



République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche
scientifique**

Université Elchahid Hamma Lakhdar El-Oued

Faculté de Technologie

Mémoire de Fin d'Étude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Technologie Filière : Télécommunication

Spécialité : Systèmes de Télécommunication

Mémoire

CONCEPTION ET SIMULATION D'UNE ANTENNE LARGE BANDE

Réalisé par :

BEN MOUSSA Houda, MOKDADI Sara, AOUINE Soundes

Soutenu en juin 2021 devant le jury compose de :

Dr. KHELIL Abdellatif	MAA	Président
Dr. TEDJANI Amina	MAA	Examineur
Dr. HETTIRI Messaoud	MAA	Directeur du mémoire
Co-encadreur SADOUN Ali		

Année Universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENT

Avant tout, nos remerciements en premier lieu, à DIEU qui nous a donné la foi, le courage et la patience de parvenir à finir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement nos parents ; nos succès demeurée loin le fruit de leurs longues années de sacrifices et de patience.

Nous aimerions exprimer notre immense gratitude et notre plus profond respect à notre maitre et encadreur Mr. SADOUN ALI. Il a été pour nous un guide, un exemple et un mentor pendant notre cursus et durant l'accomplissement de ce mémoire. Les valeurs qu'il nous a inculqués et le savoir qu'il nous a transmis ont été inestimables. Sans lui ce travail n'aurait pas été possible.

Je remercie également les membres du jury qui ont accepté de juger nos travail.

Nos remerciements s'étendent également à tous, nos enseignants durant les années d'études.

Je remercie et respecte "Dr. Ghendir Said" " Mohamed Ben Amor", " Djouadi Abdelkader" et "Chouaib Habita " pour leur soutien et leurs conseils.

Enfin nous ne voudrais pas oublier de remercier toute personne qui Nous aidons de loin ou de près à réaliser ce travail.

DEDICACE

je dédie ce travail à mon père MOHAMMED et ma mère MERIEM.

Aucune dédicace ne peut exprimer mon respect ,mon amour éternel et mon appréciation pour les Sacrifices qu'ils ont fait pour moi : les instruction ,le bien être ,tout le soutien et l'amour qu'ils m'ont donné .Merci à vous ,en toute tendresse .

A mes frères et sœurs Amine ,zahi et Aicha vous avez une influence directe sur mon soutien.

Je dédie ce travail à ma grande famille .

Que dieu protège ma grand-mère guérisse-la et habillement la de santé



 HOUWA

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

*A mes parents **Miloud, Yamina** Aucune dédicace ne saurait
exprimer mon respect, mon amour éternel.*

pourrait être à la hauteur du soutien

qu'ils m'ont donné.

A mes frères et mes sœurs

*A mon fiancé **Djamel Eddine Mannai**
contribué de près ou de loin pour que ce*

travail se réalise,

Je vous dis merci.

 *sara*

DEDICACE

*Je dédie ce travail à mon père AOUINE Messaoud et ma mère LAIB
Fatima.*

*Aucune dédicace ne peut exprimer mon respect, mon amour éternel et mon
appréciation pour les sacrifices qu'ils ont fait pour moi : les instructions, le bien
être, tout le soutien et l'amour qu'ils m'ont donné. Merci à vous, en toute
tendresse.*

*A mes frères et sœurs Bouchra, Rayane, Douaa et Mouhamed AlSaleh vous
avez une influence directe sur mon soutien.*

*A mon fiancé HABITA Chouaib pour m'avoir aidé, m'avoir soutenu avec
tout son amour.*

*Je dédie ce travail à mes oncles et mes tantes et mes amies Kenza, Radia,
Chafika, messaouda, soumia ,amina ,Safa, Batoul et Israa qui ont été pour moi
une source de soutien et d'amour .*

 *sondes*

Résumé

Dans notre travail, nous avons étudié la technologie des antennes large bande pour des applications multimédia.

Nous avons proposé une antenne patch rectangulaire implémenter sur un plan de masse partiel, alimenté par une ligne micro-ruban. La simulation de cette antenne a été effectuée en utilisant le logiciel de conception (HFSS), puis une comparaison a été fait par un autre logiciel de conception (CST).

Les mots clés : antenne patch, technologie large bande, CST, HFSS.

ملخص

في عملنا، قمنا بدراسة تكنولوجيا الهوائيات ذات النطاق الترددي العريض لمختلف تطبيقات وسائل الإعلام والاتصال. قمنا باقتراح هوائي يتكون من رقعة مشعة مستطيلة الشكل مع أساس مسطح جزئي ويتغذى بخط شريطي. محاكاة هذا الهوائي تمت باستخدام برنامج المحاكاة (HFSS)، وبعد ذلك، أجرينا مقارنة مع برنامج محاكاة آخر (CST)

الكلمات المفتاحية: هوائي الشريطي، تكنولوجيا النطاق العريض، HFSS, CST

Abstract

In this work, we studied the technology of wide band antennas. The proposed antenna consists of a rectangular microstrip patch, and a partial ground plane. The simulation of this antenna was carried out using the design software (HFSS). then a comparison was made by another design software (CST).

Keywords: antenna patch, broadband technology, HFSS, CST

Table Des Matières

REMERCIEMENT	I
DEDICACE	II
ملخص	V
Table Des Matières	VI
Liste des figures.....	IX
Liste des Tableaux	XI
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Théorie Et Analyse Des Antennes Large Bande (LB)	
I-1 Introduction.....	2
I-2 Définition de l'antenne	2
I-3 Antenne large bande	3
I-3-1 Caractéristique de l'antenne large bande	3
I-3-2 Les Antennes LB directives (directionnelles).....	4
I-3-3 Les antennes LB omnidirectionnelles	5
I-3-3-1 Les Antennes monopoles	6
I-4 Antenne dipôle	6
I-5 Les antennes micro-ruban.....	8
I-5-1 Conception d'antenne à fente micro-ruban.....	9
I-5-2 Différentes techniques d'alimentation.....	9
I-5-2-1 Alimentation par ligne micro-ruban.....	9
I-5-2-2 Alimentation coaxiale	10
I-5-2-3 Alimentation par couplage par fente.....	10
I-5-2-4 Alimentation par couplage de proximité.....	11
I-5-2-5 Alimentation par couplage d'ouverture	11
I-5-3 Les avantages et les inconvénients des antennes micro-ruban	12
I-6 Technique d'élargissement de la Bande passante	12
I-6-1 Augmentation de l'épaisseur du substrat:	13
I-6-2 Forme de l'élément rayonnant :	13
I-7 Conclusion	13

Chapitre II : Contexte General Sur Large Bande

II.1.	Introduction	15
II.2.	La technologie large bande	15
II.2.1.	Généralités sur large bande	15
II.2.1.1.	Définition et historique	15
II.2.1.4.	Réglementation de LB dans le monde	18
II.2.2.	Différents types d'applications de large bande	21
II.2.2.1.	Applications liées aux communications	22
II.2.2.2.	Applications liées au radar	23
II.2.2.3.	Localisations et suivi	24
II.3.	Caractérisation des antennes large bande	25
II.3.1.	Caractéristiques adaptation	25
II.3.1.1.	Impédance d'entrée.....	25
II.3.1.2.	Coefficient de Réflexion.....	25
II.3.1.3.	Bande passante	26
II.3.2.	Caractéristiques de rayonnement	27
II.3.2.1.	Rendement	27
II.3.2.2.	Directivité	28
II.3.2.3.	Gain	28
II.3.2.4.	Diagramme de rayonnement.....	29
II.3.3.	Polarisation.....	29
II.4.	Exemple d'antennes Grandes Bandes	30
II.4.1.	Les antennes indépendantes de la fréquence.....	30
II.4.1.1.	Les antennes spirales	30
II.4.1.2.	Antenne log-périodique	32
II.4.2.	Antennes Directives	35
II.4.2.1.	Antenne cornet.....	35
II.4.2.2.	Antenne à transition progressive (Vivaldi).....	36
II.5.	Conclusion	37

Chapitre III : Simulation de résultats

III.1.	Introduction	39
III.2.	Logiciel HFSS (High Frequency Structure Simulator)	39

III.3. Antenne patch.....	40
III.3.1. La géométrie de base de l'antenne.....	40
III.4. Simulations et résultats.....	42
III.4.1. Les résultats obtenus avec logiciel HFSS	42
III.4.2. Étude paramétrique.....	43
III.4.3. Etude comparative.....	46
III.4.4. Comparaison du résultat obtenu avec CST-MS et l'autre de HFSS.....	46
III.5. Conclusion	47
III.6. Perspective.....	47
Conclusion générale	50
Bibliographie	52
ANNEXE: HFSS (HIGH FREQUENCY STRUCTURE SIMULATOR)	52

Liste des figures

Chapitre I : Théorie Et Analyse Des Antennes Large Bande (Lb)

Figure I- 1: chaine de transmission par onde électromagnétique	2
Figure I-2 : représentation d'une antenne d'émission et de réception.....	3
Figure I-3 : Différents exemples d'antennes à ouverture rayonnante (a) (b) et système focalisant (c) (d) (e).	4
Figure I-4: types d'antennes réseaux a) Réseau de cornets , b) Réseau de fentes ,	5
Figure I-5 : Antenne de télémétrie, poursuite et de commande.....	6
Figure I-6: Antenne monopole	6
Figure I-7: La géométrie de base d'un dipôle.....	7
Figure I- 8: Circulation du courant dans un dipôle.....	7
Figure I- 9: Diagramme de rayonnement d'un dipôle 2D	8
Figure I-10 : L'antenne micro-ruban à plaque.....	8
Figure I-11 : présentation d'alimentation par ligne micro-ruban.....	9
Figure I-12 : alimentation par sonde coaxiale	10
Figure I-13: alimentation par couplage à fente.....	11
Figure I -14 : Alimentation par couplage de proximité.	11

Chapitre II : Contexte General Sur Large Bande

Figure II- 1: Représentation temporelle et fréquentielle d'un signal a bande étroite et d'un signal LB [21].....	16
Figure II- 2: Propagation par trajets multiples.....	17
Figure II- 3: Masque d'émission autorisé par la FCC en 2002	19
Figure II- 4: Régulation des fréquences aux USA (FCC) et en Europe (ETSI)	20
Figure II- 5: Masques spectral proposés en Asie.....	21
Figure II- 6: Différentes applications de Large Bande	22
Figure II- 7: Exemple d'applications pour LB	23
Figure II- 8: Application de LB liées au radar, (A) : Détection de mines anti-personnelles, (B) : Détection véhicules é une intersection, (C) : Détection des personnes dans un environnement complexe [15].....	24
Figure II- 9: Schéma équivalent du dispositif à l'émission.....	25
Figure II- 10: Exemple du $S[1,1]$ d'une antenne en dB en fonction de la fréquence et de la bande passante à -10 dB	27
Figure II- 11: Diagramme de rayonnement d'une antenne directive.....	29

Figure II.12 : Polarisation de l'onde électromagnétique.	30
Figure II- 13: Antenne spirale conique. (A) Vue de côté et de dessus, (B) uni transversal	31
Figure II- 14: L'antenne spirale équiangulaire.....	32
Figure II- 15: Antenne log-périodique circulaire	33
Figure II- 16: Antenne log-périodique de forme trapézoïdale.....	33
Figure II- 17: Géométrie de l'antenne dipôle log-périodique.....	34
Figure II- 18: Différents types de cornets.....	36
Figure II- 19: Différents type de TSA	36

Chapitre III : Simulation et résultats

Figure III-1:L'antenne monopole planaire (rectangulaire).....	40
Figure III-2 :Structures 3D de l'antenne simulée par logiciel HFSS	42
Figure III-3:Coefficient de réflexion $S[1,1]$ de la structure optimisée obtenus par HFSS	42
Figure III-4:Variation de la largeur L_g	43
Figure III-5:Coefficient de réflexion en fonction de fréquence	43
Figure III -6:Diagramme de rayonnement 3D du gain	44
Figure III-7: Diagramme de rayonnement du gain.....	44
Figure III -8 :Variation de la largeur F	45
Figure III-9 : coefficient de réflexion en fonction de fréquence	45
Figure III- 10: Structures 3D de l'antenne simulée par logiciel HFSS	46
Figure III- 11: Coefficient de réflexion $S[1,1]$ de la structure optimisée obtenus par HFSS ...	46

Liste des Tableaux

Tableau III- 1: Dimensions du l'antenne	41
Tableau III- 2: Résultats de comparaison entre HFSS et CST	47

Introduction générale

Introduction générale

Dans le domaine de télécommunication plusieurs travaux de recherche traitent les antennes imprimées pour l'amélioration de leurs caractéristiques de rayonnement. Les systèmes de télécommunications Large Bande jouent un rôle très important dans notre vie quotidienne et ont connu un développement fulgurant marqué, surtout dans le système médical, téléphonie mobile, les communications spatiales, radar, et les applications militaires ...etc.

La technique Large Bande se distingue des systèmes traditionnels par différents atouts majeurs. D'une part, la largeur de bande occupée instantanément par le signal Large Bande conduit à une résolution temporelle très fine permettant d'envisager des applications de localisation et de communications basses ou hauts débits au sein d'un même appareil. D'autre part, la faible densité spectrale du signal permet au système ULB de coexister avec les applications existantes. La technique ULB se caractérise également par la possibilité d'une implémentation simple à faible consommation et faible coût.

Pour répondre aux besoins actuels du domaine des télécommunications, les concepteurs en hyperfréquences sont amenés à élaborer des dispositifs à base des antennes patches. Ces antennes vont assurer une opération d'émission ou de réception des ondes électromagnétiques et présentent des caractéristiques très avantageuses, surtout dans le cas où elles doivent opérer dans des fréquences élevées.

L'objectif de notre travail est la Conception d'antenne à bande large pour Les application multimédia. Notre travail est scindé en trois parties, structurées comme suit :

Le premier chapitre a pour objectif de présenter de façon générale les antennes et ces différents types, puis nous avons basé sur les antennes imprimées (micro-rubans). Ainsi les types d'alimentation de ce dernier. La dernière partie pour faire une étude sur la technique d'élargissement de la bande passante

Le second chapitre a pour objectif de présenter la technologie LB. Ainsi, un bref historique et une description des spécificités des systèmes LB et ces caractéristiques générales. Ensuite, nous avons présenté différentes applications et les antennes de la technologie LB.

Dans le dernier chapitre, nous présenterons une simulation d'antenne patch, et une comparaison des résultats obtenues par les deux logiciels de simulation utiliser dans ce travail, CST-MS et « Ansoft HFSS V15»..

Chapitre I :

Généralité sur l'antenne large
bande

I-1 Introduction.

Dans ce chapitre nous allons tout d'abord traiter de façon générale les antennes, la définition, les notions de bases des quelques propriétés et caractéristique des antennes et représentation des différents types d'antenne : l'antenne directionnelle, omnidirectionnelle Large bande (LB) et monopole, puis nous nous sommes basée sur les antennes imprimées. Ainsi les types d'alimentation de ce dernier, sont brièvement illustrés.

À la fin de ce chapitre nous allons présenter des techniques pour élargir la bande passante des antennes micro-ruban.

I-2 Définition de l'antenne

Une antenne est un dispositif qui permet de transformer l'énergie électrique en énergie électromagnétique en émission et vice versa en réception afin d'assurer la transmission de l'information. On peut les qualifier comme des adaptateurs d'impédances entre l'espace et l'émetteur ou le récepteur.

[1]

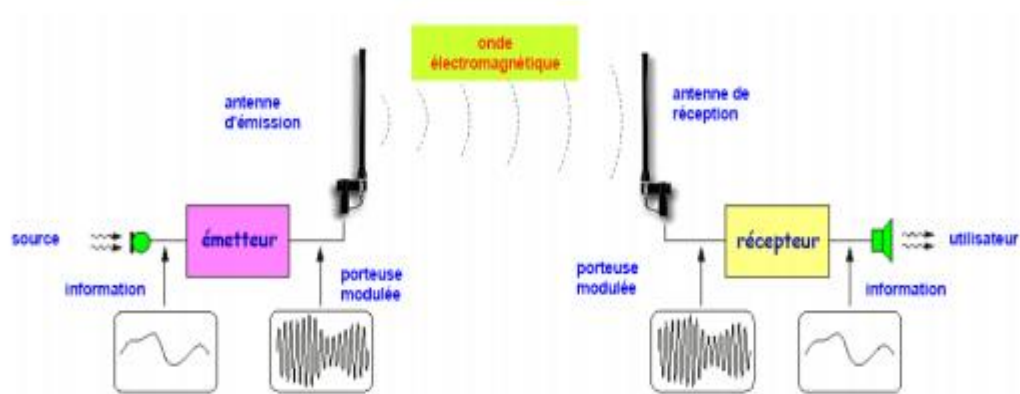


Figure I- 1: chaîne de transmission par onde électromagnétique. [2]

Ainsi on peut définir une antenne en émission ou en réception selon son mode de fonctionnement . Une antenne d'émission est un dispositif qui assure la transmission de l'énergie entre une source et l'espace libre dans lequel cette énergie va se propager.

