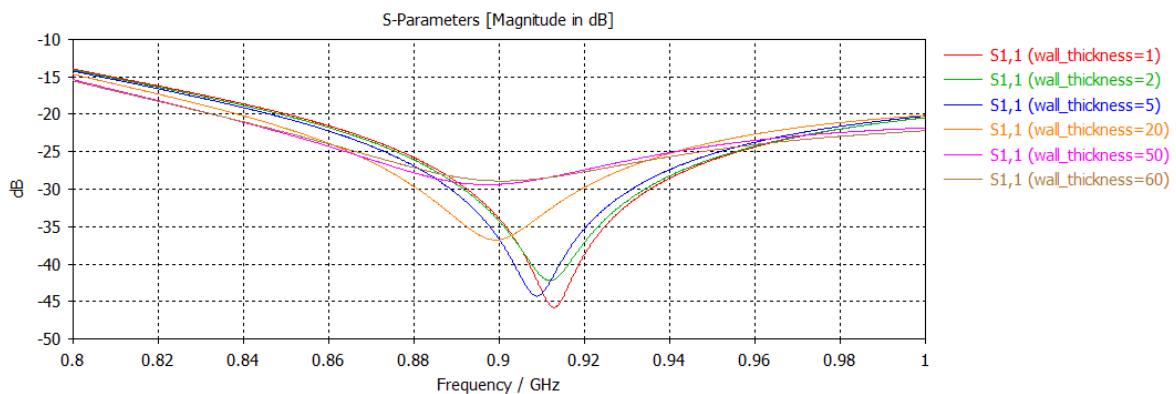


Figure 3.26: Effet de l'épaisseur de cornet.

3.4.4.2. Effet de la hauteur de guide d'onde (waveguide_height)

L'effet de la hauteur de guide d'onde (paramètre waveguide_height) sur le coefficient de réflexion de l'antenne est représenté sur la figure 3.27. A partir de la figure, on voit qu'une variation de paramètre waveguide_height provoque une dégradation de la valeur du coefficient de réflexion. La meilleure adaptation est enregistré pour le cas où waveguide_height=100mm.

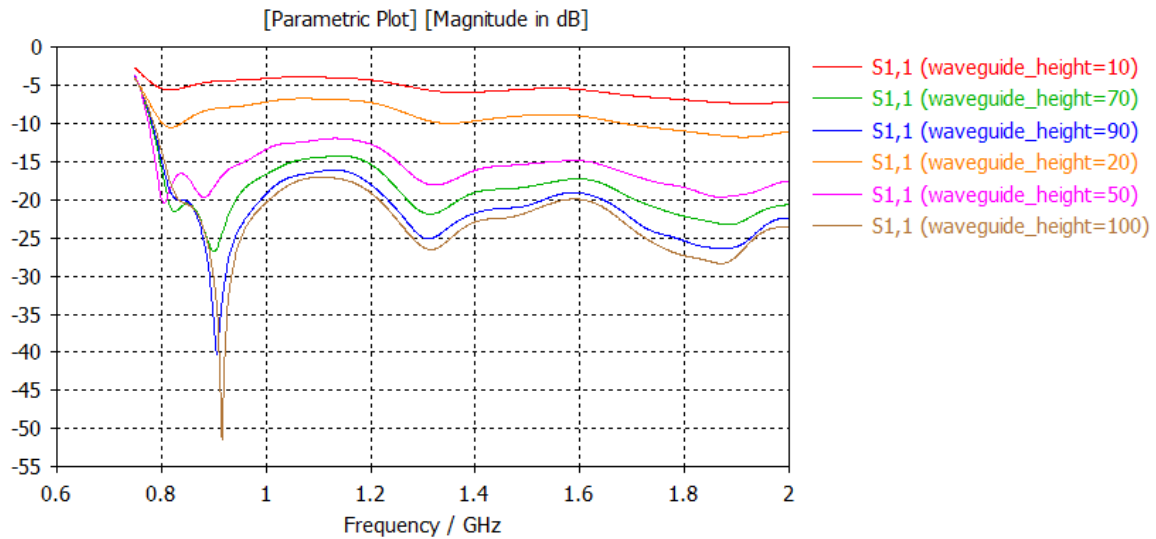


Figure 3.27: Effet de la hauteur de guide d'onde sur le paramètre S_{11} .

3.4.4.3. Effet de la longueur de cornet (R_h)

Nous présentons ici l'étude d'un autre paramètre de la structure qui est la longueur de cornet (R_h). Ces résultats sont obtenus après plusieurs simulations en changeant à chaque fois la longueur de cornet en fixant les autres paramètres.

