



Université Abbas LAGHROUR Khenchela  
Faculté de Sciences & de Technologie  
Département de Sciences & Techniques  
جامعة عباس لغرور خنشلة  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم العلوم والتقنيات



## Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master (LMD)

**Spécialité : Génie électrique**

**Option : Télécommunication Avancé**

### THEME

# **Etude Et Conception D'antenne Patch Pour Les Signaux GNSS**

Réalisé par : \*Chekhab Riadh

\* Belaidi Abd Elhalim

Dirigé par : Mr : khazar zaki

### Jury de soutenance

Président : Mr : bourass\_ M

Examineur : Mr : chergui laid

Année universitaire : 2015 /2016

# **Dédicaces**

*Je dédie ce modeste travail :*

*A tous ceux qui ont sacrifié leur vie pour une*

***Algérie*** libre et indépendante;

*A ceux qui m'ont donné amour et confiance, qui ont toujours*

*Veillés sur moi : **Ma Mère & Mon père***

*A mes très chers **frères et sœurs***

*A toute ma grande famille **Chekhab & Belaidi***

*A tous mes amis*

***Sans oublier***

***Omar Hamdi & Amin*** toujours

*À tous mes amis d'étude de tous les cycles.*

*Tous mes amis qui me présentent*

*Le respect et le sentiment d'amitié.*

**A toute la promotion 2016.**

***Chekhab. Riadh***

***&***

***Belaidi. Abdelhalim***

# Remerciements

Je tiens à remercier *DIEU* de m'avoir donné la volonté et le courage  
qui permis de réaliser ce travail.

Bien entendu, Je tiens à remercier mes parents, pour leurs  
sacrifices et leurs patiences tout au long de mon étude.

Je tiens à remercier Mr: *khazar.zaki* & Dr:*Badra.S* pour c'est  
précieux conseils tout au long de ce travail.

Je remercie aussi les membres de jury qui ont accepté de juger  
notre Travail.

Enfin, Je remercie aussi tout particulièrement ceux que j'avais  
oubliés dans ces remerciements, en les priant de bien vouloir nous  
excusé pour cet oubli.

R.Chekhab

A.Belaidi

# Sommaire

---

## Sommaire

Introduction générale.....1

### CHAPITRE I : généralité sur les systèmes de navigation

I.1. Introduction.....3

I.2. Le principe du positionnement.....3

I.3. Systèmes de navigation satellitaires existants .....4

I.4. Structure de signal GPS.....5

4.1. Fréquences de transmission.....6

4.2 Codes d'étalements.....6

4.3 Modulation numérique.....8

I.5. Les messages de navigation.....10

I.6. L'effet Doppler et l'acquisition du signal.....11

I.7. La propagation multi-trajet .....12

Conclusion.....13

### CHAPITRE II : les antennes ultra large band

II.1 Introduction.....14

II.2 Historique et définition de la technologie.....15

II.2.1 Historique .....15

II.2.2 Définition.....16

II.3 Comparaison système ULB / Système à bande étroite.....16

II.4 Techniques d'élargissement de la bande passante .....18

II.5 Réglementation de l'ULB .....19

II.5.1 Réglementation de l'ULB dans le monde .....19

II.5.2 Réglementation de l'ULB dans USA.....19

II.6 Techniques de transmission pour l'ULB (Standardisation).....19

II.7 Caractéristiques générales de la technologie à bande ultra-large.....20

II.8 Développements de la technologie à bande ultralarge.....22

# Sommaire

---

|   |    |
|---|----|
| II.8.1 Avantages potentiels.....                                  | 22 |
| II.8.2 Préoccupations potentielle.....                            | 22 |
| II.9. Avantages et inconvénients de l'Ultra Large Bande.....      | 22 |
| II.10 Différents types d'applications de l'Ultra Large Bande..... | 23 |
| II-11 Différents types de signaux ULB:.....                       | 23 |
| II-11-1 Système ULB multi bande.....                              | 23 |
| II-11-2 Systèmes ULB ipulsionnels (IR-ULB).....                   | 24 |
| II.12 Techniques pour antennes Ultra large bande.....             | 24 |
| CONCLUSION.....   | 27 |

## **CHAPITRE III : les antennes imprimé**

|  |    |
|--|----|
| III.1Introduction.....   | 30 |
| III.2.Définition.....  | 31 |
| III.3.Diagramme de rayonnement.....  | 31 |
| III.3.1. Représentation graphique .....                                    | 32 |
| III.4. Gain de l'antenne .....   | 32 |
| III.5. ongle d'ouverture .....   | 33 |
| III.6. Resistance de rayonnement .....                                     | 33 |
| III.7. rappel sur l'ondes électromagnétique .....                          | 33 |
| III.7.1. polarisation d'un onde .....                                      | 34 |
| III.8. les antennes imprimé .....  | 35 |
| III.8.2. Description des antennes microbandes.....                         | 35 |
| III.9. Les paramètres géométriques du l'antenne imprimée.....              | 36 |
| III.10.Les caractéristiques des antennes imprimées.....                    | 37 |
| III.10.5. Polarisation de l'antenne .....                                  | 38 |
| III.11. Méthodes d'analyse.....  | 39 |
| III.12. Avantages et inconvénients des antennes .....                      | 40 |
| III.12.1. Mécanismes de rayonnement de l'antenne patch rectangulaire ..... | 40 |
| III.12.2. Alimentation des antennes plaques .....                          | 41 |
| III.13.Les applications des antennes microbandes... ..                     | 43 |
| Conclusion .....   | 44 |

# Sommaire

---

## **CHAPITRE IV : SIMULATION ET RESULTES PAR HFSS**

|   |             |
|---|-------------|
| <b>IV.1.Introduction.....</b>                   | <b>46</b>   |
| <b>IV.2.Présentation de logicielle.....</b>     | <b>47</b>   |
| <b>IV.3.Création des projets par HFSS .....</b> | <b>..47</b> |
| <b>IV.4.Dessiner un modèle.....</b>             | <b>47</b>   |
| <b>IV.5.Application et discussion .....</b>     | <b>48</b>   |
| <b>Conclusion .....</b>                         | <b>54</b>   |
| <b>Conclusion générale.....</b>                 | <b>55</b>   |
| <b>bibliographiques.....</b>                    | <b>56</b>   |
| <b>Résume.....</b>                              | <b>58</b>   |

# Liste Des Figures

---

| <b>Figures de chapitre I :</b>  | <b>page</b> |
|---|-------------|
| <b>Figure I-1 :</b> Détermination de temps de transmission d'un signal.....   | 04          |
| <b>Figure I-2:</b> Bandes de fréquences allouées par les signaux GNSS.....  | 05          |
| <b>Figure I-3:</b> La structure de générateur des signaux GPS.....  | 07          |
| <b>Figure I-4:</b> Système d'étalement de spectre par la technique DS-SS.....                                       | 08          |
| <b>Figure I-5:</b> Modulation BPSK avec le code C/A.....  | 10          |
| <b>Figures de chapitre II :</b>   |             |
| <b>Figure II.1:</b> Comparaison en temporel et fréquentiel d'un signal à bande étroite et d'un signal<br>ulb.....   | 17          |
| <b>Figure II.02 :</b> Comparaison entre la DSP d'un signal à bande étroite et d'un signal<br>ULB.....               | 17          |
| <b>Figure II.03 :</b> Limites d'émission pour les systèmes ULB en intérieur et en extérieur<br>.....                | 19          |
| <b>Figure II.04 :</b> Propagation par trajets multiples.....  | 21          |
| <b>Figure II.05 :</b> Différentes applications de l'ULB .....   | 23          |
| <b>Figure II.06 :</b> Principe de la base des systèmes ULB multi-bande. ....  | 24          |
| <b>Figure II.07 :</b> Exemple de structure rayonnante de géométries différentes ayant un périmètre<br>constant..... | 25          |
| <b>Figure II.08 :</b> Antenne papillon avec des charges résistives placés sur l'élément rayonnant<br>.....          | 26          |
| <b>Figure II.09 :</b> Évolution d'une antenne biconique aux antennes planaires .....                                | 26          |
| <b>Figures de chapitre III :</b>  |             |
| <b>Figure III- 2:</b> propagation de ondeelctomagnétique.....   | 31          |
| <b>Figure III-2:</b> diagramme de rayonnement d'antenne.....  | 32          |
| <b>Figure III-3:</b> ongle d'ouverture.....   | 33          |
| <b>Figure III-4:</b> polarisation d'antenne.....  | 34          |
| <b>Figure III-5:</b> structure de l'antenne patch.....  | 35          |
| <b>Figure III- 6:</b> Divers types d'éléments rayonnants.....   | 36          |
| <b>Figure III- 7 :</b> Schéma équivalent du dispositif à l'émission.....  | 37          |