Réciproquement, à la réception l' antenne capte et transmet l'énergie d'une onde se propageant dans l'espace à un appareil récepteur. [3]

L'antenne a plusieurs rôles dont les principaux sont les suivants :

- Permettre une adaptation correcte entre l'équipement radioélectrique et le milieu de propagation.
- Assurer la transmission ou la réception de l'énergie dans des directions privilégiées.
- Transmettre le plus fidèlement possible une information. [4]

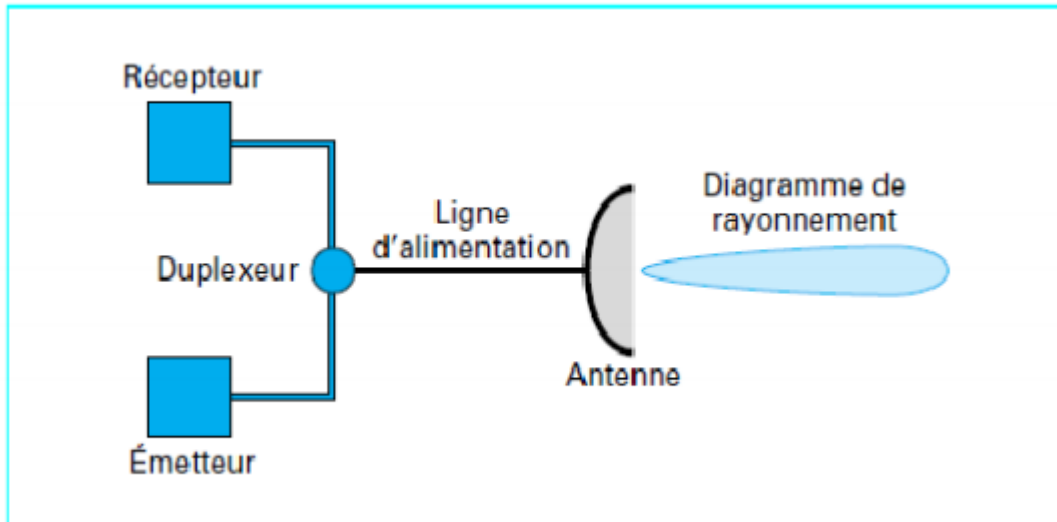


Figure I-2 : représentation d'une antenne d'émission et de réception [3]

I-3 Antenne large bande

I-3-1 Caractéristique de l'antenne large bande

Avantages [5]

- ✓ Débit important
- ✓ Bonne capacité de pénétration dans les murs et les obstacles.
- ✓ Large bande de fréquence
- ✓ Précision temporelle élevée
- ✓ Possibilité d'une architecture commune pour les applications de communications, de Réduction des évanouissements causés par les trajets multiples.

Inconvénients [5]

- ✓ Un des inconvénients liés à l'utilisation de cette technique de communication tient au fait que les fréquences utilisées sont déjà employées par d'autres systèmes, ce qui rend possible l'existence d'interférences

I-3-2 Les Antennes LB directives (directionnelles) [6]

Une antenne directive est donc une antenne qui rayonne dans une (ou plusieurs) directions privilégiées. Les antennes directives sont utilisées lorsque l'on veut couvrir une zone importante, par exemple pour la téléphonie mobile ou pour la radiodiffusion. Il existe plusieurs types d'antennes directives spatiales.

Antennes à ouverture rayonnante et système focalisant :

Les cornets font partie des antennes à ouverture rayonnante et les antennes à réflecteur ou à lentille sont des antennes à système focalisant.






		
<p>a) Antennes cornets cylindriques</p>	<p>b) Antenne cornet rectangulaire</p>	
		
<p>c) Antenne lentille</p>	<p>d) Antenne à réflecteur au sol</p>	<p>e) Antenne à réflecteur pour Satellite</p>

Figure I-3 : Différents exemples d'antennes à ouverture rayonnante (a) (b) et système focalisant (c) (d) (e).

Le cornet (**Figure I-3- a** et **Figure I-3 .b**) est une antenne qui sert de transition progressive entre un milieu guidé et l'espace libre. Il peut être de forme rectangulaire ou circulaire. Les pertes dans ce type d'antenne sont minimales. Les antennes à réflecteur (**Figures I-3- d** et **figure I -3.e**) sont des systèmes focalisant en réflexion. Elles sont constituées d'une source qui illumine un réflecteur métallique

Antennes réseau : [7]

Une antenne réseau est constituée d'un groupement de plusieurs antennes identiques. Ce groupement d'antennes peut être formé de patches, de fentes, ou même de cornets .



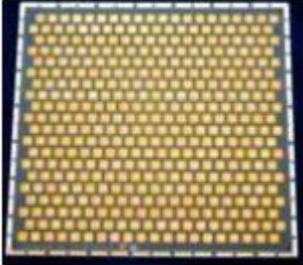

	
<p>a) Réseau de cornets</p>	<p>b) Réseau de fentes</p>
	
<p>c) Réseau de patches</p>	<p>d) Réseau de bande L pour les applications mobiles</p>

Figure I-4: types d'antennes réseaux a) Réseau de cornets , b) Réseau de fentes ,

I-3-3 Les antennes LB omnidirectionnelles [6]

L'antenne omnidirectionnelle ou bien isotopique, est une antenne fictive qui rayonne la même densité de puissance quelle que soit la direction de l'espace. Cette antenne est considérée comme étant une antenne à gain faible, les antennes filaires et hélices présentent ce type d'antenne. Dans le domaine spatial, ce type d'antenne a été généralement utilisée dans le sous-système télémétrie, poursuite et de commande TTC (Telemetry, Tracking & Command)), parce que ce dernier doit être opérationnel pendant toutes les phases de la mission, même si le contrôle d'attitude est perdu. La Figure I-5 représente quelques exemples sur l'antenne omnidirectionnelle.



Figure I-5 : Antenne de télémétrie, poursuite et de commande

I-3-3-1 Les Antennes monopoles [8]

Une autre catégorie d'antenne large bande est constituée par les monopoles filaire et les monopoles plans.

Les antennes monopoles filaire ce sont généralement les plus familières à tout sont utilisées dans beaucoup d'applications: automobiles - immeubles - bateaux – avions... etc. L'antenne filaire est alimentée par un câble coaxial standard. L'antenne elle-même se compose de trois parties : un substrat et support métallique et fil métallique. La figure (I-6), illustre une antenne monopole.

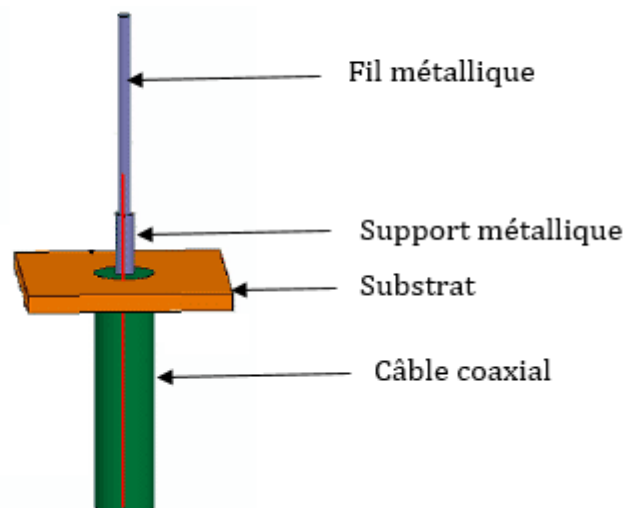


Figure I-6: Antenne monopole [9]

I-4 Antenne dipôle [9]

Ces antennes sont de loin les plus utilisées, grâce à plusieurs caractéristiques, notamment leur symétrie, leur facilité d'intégration et surtout leurs faibles couts. Elles possèdent un

rayonnement omnidirectionnel, et une polarisation linéaire. La géométrie de base est présentée sur la **figure (I-7)**.

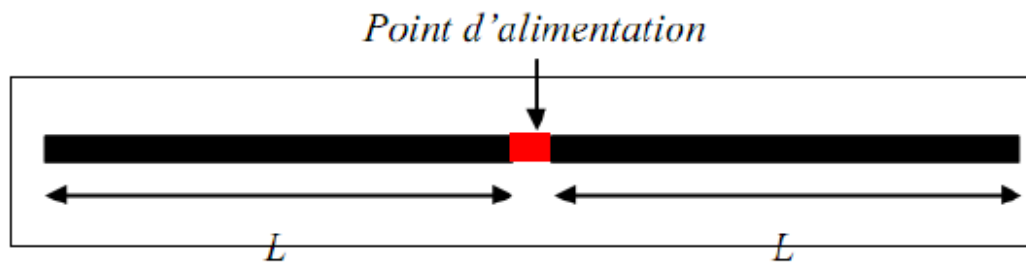


Figure I-7: La géométrie de base d'un dipôle.

L'antenne dipôle est une structure à demi-longueur d'onde constituée de fils en cuivre de longueur multiple de $l=\lambda/2$. Il est divisé en deux longueurs d'onde égales et est alimenté par une ligne de transmission. Ce fil métallique, parcouru par un courant, rayonnera des ondes électromagnétiques dans toutes les directions à l'exception toutefois de la direction dans l'alignement des brins. L'intensité du rayonnement dépend de l'intensité du courant circulant dans le dipôle (**Figure I-8, Figure I-9**). Le maximum de rayonnement se situe dans le plan médian du dipôle où l'intensité du courant est maximale (**Figure I-8**). Ce type d'antenne est très utilisé dans les stations d'émissions radios, TV...

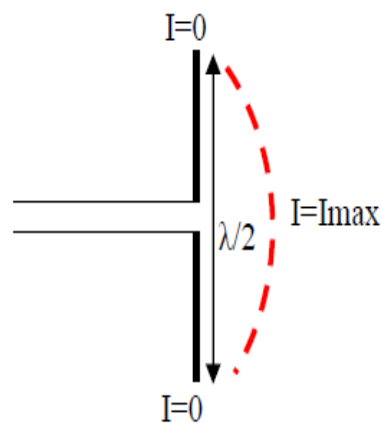


Figure I- 8: Circulation du courant dans un dipôle

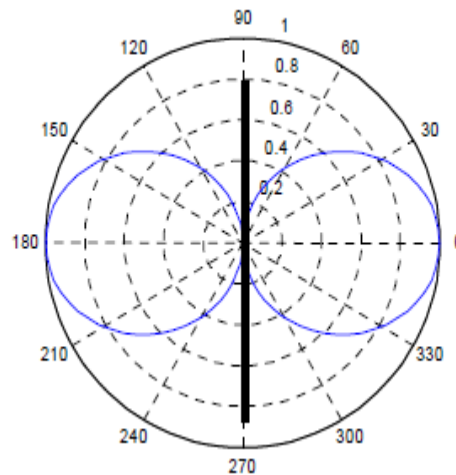


Figure I- 9: Diagramme de rayonnement d'un dipôle 2D .

I-5 Les antennes micro-ruban [10]

Les conceptions des antennes microruban furent proposées il y a de cela plus de 50 ans. Vingt ans après, ces antennes furent fabriquées à partir de meilleurs modèles théoriques et par des techniques de substrat en cuivre ou en or à large bande de constante diélectrique ϵ_r . Leurs propriétés mécaniques furent ainsi développées. Une variété de types de profil d'antennes imprimées furent développés, les antennes à microbande (microstrip antennas), antennes à fentes (stripline slot antennas), antennes à dipôle imprimé (printed dipôle antennas).

L'antenne microruban est constituée d'une plaque métallique placée sur la face supérieure du substrat microruban avec des dimensions comparables à une demilongueur d'onde, et alimentée par une tension V_f appliquée entre le conducteur et le plan de masse du microruban.

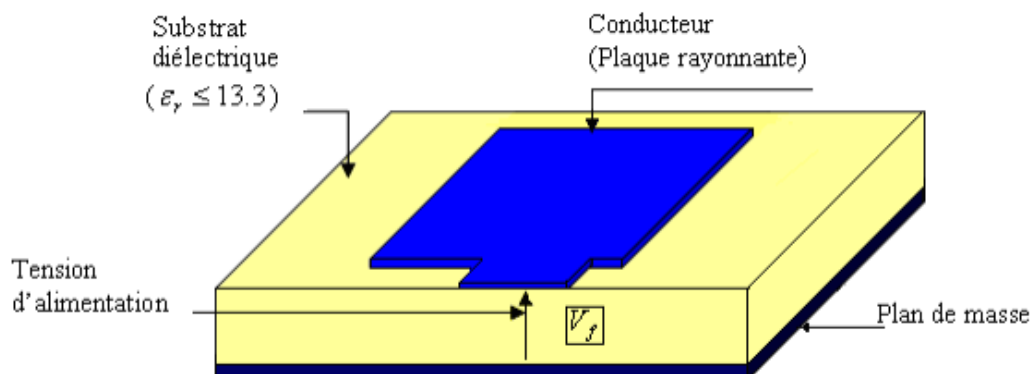


Figure I-10 : L'antenne micro-ruban à plaque

I-5-1 Conception d'antenne à fente micro-ruban

Une antenne à fente est composée d'une surface métallique, généralement une plaque plane, avec un trou ou une fente. L'alimentation est placée au milieu de la fente qui rayonne de façon semblable à une antenne dipôle. La forme et la taille de la fente déterminent les caractéristiques de rayonnement. Comme pour un dipôle, la reconfiguration d'une antenne à fente peut donc être réalisée en modifiant la longueur des encoches à l'aide de diodes PIN, varactors, MEMS, etc. [11]

I-5-2 Différentes techniques d'alimentation

Les antennes microbandes peuvent être alimentées par une variété de méthodes. Ces méthodes peuvent être classifiées en deux catégories, avec contact et sans contact. Dans les méthodes avec contact, la puissance de RF (radio fréquence) alimente directement la plaque rayonnante en utilisant un élément de connexion tel qu'une ligne micro-ruban.

Dans les techniques sans contact, le couplage de champ électromagnétique garantit le Transfert de la puissance entre la ligne micro-ruban et le patch rayonnant.

Les techniques d'alimentation les plus populaires utilisées sont la ligne micro-ruban, la sonde coaxiale (techniques avec contact), le couplage par fente. [12]

I-5-2-1 Alimentation par ligne micro-ruban [12]

Dans le premier cas, une ligne micro-ruban est directement connectée à l'élément rayonnant comme le montre la figure(I-11), 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%.

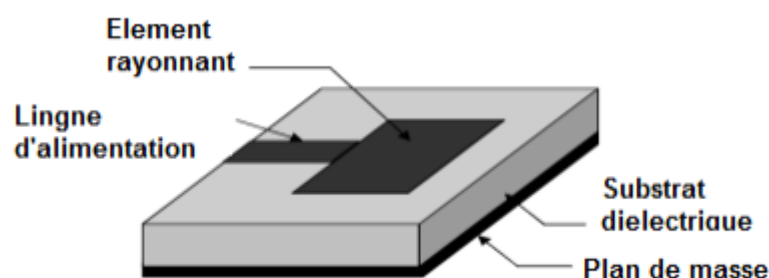


Figure I-11 : présentation d'alimentation par ligne micro-ruban

I-5-2-2 Alimentation 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 (Figure I.12). 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. [12]

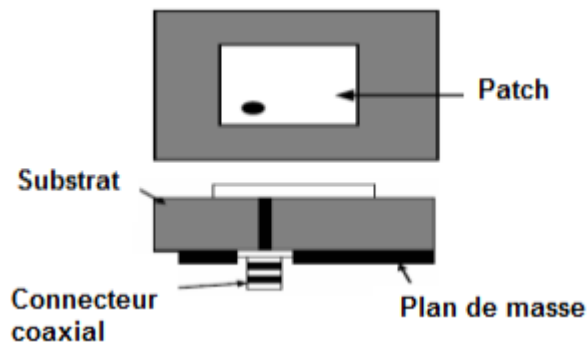


Figure I-12 : alimentation par sonde coaxiale.

I-5-2-3 Alimentation par couplage par fente [12]

L'alimentation par ligne micro-ruban 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 micro-ruban comme le montre la figure (I-13). 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

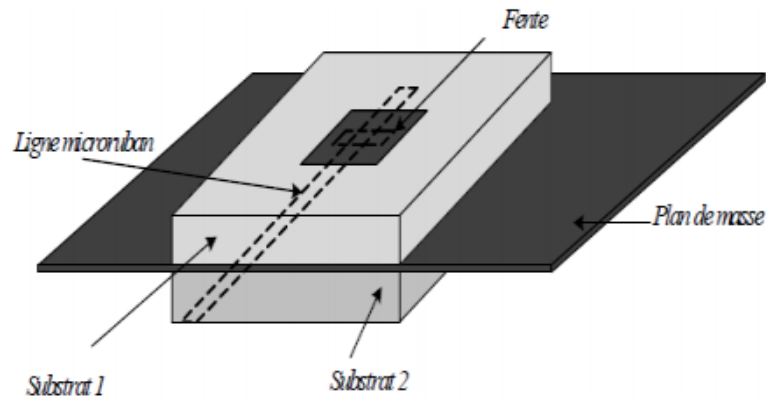


Figure I-13: alimentation par couplage à fente

I-5-2-4 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 I-14) 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. [13]

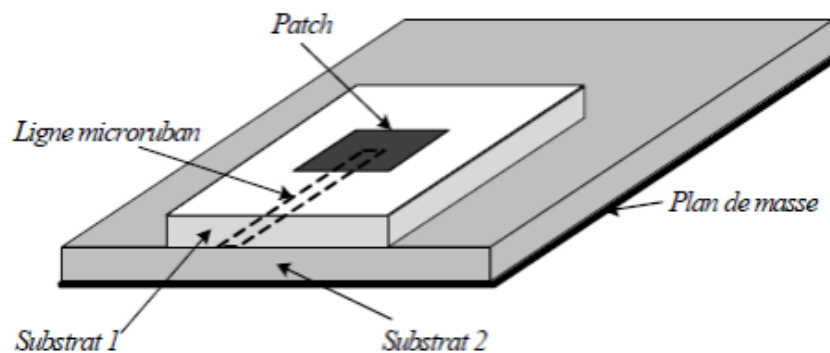


Figure I -14 : Alimentation par couplage de proximité.

I-5-2-5 Alimentation par couplage d'ouverture [12]:

Couplage ouverture est plus difficile à fabriquer et conduit à bande passante étroite. La géométrie est constituée de deux substrats séparés par un motif avion. La face inférieure du substrat est alimentée par une ligne de transmission et l'énergie est couplée à la pastille à travers une fente. Le substrat sur le dessus a un faible constant diélectrique inférieur tandis que le substrat est un matériau de haute avec ϵ_r une alimentation sans contact. En contrôlant la longueur de la fente ou de la largeur de la ligne de transmission, en correspondance est effectuée.