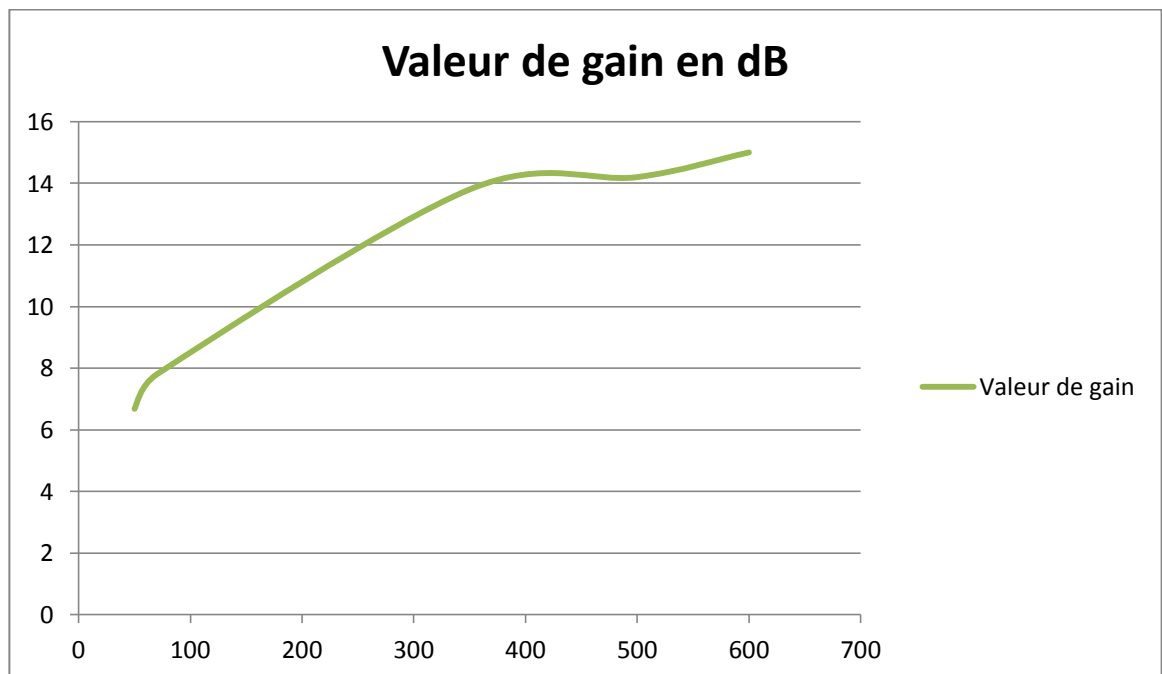


Figure 3.28 : Gain en fonction R_h .

La figure 3.28 montre la variation de gain de l'antenne cornet en fonction de sa longueur (R_h). à partir de cette courbe, on peut voir que le gain augmente lorsqu'on augmente

les valeurs de R_h . Ceci est constaté dans toute la bande de fréquence de fonctionnement [860-960] MHz. La valeur maximale fournie par l'antenne proposée est d'environ 15 dB à la bande de fréquence [860-960] MHz pour $R_h=600$ mm.

3.4.5. Gain en fonction de la fréquence

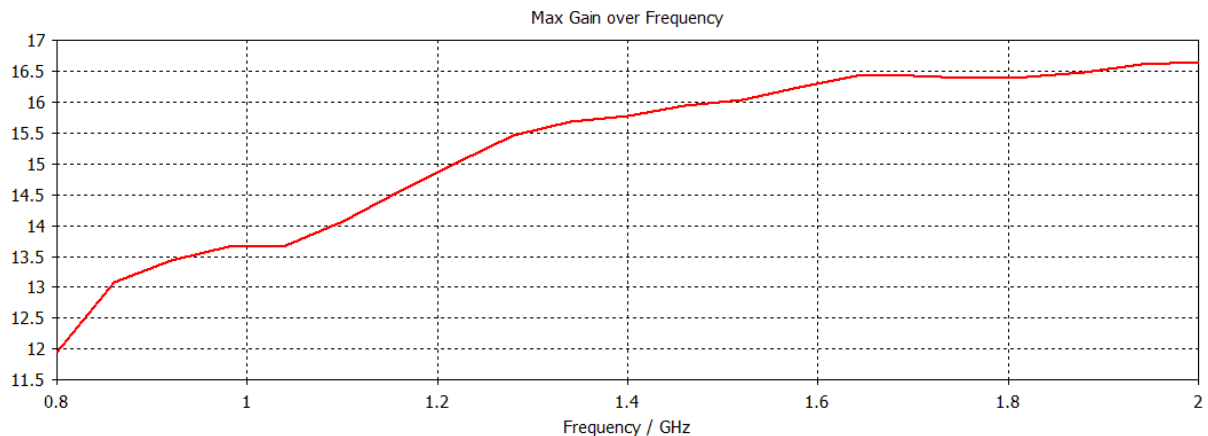


Figure 3.29 : variation de gain en fonction fréquence.

D'après la figure 3.29 on remarque que le gain augmente en augmentant la fréquence, pour la fréquence 2GHz le gain atteint la valeur 16.5db.

Selon les figures, on peut conclure que les valeurs optimales des paramètres étudiés, qui garantissent que l'antenne cornet couvre la bande souhaitables [860-960] MHz avec une bonne adaptation, et un gain élevé sont celles motionnées dans le tableau 3.4.

3.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes simulations effectuées durant notre étude sur les antennes que l'on utilise pour les applications RFID en utilisant le logiciel CST MW Studio suite. Les différentes étapes de conception et de simulation de ces antennes ont été présentées en détail, en montrant les résultats de simulation de toutes les antennes conçues.

Dans le but de montrer l'effet des différents paramètres géométriques sur les Caractéristiques des antennes des études paramétriques ont été effectués afin de savoir quel sont les paramètres les plus influant sur le rendement des antennes, après nous avons fait une optimisation pour arriver à la meilleure structure pour l'exploiter comme une antenne lecture RFID avec les conditions données : couvrir la bande de fréquence de [860-960] MHz avec un gain élevé.

A la fin nous avons obtenu une antenne cornet performant large bande avec un gain élevé (13.4dB) et une efficacité meilleure (98.9%) qui répond aux exigences de lecture RFID.

Conclusion générale

La télécommunication est réputée grâce à sa rapidité d'évolution liée au développement perpétuel de la technologie. Les antennes sont des dispositifs fondamentaux responsables de l'émission et de la réception des ondes électromagnétiques dans le canal spatial hertzien.

L'objectifs de ce travail était la conception d'une antenne RFID large bande à haut gain couvrant la bande de fréquence UHF RFID internationale [860-960] MHz. Pour ce faire, l'outil de simulation électromagnétique CST (Computer Science Technology) Microwave Studio nous a été très utile. Il s'agit d'un logiciel commercial performant, qui modélise et simule des structure en 1D, 2D, et 3D aussi complexes soient-elles.