## Liste Des Figures

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure III-8:</b> daigramme de rayonnement de l'antenne imprimée.....  | 38 |
| <b>Figure III-9:</b> modalisation de l'antenne patch.....                 | 39 |
| <b>Figure III-10:</b> alimentation l'antenne patch par câble coaxial..... | 41 |
| <b>Figure III-11:</b> Alimentation couplée par ouverture.....             | 42 |
| <b>Figure III-12:</b> Alimentation Couplée Par Proximité.....             | 43 |
| <br><b><u>Figures de chapitre IV</u></b>                                  |    |
| <b>Figure IV-3:</b> Structures 3D de l'antenne simulée,.....              | 48 |
| <b>Figure IV-2 :</b> Paramètre S, pour le patch.....                      | 49 |
| <b>Figure IV-3 :</b> impédance de l'antenne..... ;.....                   | 49 |
| <b>Figure IV4 :</b> la différence entre LHCP et RHCP.....                 | 50 |
| <b>Figure IV-5 :</b> Répartition du champ H .....                         | 50 |
| <b>Figure IV-6 :</b> Densité de courant surfacique de H du patch.....     | 52 |
| <b>Figure IV-7 :</b> Répartition du champ E .....                         | 51 |
| <b>Figure IV-8 :</b> Densité de courant surfacique de E du patch.....     | 51 |
| <b>Figure IV-9 :</b> Diagramme de rayonnement en 2D.....                  | 53 |
| <b>Figure IV-10 :</b> Diagramme de rayonnement en 3D.....                 | 53 |

## LISTE DES TABLEAUX

---

**Tableau II.1** : Avantages et inconvénients des méthodes d'amélioration de la bande passante d'un monopole large

bande.....**18**

**Tableau IV.1** : les caractéristiques de l'antenne patch

.....**48**

---

# Introduction Générale

---

## Introduction Générale

**GNSS** (Global Navigation Satellite System) sont les sigles qui désignent l'ensemble des systèmes de navigation par satellites. Parmi eux, on trouve les systèmes **GPS** (Global Positioning System) et Glonass qui sont déjà opérationnels et les systèmes Galileo et Compass qui se trouvent en phase de développement, Les systèmes de navigation par satellites reposent sur le même principe de fonctionnement.

Chaque satellite de la constellation diffuse en permanence un signal vers la Terre et son environnement immédiat, et chaque satellite inclut dans son signal les informations permettant de calculer sa position la plus précise possible à une date donnée, d'autre côté, on a un nombre illimité de récepteurs utilisateur.

Les systèmes **GNSS** utilisent presque les mêmes techniques pour le traitement et la transmission du signal L'objectif de ce mémoire est d'étudier et caractériser des antennes ultra large bande en technologie imprimée.

La caractérisation d'antennes imprimées consiste, premièrement, à caractériser son matériau diélectrique (déterminer sa permittivité et sa tangente des pertes) utilisé dans la fabrication des antennes imprimées, ensuite passer au dimensionnement géométrique de l'antenne imprimée fabriquée à base de ce substrat.

La caractérisation de l'antenne se poursuit également par la détermination de ses paramètres hyperfréquences (fréquence de résonance, bande passante, diagramme de rayonnement et gain) à l'aide du logiciel de simulation électromagnétique HFSS. Pour atteindre cet objectif, le présent travail est réparti sur quatre chapitres.

Dans le premier chapitre nous présentons le principe de base de navigation, les différents systèmes existants avec leurs spectres, les caractéristiques du signal et des données transmises par les satellites et reçu par l'antenne du récepteur, les techniques d'étalement de spectre, et on termine par les différents problèmes rencontrés pendant l'opération.

Le deuxième chapitre a pour objectif de présenter la technologie **ULB**.

Ainsi, un bref historique et une description des spécificités des systèmes **ULB** sont effectués. Ensuite, les modulations et les signaux **ULB** sont présentés.

La dernière partie du présent chapitre est la description des principales applications de l'**ULB** et ses avantages et inconvénients.

Dans le troisième chapitre, nous décrivons une étude de dimensionnement sur l'antenne imprimée.

## Introduction Générale

---

Ainsi, le principe de fonctionnement, la conception et les caractéristiques de l'antenne sont présentés et les méthodes d'analyse résumées.

Le quatrième chapitre est une présentation du logiciel de simulation hyperfréquence **HFSS** (High Frequency Structure Simulator).

Son principe de fonctionnement qui se base sur la méthode des éléments finis (**FEM**) à laquelle est incorporée une fonction de discrétisation adaptative pour générer les solutions.

La **FEM** permet à **HFSS** de pouvoir solutionner des structures **3D** de formes irrégulières et modéliser une grande quantité de matériel diélectrique.

Dans la dernière partie de ce chapitre, nous étudierons quelques applications à une illustration de la caractérisation des antennes patchs et une discussion et interprétation des résultats numériques obtenus par exploitation du logiciel de simulation hyperfréquence **HFSS**.

CHAPITRE

I

GÉNÉRALITÉ SUR LES  
SYSTÈMES DE NAVIGATION

## I.1. Introduction

**GNSS** (Global Navigation Satellite System) sont les sigles qui désignent l'ensemble des systèmes de navigation par satellites. Parmi eux, on trouve les systèmes **GPS** (Global Positioning System) et Galonnas qui sont déjà opérationnels et les systèmes Galileo et Compass qui se trouvent en phase de développement, Les systèmes de navigation par satellites reposent sur le même principe de fonctionnement.

Chaque satellite de la constellation diffuse en permanence un signal vers la Terre et son environnement immédiat, et chaque satellite inclut dans son signal les informations permettant de calculer sa position la plus précise possible à une date donnée, d'autre coté, on a un nombre illimité de récepteurs utilisateur.

Les systèmes **GNSS** utilisent presque les même est techniques pour le traitement et la transmission du signal, dans ce chapitre on prend le **GPS** comme exemple.

Dans ce chapitre nous présentons le principe de base d de navigation, les différentes systèmes existantes avec leurs spectres, les caractéristiques du signal et des données a transmises par les satellites et reçu par l'antenne du récepteur, les techniques d'étalement de spectre, et on termine par les différentes problèmes trouver pendant l'opération.

## I.2. Le principe du positionnement

Systèmes de navigation par satellite utilisent des satellites en orbite au-dessus de la Terre et répartis de telle façon que de n'importe quel point sur le terrain il ya une ligne de contact à vue au moins quatre satellites.

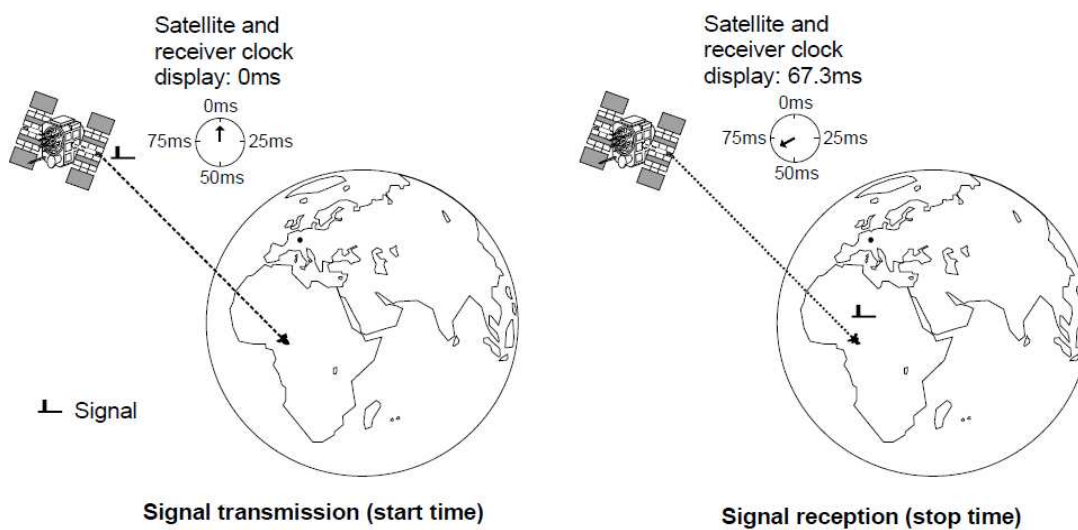
Chacun de ces satellites est équipé d'horloges atomiques à bord. Les horloges atomiques sont les instruments les plus connus mesure précise du temps perdre une seconde au maximum tous les **30.000 à 1.000.000** années.

Afin de rendre encore plus précises.les satellites **GNSS** transmettent leur position exacte et l'heure d'horloge de bord à la Terre.

Ces signaux sont transmis à la vitesse de la lumière (**300.000 km / s**) et nécessitent donc environ **67.3ms** pour parvenir à une position sur la surface de la Terre directement sous le satellite. Les signaux nécessiteront une nouvelle**3.33µs** pour chaque kilomètre

supplémentaire de Voyage pour établir la position, tout ce qui est nécessaire est un récepteur et une horloge précise.