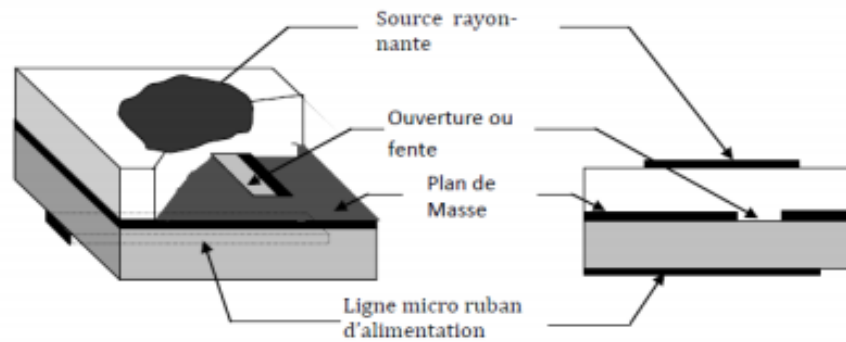


Figure I.15 : Alimentation par couplage d'ouverture.

I-5-3 Les avantages et les inconvénients des antennes micro-ruban [14] [15] [16] [17]

Les avantages

- ✓ Un faible poids
- ✓ Un coût de fabrication faible
- ✓ Une polarisation linéaire et circulaire obtenue avec un simple changement de la position de l'alimentation.
- ✓ Peuvent être facilement intégrées aux circuits hyperfréquences
- ✓ Antenne multi bandes
- ✓ Le patch permettent être alimenté par un grand nombre de techniques d'excitation (coax, micro-ruban...etc.).
- ✓ Un encombrement réduit (conditions d'utilisation sur les systèmes embarqués) et compatibilité aisée

Les inconvénients

- ✓ Rayonnement parasite de l'alimentation et des ondes de surface
- ✓ Faible gain
- ✓ Bande passante étroite, peut être améliorée
- ✓ La complexité de la structure d'alimentation demandée par les réseaux à haute performance
- ✓ Une forte influence de la qualité du substrat diélectrique sur les performances de l'antenne.

I-6 Technique d'élargissement de la Bande passante [18] [19]

Pour améliorer les performances de l'antenne micro-ruban telle que la bande passante, différents travaux se sont succédés visant son élargissement. Dans ce cadre, pour augmenter la bande passante, plusieurs techniques ont été utilisées telles que : l'utilisation d'adaptations

d'impédance, de techniques d'alimentation, l'augmentation de l'épaisseur du substrat et le changement de la forme du patch ou bien du plan de masse etc.

I-6-1 Augmentation de l'épaisseur du substrat:

La couche intermédiaire entre le patch et le plan de masse, est le substrat (diélectrique). L'importance de ce diélectrique réside dans son influence directe sur la fréquence de résonance, la bande passante, et par conséquent le rayonnement de l'antenne, car une partie importante des ondes susceptibles de se propager est retournée dans ce dernier, il s'agit des ondes guidées. La sélection du matériau du substrat est basée sur les caractéristiques désirées de ce dernier pour des performances optimales selon la spécification et les classes des fréquences. Le facteur de qualité peut être écrit sous la forme :

$$Q = \frac{\omega \cdot \text{Energie stockée}}{\text{Puissance perdue}} \quad (\text{I-1})$$

Où ω représente la pulsation, et **P perdu** représente la puissance perdue.

L'énergie stockée augmente avec l'augmentation de la constante diélectrique ϵ_r et la réduction de l'épaisseur du substrat, ce qui fait augmenter Q et diminue la largeur de bande de l'impédance. La largeur de bande varie de façon non linéaire avec l'épaisseur du substrat à cause des autres facteurs, tels que les pertes de rayonnement et les pertes résistives. En pratique, l'augmentation de l'épaisseur est une mauvaise méthode pour incrémenter la largeur de bande de l'impédance.

I-6-2 Forme de l'élément rayonnant :

La forme de l'élément rayonnant affecte directement la largeur de bande d'impédance car certaines formes ont un facteur de qualité plus faible que d'autres. Le changement de la forme de l'élément rayonnant peut améliorer la performance de l'antenne. Les antennes citées dans sont dédiées pour les communications sans fil, où les patchs prennent la forme E.

I-7 Conclusion

Dans l'ensemble de ce chapitre, nous avons présenté de façon générale quelque type d'antenne (omnidirectionnelle, directionnelle, micro-ruban...etc.), et nous nous sommes basés beaucoup plus sur les avantages et les inconvénients des antennes patch, ainsi que les méthodes d'alimentations et quelques techniques d'élargissement de la bande passante.

Chapitre II :

Contexte General Sur Large
Bande

II.1. Introduction

La technologie large bande (LB) est une technologie sans fil qui peut être exploitée à très faible densité de puissance pour la communication à des débits de données élevés sur de courtes distances. Elle consiste à utiliser des signaux dont le spectre s'étale sur une large bande de fréquences. On parle souvent d'une bande allant de 500 MHz jusqu'à plusieurs GHz. [20]

Ce chapitre sera organisé comme suit. Premièrement généralité sur la technologie Large Bande. Ensuite la caractéristique d'adaptation et de rayonnement et la polarisation des antennes LB. Et enfin on a étudié les antennes indépendantes de la fréquence et les antennes directives.

II.2. La technologie large bande

II.2.1. Généralités sur large bande

II.2.1.1. Définition et historique

Durant les 3 dernières décennies, pour faire face à l'encombrement des bandes de fréquences utilisées pour la transmission d'informations, on a essentiellement cherché à réduire la largeur de bande nécessaire pour transmettre ces informations avec un taux d'erreurs acceptable. Ce n'est que récemment – une dizaine d'années – que le concept large bande a retrouvé un intérêt principalement suscité par le développement des transmissions à courte distance. La grande majorité des techniques de transmission actuelles utilisent des modulations avec porteuses (WIFI, ...).

Si le terme " large bande" est relativement récent - une dizaine d'années- le concept lui même est par contre bien plus ancien [21]:

Dès la fin du 19ème siècle, Heinrich Hertz – avait eu l'idée d'utiliser des décharges électriques pour produire des ondes électromagnétiques. C'était la base de la technique large bande.

Dans les années 60, Ross et Bennett [22] étudient pour la première fois la propagation d'ondes électromagnétiques d'un point de vue temporel plutôt que d'un point de vue fréquentiel. Dans leur publication, apparaissent pour la première fois, des applications liées à cette nouvelle technique : les communications et les radars.

Dans les années 1970-1994, la majorité des travaux vise à améliorer certains sous-systèmes de cette nouvelle technique. A cette époque, on

lui donne plusieurs noms: technologie "sans porteuse", ou en "bande de base" ou encore technologie "impulsionnelle". C'est en 1989 que le terme large bande apparaît dans une publication du ministère de la Défense aux Etats-Unis. Les travaux concernant cette technologie sont effectués, pour la plupart, dans le cadre de programmes confidentiels américains (militaires).

En 1994, la confidentialité des travaux liés à large bande est levée: La recherche se développe de façon importante aussi bien dans l'industrie que dans les universités.

En 2002, la FCC (Fédéral Communication Commission) [23],[19] l'organisme de régulation des communications américain, réglemente large bande: Elle en donne une définition précise, et définit les niveaux de puissance maximale autorisés (- 41 dBm /MHz pour la bande haute).

II.2.1.2. Comparaison système LB / Système à bande étroite

Les caractéristiques de la technique impulsionnelle large bande (LB) diffèrent largement de celles des techniques classiques. En effet, cette technique transmet et reçoit des formes d'onde basées sur des impulsions de très courtes durées (1 ns) alors que les techniques conventionnelles envoient et reçoivent des formes d'onde sinusoïdales étalées dans le temps ayant de ce fait une densité spectrale de puissance beaucoup plus étroite que celle des signaux LB [21]. figure (II-1).

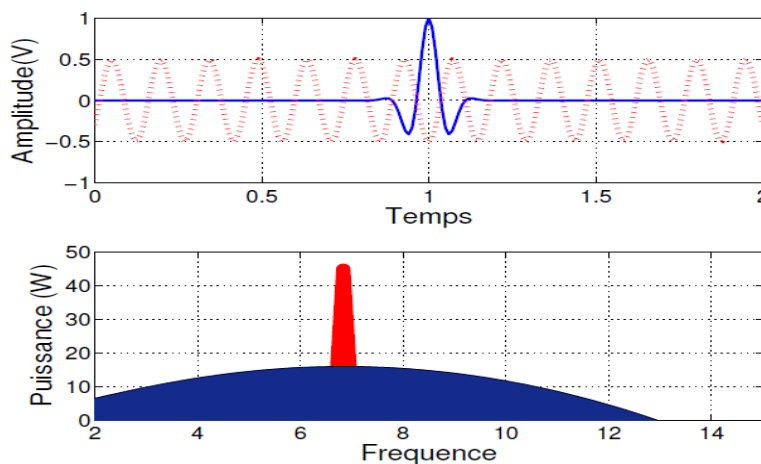


Figure II- 1: Représentation temporelle et fréquentielle d'un signal a bande étroite et d'un signal LB [21]

Depuis février 2002, la FCC a alloué le spectre de 3.1-10.6 GHz pour l'utilisation de LB sans licence.

Le masque spectral de puissance de LB est défini pour permettre une densité spectrale de puissance très faible (DSP maximale : -41.3 dBm/MHz) sur toute la bande de fréquences de LB. Cette puissance très faible sur une très large bande passante permet à d'autres systèmes à bande étroite de coexister avec large bande. Ces caractéristiques ont présenté une multitude de défis aux concepteurs dans une grande variété de domaines comprenant la conception de circuit et de système RF mais aussi la conception d'antenne.[24]

II.2.1.3. Caractéristiques principales de Large Bande

La technologie bande large (LB) possède certaines caractéristiques intéressantes :

Faible susceptibilité à l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples :

L'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples (figure II-2) peut réduire l'efficacité des systèmes de communication classiques. Dans le cas des communications LB, le signal transmis possède une large bande. Comme la fenêtre d'observation au récepteur est étroite, les réflexions multiples avec des retards inférieurs à la nanoseconde peuvent être résolues et additionnées de manière constructive pour donner un gain comparable à celui d'une propagation par trajet unique direct [21]. Cette caractéristique permet à la technologie LB d'être performante dans des environnements encombrés (en pleine rue par exemple)

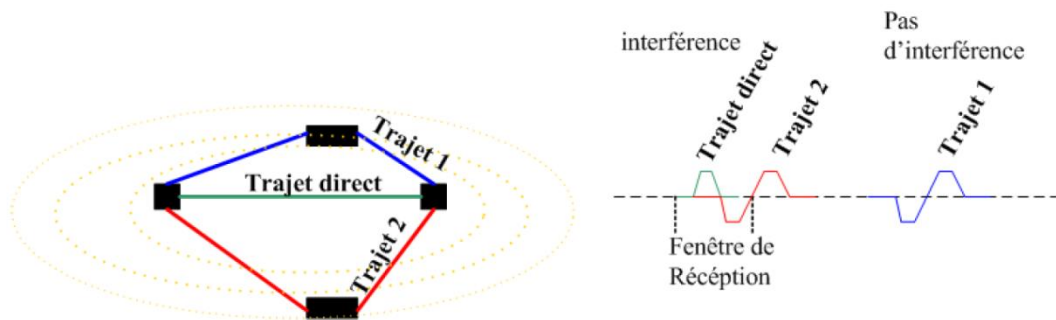


Figure II-2: Propagation par trajets multiples [28]

✓ Communications protégées :

Les signaux LB sont plus difficiles à détecter que les signaux de radiocommunications classiques car ils utilisent une large bande et peuvent être produits sous forme de bruit. (La densité spectrale de puissance très faible). Les signaux LB sont quasiment indétectables parce qu'ils peuvent être transmis avec un niveau de densité spectrale de puissance bien inférieure au bruit de fond des récepteurs classiques. Cette caractéristique, particulière à large bande, permet à cette dernière de coexister avec les systèmes de communications classiques. [21]

✓ Capacité de communication :

Le théorème de Shannon nous enseigne que la capacité d'un système est donnée par la formule suivante :

$$C = BP \cdot \log_2 (1 + SNR) \quad (\text{II-1})$$

Où **BP** désigne la bande passante du système et **SNR** le rapport signal à bruit. De cette formule, on déduit que la capacité d'un système croît linéairement avec la bande passante, mais croît seulement logarithmiquement avec le rapport signal à bruit. Par conséquent, pour augmenter la capacité d'un système, la meilleure méthode consiste à augmenter sa bande passante, c'est ce qui est réalisé par la technique LB. [26]

✓ Simplicité relative des systèmes LB :

Dans les systèmes de communications sans fils utilisant la technologie LB, l'information en bande de base peut moduler directement les impulsions de courtes durées au lieu de moduler une onde sinusoïdale. L'architecture de l'émetteur et du récepteur LB devient alors très simplifiée: les systèmes ne comportent ni synthétiseur à boucle à verrouillage de phase, ni mélangeur, ni oscillateur contrôlé par une tension (VCO : Voltage-controlled oscillator) et encore moins un amplificateur de puissance. Toutes ces simplifications se traduisent par une réduction du coût des systèmes RF. [21]

II.2.1.4. Réglementation de LB dans le monde

La technologie LB typique pourrait utiliser une partie du spectre fréquentiel déjà allouée à des services radio opérationnels. Par conséquent, les dispositifs radio LB, malgré leur niveau de puissance émise qui est extrêmement faible, pourraient être une source potentielle d'interférence avec les services radio actuels, et doivent donc prouver leur capacité de coexistence avec les autres services radio. Dans ce paragraphe, nous allons présenter la réglementation de LB, qui ont pour but d'élaborer des moyens efficaces pour gérer le spectre fréquentiel, fondés sur des mécanismes de coexistence à la place des mécanismes conventionnels de partage fréquentiel. [5] Dans la suite nous présentons les réglementations de l'ULB dans le monde.

II.2.1.4.1. Réglementation aux USA

Les Etats-Unis ont été le premier pays à réglementer l'utilisation de la bande large : En février 2002, la FCC a limité les niveaux d'émission des signaux LB (EIRP = -41,3 dBm/MHz) pour un spectre de fréquences allant de 3.1GHz à 10.6 GHz. La figure ci-dessous (**figure II-3**) représente le spectre d'émission imposé par la FCC pour les systèmes opérant en intérieur et en extérieur. [24]

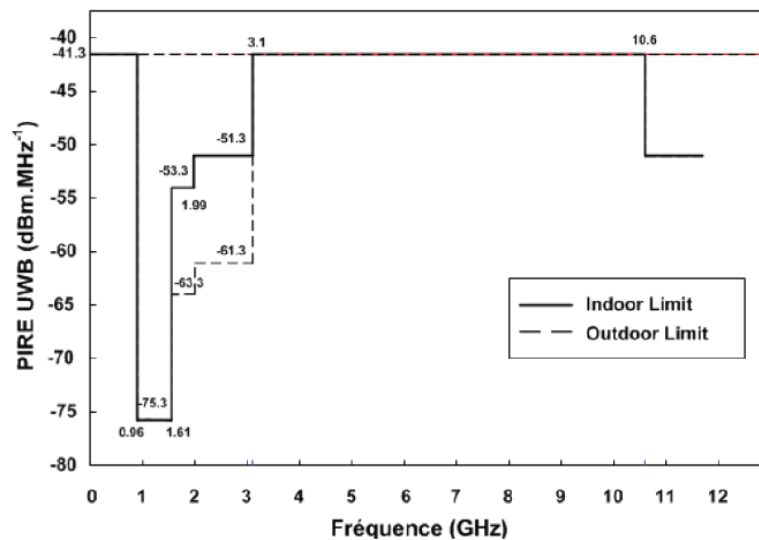


Figure II- 3: Masque d'émission autorisé par la FCC en 2002 [21]

II.2.1.4.2. La réglementation en Europe

L'approche européenne se caractérise d'une certaine manière par plus de précautions que celle aux Etats-Unis, étant donné que l'Europe exige à toute nouvelle technologie de ne pas causer de problème ou très peu aux services radio existants. Bien évidemment, les organisations européennes doivent tenir compte de la décision de la FCC, ayant conscience des bénéfices potentiels les consommateurs et les fabricants, à définir des règles d'utilisation de LB qui soient globalement compatibles. La **figure (II-4)** présente le masque d'émission de la FCC ainsi que celui de l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) pour les communications LB. [5]

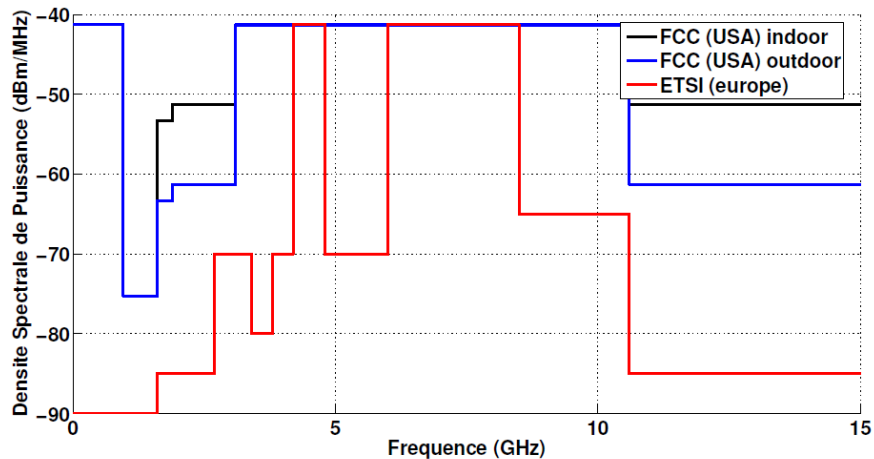


Figure II- 4: Régulation des fréquences aux USA (FCC) et en Europe (ETSI) [26]

II.2.1.4.3. Réglementation en Asie

En Asie, au Japon, le MIC (Ministry of international affairs and communications) a proposé en 2006 l'émission de signaux LB sans licence. Tout comme la FCC, une réglementation autorisant l'émission à -41.3 dBm/MHz pour les équipements LB est imposée. La **figure (II-5)** présente le masque d'émission au Japon.