Notre recherche bibliographique nous a permis de sélectionner les types d'antennes d'intérêt. Nous avons commencé par la conception des antennes large-bande : Vivaldi et l'antenne discône. Bien que ces deux antennes répondent à l'exigence de la bande de fréquence souhaitée, néanmoins, leurs gains est moyen autour de (4~6dB).

Le deuxième type d'antennes étudié concerne les antennes à haut gain. Dans cette étude, deux antennes ont attiré notre attention pour plusieurs raisons. La première consiste en un réseau de 4 patches alimentés en parallèle. Tout d'abord une étude paramétrique a été effectuée pour comprendre le fonctionnement de l'antenne élémentaire, où les paramètres étudiés sont les dimensions du patch, le type de substrat, son épaisseur et le type d'alimentation. Une fois que les simulations sont maîtrisées, nous sommes passées au réseau en rajoutant 3 autres antennes à la première, le gain a été augmenté et est passé à 11 dB autour de la fréquence 889 MHz. L'inconvénient majeur de ce type d'antenne est sa bande étroite

Pour pallier ce problème, nous avons abordé dans nos simulations le dernier type évoqué qui est l'antenne cornet. Cette dernière est bien réputée pour sa large bande. Les résultats de simulation obtenus le confirment. En effet l'antenne est bien adaptée, elle présente une bonne efficacité et son gain est assez élevé, il dépasse les 12 dB. Une étude paramétrique de cette antenne nous a permis de bien maîtriser son comportement.

Ce travail de fin d'étude nous a permis de :

- Concevoir plusieurs structures d'antenne telle que patch, monopole, spirale, yagi, discône, cornet et Vivaldi.
- Maitriser le logiciel CST.
- Nous avons pu faire un état de l'art sur la technologie RFID.

Plusieurs perspectives peuvent être envisagées à partir de ce travail, nous souhaitons

- Étudié plus en détails l'antenne Vivaldi et d'autre structure tel que les antennes lentilles et les réflecteur parabolique.
- passer à la conception de réseaux d'antennes microruban ULB.
- Réalisation d'une antenne lecteur RFID (reader) qui doit être un procédé simple et industrialisable et les matériaux qui la constituent seraient bas-coût et les caractéristiques de rayonnement sont satisfaisantes avec une bande large.

- [1] Samia Bouzefrane Laboratoire CEDRIC - CNAM <http://cedric.cnam.fr/~bouzefra>
samia.bouzefrane@cnam.fr La technologie RFID / NFC décembre 2013.
- [2] Paulin Ilunga Katamba technologie rfid(radio frequency identification) : concepts et stratégie de mise en ouvre 2007.
- [3] Dat Son Nguyen Développement des capteurs sans fil basés sur les tags RFID UHF passifs pour la détection de la qualité des aliments 2013.
- [4] Cédric Besse Xavier Blanc, Isabelle Mounier. UML2 pour les développeurs cours avec exercices corrigés. Eyrolles, 2006.
- [5] Guang Xu. RFID application simulation environment in sdrworkbench. 10 2007.
- [6] C. Toumazou, F.J Lidgey, D.G. Haigh. Analog IC design : the current mode approach
- [7] Anthony ghiotto conception d'antennes de tags rfid uhf, application a la realisation par jet de matiere le 26 Novembre 2008.
- [8] Tania Martin Le b.a.-ba de la RFID origines, Technologie et Applications Publication périodique de Smals Janvier 2014.
- [9] Système RFID pour la lecture de capteurs ; ISO 15693, 13.56MHz. HES-SO Valais-Wallis, institute de microtechnique IMT ; université de Neuchâtel
- [10] Nemaï Chandra Karmakar. Handbook of Smart Antennas for RFID Systems. John WileySons, 20100
- [11] Jean-Ferdinand Susini Hervé Chabanne, Pascal Urien. RFID et l'internet des choses. Hermes Science Publications, 2010.
- [12] Ludovic LEGER, " Nouveaux développements autour des potentialités de l'antenne BIE Planaire." Thèse de doctorat, Novembre 2004.
- [13] Paul F. Combes, "Micro-ondes tome II circuits passifs, propagation, antennes," Dunod, Paris, 2-10-002753-0, 1997
- [14] I. J. Bahl and P. E. Bhartia, "Microstrip antennas," Dedham, MA: Artech House, 1980.
- [15] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip antenna technology," IEEE trans. Antennas Propagat., vol. AP-29, pp. 2-24, Jan. 1981.

- [16] KANSO AHMED, "Etude, conception et réalisation d'antennes BIE bi-bande (Application au développement d'une structure focale pour des applications spatiales multimédia et Multifaisceaux." Thèse de doctorat. Décembre 2010
- [17] Alexandre Boyer, " support de cours ENONCE DE TRAVAUX DIRIDES", Octobre 2011.
- [18] C.A Balanis, "Antenna Theory analysis and design", Second Edition, Chapter 2, Wiley
- [19] Sven Erik SANDSTROM, A Compact microstrip Patch Antenna For LTE Application, Master thesis, submitted for degree of Master in Electrical Engineering Specialization in Signal processing & Wave propagation.
- [20] Selma BENABAD, et Chafika LALLAM, Conception et modélisation d'une antenne Microruban compacte pour une utilisation dans les terminaux mobile, Master télécommunications, composants et systèmes Electronique pour les télécommunications (CoSET), Université ABOU BEKER BELKAID TLEMEN, 2012.
- [21] Mme. Yamina tighil doctorat en sciences - identification des antennes microrubans Multicouches par la méthode spectrale et les réseaux de neurones-université ferhat abbas - setif ufas ALGERIE.
- [22] R. M. Nelson and D.A. Rogers and A.Gomes D'assunçao "resonant frequency of a rectangular microstrip patch on several uniaxial substrates" IEEE Trans. Antennas Propagat, vol.38, pp 973-981, 1990.
- [23] L. Djouane "Analyse rigoureuse d'une plaque microbande rectangulaire sur plan de masse avec ouverture rectangulaire par la méthode des moments et les dyades hybrides de Green" thèse de Magister, Institut d'électronique, Université de Batna, 2005.2006
- [24] K. Y. Yazdandoost and R. Kohno, "Ultra wideband antenna", IEEE Communication Magazine, vol. 42, no. 6, 2004, pp. S29-S32.65
- [25] O. Lodge, « Electric Telegraphy », U.S. Patent 609,154 -Aout-1898.
- [26] H. G. Schantz, « A brief history of UWB antennas », *Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE*, vol. 19, no. 4, p. 22– 26, avr. 2004.
- [27]: B.MARTIN « Etude et conception d'un étage de mise en forme d'impulsions ultra-large-bande de forte puissance » thèse de doctorat, octobre 2008, Université de Limoges.
- [28]: B.CADILHON « Etude et réalisation d'un ensemble autonome d'émission d'ondes électromagnétiques de fortes puissances » thèse de doctorat, juillet 2008, Université de Pau et des Pays de l'Adour.
- [30] V.S.P. Piksa, "Small Vivaldi for UWB," *Radioelektronika*, 2005.