En comparant l'heure d'arrivée du signal satellite avec l'heure de l'horloge à bord au moment où le signal a été transmis, il est possible de déterminer. Comme dans l'exemple de la voiture, la distance  $D$  vers le satellite peut être déterminée à partir du signal temporel connu Voyage  $\Delta\tau$  ou  $D = \Delta\tau \times c$  (**figure I.1**)



**Figure I.1. Détermination de temps de transmission d'un signal.**

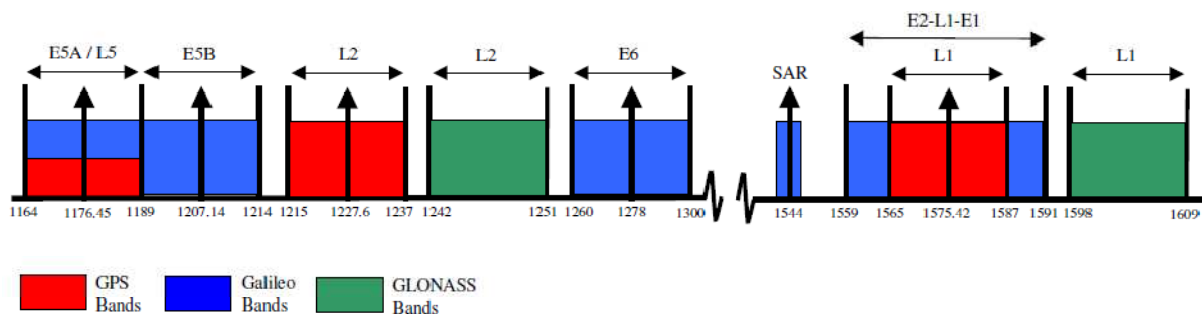
### I.3. Systèmes de navigation satellitaires existants

Notamment plusieurs systèmes de navigation satellitaires fournissant le service de positionnement par satellites, certains en état de fonction mais les autres sont en phase de développement :

- Le système **GPS** est en **2008** le seul système de navigation satellitaire global entièrement opérationnel, il est constitué de **32** satellites en orbite intermédiaire (**MEO**) en six plans orbitaux. Le nombre exact de satellites varie en fonction des remplacements de satellites en fin de vie. Le **GPS** est opérationnel depuis **1978** et disponible librement depuis 1994, c'est le système le plus largement utilisé.
- Le système **GLONASS** de l'ex union soviétique, aujourd'hui **Russie**, en russe *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*, était également une constellation

entièrement opérationnelle, mais avec l'écroulement de l'union soviétique, il n'est plus entretenu, provoquant des trous de couverture et une disponibilité partielle. La fédération russe s'est engagée à le restaurer avant **2010** avec une collaboration indienne dans ce projet (la **figure I.2** montre les bandes de fréquence allouées ).

- L'Union européenne a signé avec l'agence spatiale européenne en mars **2002** l'accord sur le développement du système global [Galileo](#). Le système est prévu opérationnel en **2012**. Le premier satellite expérimental a été lancé le **28 décembre 2005**. Un second satellite de validation a été lancé en **2008** Les signaux de navigation de Galileo seront compatibles avec ceux du futur **GPS**, permettant aux récepteurs de les combiner pour augmenter la précision ainsi que la véracité du point .



**Figure I.2. Bandes de fréquences allouées par les signaux GNSS**

- La **Chine** a indiqué son intention d'étendre son système régional **Beidou** en système global. Ce programme est appelé Compass dans l'agence d'informations chinoises officielle « Xinhua News Agency ». Le système Compass doit comporter 30 satellites en orbite **MEO** et **5** géostationnaires.
- Le système **IRNSS** (Indian Regional Navigational Satellite System) est un projet de système autonome de navigation régionale construit et contrôlé par le gouvernement indien. Il doit permettre une précision absolue de **20** mètres sur l'Inde et jusqu'à **1500** à **2000 km** au voisinage. Le but est un système entièrement sous contrôle indien, le segment spatial, terrestre et les récepteurs étant développés par l'Inde. Le projet a été approuvé par le gouvernement indien en mai **2006**, avec un objectif de développement en **6 à 7 ans**.
- Le système **QZSS** ( Quasi-Zenith Satellite System), est développé par le Japon pour un premier lancement en **2008**. Il sera constitué de trois satellites géostationnaires

permettant le transfert de temps et une augmentation du **GPS**. Il couvrira le Japon et sa région .

### I.4. Structure de signal GPS

Les systèmes de navigation par satellites sont les plus croissance Parmi les applications des systèmes satellitaire, le système **GPS** « Globale Navigation Systems » de NAVSTAR est la seule constellation qui a un statu opérationnel complète et ces satellites couvertes **99%** de monde [3,4].

Le système de navigation par satellite **GPS** base sur la technique **DS-CDMA** ou les signaux transmises par les différentes satellites sont identifiés par des différentes code pseudo-aléatoire **PRN** propre, ces séquences utilisées pour étalé les donnees de navigation a transmises, donc le récepteur exploite les propriétés de corrélation des codes d'étalement pour mesure le temps de propagation de l'onde porteuse.

#### I.4.1. Fréquences de transmission

Les signaux **GPS** sont transmises sur deux fréquences différentes : L1 (1575.42 MHz) et L2 (1227.6 MHz). Le signal **GPS** est composés par trois parties suivants[2,5,6] :

- Porteuses : deux fréquences porteuses L1 et L2.
- Messages de navigation : contient les informations concernes les orbites des satellites, Ces données sont calculées dans les centres de contrôle au sol et transmises quotidiennement aux satellites.
- codes d'étalements : chaque satellite **GPS** possède deux codes d'étalements tel que les plus connues est utilisables : code C/A avec 1023 chips et code P(Y) avec ( $\approx 2.35 \cdot 10^4$  chips)

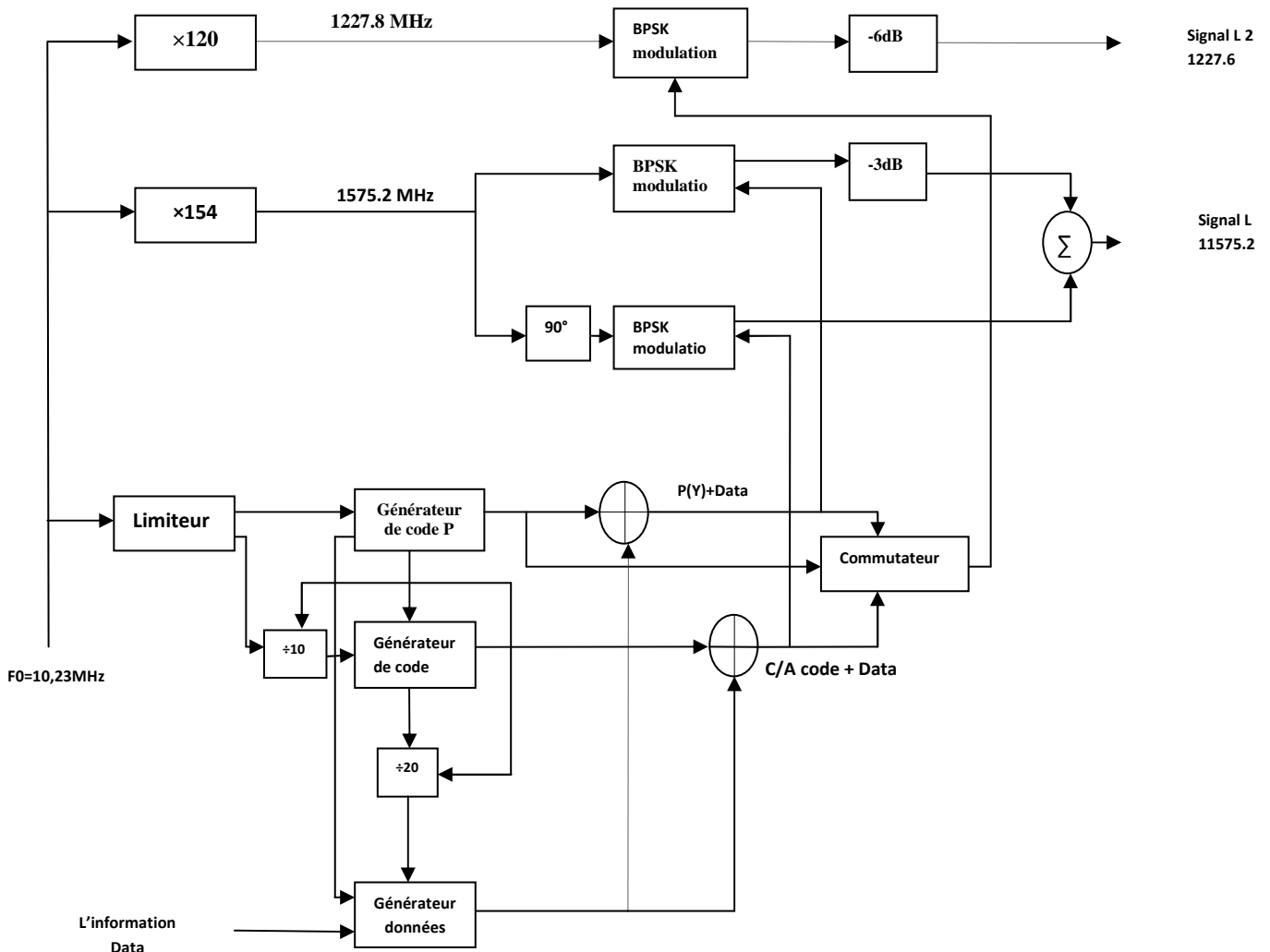
Le code C/A  $\oplus$  data et le code P(Y)  $\oplus$  data (tableau 2.1) sont des signaux fournis aux deux modulateurs ont les fréquences L1 et L2. La porteuse est modulés par Les signaux précédentes à l'aide de méthode « binary phase shift keying (BPSK) ». Notez que les deux signaux sont modulés en- phase et quadrature les sur L1 **figure 2**.