Le Japon a repris le modèle européen en appliquant certaines des techniques de mitigation adoptée en Europe pour la bande 3.4 GHz – 4.8 GHz. De plus, une « phased approach » sur la bande 4.2 GHz-4.8 GHz a été appliquée tout comme en Europe. Cette approche permettait jusqu'en 2008 l'introduction et la commercialisation d'une première génération d'équipements sans aucune technique de mitigation. [21]

En Corée, l'institut de recherche de l'électronique et de télécommunications (ETRI : Electronics and Telecommunications Research Institute) a proposé un masque d'émission beaucoup plus bas que le masque spectral de la FCC. Le niveau coréen d'émission est -66.5 dBm/MHz, qui est inférieur à environ 25 dB de la limite de la FCC.

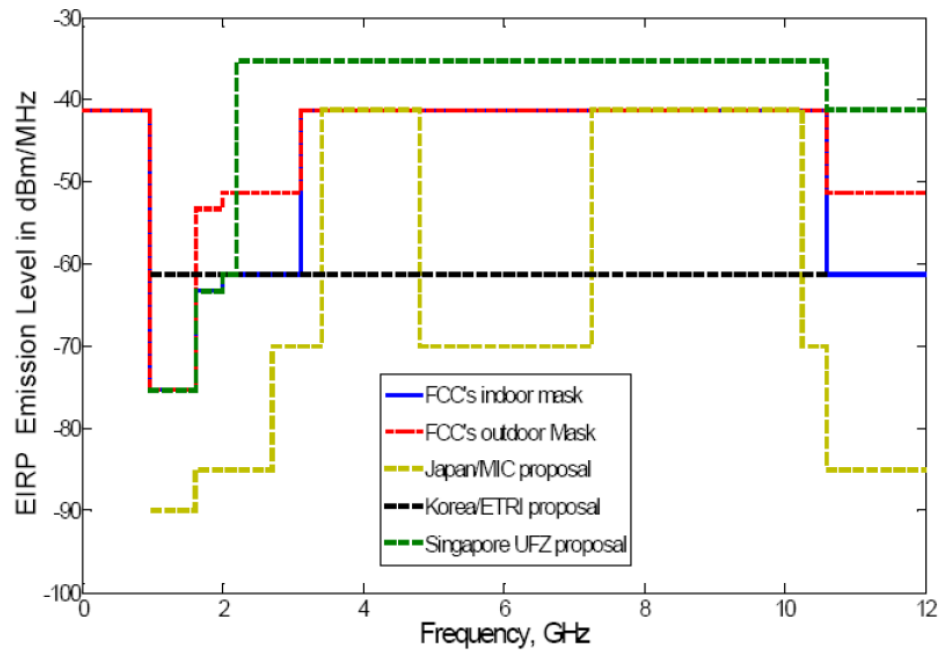


Figure II- 5: Masques spectral proposés en Asie [27]

Notons que les réglementations imposés par l'Europe, les Etats Unis et l'Asie ont une bande commune, la bande 7.25 GHz – 8.5 GHz, sans aucune technique de mitigation et qui permettra à terme de rendre les systèmes complètement nomades d'un continent à l'autre. [21]

II.2.2. Différents types d'applications de large bande

En février 2002, la FCC a défini trois types d'applications pour LB

- Bande de fréquences 24GHz et 77 GHz : application liée aux véhicules
- Bande de fréquence >1GHz : radar
- Bande 1.99-10.6 GHz : Applications médicales (imagerie)
- Bande 3.1-10.6 GHz : Système de communications sans fil et application liées à la localisation.
- Bande 1-11 GHz : Application multimédia (3G, 4G, WIMAX....etc.) [25]

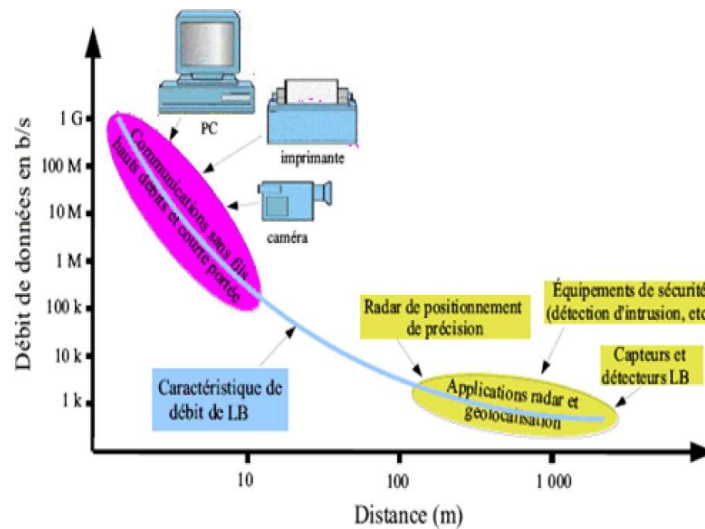


Figure II- 6: Différentes applications de Large Bande [25]

II.2.2.1. Applications liées aux communications

L'utilisation la plus importante de LB est dans réseaux personnels sans fil (WPANs), les IWAN (Intelligent Wirless Area Network) ainsi que les réseaux point à point extérieurs à courte portée OPPN (Outdoor Peer-to-Peer Networking). [15]

Les PANs à très hauts débits sont généralement utilisés pour les applications liées aux loisirs domestiques (liaisons entre matériels audios ou vidéos de haute qualité) ou aux transferts de données sans fil entre PC et périphériques (imprimantes, scanners, disque de stockage de données (**Figure II-7**)). [26]

Pour des débits plus faibles, on peut envisager des portées un peu plus grandes (50 m) ce qui donne accès à un grand nombre d'applications. On peut citer par exemple :

- quelques kbit/s pour les applications domestiques comme l'automatisation de la maison, les systèmes de sécurité ou d'autres services mettant en œuvre des réseaux de capteurs, des télécommandes.
- et jusqu'à 1 Mbit/s pour la télésurveillance [17]

Autres systèmes à faible débit de données sont aussi envisageables pour les services de secours afin de communiquer dans des environnements encombrés tels que des bâtiments effondrés. Dans ce cas les propriétés LB de pénétration dans les matériaux et de robustesse du signal sont très importantes. Par conséquent, ce type de système doit fonctionner à basse

fréquence. La **Figure (II-7)** résume les applications LB en fonction de la portée et du débit de transmission.

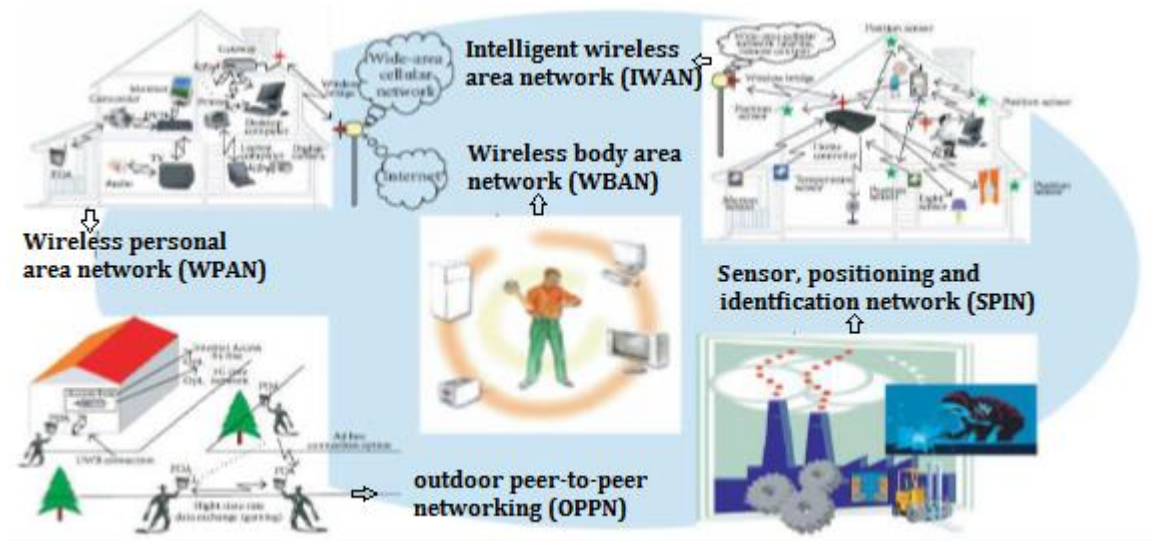


Figure II- 7: Exemple d'applications pour LB [26]

II.2.2.2. Applications liées au radar

De nos jours les systèmes radars doivent être capables de détecter plusieurs types de cibles (véhicules, cibles humaines, mines, armes,...). De plus elles peuvent être dissimulées ce qui rend leur détection encore plus difficile (végétation, bâtiments, sols,... etc.).

Les systèmes radars doivent généralement être les plus discrets possibles afin de ne pas être détectables. Leur encombrement doit être limité afin de pouvoir être intégré et embarqué sur des systèmes aéroportés tout en étant capable de détecter, localiser et identifier les cibles et leurs déplacements. Enfin ils doivent avoir une bonne résolution. Cette résolution est définie en distance par :

$$\Delta R = c/2BP_{\text{radar}} \quad (\text{II-2})$$

Où BP_{radar} : La bande passante du radar

c : La célérité de la lumière. [26]

Les impulsions électromagnétiques LB peuvent pénétrer à travers le corps humain et par conséquent elles peuvent être employées pour la formation d'image médicale. Le corps et le tissu de masse différente ont des indices de réflexions différents. Les signaux LB étant des

impulsions de courte durée, peuvent facilement exploiter la différence dans des indices de réflexion pour donner une image plus claire des organes, y compris des mouvements. Plusieurs organes peuvent être sondés par LB tels que : les cordes vocales, les vaisseaux sanguins, les intestins, le cœur, les poumons, la poitrine, la vessie et le fœtus. [27]

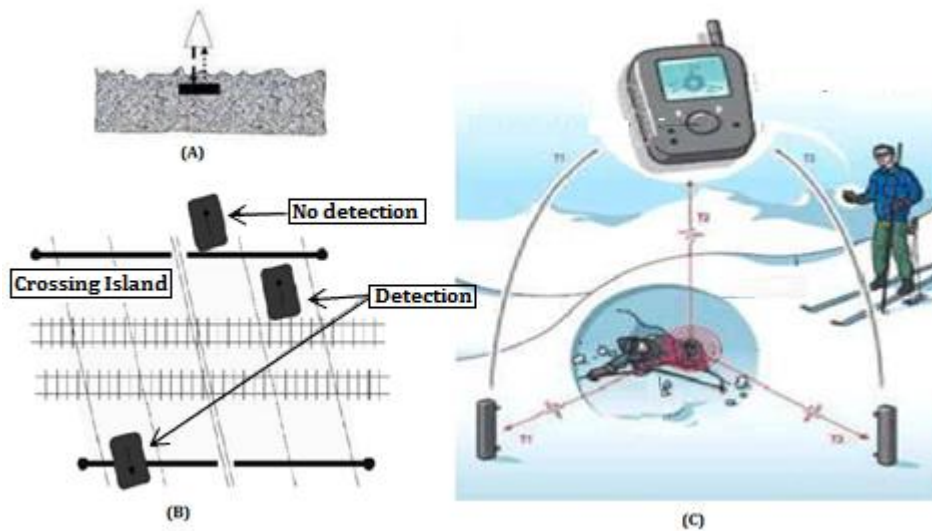


Figure II- 8: Application de LB liées au radar, (A) : Détection de mines anti-personnelles, (B) : Détection véhicules à une intersection, (C) : Détection des personnes dans un environnement complexe [15]

II.2.2.3. Localisations et suivi

Traditionnellement, dans un entrepôt industriel, pour localiser un objet spécifique sur une palette spécifique dans un conteneur spécifique, on utilise la technologie d'identification par radiofréquences ou RFID (Radio Frequency Identification). Mais cette technologie n'est pas robuste dans un environnement multi-trajet, ce qui peut causer des mauvaises lectures d'objets, des abandons d'objets et donc de nombreuses erreurs. Il faut ajouter aussi que cette technologie a une précision relativement faible (de moins de 30 cm). La technologie LB est quant à elle beaucoup plus robuste dans un environnement complexe. Aujourd'hui il existe un système LB de localisation commercial, fonctionnant dans la bande Large. [21]

Large Bande peut être utilisée dans les hôpitaux (localiser et suivre de personnes) ou dans les industries (localiser et suivre d'un objet). En effet, la bande large permet une grande précision dans la mesure des distances car la résolution obtenue est très fine (inversement proportionnelle à la durée de l'impulsion), ce qui la rend une condition à fort potentiel pour les systèmes de localisation. [15]

II.3. Caractérisation des antennes large bande

Une antenne se définit par les caractéristiques principales suivantes : impédance d'entrée, la bande passante, directivité, gain, diagramme de rayonnement et polarisation. [28]

II.3.1. Caractéristiques adaptation

II.3.1.1. Impédance d'entrée

On appelle impédance d'entrée de l'antenne l'impédance vue à l'entrée de ce composant. Elle est représentée par :

$$\mathbf{Z}_e(\mathbf{f}) = \mathbf{R}_e(\mathbf{f}) + \mathbf{jX}_e(\mathbf{f}) \quad (\text{II-3})$$

La résistance d'entrée $\mathbf{R}_e(\mathbf{f})$ représente un terme de dissipation. Il est lié, d'une part à la puissance rayonnée et d'autre part, à la puissance perdue par effet Joule. Cette dernière est en général petite par rapport à la puissance rayonnée pour assurer le fonctionnement optimal de l'antenne. Cependant les pertes par effet Joule peuvent représenter des valeurs non négligeables en fonction de la géométrie de l'antenne. Les pertes dans le plan de masse sont aussi à prendre en compte. La réactance $\mathbf{X}_e(\mathbf{f})$ est liée à la puissance réactive stockée au voisinage de l'antenne.

L'impédance de l'antenne est influencée par les objets environnants, en particulier par des objets ou des plans métalliques proches ou par d'autres antennes. Dans ce dernier cas, on parle d'impédances mutuelles entre éléments rayonnants. [29]

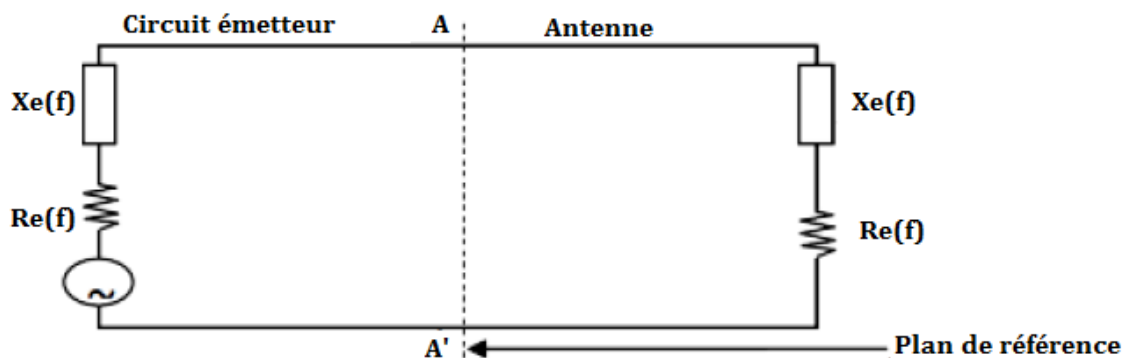


Figure II- 9: Schéma équivalent du dispositif à l'émission [21]

II.3.1.2. Coefficient de Réflexion

Le coefficient de réflexion d'une antenne se définit comme étant le rapport des amplitudes des ondes incidentes sur les ondes réfléchies.

Pour une antenne d'impédance Z , reliée à la source par une ligne d'impédance caractéristique Z_c , le coefficient de réflexion peut être défini comme suit :

$$S_{11} = \frac{Z - Z_c^*}{Z + Z_c} \quad (\text{II-4})$$

Z_c : D'impédance caractéristique (Ω)

Z : L'impédance d'antenne (Ω)

Souvent Z_c est égale à 50 Ω .

Le module du coefficient de réflexion est souvent exprimé en décibel (dB) et est noté $S[1,1]$ et se définit comme suit :

$$|S_{11}|_{dB} = 20 \log_2(S_{11}) \quad (\text{II-5})$$

Le coefficient de réflexion permet de connaître la qualité d'adaptation d'une antenne. En effet, plus son module tend vers l'infini, plus l'antenne est adaptée. Souvent, la fréquence de résonance d'une antenne est celle où le coefficient de réflexion est minimal. Une mesure peut être faite avec un analyseur de réseau. [30]

II.3.1.3. Bande passante

La largeur de bande ou bande passante en adaptation d'une antenne peut être définie comme une bande de fréquences pour laquelle le coefficient de réflexion est inférieur à un seuil donné. Elle est souvent considérée comme une gamme de fréquences positionnée de part et d'autre de la fréquence centrale f_c (**Voir Equation (II-8)**). Elle peut aussi être définie comme correspondant à la bande de fréquences où le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne (ou de l'antenne vers le récepteur) est supérieur à un seuil donné. On parle alors de bande passante absolue.

$$BP = \Delta F = F_2 - F_1 \quad (\text{II-6})$$

BP : La bande passante

F1 : La fréquence minimale de la bande passante

F2 : La fréquence maximale de la bande passante

On déduit souvent la bande passante d'une antenne à partir de la courbe de son coefficient de réflexion. Certains critères typiques sont pris comme un coefficient de réflexion inférieur à -6 dB ou à -10 dB. Souvent, on l'exprime en termes de bande passante relative par rapport à la fréquence centrale (**Formule (II-9)**).

$$BP_r = \frac{BP}{f_c} \quad (\text{II-7})$$

$$f_c = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad (\text{II-8})$$

f_c : Fréquence centrale

BP_r : La largeur relative de bande passante

La **Figure (II-10)** ci-dessous montre un exemple d'un coefficient de réflexion $S[1,1]$ en fonction de la fréquence et met en évidence la bande passante à -10 dB.