[31]J.N.M.M.P.“Cerny,”optimization of tapered slot Vivaldi Antenna for UWB Application,”Faculty of Electrical Engineering,2007.

Annexe A

Présentation de logiciel CST MWS

A.1) Introduction

Avec le développement des programmes informatiques, les logiciels de simulation sont très largement utilisés aujourd'hui dans différents domaines.

L'art de simuler est fondé principalement sur les possibilités de modéliser correctement la structure à étudier sous certaines conditions. Les bons modèles permettant des analyses efficaces, précises et les concepteurs peuvent ainsi atteindre leur but avec quelques modifications.

Dans le domaine électromagnétique plusieurs logiciels de simulation sont disponibles utilisant différentes méthodes numériques comme CST, HFSS, Moment. Le choix de logiciel de simulation dépend donc des critères de la conception par exemple la taille, le type et le matériau de la structure, la complexité de la géométrie.

Le logiciel CST Microwave Studio est un outil spécialisé pour la simulation électromagnétique tridimensionnelle de composantes hautes fréquences. Il est dédié avant tout aux applications micro-ondes et radiofréquences telles que les communications sans fil, et permet aussi de simuler des mesures de compatibilité électromagnétique et d'interférence électromagnétique.

A.2) Description du logiciel CST

Fondé en 1992, le logiciel de simulation électromagnétique CST est l'aboutissement de nombreuses années de recherches et de développement dans les solutions les plus efficaces et précises de calcul pour la conception électromagnétique.

CST Microwave Studio est un logiciel complet pour l'analyse et la conception électromagnétique dans la gamme des hautes fréquences.

Il simplifie la conception des structures en fournissant des solides 3D pour modéliser chaque élément.

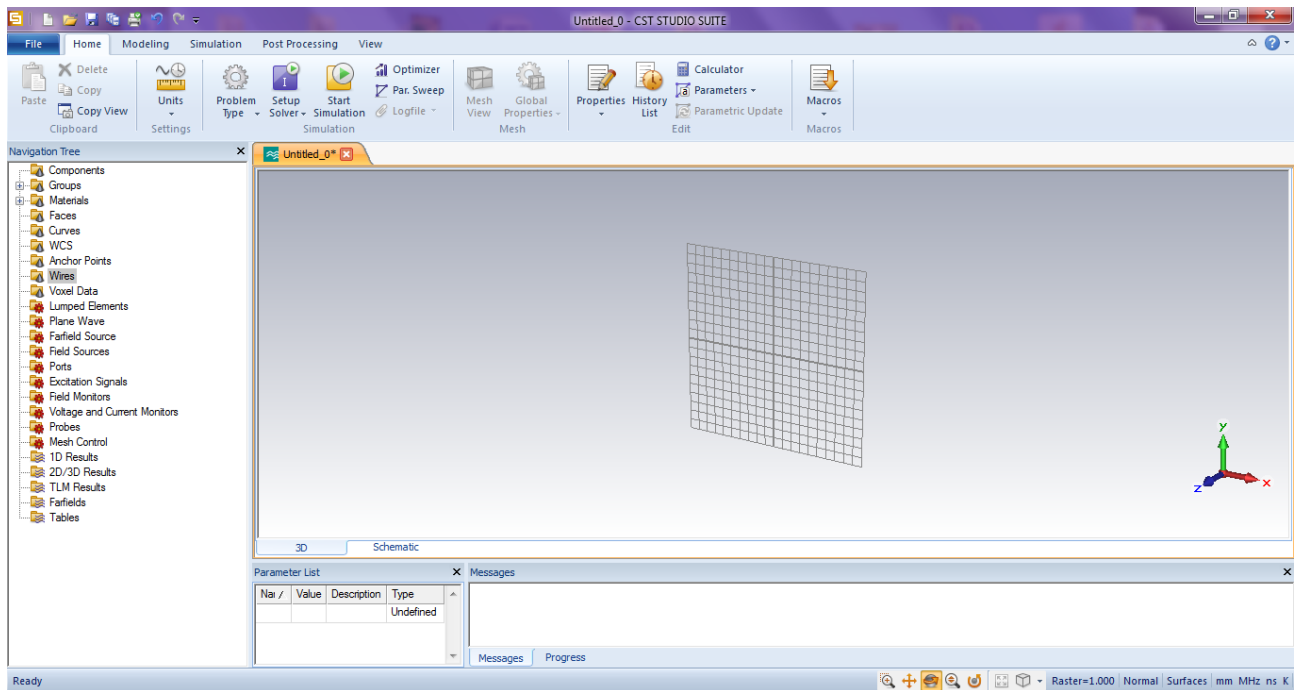


Figure A.1. L'interface principale de CST Microwave Studio.