Le signal transmis par satellite k peut être décrite comme suite :

$$\begin{aligned}
 x^k(t) &= \sqrt{2P_C} (C^k(t) \oplus D^k(t)) \cos(2\pi f_{L1} t) \\
 &+ \sqrt{2P_{PL1}} (P^k(t) \oplus D^k(t)) \sin(2\pi f_{L1} t) \\
 &+ \sqrt{2P_{PL1}} (P^k(t) \oplus D^k(t)) \sin(2\pi f_{L2} t) \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

## I.4.2 Codes d'étalements

Le GPS est un système un système d'étalement de spectre, qui consiste à transmettre un signal d'information avec un spectre beaucoup plus large que nécessaire **figure I.3**. Cela peut être accompli en multipliant le signal d'information par une séquence spécifique, dite code d'étalement, qui possède un débit plusieurs fois supérieure au débit du signal original. Cette technique s'appelle étalement de spectre par séquence directe (DS-SS)[2,5]. Le GPS utilise deux types de code, avec des longueurs différentes :

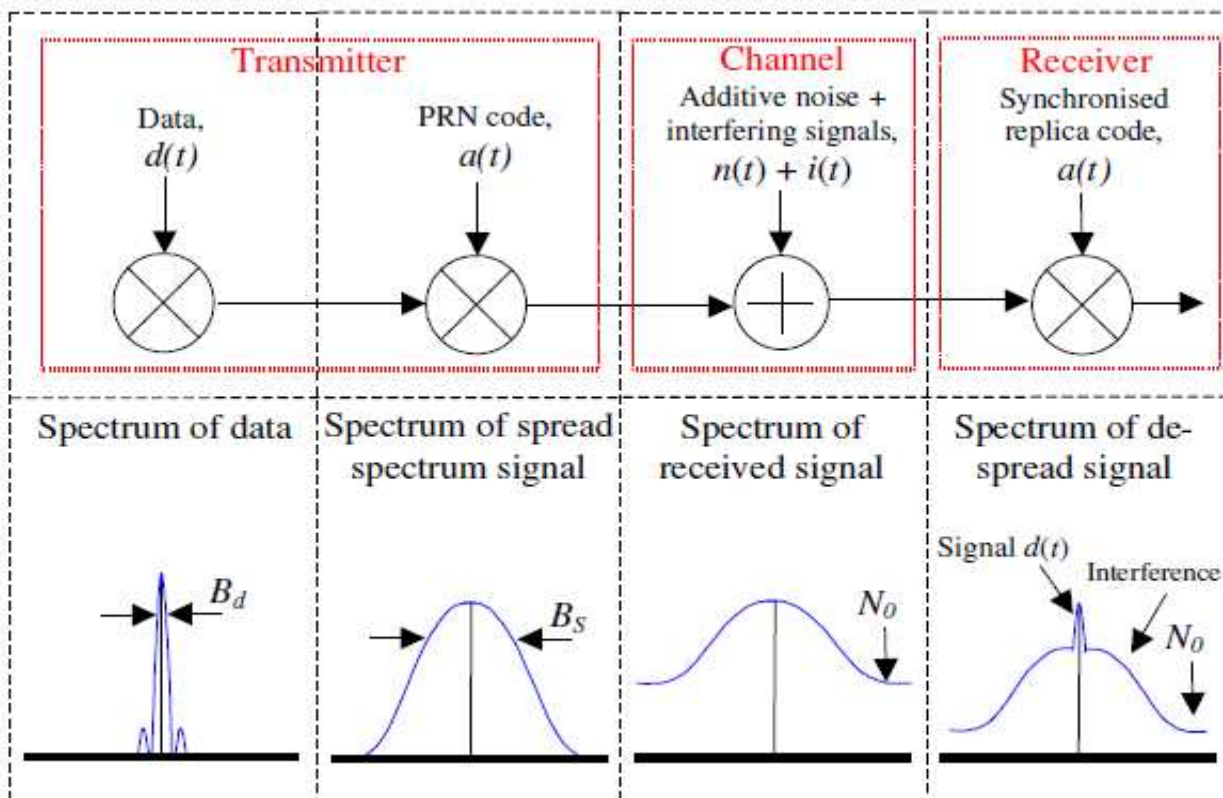


**Figure. I.3. La structure de générateur des signaux GPS.**

## Généralité Sur Les Systèmes Navigation

**1-Le code C/A (Coarse /Acquisition-code) :** disponible sur la porteuse  $L_1$  pour les applications civiles (donc accessible à tous) : C'est une série pseudo aléatoire de  $\pm 1$  défini de façon déterministe par une fonction mathématique de période 1 ms à une fréquence de  $f_0/10 = 1,023$  MHz. Un code spécifique est attribué à chaque satellite. La courte période de ce signal (1ms), permet au récepteur une acquisition et donc une identification rapide des satellites.

**2-Le code P(Y) :** disponible sur les deux porteuses  $L_1$  et  $L_2$  pour les applications militaires. Le code P(Y) (Précision code) est une série pseudo aléatoire de fréquence  $f_0 = 10,23$  MHz. Le code P(Y) est généralement rendu inaccessible aux civils par l'activation d'une fonction dite A.S. (Anti-Spoofing) qui encode le code P(Y). Ce code n'est accessible qu'aux utilisateurs possédant des clés de décryptage comme l'armée américaine et certains de ses alliés. Ses caractéristiques sont inconnues et il est donc impossible de le reproduire. Les différents satellites émettent tous sur les mêmes fréquences ( $L_1$  et  $L_2$ ), mais un code individuel leur est assigné.



**Figure I.4** Système d'étalement de spectre par la technique DS-SS

### I.4.3 .Modulation numérique

on transportant habituellement les données numériques par modulation de porteuse, la modulation peut se faire en fréquence (**FSK**), en amplitude seulement(**ASK**), en phase seulement(**PSK**) et en phase et amplitude (**QAM**) pour les système de navigation par satellite on utilise deux type de modulation :

#### I.4.3.1. Modulation PSK « Phase-shift keying » :

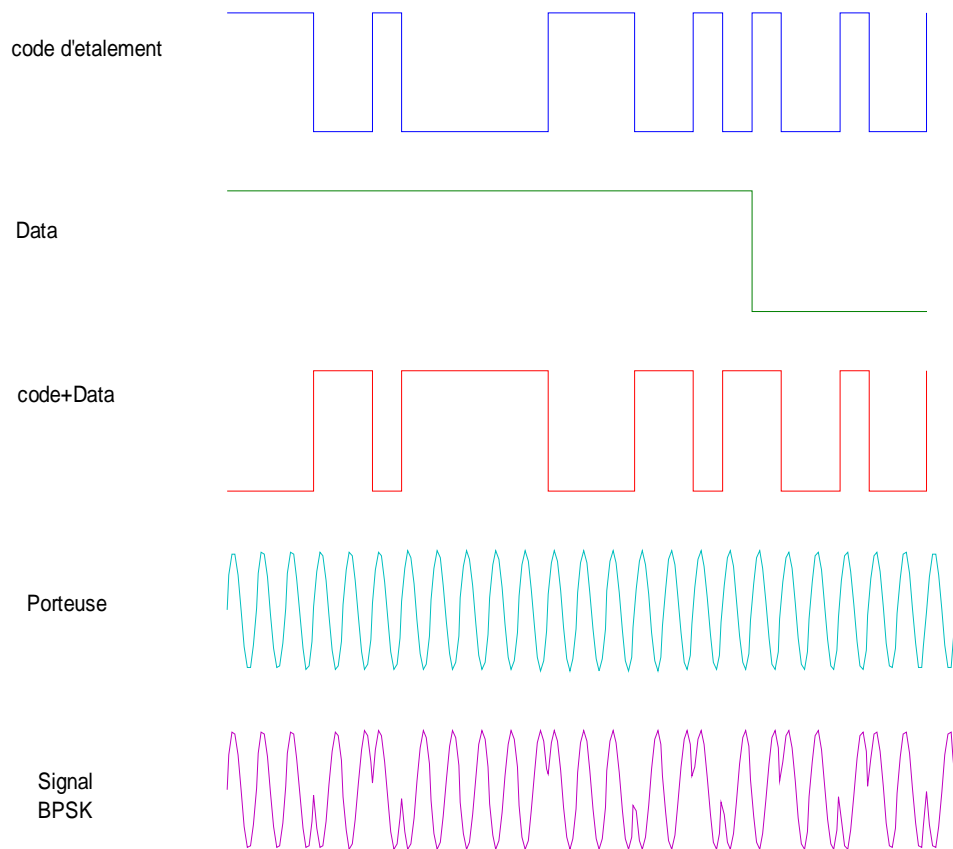
modulation par déplacement de phase sert à désigner une famille de formes de **modulations** numériques qui ont toutes pour principe de véhiculer de l'information binaire via la **phase** d'un signal **porteuse**), et exclusivement par ce biais.la forme **BPSK** est souvent utilise pour la modulation de porteuse par le système **GPS** et quelque service de GALILEO .**BPSK** est la forme la plus simple du **PSK**. Elle utilise deux phases qui sont scindées de  $180^\circ$  ; on l'appelle aussi **2-PSK**. Cette modulation est la plus robuste de l'ensemble des **PSK** **figureI.5**.