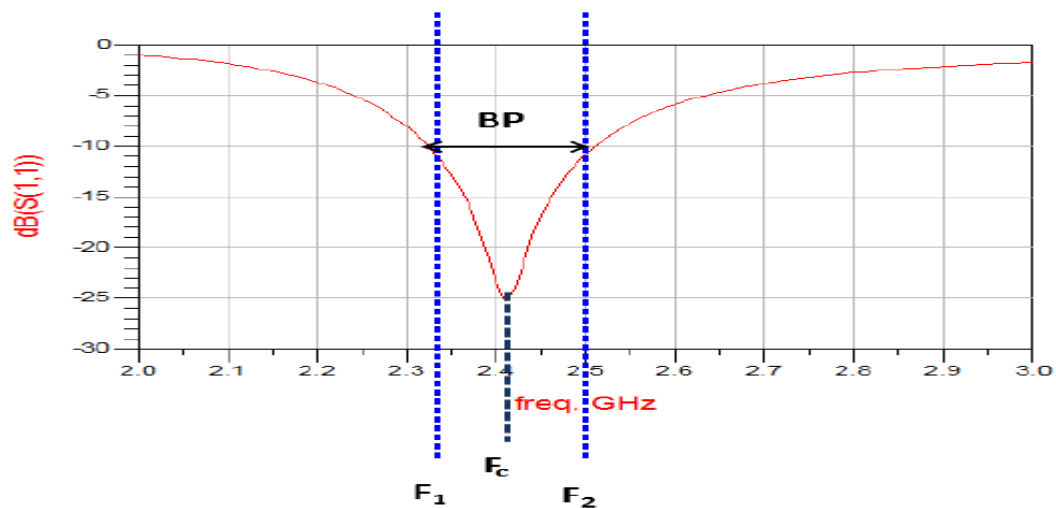


Figure II- 10: Exemple du $S[1,1]$ d'une antenne en dB en fonction de la fréquence et de la bande passante à -10 dB[31][30]

II.3.2. Caractéristiques de rayonnement

II.3.2.1. Rendement

Le rendement d'une antenne est le rapport entre la puissance totale (moyenne) rayonnée par une antenne et la puissance injectée qu'on lui a fournie [32]. Donnée par

$$\eta = \frac{P_R}{P_i} \quad (\text{II-9})$$

P_R : La puissance rayonnée (W/m²)

P_i : La puissance d'alimentation (W/m²).

Ce rapport caractérise la perte à l'intérieur de l'antenne. [5]

II.3.2.2. Directivité

La directivité $\mathbf{D}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$ d'une antenne dans une direction $(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$ donnée est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$ et la puissance que rayonnerait une antenne isotrope sans pertes. Avec cette définition, une antenne fortement directive admet une faible ouverture de rayonnement, et une antenne faiblement directive admet une large ouverture de rayonnement [33].

$$\mathbf{D}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing) = \frac{\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)}{\frac{\mathbf{P}_R}{4\pi}} = 4\pi \cdot \frac{\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)}{\mathbf{P}_R} \quad (\text{II-10})$$

Avec

$$\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing) = \frac{\mathbf{P}_A}{4\pi} \quad (\text{II-11})$$

$\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$: La densité de puissance moyenne rayonnée par l'antenne (W/m^2). [12][35]

II.3.2.3. Gain

Le gain $\mathbf{G}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$ d'une antenne dans une direction $(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$ est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)$ et la puissance que rayonnerait la source isotrope (\mathbf{P}_0) à condition que les puissances d'alimentations soient les mêmes. En général, le gain \mathbf{G} correspond au gain dans la direction de rayonnement maximal $\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}_0, \varnothing_0)$. Cette propriété caractérise la capacité d'une antenne à focaliser la puissance rayonnée dans une direction donnée [33]. Le gain est donné par la relation suivante:

$$\mathbf{D}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing) = 4\pi \cdot \frac{\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing)}{\mathbf{P}_A} \implies G = 4\pi \cdot \frac{\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}_0, \varnothing_0)}{\mathbf{P}_A} \quad (\text{II-12})$$

D'autre façon :

$$\mathbf{G}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing) = \eta \cdot \mathbf{D}(\boldsymbol{\theta}, \varnothing) \quad (\text{II-13})$$

Le gain par décibel :

$$|\mathbf{G}|_{\text{dB}} = 20 \log_2 (\mathbf{G}) \quad (\text{II-14})$$

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

Le gain d'une antenne patch est généralement compris entre 6 et 8 dBi. [5] [36] [37]

II.3.2.4. Diagramme de rayonnement

La représentation graphique de la fonction caractéristique de l'antenne porte le nom de « *Diagramme de rayonnement* ». C'est une représentation du rayonnement en 2D ou 3D de la puissance, du gain ou du champ électrique rayonné à une grande distance qui est en fonction de Θ (angle de Site : plan vertical) et φ (angle d'Azimut : plan horizontal). Classiquement, on a pris l'habitude de représenter le diagramme de rayonnement dans deux plans perpendiculaires qui sont : **le plan E** et **le plan H**. Ceux sont respectivement les plans pour lesquels les champs électrique et magnétique atteignent leurs valeurs maximales [4]., il est possible de définir plusieurs paramètres du rayonnement d'une antenne dont l'ouverture, le niveau de puissance et la direction des lobes secondaires.

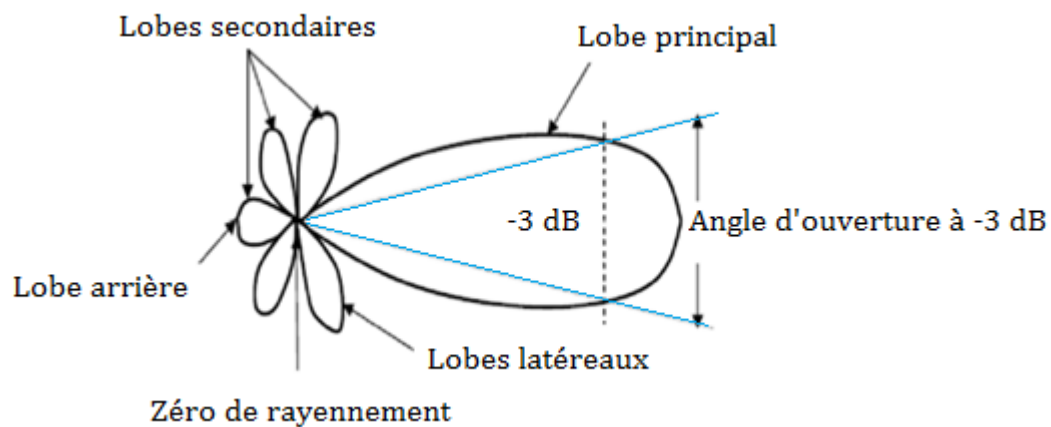


Figure II- 11: Diagramme de rayonnement d'une antenne directive

Il y a trois formes typiques de diagramme de rayonnement : isotrope, omnidirectionnel et directif.

II.3.3. Polarisation

La polarisation est définie comme étant l'orientation du champ électrique d'une onde électromagnétique [4]. Lorsque la direction du champ électrique reste constante dans le temps,

on parle de polarisation rectiligne. Sinon, l'on pourra représenter plusieurs positions successives de et l'extrémité du vecteur représentatif décrit un cercle ou une ellipse. Dans ce cas, le champ rayonné sera donc à polarisation circulaire ou elliptique (voir la Figure II.12) [34].

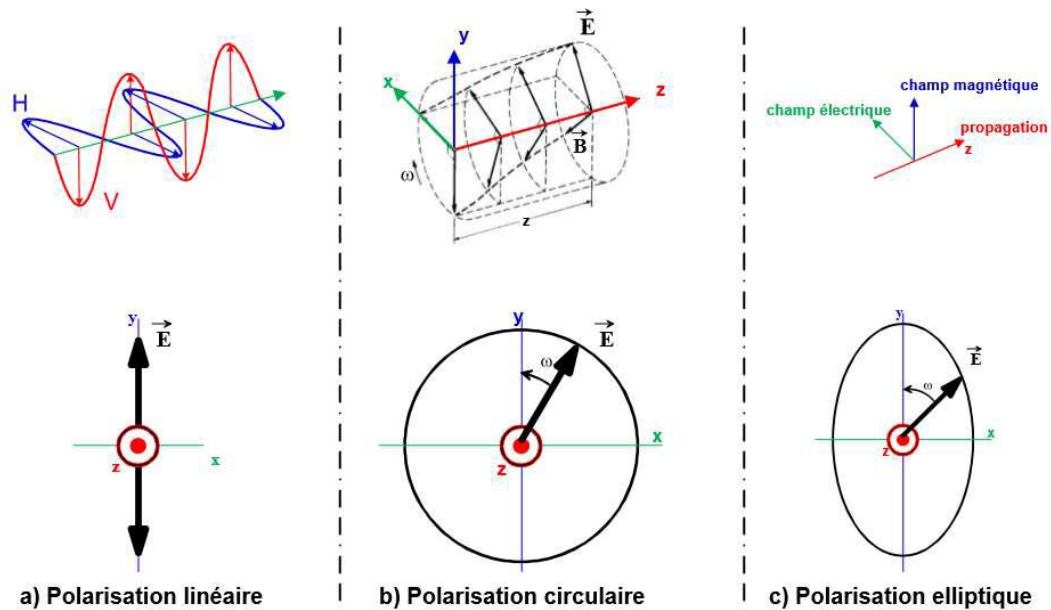


Figure II.12 : Polarisation de l'onde électromagnétique. [27]

II.4. Exemple d'antennes Grandes Bandes

II.4.1. Les antennes indépendantes de la fréquence

Concept d'antenne indépendante de la fréquence a été introduit par RUMSEY en 1957. Celui-ci propose de choisir une antenne dont la forme géométrique est uniquement définie par des angles et non par des longueurs. Comme une telle structure s'étend à l'infini, il faut choisir celle qui conserve la propriété d'être indépendante de la fréquence lorsque ses dimensions sont finies. [38]

II.4.1.1. Les antennes spirales

II.4.1.1.1. Antenne spirale conique

Ces antennes comprennent P (nombre paire) brins rayonnants qui peuvent être soit des fils de section constante et dans ce cas l'antenne n'est pas réellement indépendante de la fréquence, soit des brins dont les dimensions à partir du pôle d'expansion croissent

proportionnellement au rayon vecteur. Dans ce cas, l'antenne sera dite à "brins épais" qui pourront être soit des plaques (épaisseur constante), soit des brins circulaires. [39]

Le principe de fonctionnement équiangulaire est donc le même. L'antenne est dimensionnée identiquement sur une large bande de fréquence, et possède un rayonnement unidirectionnel, avec le maximum du champ dirigé sur l'axe du cône vers son sommet.

La figure (II-13) ci-dessous montre une structure d'antenne spirale conique. [15]

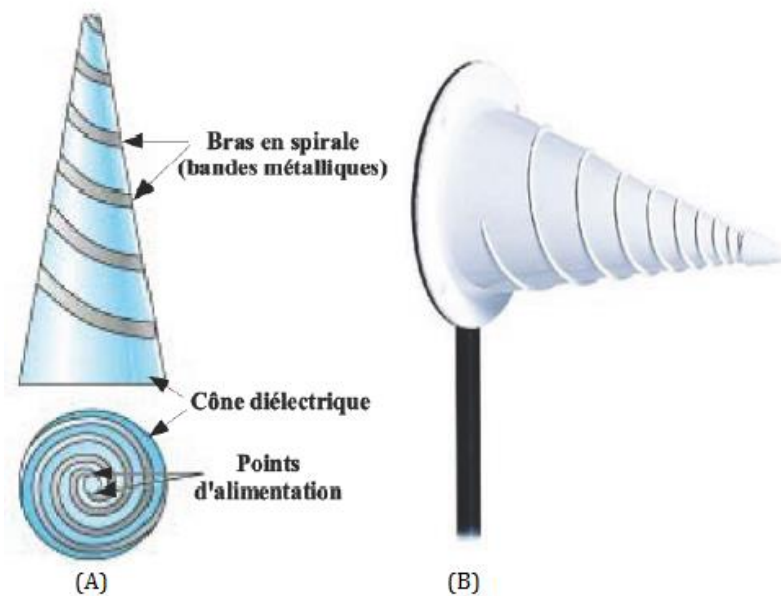


Figure II- 12: Antenne spirale conique. (A) Vue de côté et de dessus, (B) un plan transversal [27]

II.4.1.1.2. L'antenne spirale équiangulaire (logarithmique)

L'antenne spirale logarithmique, est définie en coordonnées polaires (ρ, φ) par :

$$\rho = e^{a(\varphi-\delta)} \quad \text{Où} \quad \varphi - \delta = \frac{1}{a} \text{Ln}(\rho) \quad (\text{II-15})$$

Où a et δ sont des constantes

Pour cette courbe particulière, l'angle φ entre la spirale et rayon vecteur reste constant pour tous les points de la spirale, ce qui lui a donné son nom.

Sur la figure (II-14), les équations de la courbe 1 et 2 limitant une des bandes métalliques s'écrivent.

$$\rho_1 = k. e^{a\varphi} \quad \text{Et} \quad \rho_2 = k. e^{a(\varphi-\delta)} \quad (\text{II-16})$$

Et celles des courbes 3 et 4 limitant l'autre bande sont

$$\rho_2 = k. e^{a(\varphi-\delta)} \quad \text{Et} \quad e'_2 = k. e^{a(\varphi-\delta-\pi)} \quad (\text{II-17})$$

Les constantes a , k et δ sont caractéristiques de la spirale et de la largeur des bandes.

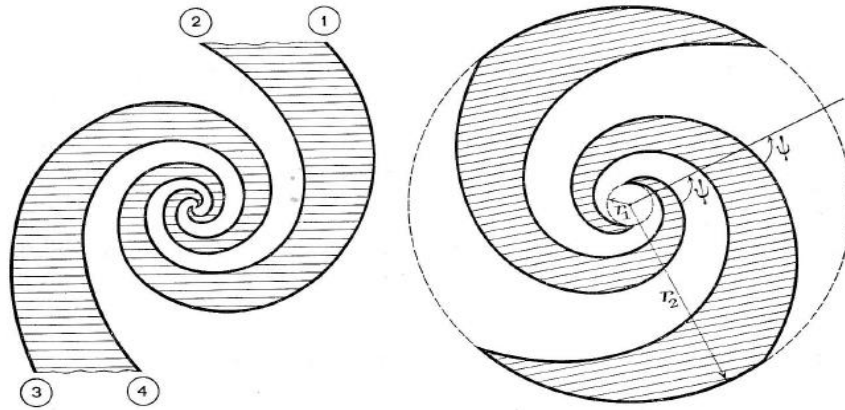


Figure II- 13: L'antenne spirale équiangulaire [38]

II.4.1.2. Antenne log-périodique

Les antennes log périodique ont été conçues pour la première fois par Duhamel et Isabell en 1959. Elles s'appuient sur le principe d'une antenne dimensionnée pour toutes les fréquences mais de façon périodique et non répétitive.

Dans la suite, on va examiner plusieurs antennes de ce type. [5]

II.4.1.2.1. Antenne log périodique de forme circulaire

L'antenne est constituée d'éléments rayonnants (ou dents) qui se déduisent les uns des autres par des homothéties ; chaque élément est accordé à une fréquence proche de celle de l'élément voisin. Une telle structure, dotée de nombreux éléments et pour laquelle l'écart des fréquences de résonance entre éléments rayonnants voisins est petit, constitue un dispositif très large bande. [16]

Cette antenne de forme circulaire est déterminée par les relations suivantes : **(figure II-15)**

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} \quad (\text{II-18})$$

$$c = \frac{r_n}{R_n} \quad (\text{II-19})$$

τ : Définit la périodicité des caractéristiques de l'antenne

c : Définit la largeur des dents

Les angles a et b définissent la longueur des dents r_{\min} et r_{\max} limitent les extrémités de la structure.

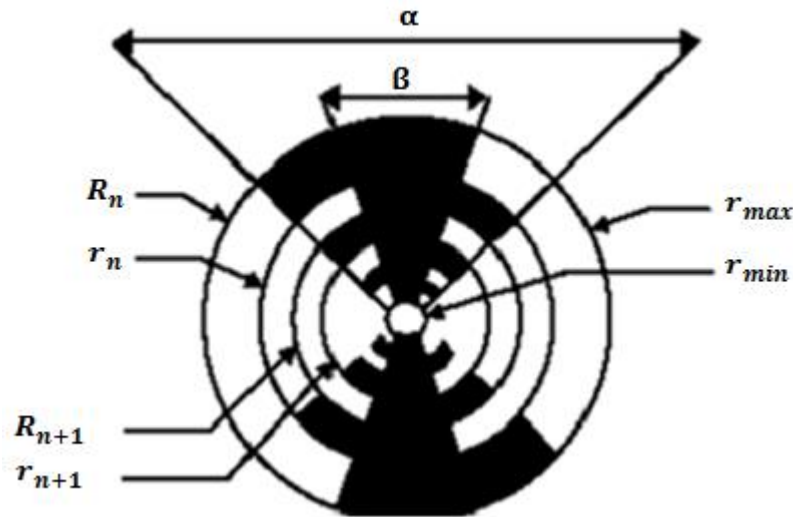


Figure II- 14: Antenne log-périodique circulaire [21]

II.4.1.2.2. Antenne log périodique de forme trapézoïdale

L'antenne log périodique de forme trapézoïdale est un autre exemple d'antenne log périodique. Cette antenne se déduit aisément de la précédente.