A.3) Caractéristiques du logiciel CST Microwave Studio :

Le logiciel CST Microwave studio a plusieurs caractéristiques parmi lesquelles on cite:

- La rapidité et la bonne mémoire technique.
- Très bonne performance en raison de rapprochement frontière Parfaite (PBA).
- La structure peut-être vue soit comme un modèle 3D ou un schéma.
- Caractéristique hybride à base de modélisation permet des changements structurels rapides.
- Interface utilisateur graphique basée sur Windows XP, Windows Vista, Windows 7 et Linux.
- Une bonne Base de données des matériaux.

A.4 Modules de CST

CST Microwave Studio fait partie de la suite CST Design studio, il offre un certain nombre de solveurs différents, applicables sur une multitude de domaines.

Étant donné qu'aucune des méthodes d'analyse ne fonctionne aussi bien dans tous les domaines d'application.

a) Solveur transitoire

Il s'agit d'un module 3D général qui permet d'obtenir des simulations en temps réel, ce qui peut être intéressant pour étudier la propagation du champ dans un composant électronique en fonction du temps

b) Solveur fréquentiel

Comme le solveur transitoire, il est constitué d'un solveur général basé sur une méthode fréquentielle. Selon la structure étudiée, le maillage peut être cartésien ou en tétraèdre.

c) Solveur intégral

Ce solveur est dédié aux plus grandes structures électriques. Il se fonde sur la méthode des moments avec une formulation intégrale des champs électriques et magnétiques. Afin de réduire la complexité numérique l'approche MLFMM (Multi level Fast Multi pole Method) est utilisée.

d) Solveur modal

Ce solveur est dédié à des simulations de structures fermées résonantes. Les résultats qui peuvent être obtenus sont par exemple la distribution des modes ainsi que les fréquences de résonance de la structure.

L'outil le plus flexible est le solveur transitoire, qui peut obtenir le haut débit tout comportement en fréquence du dispositif simulé d'un seul terme de calcul. Ce solveur est efficace pour la plupart des types d'applications à haute fréquence telle que des connecteurs, lignes de transmission, filtres, antennes... etc.

A.5) Les modules d'exécution

Il existe plusieurs modules d'exécution sous le logiciel CST comme le montre la figure A.2 :

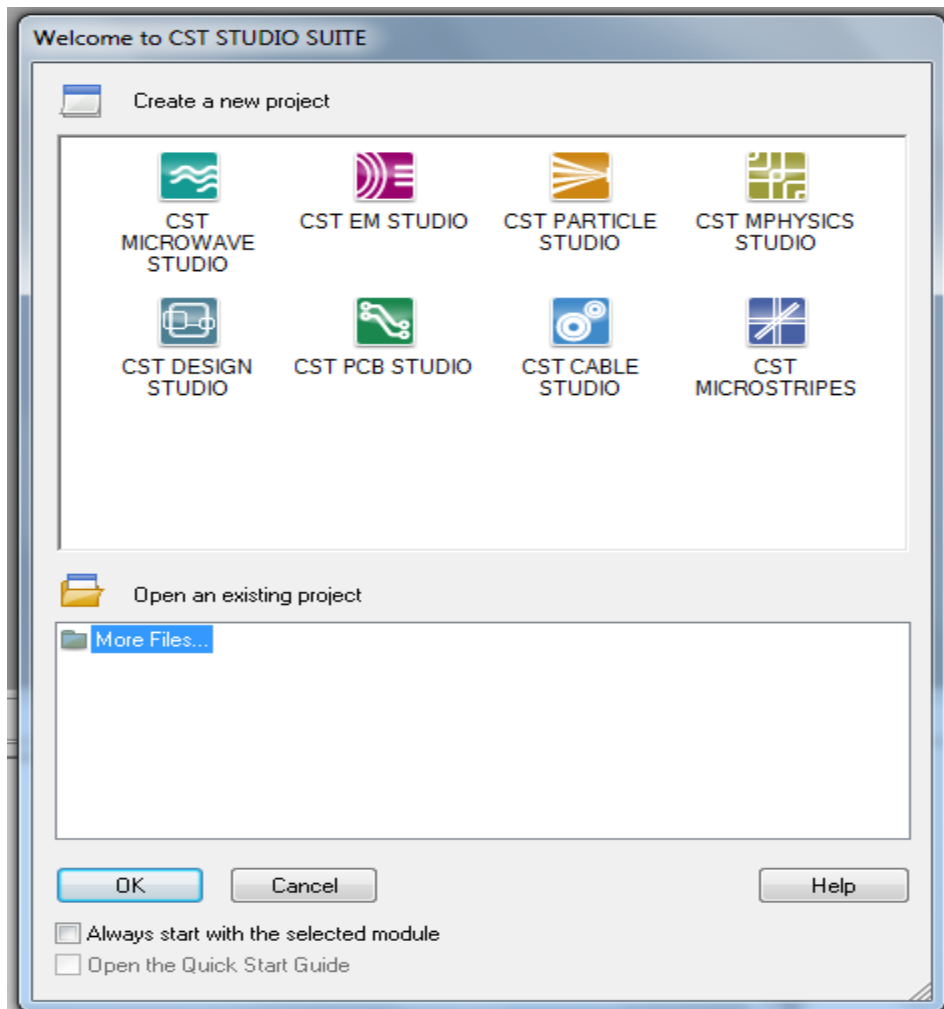




Figure A.2. Les modules d'exécution de logiciel CST.

Le tableau suivant résume les modules d'exécution de logiciel CST :

<p>-CST EM Studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ CST EM STUDIO est un outil facile à utiliser pour l'analyse et la conception des structures statiques et basses fréquences. ❖ Les applications incluent : les actionneurs, les freins, EMC, générateurs, moteurs, capteurs et le blindage.
<p>-CST particule studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ PARTICULES CST STUDIO est un outil spécialisé pour la conception rapide et précise. Il inclut l'analyse des canons à électrons 3D, les tubes cathodiques.