#### I.4.3.2 Modulation BOC « Binary Offset Carrier»:

ce type de modulation est utilise par les nouveaux signaux de **GPS**, les signaux GALILEO et aussi les signaux COMPASS, est une modulation carrée sous-porteuse, où un signal est multiplié par un rectangle sous-porteuse delà fréquence  $f_{sc}$  égal ou supérieur le débit des chips (**CDMA**) ,Suite àcette multiplicationde sous-porteuse , le spectre du signal est divisé en deux parties , donc modulation **BOC** est également connu comme une modulation à spectre divisé[6].

L'idée principale derrière modulation **BOC** est de réduire l'interférence avec le signal modulé **BPSK**. Signaux **BPSK** modulé comme les codes C / AGPS ont le plus de leu rénergie spectrale concentrée autour de la fréquence porteuse, tandis que les signaux à modulation **BOC** (nouveau signaux **GPS** et signaux GALILEO) ont un peu d'énergie eau tourde la fréquence porteuse et deux lobes principaux spectrale plus loin de la porteuse (spectre partagé).

La forme d'onde BOC est généralement désigné par  $BOC(m,n)$  ,  $BOC(f_{sc}, f_c)$ , où  $f_{sc}$  est la fréquence de la sous-porteuse et  $f_c$  est la fréquence de chips ,  $m = f_{sc} / f_{ref}$ ,  $n = f_c / f_{ref}$ , et  $f_{ref} = 1.023Mchips$ , c'est la fréquence C/A du signal GPS [7.4].



**Figure. I.5. Modulation BPSK avec le code C/A**

### I.5. Les messages de navigation

Les messages de navigation contiennent des données bien définies, qui sont nécessaires aux récepteurs pour effectuer leur calcul de position. Ces données sont calculées dans les centres de contrôle au sol de **GPS** et de Galileo puis sont transmises au moins quotidiennement aux satellites lorsque ceux-ci sont en communication avec une station sol de transmission[4,6,9]. Chaque satellite enregistre ces données à bord et les intègre dans les signaux qu'il transmet aux récepteurs figure 2.16. Ces données comportent notamment les éléments suivants :

- **Almanachs.** Donnent les positions de tous les satellites de la constellation, sur plusieurs semaines, avec une précision de l'ordre de 1 km. Chaque satellite diffuse les almanachs

concernant tous les satellites. Dès la réception du message d'un seul satellite, un récepteur peut obtenir les informations de position et d'état de l'ensemble de la constellation. La précision de ces almanachs est suffisante pour qu'un récepteur (connaissant approximativement sa position) sache quels satellites sont en vue et accélère ainsi sa recherche des signaux provenant des autres satellites et l'établissement de sa première position précise.

- **Éphémérides.** Donnent des informations sur la position des satellites, avec une précision de l'ordre de 1 à 10 m. Chaque satellite diffuse uniquement les éphémérides qui le concernent.
- **Corrections d'horloge.** Donnent l'écart (avance ou retard) de l'horloge du satellite par rapport au temps système de navigation . On a vu que ces données permettaient également au récepteur de synchroniser son horloge par rapport au temps **GPS**, au travers du calcul de positionnement.
- **Paramètres de correction ionosphérique.** Les hautes couches de l'atmosphère terrestre, qui constituent l'ionosphère, perturbent la propagation des signaux de navigation. Ces perturbations dégradent la précision de la mesure de distance. Afin de corriger partiellement cette dégradation, des paramètres de correction ionosphérique sont transmis par les satellites eux-mêmes et appliqués par les récepteurs lors de leur calcul de position. Toutes ces données sont transmises selon un format et une séquence bien définis et standardisés. La définition de cette séquence et des fréquences de répétition de chaque message a été optimisée lors de la conception des systèmes afin de minimiser le temps de démarrage des récepteurs et d'assurer la continuité de la fourniture d'une position en cas de perte de messages (par exemple, lorsque le récepteur se trouve temporairement masqué).

La diffusion de ces informations est réalisée à un débit extrêmement faible, de l'ordre de 50 bit/s pour GPS C/A et jusqu'à 125 bit/s pour Galileo.

### **I.6 L'effet Doppler et l'acquisition du signal :**

L'acquisition du signal, ou *signal lock*, se réalise lorsque le récepteur effectue la corrélation entre le signal reçu et le code qu'il génère lui-même figure 3.3. Pour cela, le récepteur doit ajuster les deux paramètres suivants :

- Le décalage Doppler de la porteuse, selon lequel le signal reçu au niveau du récepteur apparaît avec une fréquence différente de celle du signal émis par le satellite.

- Le décalage temporel du code, dont la détermination est l'objet de l'opération de corrélation.

Lors de la mise en marche d'un récepteur GNSS, celui-ci ne fournit sa première position qu'après un certain délai. Ce temps d'attente, appelé *temps de premier fixe*, peut varier de quelques secondes à quelques minutes.

L'acquisition peut être plus ou moins longue selon la durée pendant laquelle le récepteur n'est pas encore en état de fonctionner. Le temps de démarrage de ce dernier dépend de la disponibilité de données récentes diffusées par les satellites, appelées *données de contexte*. On parle communément de démarrage à froid ou à chaud, le temps d'acquisition dépend également des caractéristiques intrinsèques du récepteur (nombre de corrélateurs, sensibilité, etc.).

### **I.7. La propagation multi-trajet :**

Le multi-trajet est un phénomène qui se produit lorsqu'un signal radio se propage par plusieurs chemins et est reçu sur une antenne. Les causes de l'atténuation multipath sont la réflexion et diffraction par les obstacles naturels ou des bâtiments.

Les méthodes d'atténuation des effets multi trajets peuvent être classées en deux parties :

**I.7.1 la caractéristique d'antenne :** les satellites GNSS transmettent les signaux avec une polarisation circulaire sens droit «RHCP» ,après une réflexion les signaux sont polarisée dans le sens gauche, alors l'antenne doit être polarise circulairement dans le sens droit pour rejeter plusieurs multi trajet reflétés .

**I.7.2 .Le traitement du signal :** utilise des récepteurs corrélateurs hautes performance pour combattre cet effet.

### Conclusion :

- ❖ Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes étapes pour obtenir une position d'utilisateur quelconque par le système de navigation par satellite, on commence par le nombre nécessaire des satellites pour faire les mesures.
- ❖ Pour assurer son indépendance dans ce domaine stratégique plusieurs pays lancent leurs propres constellations des satellites de navigation, utilisant les derniers techniques avancés de traitement de signal, les caractéristiques de signal **GPS** comme un système de navigation le plus connue, vue deux type de code d'étalement, le premier est pour l'utilisation générale (service le publique), le deuxième est pour l'utilisation spéciale (US-ARMY et OTAN) utilise un code d'étalement plus grand que C/A est avec un cryptage qui donne plus de précision pour l'utilisateur.
- ❖ Les systèmes **GNSS** utilisent la modulation numérique de phase, cette technique reprend au système qui utilise l'étalement de spectre pour le multiplexage.
- ❖ Comme toutes techniques de communication le **GNSS** souffre de plusieurs problèmes, tel que d'effet Doppler à cause de déplacement de satellite et l'utilisateur, ainsi par l'effet multi trajet qui le résultat de phénomène réflexion sur les obstacles, des traitements lourds sont utilisées commence par le choix de l'antenne de la réception et termine sur le traitement de signal.

CHAPITRE

II

LES ANTENNES ULTRA  
LARGE BAND

## II.1 Introduction

La technologie à ultra large bande (**ULB**) 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**. La technologie **ULB** est mise au point à l'origine pour des applications militaires et on a Commencé à l'utiliser dans des applications civiles. Puis suscitant un intérêt grandissant au sein de la communauté scientifique et industrielle, elle fut transportée aux applications de télécommunications. Ces dernières, allant des systèmes de communications tels les échanges de données entre deux Portables aux applications médicales, évoluent actuellement vers les systèmes de télécommunications dits "on body".

Les propres caractéristiques de l'Ultra Large Bande comme son large support spectral et sa forte résolution temporelle permettent de proposer des systèmes de communications à très hauts débits, pouvant ainsi atteindre plusieurs centaines de Mbits/s, voire **1 Gbits/s**.