Une représentation de l'antenne trapézoïdale est présentée sur la **figure (II-16)**.

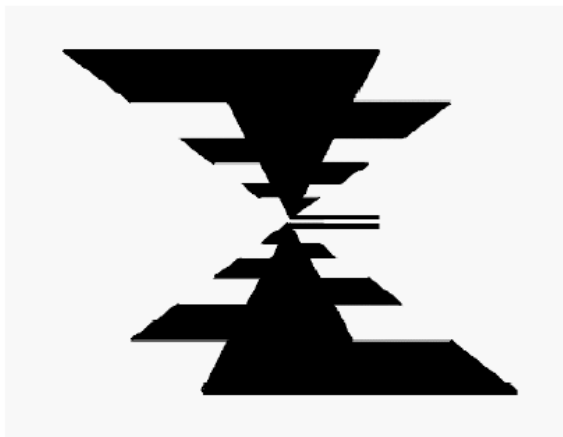


Figure II- 15: Antenne log-périodique de forme trapézoïdale.

Cette antenne étant plus facile à construire que la précédente, est plus couramment utilisée que l'antenne de forme circulaire. Elle possède exactement les mêmes caractéristiques: diagramme de rayonnement bidirectionnel, bande passante de plusieurs octaves, antenne dispersive. [21]

II.4.1.2.3. Antenne LPDA (log periodic dipole array)

Le principe de la périodicité logarithmique est appliqué à un alignement de dipôles. L'alignement est défini par un angle α , l'espacement entre les éléments ainsi que la distance entre deux brins consécutifs sont donnés par la relation suivante : (figure II-17) [38]

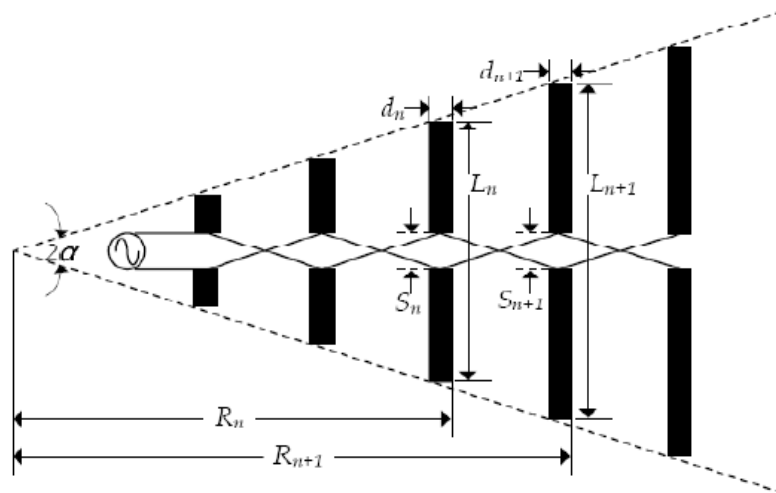


Figure II- 16: Géométrie de l'antenne dipôle log-périodique

$$\tau = \frac{L_{n+1}}{L_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{S_{n+1}}{S_n} = \frac{R_{n+1}}{R_n} < 1 \quad (\text{II-20})$$

Lors de la réalisation de cet aérien, l'alimentation des éléments par deux fils parallèles conduisait à des résultats médiocres. Ceci pouvait être attribué au fait que le lobe principal de rayonnement était dirigé dans le sens des dipôles de longueur croissante et interférait avec les dipôles fonctionnant aux faibles fréquences. Une alimentation alternée des divers éléments consécutifs a permis d'obtenir un lobe principal dans le sens des longueurs de dipôles décroissantes et a réduit cette interaction. [27] [38]

II.4.2. Antennes Directives

II.4.2.1. Antenne cornet

L'antenne cornet est un concentrateur d'énergie électromagnétique dans une direction particulière. Ces antennes sont couramment utilisées pour des mesures de diagramme de rayonnement ou encore dans le cadre d'applications GPR (Ground-penetrating radar). Ces antennes sont constituées de guides d'onde rectangulaires ou circulaires intrinsèquement large bande et d'une transition pour l'adaptation d'impédance. La bande passante est relativement large. [27]

Pour cette raison son utilisation est très répandue en hyperfréquences. Le transformateur de puissance électromagnétique guidée en puissance rayonnée est l'antenne cornet (**Figure II-18**). Sa forme permet de dépasser graduellement des dimensions du guide d'onde à l'espace libre. L'onde est ainsi naturellement projetée dans l'espace libre. C'est le même principe que le cornet acoustique.

De façon très naturelle, le rayonnement a lieu dans l'axe du guide d'onde. Cette antenne est plus

Directive que les précédentes, dans la mesure où la puissance n'est émise que dans une région de l'espace limitée. [40]

Les cornets présentent les avantages suivants :

- La pureté de leur polarisation permet de caractériser d'autres antennes.
- Une large bande passante et un gain important.

L'inconvénient majeur de ce type d'antennes est son poids et son coût, car elle est entièrement métallique. Les antennes satellites sont essentiellement de ce type et, dans ce cas, le poids est un inconvénient majeur qui est contrebalancé par la solidité et le gain de ces antennes. Ce sont aussi les antennes utilisées dans les systèmes radar en raison de la puissance élevée qu'elles supportent. Du fait de leur constitution métallique, elles présentent peu de pertes et du fait de leur forme, elles sont très directives.

Les antennes cornets de forme cylindrique, conique ou pyramidale sont utilisées comme des antennes sources pour éclairer un réflecteur parabolique.

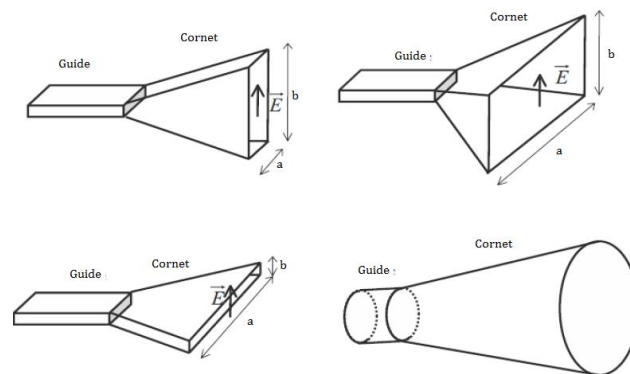


Figure II- 17: Différents types de cornets [37]

II.4.2.2. Antenne à transition progressive (Vivaldi)

Les antennes à transition progressive ont été proposées la première fois par Gibson vers la fin des années 70, bien qu'un élément semblable a été proposé plusieurs années avant. L'antenne à transition progressive (TSA : Tapered Slot Antenna) est une classe d'antenne à onde progressive connue sous le nom d'antennes à onde de surface. Ce sont des antennes à deux dimensions présentant une transition à partir d'une ligne ou d'un guide d'onde imprimé. Elles sont généralement constituées par une ligne de fente s'élargissant suivant un profil donné jusqu'à la discontinuité finale. [27]

Le profil de ces ouvertures peut être de différentes formes suivant les spécifications de rayonnement souhaitées. Ainsi, les antennes Vivaldi ou ETSA présentent un profil de transition exponentiel ou elliptique et se caractérisent par une faible polarisation croisée. D'autres types de de transition ont été étudiés comme l'antenne à fente à transition progressive linéaire (LTSA), à ligne briés (BLTSA), ou exponentielle puis constante (CWSA). (figure II-19).

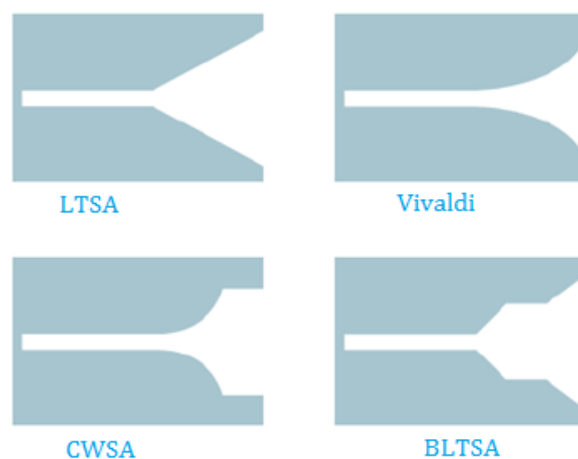


Figure II- 19: Différents type de TSA [25]

L'antenne Vivaldi est comparable à un cornet, mais dans un plan. Il offre le même avantage d'adaptation avec l'espace libre que le cornet, et son encombrement est celui d'une antenne imprimée : faible dans une dimension. En contrepartie, les puissances supportées sont plus faibles et la polarisation est rectiligne. Contrairement aux antennes imprimées classiques comme les spirales, le champ électromagnétique est émis dans le plan de l'antenne Vivaldi dans la direction de l'ouverture, et non orthogonalement au plan. [41]

II.5. Conclusion

Ce chapitre est consacré à la présentation générale des antennes Large Bande et leurs caractéristiques principales.

Aussi nous avons présenté une comparaison entre les systèmes LB et les systèmes à bandes étroite.

Ensuite on a cité quelques domaines d'applications des LB (applications liées aux communications aux radars, localisation), et quelques types d'antennes indépendant de la fréquence (spirale, log-périodique), et les antennes directives (cornet, Vivaldi) utilisé pour la création d'une Bande Large.

Après l'étude de ces modèles on a choisi d'utiliser un modèle patch qui a comme avantage sa facilité de réalisation.

Chapitre III :

Simulation de résultats

III.1. Introduction

Après la revue approfondie des technologies et des antennes utilisées en large bande qui a fait l'objet des deux premiers chapitres, ce chapitre a pour but de simuler une antenne à Bande Large.

On a simulé une antenne patch fonctionnant à une fréquence bien déterminée et avec une alimentation par ligne micro ruban, pour arriver à une structure finale optimisée, On va jouer sur les paramètres géométriques de cette antenne.

La conception d'antenne proposée et Les performances sont analysées en utilisant le logiciel (HFSS) (High Frequency Structure Simulator).

III.2. Logiciel HFSS (High Frequency Structure Simulator)

HFSS est un logiciel de simulation électromagnétique qui étudie des structures complexes en trois dimensions en simulant ces structures et en proposant des visualisations claires des résultats en 2D et en 3D.

HFSS est utilisé essentiellement pour les expérimentations et les études de systèmes fonctionnant en hautes fréquences, il est exploité notamment pour calculer les paramètres S, les fréquences de résonances ainsi que les champs électromagnétiques.

En utilisant les équations de Maxwell, le HFSS divise les structures géométriques complexes en des formes géométriques plus simples, précisément des tétraèdres sur lesquels le calcul mathématique sera plus faisable, d'où on commence à parler de la convergence qui est la persistance des résultats obtenus. Le logiciel présenté ici utilise la méthode des éléments finis.

Et qu'on a des avantages, des inconvénients se présentent pour ce logiciel, et qui résident dans les points suivants :

- Complexité de travail et de création des structures ayant des larges détails de conception.
- La nécessité d'avoir maîtrisé l'utilisation du logiciel, avant d'aborder le projet, parce qu'on est obligé de se servir des opérations booléennes parfois, pour dessiner des surfaces ou formes n'ayant pas une forme géométrique bien définie. En plus on doit faire attention aux frontières (Boundaries), il ne faut pas avoir des conflits entre une surface de radiation par exemple et une surface conductrice.

- La simulation pourra prendre une durée de plusieurs heures jusqu'aux plusieurs jours parfois, surtout si le projet à simuler est d'un volume relativement grand, et présente beaucoup de détails.[12]

III.3. Antenne patch

Une d'antenne patch, se compose généralement de trois couches principales :

- Le plan de masse : Métallique
- Un substrat : C'est un diélectrique avec ϵ_r et μ_r
- Le patch : Prend plusieurs formes (rectangle, cercle... etc.)

III.3.1. La géométrie de base de l'antenne

La figure (III-1) représente la structure d'une antenne patch, qui est constitué d'un seul élément rayonnant, pour arriver à une structure finale optimisée, alimenté avec un micro-ruban.

Le type du substrat qu'on a utilisé c'est le FR-4 ayant des constantes diélectriques relatives $\epsilon_r = 4.3$ avec d'épaisseur $h=1.6$ mm.

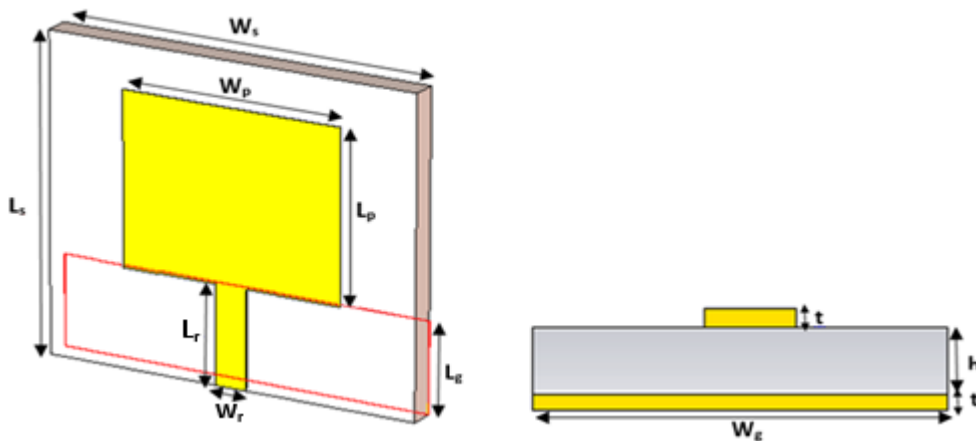


Figure III-1:L'antenne monopole planaire (rectangulaire)

Les calculs des dimensions de ce modèle est faite par les équations ci-dessous : [42]

$$W_{patch} = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (III-1)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[1 + 12 \cdot \frac{h}{W_{patch}} \right]^{-1/2} \text{Si } W_{patch}/h > 1 \quad (III-2)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff}+0.3)\left(\frac{W_{patch}}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{reff}-0.258)\left(\frac{W_{patch}}{h}+0.8\right)} \quad (\text{III-3})$$

$$L_{patch} = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (\text{III-4})$$

Tel que :

$$L_{substrat} = 6.h_{substrat} + L_{patch} \quad (\text{III-5})$$

$$W_{substrat} = 6.h_{substrat} + W_{patch} \quad (\text{III-6})$$

ϵ_{reff} : Permittivité effective du substrat.

ϵ_r : Permittivité du substrat.

$W_{substrat}$: Longueur du substrat.

$L_{substrat}$: Largeur du substrat.

W_{patch} : Longueur du patch.

L_{patch} : Largeur du patch

Où 'C' c'est la vitesse de la lumière ($c = 3.10^8 m/s$)

Les dimensions d'antenne étudié est résumée dans le tableau suivant :

Tableau III- 1: Dimensions de l'antenne

Paramètres	Dimensions(mm)	Paramètres	Dimensions(mm)
$W_{substrat}$	28.6	$L_{substrat}$	24
W_{patch}	19	L_{patch}	14.4
W_{gnd}	28.6	L_{gnd}	6.6
W_{rub}	2	L_{rub}	6.6
H	1.6	T	0.036

III.4. Simulations et résultats

III.4.1. Les résultats obtenus avec logiciel HFSS

Présentation de notre antenne est montrée sur la figure (III-2).

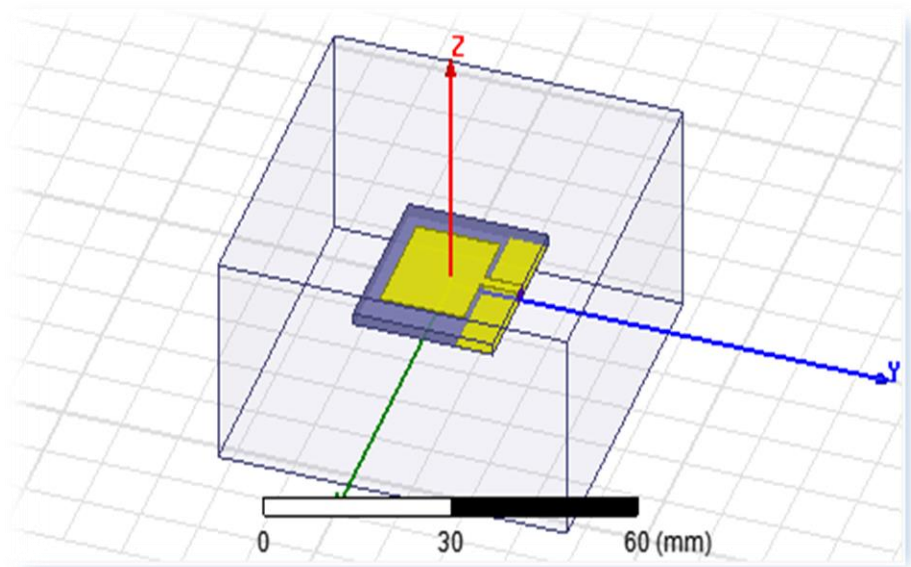


Figure III-2 : Structures 3D de l'antenne simulée par logiciel HFSS.