<p>CST Mphysics Studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ CST MPHYSICS STUDIO est un outil d'analyse pour les contraintes thermique et structurale, et des problèmes de mécanique.
<p>CST Design Studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ CST DESIGN STUDIO est une plateforme universelle pour gérer les processus de conception d'un système complexe. En construisant des sous-systèmes élémentaires, l'utilisateur peut analyser le comportement du système complet en petits segments.
<p>CST PCB Studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ CST PCB STUDIO est un outil pour l'étude des signaux et la simulation des effets EMC et EMI (Electromagnétique Compatibility/ Electromagnétique Interférence) sur cartes de circuits imprimés (PCB).
<p>CST Câble Studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ CST CABLE STUDIO est un outil pour l'analyse des effets dans les systèmes de câble, y compris les fils uniques, paires torsadées ainsi que des faisceaux de câbles complexes.
<p>CST Micro Stripes</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ CST Micro Stripes analyse les structures de rayonnement d'antennes complexes, et résout les problèmes EMC/EMI.
<p>-CST Microwave Studio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ • CST MWS est un outil de simulation 3D spécialisé pour le traitement rapide et précis des problèmes à haute fréquence avec un large champ d'application.

Tableau A.1. Les modules de CST Microwave Studio

A.6) Les méthodes numériques utilisées par CST

Les méthodes d'analyse numériques les plus utilisées sont:

- ❖ méthode des différences finies (FEM).
- ❖ Méthode des moments (MoM).
- ❖ Méthode de domaine de temps de différence finie (FDTD).

❖ Méthode de la matrice des lignes de transmissions (TLM).

Ces méthodes ne souffrent d'aucune approximation, et s'avèrent être très rigoureuses, puisque aucune supposition initiale n'est considérée. En outre, ces méthodes permettent d'étudier des formes très variées, mais font appel à des formulations ou calculs plus complexes et des temps de calcul plus importants.

A.7) Analyse numérique avec CST Microwave Studio

Dans cette partie nous allons essayer d'expliquer la méthode d'utilisation de Microwave Studio.

L'utilisation de Microwave Studio pour la conception et l'analyse peut être divisée en trois parties :

Premièrement, la construction du modèle, ensuite la configuration de ce modèle et enfin la simulation.

A.7.1) Construction du modèle numérique

Après l'ouverture d'un nouveau projet on peut créer les composantes du modèle (la mise à la terre, le substrat, ligne d'alimentation, ... etc), en choisissant le matériel de chaque composante et son positionnement dans la fenêtre d'édition (figure A.3).

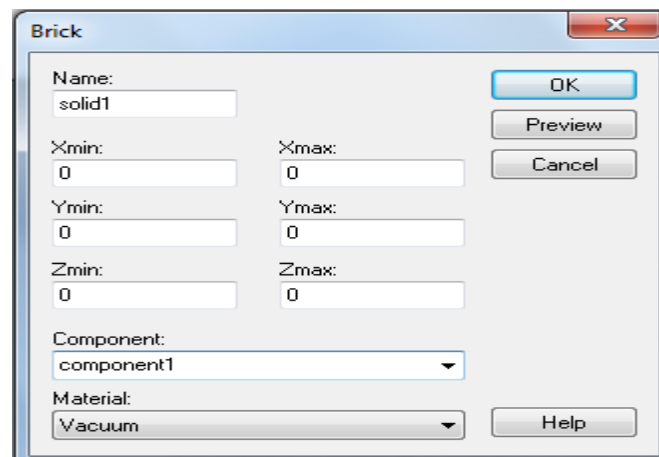


Figure A.3. Dialogue d'ajout d'une pièce.

Nous pouvons aussi utiliser des variables si nous voulons faire une étude paramétrique d'une composante de notre modèle pour avoir de meilleurs résultats.

A.7.2) Configuration du modèle

Dans cette étape nous définissons les unités utilisées, la plage de fréquences, les conditions aux bornes et le matériau d'arrière-plan. La figure A.4 montre le dialogue de configuration.

Nous spécifions les systèmes unitaires à partir du menu « SOLVE »

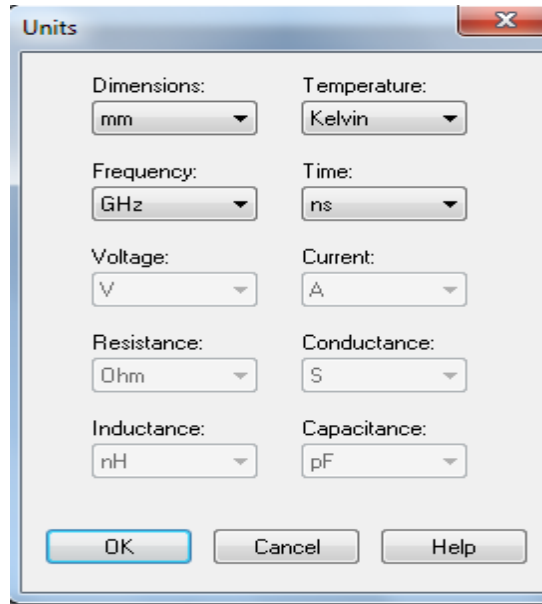


Figure A.4. Dialogue de configuration des unités de base

Ensuite nous définissons la plage de fréquences à partir du même menu (figure A.5).

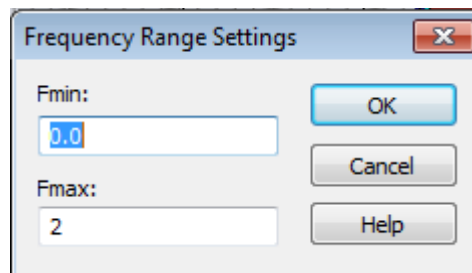


Figure A.5. Dialogue de configuration de la plage de fréquence.