Cette largeur de bande est favorable pour des émissions en milieux perturbés tels les Applications "indoor" où plusieurs fréquences et normes différentes y sont présentes.

## II.2 Historique et définition de la technologie

### II.2.1 Historique :

L'**ULB** a pendant longtemps désigné des formes d'ondes sans porteuse c'est-à-dire des Signaux impulsionnels dont la durée peut-être de l'ordre de la nanoseconde. .

Historiquement, l'utilisation de la technologie **ULB** remonte à **100 ans**, à l'époque où **G. Marconi** réalise la toute première transmission sans fil longue distance d'un code morse reliant l'île de Wight à Cornwall en Angleterre .

Bien que l'utilisation des transmissions à distances sur fil remonte à l'époque du **XIX<sup>ème</sup>** siècle, les techniques de télécommunications modernes doivent leurs fondements théoriques aux publications de Claude Shannon en **1948**.

Depuis les travaux dans le domaine des télécommunications n'ont cessé d'évoluer.

Néanmoins les travaux sur l'**ULB** ne débiteront réellement qu'à partir des années **60** aux Etats-Unis.

C'est à cette époque que les systèmes émettant des signaux non sinusoïdaux commencent réellement à être exploités, dans un premier temps dans les systèmes Radar, pour des applications militaires tel que le **GPR** (Ground Penetrating Radar) pour la surveillance et la détection des mines enfouies dans le sol

Les systèmes émettant des impulsions brèves ont une bonne capacité de résolution temporelle, Puisque la résolution est inversement proportionnel à la largeur de leurs bandes: plus la durée d'un signal est brève plus son spectre est large.

### II.2.2 Définition :

La définition de l'ultra large bande donnée par la **FCC** en février **2002** est la suivante. Un signal est dit ultra large bande si :

**Sa bande passante est au minimum de 500 MHz (à -10 dB).**

**Sa bande passante relative est supérieure à 0.2 :**

$$BP_{\text{relative}} = 2 \cdot \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} > 0.2$$

Où **f<sub>h</sub>** et **f<sub>l</sub>** désignent respectivement les fréquences limites hautes et basses du spectre de Signal, fréquences prises à **-10dB**.

Les deux conditions ne sont pas forcément remplies en même temps.

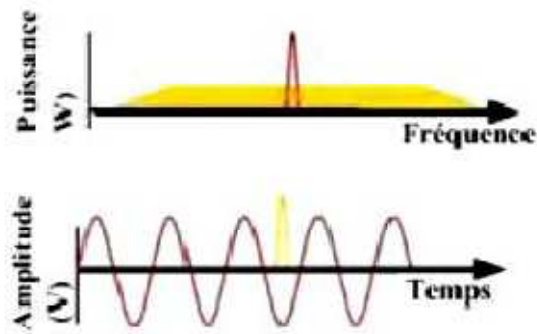
La plupart des concepteurs de systèmes **ULB** adoptent une autre définition, à savoir une Bande passante à **-10 dB** supérieure à **1.5 GHz** (ou une bande passante fractionnelle supérieure à **0.25** par rapport à la fréquence centrale du système).

Un exemple pratique est un système radio centré à **2 GHz**, de bande passante, à **-10 dB**, de **1.6 GHz**.

### II.3 Comparaison système ULB / Système à bande étroite :

Les caractéristiques de la technique ultra à large bande (**ULB**) 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 **ULB** [7].



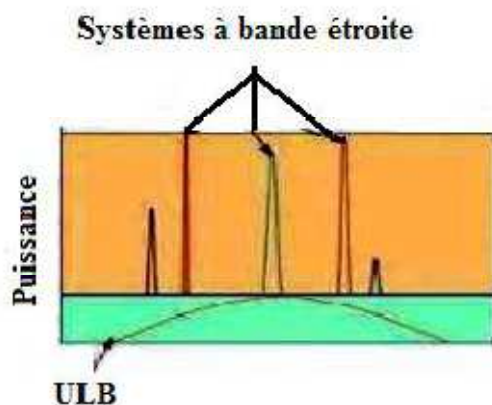
**Figure II.1: Comparaison en temporel et fréquentiel d'un signal à bande étroite et d'un signal ULB.**

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

Le masque spectral de puissance de l'**ULB** représenté sur la **figure I.2** est défini pour permettre une densité spectrale de puissance très faible (**DSP maximale :-41.3 dBm/MHz**) sur toute la bande de fréquences de l'**ULB**.

Cette puissance très faible sur une très large bande passante permet à d'autres systèmes à Bande étroite de coexister avec l'ultra 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 [7].



**Figure II.2 : Comparaison entre la DSP d'un signal à bande étroite et d'un signal ULB**

## II.4 Techniques d'élargissement de la bande passante :

Différentes techniques ont été envisagées pour élargir la bande passante et stabiliser le Diagramme de rayonnement.

Pour augmenter la bande passante du monopole, on peut citer l'utilisation d'un court-circuit, le décalage de l'alimentation, l'utilisation des encoches et la technique de l'évasement symétrique. Toutes ces méthodes se basent sur le même effet physique, à savoir le fait d'ajouter des modes supplémentaires à la structure.

Des méthodes existent aussi pour stabiliser le diagramme de rayonnement du monopole carré, Par exemple :

ajouter un second élément rayonnant, identique au précédent, perpendiculaire à l'élément rayonnant principal.

une méthode consistant à utiliser trois monopoles rectangulaires pliés, espacés de 120°.

| Méthodes                   | Avantages  | Inconvénients   |
|----------------------------|--|---|
| Court-circuit              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diminution de 50% de la taille</li> <li>▪ Fort courant sur le court-circuit</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diminution de l'efficacité à bande passante identique.</li> <li>▪ Instabilité du diagramme de rayonnement.</li> </ul>          |
| Décalage de l'alimentation | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 129% de bande passante contre 68% pour le monopole initial.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instabilité du diagramme de rayonnement.</li> </ul>  |
| Encoches                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 169% de bande passante contre 68% pour le monopole initial</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instabilité du diagramme de rayonnement.</li> </ul>  |
| Evasement symétrique       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 129% de bande passante contre 68% pour le monopole initial.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instabilité du diagramme de rayonnement.</li> </ul>  |
| Monopole croisé            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stabilité du diagramme de rayonnement.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Difficulté de fabrication.</li> <li>▪ 111% de bande passante.</li> <li>▪ 169% pour monopole à évasement symétrique.</li> </ul> |
| Monopole à 3 plaques       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stabilité du diagramme de rayonnement.</li> <li>▪ 129% de bande passante contre 68% pour le monopole initial</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Difficulté de fabrication.</li> </ul>  |

**Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des méthodes d'amélioration de la bande passante d'un monopole large bande.**

# Les Antennes Ultra Large Bande

Le tableau ci-dessus récapitule les avantages et les inconvénients des différentes méthodes Permettant d'élargir la bande passante d'un monopole (exemple : rectangulaire).

## II.5 Réglementation de l'ULB

### II-5 -1- Réglementation de l'ULB dans le monde :

Les systèmes **ULB** opèrent sur une largeur de bande très grande (quelques **GHz**).

Cette grande largeur de bande coexiste avec d'autres utilisateurs et d'autres systèmes de communications.

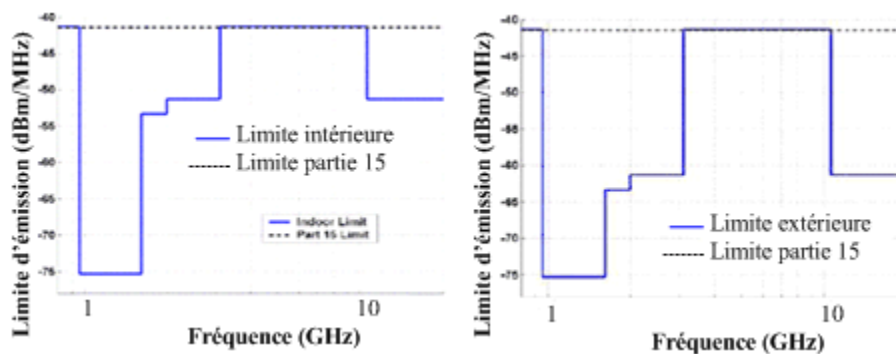
Bien que la puissance d'émission de ces signaux soit très faible, l'**ULB** doit tout de même respecter la réglementation.

De plus l'une des principales particularités de l'**ULB** est l'absence de licence pour accéder à la bande **ULB**, ce qui permet de produire et d'accéder au contenu librement et à moindre coût. Néanmoins les réglementations prises autour des signaux **ULB** varient d'une zone géographique à une autre.

Dans la suite nous présentons les réglementations de l'**ULB** dans le monde.

### II-5 -2- Réglementation de l'ULB dans USA:

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



**Figure II. 3: Limites d'émission pour les systèmes ULB en intérieur et en extérieur.**

## II.6 Techniques de transmission pour l'ULB (Standardisation) :

Le développement d'une nouvelle technologie pour la marche apporte de multiples Préoccupations.