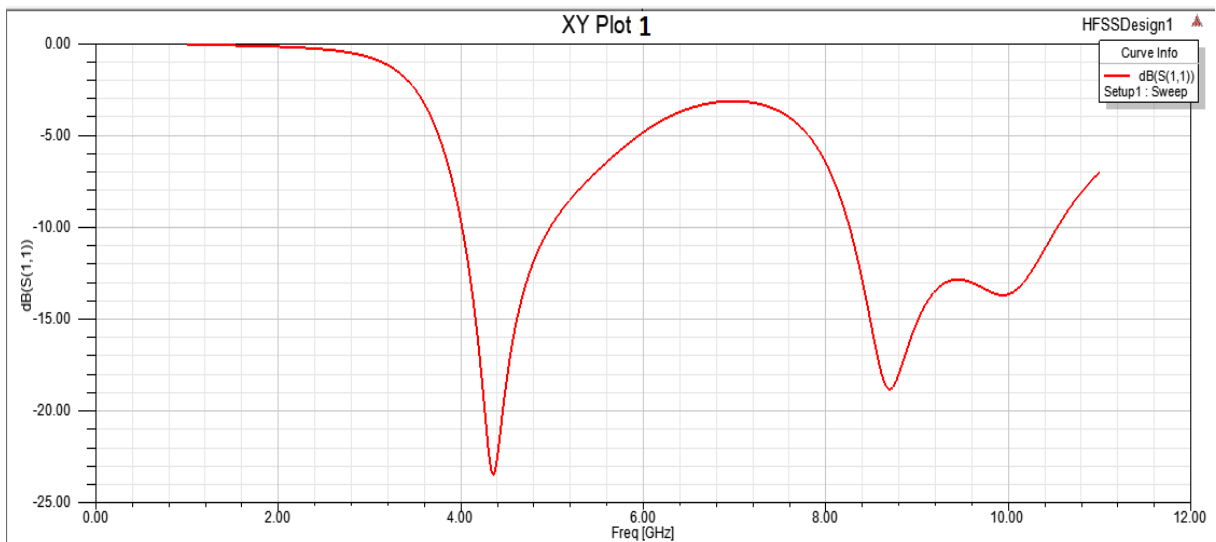


Figure III-3: Coefficient de réflexion $S[1,1]$ de la structure optimisée obtenus par HFSS.

La figure (III-3) représente le coefficient de réflexion avec logiciel HFSS. La bande passante c'est une plage de fréquence (en GHz) qui laisse passer des applications multimédia, dans ce qui suit, nous allons donner certaines applications et le domaine d'utilisation :

- ✓ La Bande C : de 2 GHz jusqu'à 8 GHz utilisé pour les applications radar.

✓ La Bande ISM (industrielles scientifiques et médicales) : 2.4 GHz à 5 GHz.

L'objectif essentiel serait de garantir l'émission ou la réception aux fréquences désirée avec la meilleure adaptation possible ($S_{11} < -10$ dB). Pour adapter l'antenne, on a utilisé des encoches, il suffit de modifier la géométrie du patch en utilisant les potentialités de HFSS (Figure III- 3).

III.4.2. Étude paramétrique

III.4.2.1. Effet de la géométrie du plan de masse

Afin d'étudier l'influence de la largeur du plan de masse sur les caractéristiques d'antenne, nous allons varier la largeur notée par 'Lg' figure (III-4).

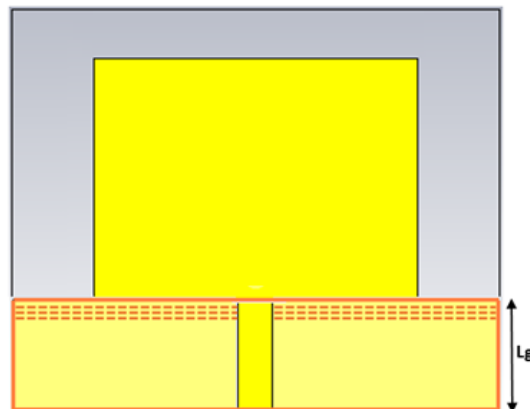


Figure III-4: Variation de la largeur Lg

Les résultats de la simulation obtenus sont montrés dans la figure (III-5).

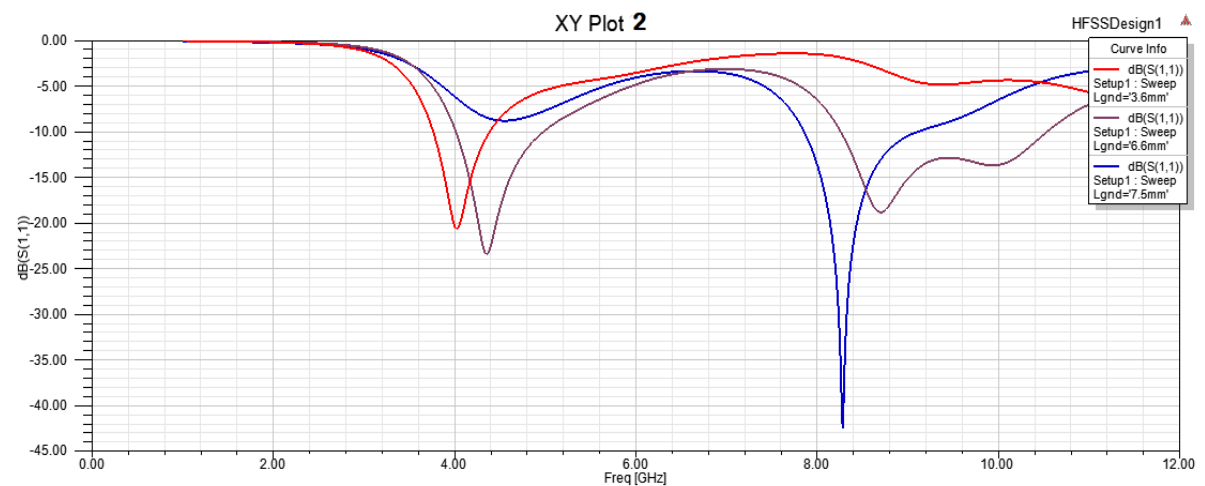


Figure III-5: Coefficient de réflexion en fonction de fréquence

on remarque d'après la simulation de l'antenne conçue en utilisant l'alimentation par ligne micro-ruban , que l'adaptation est mauvaises $S_{11}=-20.53$ dB pour $L_g =3.6$ mm, $s_{11}=-23.19$ db pour $L_g =6.6$ mm . Pour adapter notre antenne, on a réalisé des encoches, on a obtenu une adaptation parfaite de -42.46 dB pour $L_g=7.5$ mm .

Les résultats de la simulation montrent que la largeur du plan de masse affecte les performances de l'antenne, le meilleur résultat est $L_g=7.5$ mm pour la fréquence 5GHz.

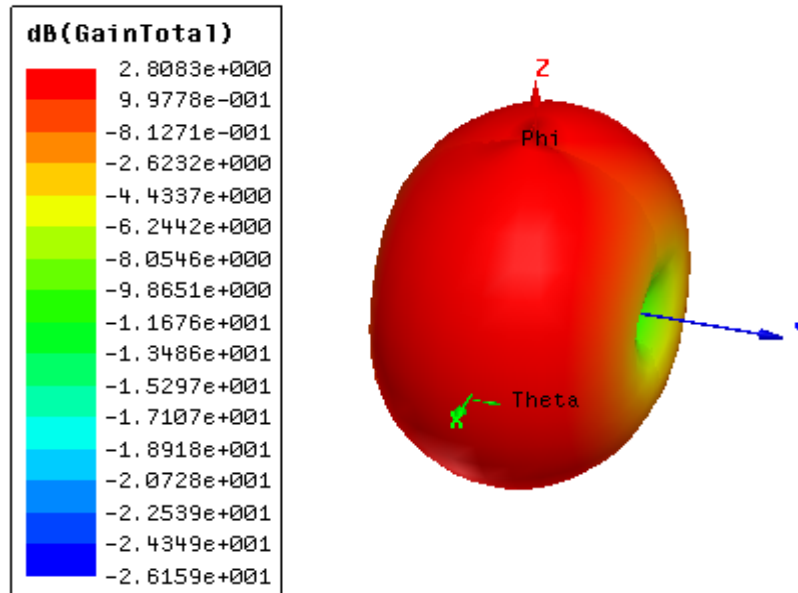


Figure III-6: Diagramme de rayonnement 3D du gain

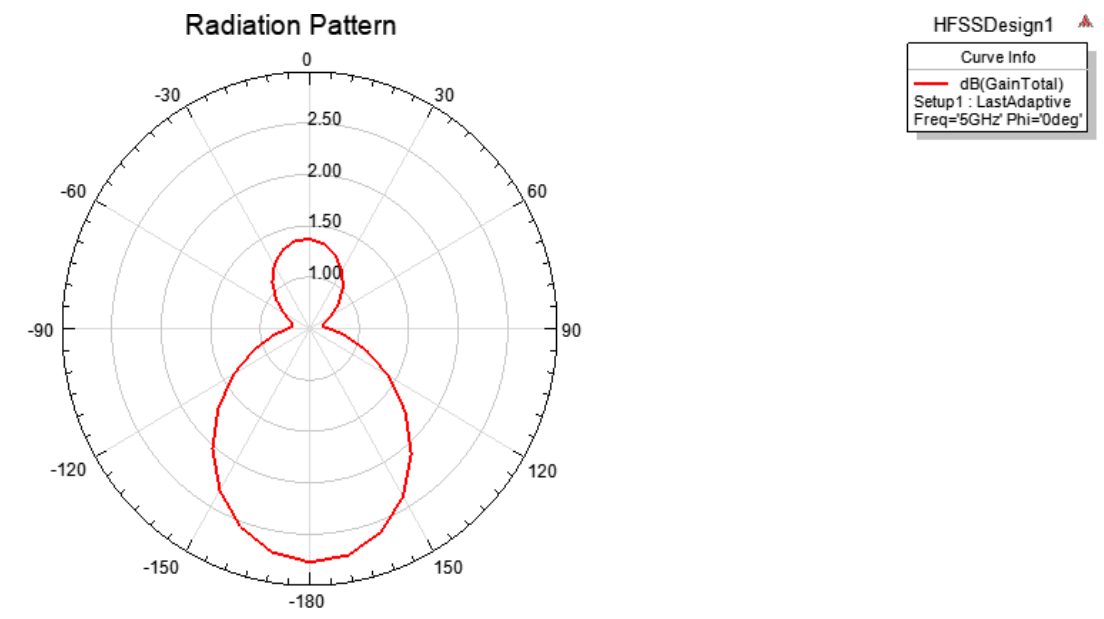


Figure III-7: Diagramme de rayonnement du gain.

III.4.2.2. Effet de dimension de l'élément rayonnant

La figure ci-dessous qui la variation de la variante 'F' illustrer prend différent valeurs 13 ,14,15,16 et 17 mm.

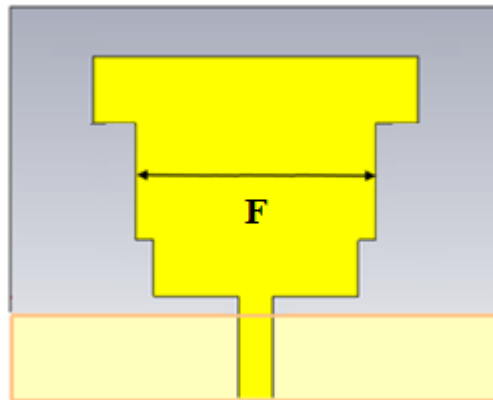


Figure III-8 :Variation de la largeur **F**. [43]

La figure (III-9) montre notre modèle à étudier, et les résultats de coefficient S11 qu'on a obtenue représenté dans la figure suivante :

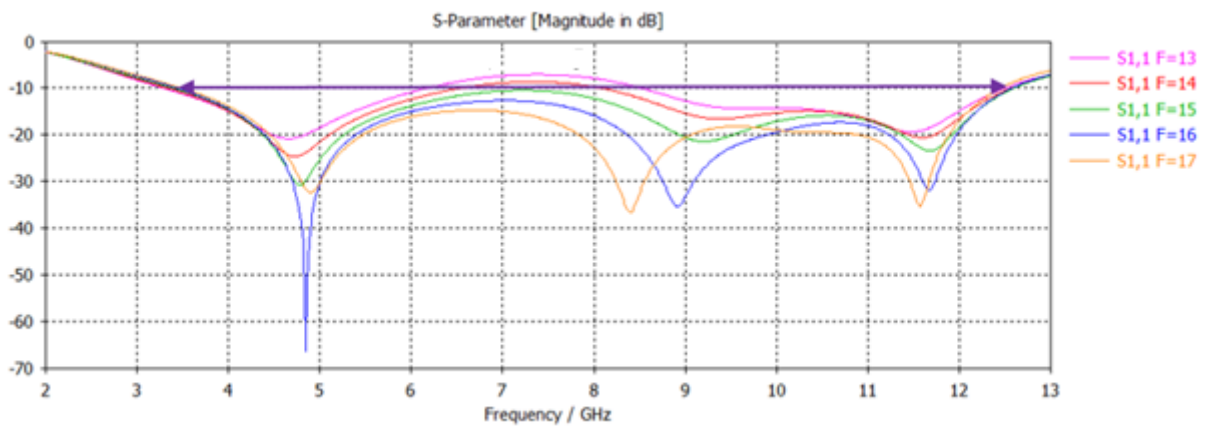


Figure III-9 : coefficient de réflexion en fonction de fréquence. [43]

D'après cette figure (III-9), nous remarquons que le meilleur résultat a été obtenu pour une valeur $F=17\text{mm}$. on peut constater clairement l'augmentation de la largeur de bande avec la variation de F (mm).

III.4.3. Etude comparative

Pour valider notre résultat obtenu avec HFSS, on a comparé la même structure avec logiciel CST-MS [43]. La figure (III-10) Structures 3D de l'antenne simulée par logiciel HFSS.

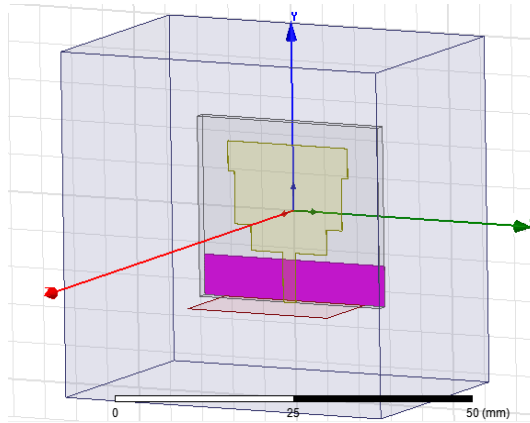


Figure III- 10: Structures 3D de l'antenne simulée par logiciel HFSS. [43]

Présentation de notre antenne est montrée sur la figure (III-10).

La figure (III-11) représente le coefficient de réflexion sous logiciel HFSS.

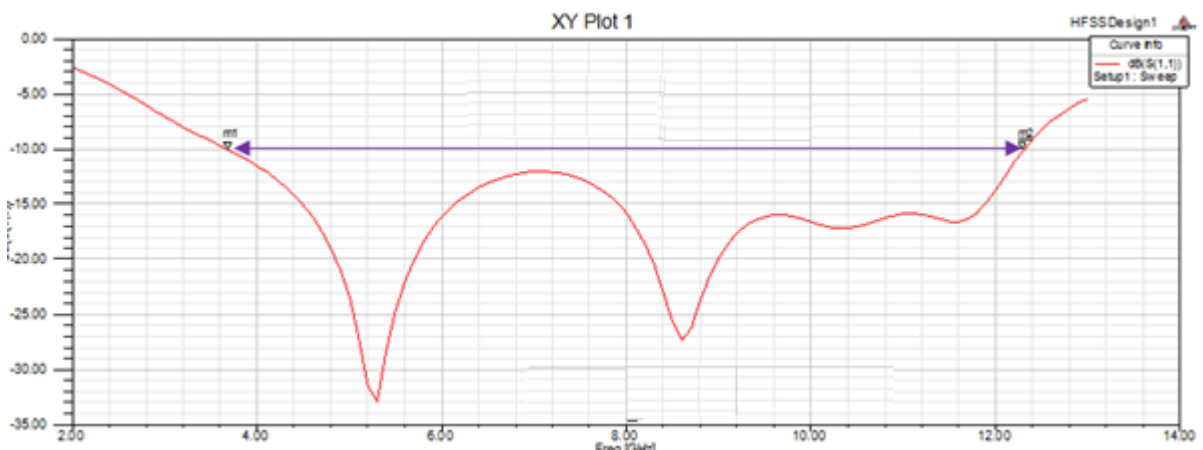


Figure III- 11: Coefficient de réflexion $S[1,1]$ de la structure optimisée obtenus par HFSS. [43]

III.4.4. Comparaison du résultat obtenu avec CST-MS [43] et l'autre de HFSS

Il est bien clair en termes de largeur de bande, les résultats restent très comparables, nous remarquons qu'il y a une légère différence sur les fréquences de résonances à part la troisième fréquence ($F_r=11.57\text{GHz}$) au CST-MS [43] est disparaît au HFSS, Comme le montre le tableau suivant :

Tableau III- 2: Résultats de comparaison entre HFSS et CST[43]

PARAMETRE	CST – MS [43]	HFSS
LA BANDE PASSANTE EN (GHZ)	3.48 – 12.45	3.70-12.30
LA BANDE FREQUENTIEL	1.13	1.07
FREQUENCE RESONANCE (GHZ)	4.87 8.40 11.57	5.20 8.60
Niveau S [1 ,1] (dB)	-31.40 -34.66 -33.75	-31.39 -27.09

Le tableau (III-2) présente une comparaison entre le résultat obtenu avec HFSS et autre logiciel CST-MS [43], nous remarquons un léger décalage en fréquence entre les deux simulations, à cause de la différence entre les deux méthodes de calcul utiliser par ces deux logiciels.

Le CST-Mecrowave Studio utilise la méthode temporelle, et le HFSS utilise la méthode fréquentielle.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des géométries simples inspirées d'une antenne micro-ruban rectangulaire. L'antenne proposée dispose d'une taille compacte, d'une structure simple, d'une bonne largeur de bande et de diagramme de rayonnement stable, confirment son aptitude dans des systèmes de communication large bande.

Finalement Nous avons comparé Les résultats obtenus par logiciel HFSS et Le CST-Mecrowave Studio.