Du même menu «SOLVE» on configure aussi les conditions aux bornes, ces conditions permettent de spécifier si le modèle est soumis à un champ électrique ou magnétique, à du vide ou à un mur conducteur. La figure A.6 montre le dialogue impliqué.

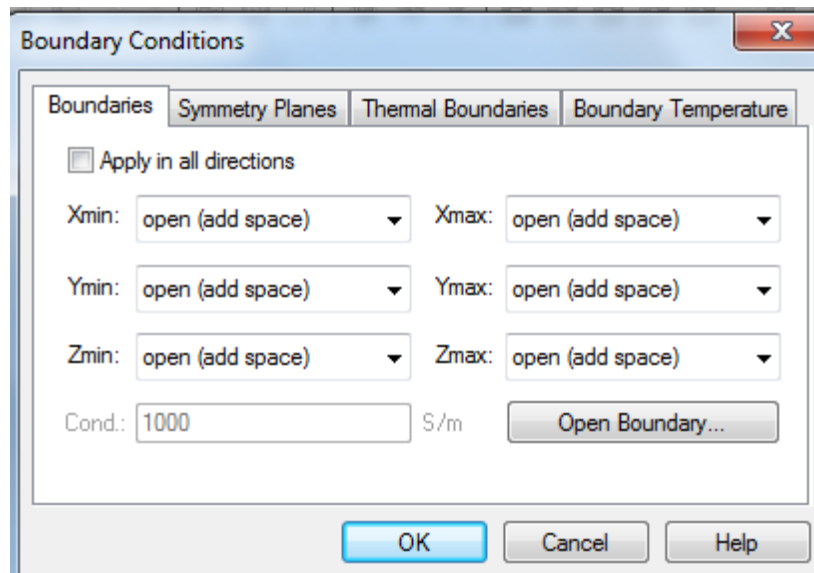


Figure A.6. Dialogue de configuration des conditions aux bornes.

Enfin il faut spécifier le matériau de l'arrière-plan, c'est-à-dire les conditions de l'entourage de notre modèle (figure A.7).

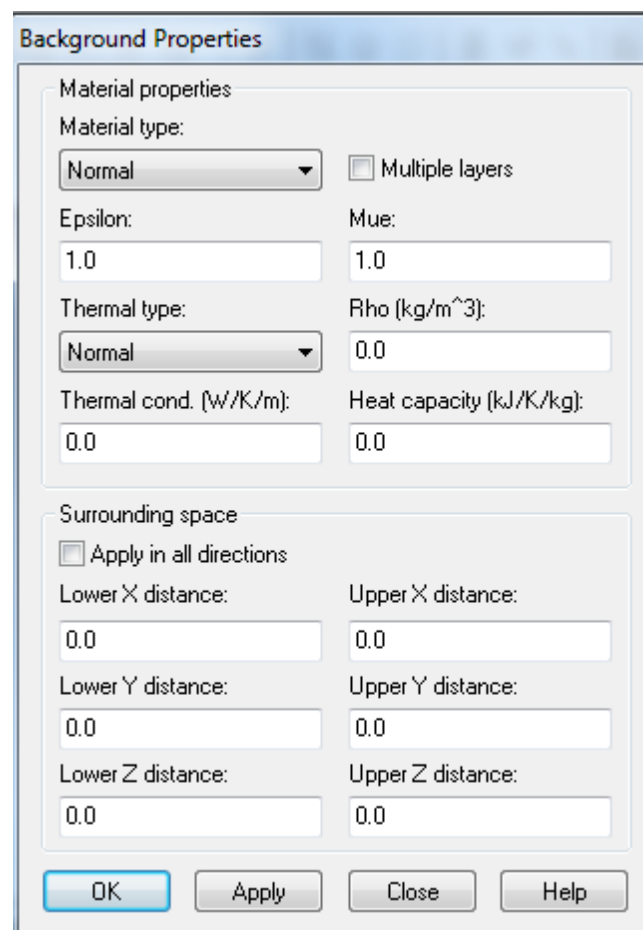


Figure A.7. Dialogue de configuration du matériau d'arrière-plan.

A. 7.3) Simulation numérique et optimisation

La première étape consiste à désigner les ports afin de créer une connexion de signal avec le modèle. Le port doit être positionné à l'endroit où le signal devra être injecté en entrant les données dans le dialogue montré par la figure A.8.