## Les Antennes Ultra Large Bande

---

Les concernés par la technologie doivent décider de fabriquer et vendre les produits eux mêmes ou s'aligner avec d'autres entreprises afin qu'elles puissent les produire selon les normes et standard existants déjà sur le marché.

Cette évolution nécessite la modification ou la création de nouveaux standards.

L'institut pour les ingénieurs électriques et électroniques (**IEEE**) est un organisme de Normalisation qui aide à établir des normes telles que le Wifi et le Firewire pour l'industrie de L'électronique destiné au grand public.

Dès **2002**, un processus de standardisation a été mis en place aux Etats-Unis dans le cadre de La norme **IEEE 802.15.3a**, parallèlement au processus de réglementation.

L'**IEEE** a établi le groupe d'étude de la norme **802.15.3a** afin de définir un nouveau concept de couche physique pour les applications à haut débit et à courte portée.

Avec un débit pouvant atteindre **480 Mbits/s**, ce groupe a l'intention de développer un Standard s'adressant aux applications multimédias.

Le travail inclut également l'analyse du modèle du canal de propagation qui devrait être utilisé dans l'évaluation d'un système **ULB**.

L'objectif de ce groupe d'étude est de fournir une couche physique plus haut débit, comme Alternative à celle qui a été approuvée dans le standard **802.15.3**. Les caractéristiques principales souhaitées pour cette couche physique alternative sont :

**La coexistence avec tous les standards IEEE 802 existants.**

**Un débit vise plus de 100 Mbits/s pour les applications grand public.**

**Une performance robuste aux multi-trajets.**

**Utilisation d'une partie additionnelle non licenciée du spectre pour les applications WPAN à haut débit.**

### **II.7 Caractéristiques générales de la technologie à bande ultra-large :**

La technologie à bande ultra-large (**ULB**) possède certaines caractéristiques intéressantes :

#### **7-1 Faible susceptibilité à l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples:**

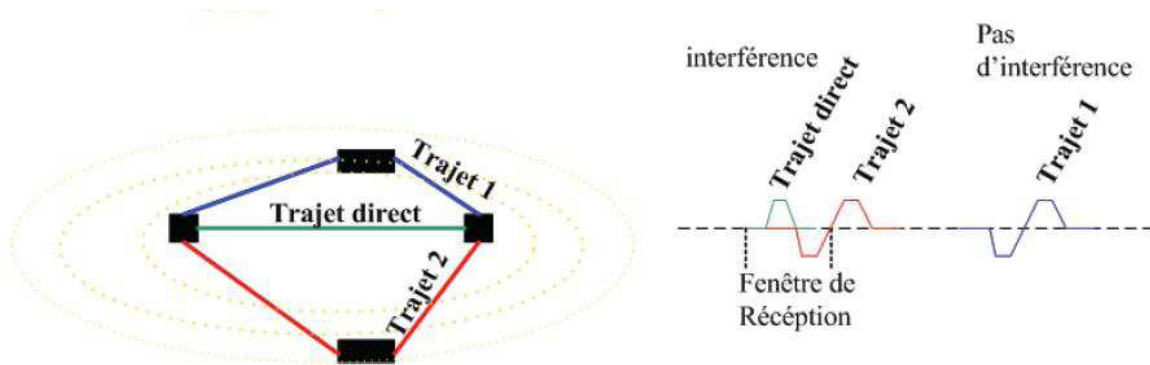
L'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples (**figure I.4**) peut réduire l'efficacité des systèmes de communication classiques (**non ULB**).

Dans le cas des communications **ULB**, le signal transmis possède une grande largeur de bande (résolution temporelle très fine).

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

## Les Antennes Ultra Large Bande

constructive pour donner un gain comparable à celui d'une propagation par trajet unique direct .



**Figure II.4 : Propagation par trajets multiples.**

**7-2 Une sensibilité moindre au brouillage:** la FCC a fixé pour l'ULB un niveau bas de densité spectrale de puissance en émission (**PIRE maximal par MHz : -41.3 dBm**). Grâce à cette caractéristique sa nuisance sur les autres systèmes est réduite.

**7-3 Communications protégées :** Les signaux **ULB** sont plus secrets et potentiellement plus difficiles à détecter que les signaux de radiocommunication classiques, parce qu'ils occupent une grande largeur de bande, peuvent être produits sous une forme semblable au bruit, peuvent être transmis à un niveau de densité spectrale de puissance bien inférieur au bruit de fond des récepteurs de radiocommunication classiques, et peuvent être transmis avec un code de synchronisation unique à des millions de bits par seconde.

Ces caractéristiques permettent la transmission protégée de signaux avec une faible probabilité de détection (**LPD**) et une faible probabilité d'interception (**LPI**).

**7-4 Simplicité relative des systèmes :** Dans les systèmes de communication sans fil qui utilisent la technologie **ULB**, l'information de la bande de base peut moduler directement des impulsions courtes au lieu de moduler une onde sinusoïdale.

Dans cette forme de mise en oeuvre, l'émetteur-récepteur **ULB** ne comprend aucun synthétiseur à boucle à verrouillage de phase, ni oscillateur commandé par tension, ni mélangeur, ni amplificateur de puissance.

L'émetteur-récepteur **ULB** a donc une architecture relativement simple par comparaison à l'émetteur-récepteur superhétérodyne, ce qui pourrait se traduire par des coûts inférieurs de l'équipement.

**7-5 Propriétés de pénétration :** Les signaux **ULB** ont une bonne capacité de pénétration dans les murs et les obstacles et ils permettent la localisation de grande précision. Ces propriétés seraient également utiles dans des applications telles que l'imagerie médicale.

## **II.8 Développements de la technologie à bande ultra-large :**

### II.8.1 Avantages potentiels :

La technologie **ULB** pourrait être intégrée à un grand nombre d'applications dont Bénéficieraient le public, les consommateurs, les entreprises et l'industrie.

Voici quelques exemples d'applications actuelles et potentielles de la technologie **ULB** :  
Accroissement de la sécurité publique par l'utilisation de systèmes radar de véhicule à  
Des fins de prévention des collisions, d'activation des coussins gonflables, de détection de l'état de la route, etc.

Détection de position et de mouvement d'objets. Les applications de cette catégorie peuvent être utilisées par les services chargés de l'application de la loi, les services de sauvetage et les services d'incendie pour détecter les personnes cachées derrière des murs ou sous des débris dans des situations telles qu'une prise d'otages, un incendie, un effondrement d'édifice ou une avalanche. La technologie **ULB** peut aussi être utilisée dans les hôpitaux et les cliniques pour une variété d'applications médicales dans le but d'obtenir, par exemple, des images des organes internes d'une personne ou d'un animal.

### II.8.2 Préoccupations potentielles :

L'introduction des systèmes de radiocommunication **ULB** suscite des préoccupations ayant trait notamment aux aspects suivants :

Détermination des fréquences appropriées : les émissions **ULB** couvrent une très large Bande de fréquence.

Une des difficultés consiste à trouver des fréquences appropriées et une façon D'introduire les applications **ULB** sans causer de brouillage préjudiciable aux systèmes de Radiocommunication autorisés.

## II.9. Avantages et inconvénients de l'Ultra Large Bande

Débit important pour un Wireless Local Area Network (WLAN).

Bonne capacité de pénétration dans les murs et obstacles.

Précision temporelle élevée.

Possibilité d'une architecture commune pour les applications de communications, de

Localisation et de radar.

Réduction des évanouissements causés par les trajets multiples.

Consommation électrique maîtrisable.

Un des inconvénients lié 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.

## II.10- Différents types d'applications de l'Ultra Large Bande :

En février 2002, la FCC a défini trois types d'applications pour l'ULB, les bandes de fréquences pour ces applications sont :

Bande de fréquence <1 GHz: radar GPR et radar "see through wall".

Bande 1.99-10.6 GHz: Applications médicales (imagerie).

Bande 3.1-10.6 GHz: Système de communications sans fil et applications liées à la localisation.

Bande de fréquences 24 GHz et 77 GHz : applications liées aux véhicules.