III.6. Perspective

Comme perspective, nous voulions atteindre un meilleur résultat que nous avons atteint dans cette mémoire et afin d'atteindre quelque but, notamment :

✓ L'antenne miniature ou électriquement petite, est l'antenne dont la taille est beaucoup plus petite que la longueur d'onde à sa fréquence de travail. Permet ses avantages : faibles coût,

Facilité de conception, d'intégration, Compatible avec la technologie moderne L'adaptation des basses fréquences ($< 2\text{GHz}$) : par exemple pour capter les applications mobiles : Bluetooth, Wi-Fi, 1G, 2G ...etc.

✓ Diagramme de rayonnement uniforme (isotrope) : pour rayonnerait de façon uniformément dans toutes les directions.

✓ Étude de l'effet de magnétique et de diélectrique (substrat) sur les paramètres de l'antenne.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été personnalisé à travers la conception d'applications à large bande Multiple multiple.

Et pour cela, le premier chapitre présentait une étude générale des antennes LB,

Puis un tour d'horizon des différents types d'antennes LB (redresseur, tout compris...etc), et Nous avons donné une description de l'antenne patch et de ses différentes technologies l'alimentation électrique, et nous concluons avec les principales technologies d'extension qui permettent cette Modifie les propriétés de l'antenne.

Le deuxième chapitre représente la technologie large bande. Nous avons présenté les caractéristiques principales de LB et caractérisation des antennes large bande aussi cite quelque domaines d'application de large bande ,et nous avons quelque type d'antennes indépendant de la fréquence et les antennes directives .

Nous consacrons le troisième chapitre à la simulation de l'antenne patch rectangulaire de Une technologie à large bande qui garantit capacité et confort pour les utilisateurs.

Nous avons La liste est aussi une étude paramétrique, nous avons conclu de cette étude que Les propriétés de l'antenne patch est très sensible du l'impact de l'évolution très faibles de ses dimension estimés à moins de 1 mm .

Nous avons obtenu une meilleure performance en termes d'adaptation, d'impact et Bande de fréquence.

À la fin on a comparé le résultat final qu'on a obtenu par HFSS avec autre logiciel de simulation connu par CST , le résultat de la simulation montre des accords raisonnables.

Spécification de cette antenne peuvent être utilisé pour les systèmes WiMax, Radar.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] **Université Du Québec En Abitibi-Témiscamingue, Mémoire** " Conception D'un Nouveau Système D'antenne Réseau Conforme En Onde Millimétrique". Présenté À L'université Du Québec À Chicoutimi ; Par Hamid C Horfi Mai2012
- [2] **support de court** "système de communication " Réalisé par : Ben Salem Jamel Décembre 2014, Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul
- [3] **Mémoire de Fin d'Etudes** "Conception et simulation d'une antenne micro ruban",Présenté par MOUNIB Hicham encadré par Dr. HAMAIZIA Zahra juin 2012.
- [4] **AZZAZ RAHMANI Salima.** "Analyse et conception des antennes imprimées multi-bandes en anneaux concentriques pour les réseaux de télécommunications". Thèse de Doctorat. Juillet 2013. Université Abou Bakr Belkaid–Tlemcen
- [5] **SOLTANE Samia.** "Étude et caractérisation d'antennes imprimées pour système ultra-large bande". Mémoire de Magister. Le 17/11/2015. Université Mohamed Khider –Biskra
- [6] **Université des Sciences et de la Technologie d'Oran MOHAMED BOUDIAF,** Ecole Doctorale des Technologies et Applications Spatiales, Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de Magister , Présenté par : Brahim Ali "Etude de la Technologie des Antennes Multi-bandes pour les Applications Spatiales" **2009** , Mr. HADJ ABDERAHMANE Lahcen Encadreur
- [7] **A. E. Ahmad** , "Conception d'antennes réseaux aux performances optimisées par la prise en compte des couplages inter éléments. Application à la formation de faisceau 106 et à la polarisation circulaire", Thèse de doctorat présentée à l'université de Limoges, France, 2010.
- [8] **Chabane Bennai et Benmansour Thorayya.** "Analyse et conception d'antennes Vivaldi". Mémoire de Master. En2013. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- [9] <https://ar.scribd.com/doc/306817231/aksas-livre> .25/01/2017. 22:17
- [10] **Keith R. CARVER, JAMES W. MMINK,**" Microstrip Antenna Technology " IEEE Trans. Antennas Propagation vol AP-29, n1, pp. 2-24, Jan 1981
- [11] **these pour obtenir le garde de docteur de l'univ de grenable** ,"conception d'antenne intelligente reconfigurable pour la radio cognitive ,par trong duc nguyen

Bibliographie

- [12] **Mémoire de Fin d'Etudes** En vue de l'obtention du diplôme MASTER, theme: Conception et Simulation d'une antenne micro-ruban circulaire ; Présenté par : Touati Mohamed Houssein Eddine Soutenu le : 05 Juin 2014 Mr. HAMAIZIA Zohra Encadreur
- [13] **Mme. Yamina tighil** doctorat en sciences - tidentification des antennes micorubans multicouches par la methode spectrale et les reseaux de neurones-univesite ferhat abbas - setifufas(ALGERIE)
- [14] **Rabia Yahya.** "L'étude et la réalisation des antennes ultra large bande à double polarisation". Mémoire 2011.université du Québec
- [15] **Khalifa Beneddine.** "Étude et conception des antennes imprimées pour la technologie Ultra-Large Bande". Mémoire de Master. Juin 2014. Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes.
- [16] **ROUIBAH Ammar.** "Étude d'une antenne microruban de forme arbitraire par la méthode FDTD". Mémoire de Magister. 28/10/2009. Université Ferhat Abbas Setif.
- [17] **Kebbab Radhwane.** "Conception d'antennes Ultra Large Bande en technologie imprimée". Mémoire de Magister. 2010. Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.
- [18] **Keith R.Carver and James W. Mink,** "Microstrip antenna technology", IEEE, Trans on antennas and propag, Vol. AP-29, pp.2-29, 1981.
- [19] **Zhi Ning Chen, Michael Y. W. Chia.** "Broadband planar antenna, Design and applications". Southern Gate, Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 243p,2006.
- [20] **CHAMI Ali,** " Miniaturisation et intégration d'antennes imprimées pour systèmes communicants ULB pulsés ", Thèse de Doctorat en Électronique, Université de Nice-Sophia Antipolis, 2011.
- [21] **Laurence BABOUR,** " Etude et conception d'antennes ultra large bande miniaturisées en impulsional ", Thèse de Doctorat spécialité optique et radiofréquences, Institut Polytechnique de Grenoble, 2009
- [22] **V.H Rumsey,** " **requecy Independant Antenna** , in ,1957,pp.144-118
- [23] **C .A.Balanis,**Antenna Theory Analysis and Design 2 ed eddition .J.Wiley& SONS, 1997.
- [24] **FCC 1st Report and Order** on Ultra-Wideband Technology, February. 2002.

Bibliographie

- [25] **Ziani Kerati Djalal** "Etude Et Conception D'antennes Ultra Large Bande " Titre Magister En Telecommunications Universite Abou Bakr Belkaid –Telemcen .
- [26] **Guillaume Clementi**. ''Conception et caractérisation fréquentielle et temporelle d'antennes réseaux planaires a très Large Bande Passante''. Thèse de Doctorat. 23 novembre 2011. Université de Nice - SophiaAntipolis.
- [27] **Zitouni Ahmed**. ''Étude et conception d'antennes ULB standards et à bandes rejetées''. Thèse de Doctorat. Juin 2014. Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen
- [28] **Trong Duc NGUYEN**. ''Conception d'antenne intelligente reconfigurable pour la radio cognitive''. Thèse de Doctorat. 24/10/2012. L'université de Grenoble
- [29] **Pr.Maurice Bellanger**''les antennes théorie, conception et applications''. Edition DunodParis. Le 26 juin 2009.Page 92
- [30] **Oumy Diop**.''Étude et minimisation du facteur de qualité d'antennes miniatures conçues pour de petits objets communicant''.Thèse de Doctorat.27 septembre 2013. l'université de Nice-Sophia Antipolis
- [31] **Adrien Godard**. ''Conception et réalisation d'un radar ultra large bande impulsionnel agile (300MHz- 3GHz)'' . Thèse de Doctorat.Le 27 octobre 2009. Université de Limoges
- [32] **Quentin VITALE**, " Modélisation et conception d'antennes radar large bande pour la cartographie de la teneur en eau volumique des sols agricoles ", Thèse De Doctorat , 'université Pierre Et Marie Curie, juin 2014
- [33] **Hedi RAGAD**, "Etude et conception de nouvelles topologies d'antennes résonateur diélectrique dans les bandes UHF et SHF", Thèse de Doctorat, 'Université de Tunis El Manar Tunisie, novembre 2013
- [34] **ADIL KAMIL**"CONCEPTION D'UNE ANTENNE PATCH ULTRA-LARGE BANDE (3.1 GHz-10.6 GHz)", Mémoire de Maitre ès sciences, Université du Québec, 2011,
- [35] **Hamid Chorfi**. ''Conception d'un nouveau système d'antenne réseau conforme en onde millimétrique '' . Mémoire de Magister. Mai 2012. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Bibliographie

- [36] **Guettouchi Hanan.** "Effet de la forme du patch sur les caractéristiques d'une antenne monopole (application TNT)". Mémoire de Master. 26 juin 2013. Université Ferhat Abbas de Setif 1.
- [37] **Ahmed Benomar.** "Etude des Antennes à Résonateurs Diélectriques. Application aux Réseaux de Télécommunications". Thèse de Doctorat. 06 juin 2015. université abou bekr belkaid, tlemcen.
- [38] **Pr.L.Eyraud et Dr.Grange et Dr.H.Ohanessian.** "Théorie et technique des antennes". Edition LIBRAIRIE VUIBERT 63, boulevard saint-Germain 75005 Paris. Page 241,242, 245
- [39]**Pr.G.Dubostet Dr.S.Zisler.**"Antennes à large bande théorie et applications".Edition MASSON Paris New York Barcelone Milan 1976. Page 225
- [40] **Zaoui Bachir.** "Modélisation d'une antenne micro ruban compacte". Mémoire de Master Académique.02/06/2015. Université Echahid Hamma Lakhdar – El oued.
- [41]**Olivier Ripoche.**"Miniaturisation d'antennes en bande vhf pour applications spatiales ". Thèse de Doctorat. 6 novembre 2013.Universite de Toulouse
- [42] **Tebache Soufiane.** "Méthode de caractérisation hyperfréquence des antennes imprimées". Mémoire de Magister. 25/06/2013.Université Mohamed Khider – Biskra.

ANNEXE

A. 1 Description du logiciel HFSS

Le logiciel HFSS (High Frequency Structure Simulator) est un simulateur électromagnétique de haute performance pour les modèles en 3D. Il intègre des simulations, des visualisations et une interface pour résoudre rapidement et de façon efficace les problèmes électromagnétiques en 3D. Son code de calcul est basé sur la résolution des équations de Maxwell à l'aide de la méthode des éléments finis.

Il permet d'obtenir des graphiques performants pour donner à l'utilisateur des résultats et une perspicacité aux problèmes électromagnétiques en 3D. [31]

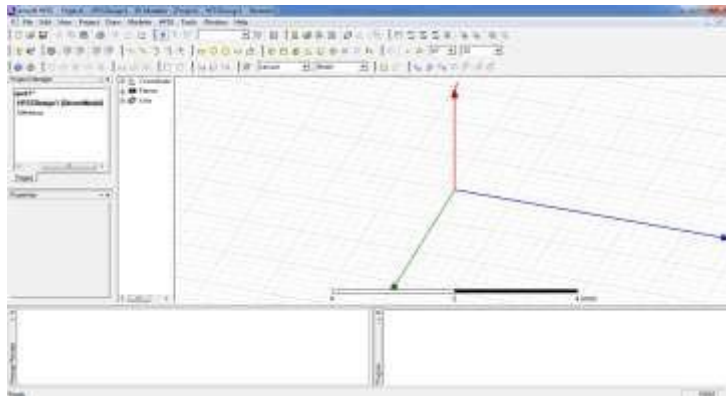


Figure (A-1): L'interface principale de HFSS

Un projet HFSS est un dossier qui contient un ou plusieurs modèles appelés design, chaque modèle contient une structure géométrique, ses conditions aux limites et les matériaux utilisés, ainsi que les solutions de champs électromagnétiques et les interprétations post-traitement. Tous ces composants peuvent être atteints par la fenêtre Project Manager dans l'environnement HFSS. [35]

Le HFSS peut être utilisé pour calculer des paramètres tels que les paramètres S, les fréquences de résonance et les champs. C'est un outil permettant le calcul du comportement électromagnétique d'une structure. Le simulateur possède des outils de post traitement pour une analyse plus détaillée. Il permet le calcul des :

- Quantités de base dans le champ proche et le champ lointain.
- Impédances caractéristiques des ports et leurs constantes de propagation.
- Les paramètres S normalisés par rapport à une impédance de port spécifique afin de générer une solution du champ électromagnétique.

HFSS emploie la méthode des éléments finis. En général, cette méthode divise l'espace de résolution du problème en plusieurs milliers de régions plus petites et représente le champ dans chaque sous-région (élément) avec une fonction locale. [31]

A. 2 Création des projets par HFSS

Sur le menu File, on clique New. On spécifie le nom du projet quand on le sauve, on utilise le chemin : File>Save ou File>Save As. Pour un projet précédemment sauvé, on utilise la commande : File>Open.

A. 2.1 Insertion d'une conception de HFSS dans un projet

- Sur le menu de projet, cliquer sur Insert HFSS Design.
- La nouvelle conception est énumérée dans l'arbre de projet. Elle est appelée HFSS Design par défaut, où est l'ordre dans lequel la conception a été ajoutée au projet.
- La fenêtre du modéliseur 3D apparaît à la droite de la fenêtre de gestion de projet. On peut maintenant créer un modèle de la géométrie.
- On peut choisir le Rescale à la nouvelle option d'unités pour adapter les dimensions aux nouvelles unités.
- On dégage le Rescale à la nouvelle option d'unités (par défaut) pour convertir les dimensions en nouvelles unités sans changer la structure.
- On clique sur OK pour appliquer les nouvelles unités au modèle.

A. 2.2 Dessiner un modèle

Pour créer une structure en 3D il suffit de la dessiner avec les outils mis à disposition par le logiciel.

On peut créer les objets 3D en employant les commandes de l'aspiration de HFSS (HFSSDraw- commands) (FigureA-2).

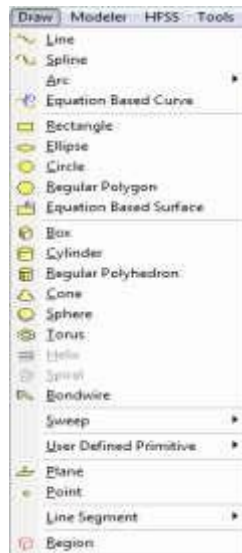


Figure (A-2): Fenêtre de gestion des différents modèles à dessiner sur HFSS

A. 2.3 Utilisation des variables du projet

Pour déterminer une variable, il faut sélectionner Project > Project Variables et entrer son nom, sa valeur et son unité Figure (A-3)

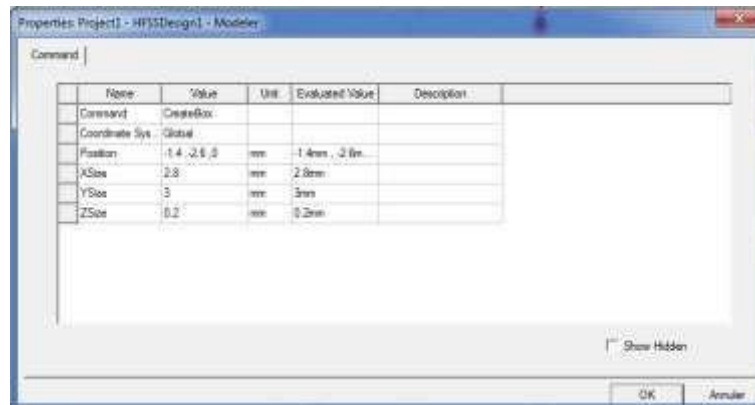


Figure (A-3) : Utilisation des variables dans FSS

A. 2.4 Soustraction des objets

Il arrive souvent que l'on cherche à éliminer quelques parties d'un objet.

- On dessine l'objet principal ainsi que les objets qu'on souhaite soustraire de celui -ci.
- On sélectionne l'objet principal.
- On clique sur Subtract.

- Objets listés dans la partie "Tool Parts" sont à soustraire des objets listé sous "Blank Parts".
- Si l'on veut que HFSS garde une copie des objets soustraits on coche l'option
Clone tool objects before subtract.
- On appuie sur OK.

A. 2.5 Excitation d'une structure

Après avoir dessinée une structure, pour que le logiciel soit capable de faire la simulation, il faut exciter la structure. Il existe différents types d'excitation, listés dans le tableau IV. 1. Le plus souvent, on utilise des Wave Ports et Lumped Port.

A. 2.6 Conditions aux limites

Les conditions absorbantes qu'on a fixées pour les simulations s'avèrent donc les plus judicieuses.

Cliquer sur le bouton droit sur les surfaces ou les limites puis sélectionner :

Assign boundary (perfectE, PerfectH, Radiation,...) à savoir la structure à étudier et ses conditions.

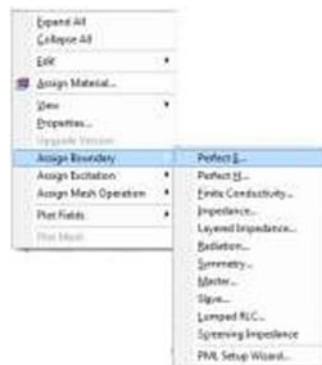


Figure (A-4) : Création des conditions aux limites (boundary).