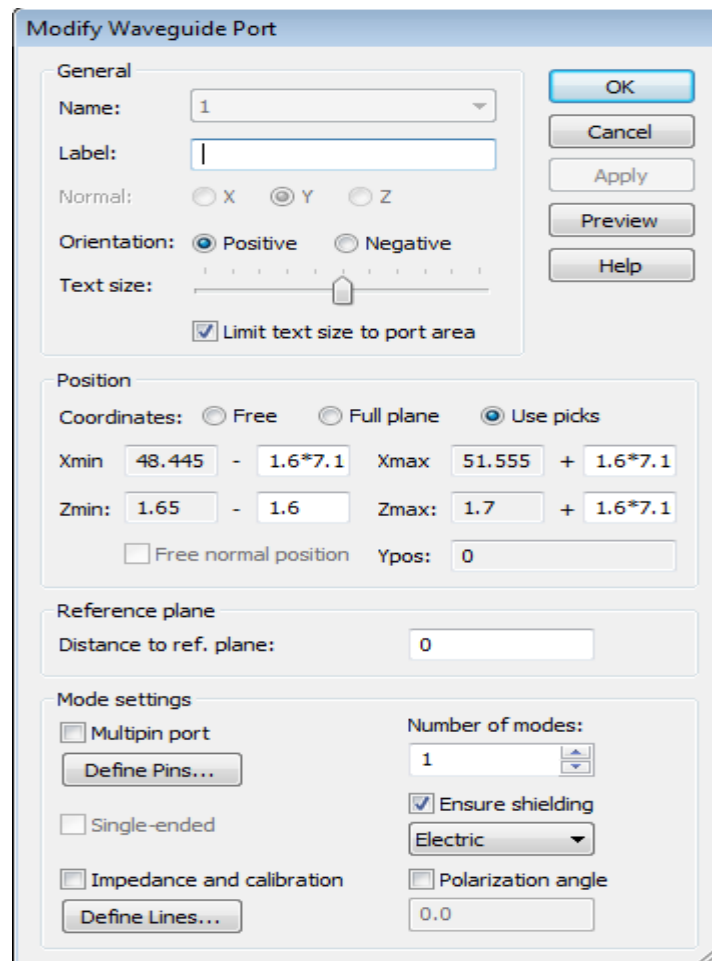


Figure A.8. Dialogue d'ajout d'un port d'entrée.

Ensuite, on peut lancer la simulation de notre modèle à partir du menu «SOLVE» ou à partir du module «Transient Solver» (figure A.9).

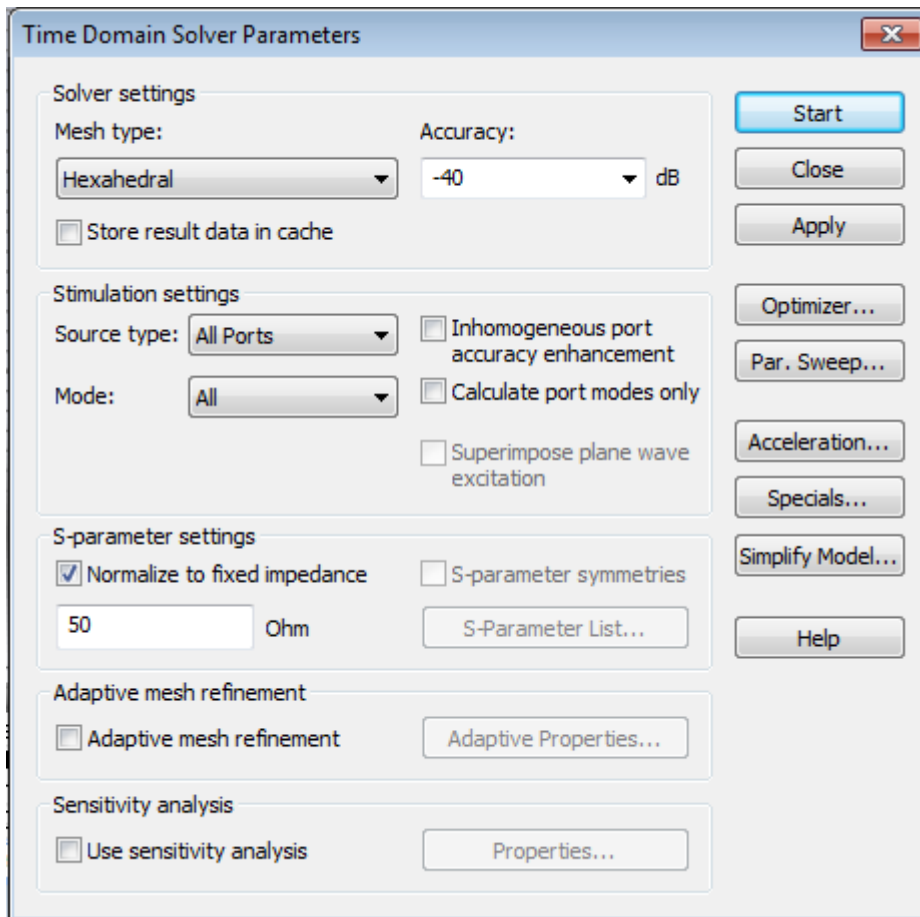


Figure A.9. Dialogue de simulation.

Après que la simulation soit effectuée, on observe les résultats à partir du répertoire de projet (figure A.10).

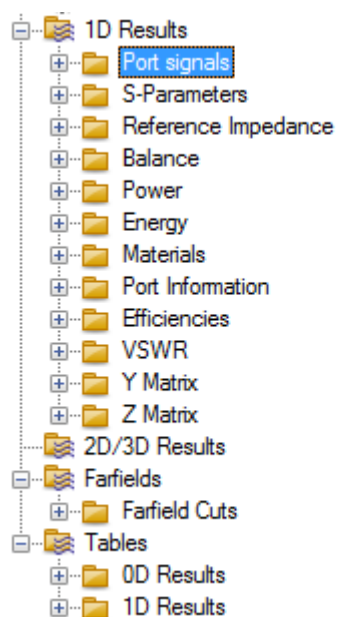


Figure A.10. arborisant des résultats.

Enfin, si les résultats ne sont pas ceux attendus, on peut optimiser le modèle à partir de la fenêtre de « Transient Solver » de la figure A.7. Pour ce faire, il faut sélectionner les variables à optimiser, leurs bornes et le nombre d'échantillons. Ensuite, il faut établir une ou des fonctions cibles à atteindre, c'est-à-dire qu'il faut choisir un paramètre tel que l'amplitude du paramètre [S], qui quantifie le signal réfléchi.

De plus, Microwave studio offre la possibilité de simuler une matrice de notre patron de rayonnement. Cette particularité permet de trouver le nombre d'éléments de rayonnement requis afin de rencontrer la spécification.

Bibliographie

Annexe A : THESE RABAH Mohammed Amin, Contribution à la Conception et à la Réalisation des Composants Micro-ondes Compacts en Technologie Guides d'Ondes Intégrés aux Substrats : Modélisation par la Méthode des Eléments Finis 2D , Février 2017