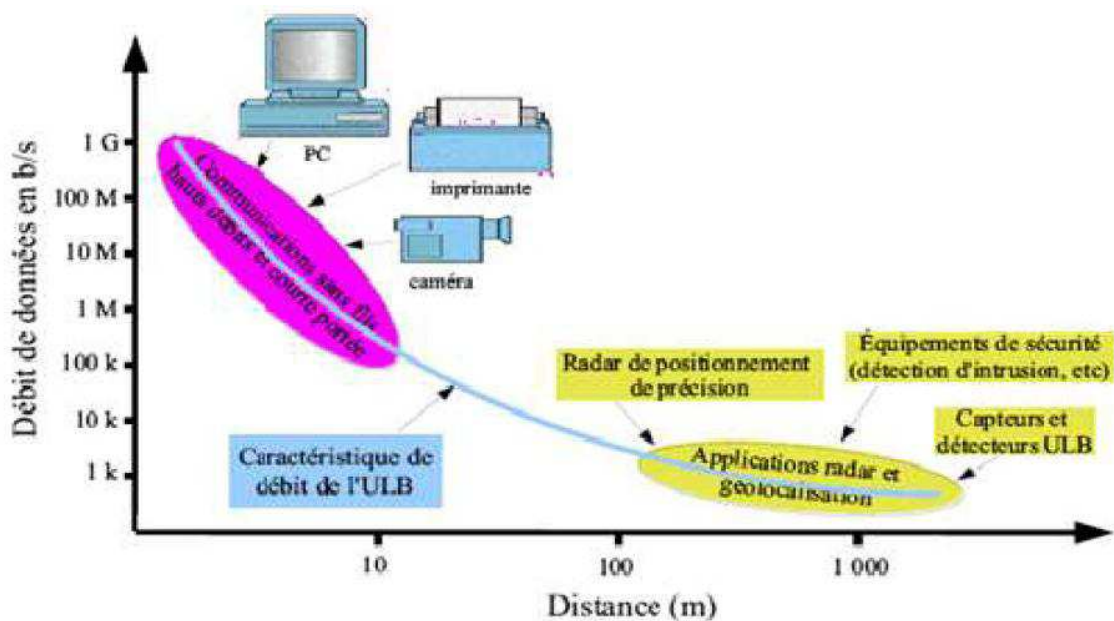


Figure II.5: Différentes applications de l'ULB

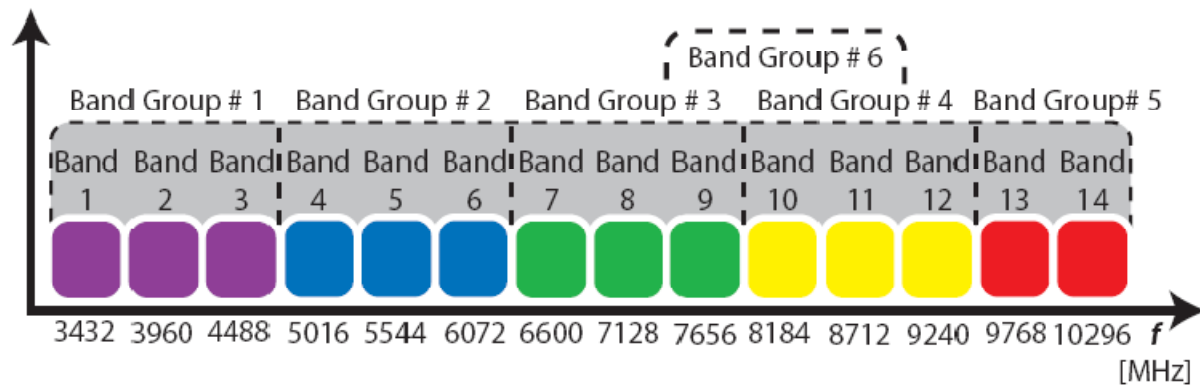
## II-11- Différents types de signaux ULB:

### II-11-1 Système ULB multi bande

Pour des applications plutôt à très hauts débits et à courtes portées, une autre approche est préférable à l'approche impulsionnelle. C'est l'approche multi-bande qui a été proposée par un ensemble d'entreprises à partir de mars 2003 [10].

Cette nouvelle approche consiste à fractionner la bande 3.1-10.6 GHz en plusieurs sous bandes de fréquences de largeur 500 MHz (figure II.6) et à utiliser une technique d'accès OFDM (Orthogonal Fréquence Division Multiplexant).

Le principe de base de cette modulation consiste à transmettre plusieurs symboles de façon simultanée, en parallèle sur différentes porteuses.



**Figure II. 6: Principe de la base des systèmes ULB multi-bande.**

Tous les signaux peuvent être transmis simultanément sans interférence car ils occupent des bandes de fréquences différentes.

Chaque signal **ULB** est modulé avec les techniques de modulations numériques classiques, ce qui permet d'atteindre des débits de données très élevés pour le système complet. (Chaque sous-bande ayant déjà un débit relativement élevé)

### **II-11-2 Systèmes ULB impulsions (IR-ULB)**

Le large spectre de l'**ULB**, peut être couvert en utilisant des impulsions très courtes en temps. Ce type d'**ULB** s'appelle Impulse Radio **UWB (IR-UWB)** et consiste à envoyer des impulsions ou un groupe d'impulsions représentant un bit du signal codé.

Afin de couvrir les spécifications exigées par la **FCC**, les impulsions devraient être au moins **2 ns** de large (**BW = 500 MHz**) et de faibles amplitudes (puissance transmise faible).

Cette approche est peut-être moins intéressante pour l'industrie, mais elle est très intéressante pour les chercheurs universitaires ou aux centres de recherche.

Sa dépendance dans le temps favorise la recherche dans ce domaine, prolongeant ainsi sa complexité d'analyse et de mise en œuvre.

### **II.12. Techniques pour antennes Ultra large bande**

Les techniques présentées ci-dessus ne sont pas applicables pour la miniaturisation des antennes **ULB**, du fait de la large bande de fréquence qu'il faut couvrir.

Par exemple, un méandre bien calculé et proprement placé pourrait améliorer, mais son effet de miniaturisation sera sur quelques **MHz** aux voisinages d'une fréquence centrale, alors que ce concept ne peut être conservé pour toutes les fréquences dans le cas d'une large bande.

Ainsi en **ULB**, la technique consiste à abaisser la fréquence basse en essayant de maintenir une bonne adaptation sur toute la bande de fréquence.

## Les Antennes Ultra Large Bande

---

Enfin, il est démontré que la limite de Mc Lean reste valable dans le domaine de l'**ULB** alors que celle de Chu-Harrington est non valable

Pour cela les techniques de miniaturisation suivies et adaptées à l'**ULB** sont les suivantes

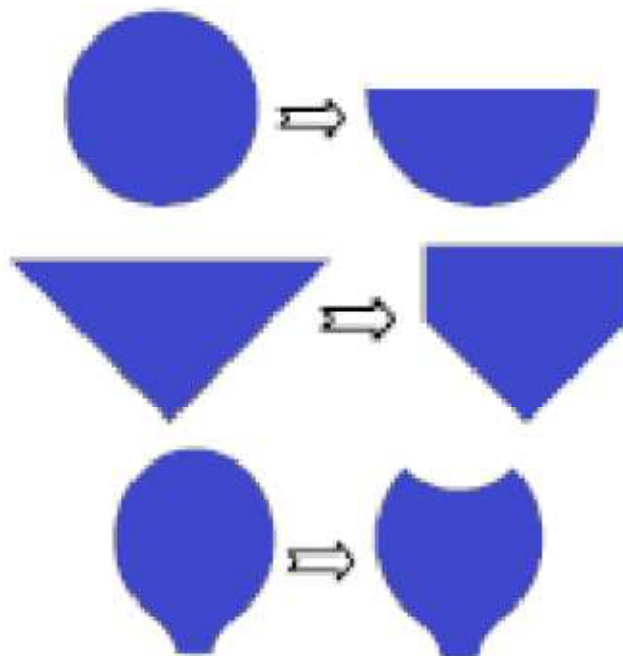
Le substrat (méta matériaux) : cette technique est également applicable à l'**ULB**, de même ici les pertes sont importantes ce qui réduit le rendement de l'antenne

De nouveaux substrats sont utilisés tel la céramique plus connue sous l'acronyme **LTCC** (Low Temperature Co-fired Ceramic)

Le périmètre : c'est la dernière région sur l'antenne parcourue par les courants avant de se propager dans l'air. Les ondes électromagnétiques sont générées par la différence de potentiel entre les bordures constituant le périmètre de l'élément et celles formant les plans de masse. Ces distributions sur le périmètre sont à la base du comportement de l'onde qui va se propager. La technique consiste à réduire la surface (encombrement) tout en gardant un même périmètre constant.

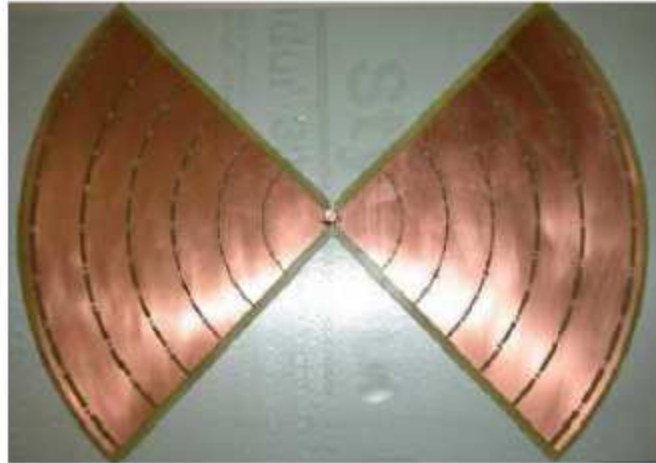
Néanmoins, les performances de l'antenne en termes de rayonnement dépendent de la forme de l'élément et ne sont pas constants même si le périmètre est constant.

Ainsi, dans ce cas la miniaturisation se fait au détriment de la stabilité de rayonnement de l'antenne.



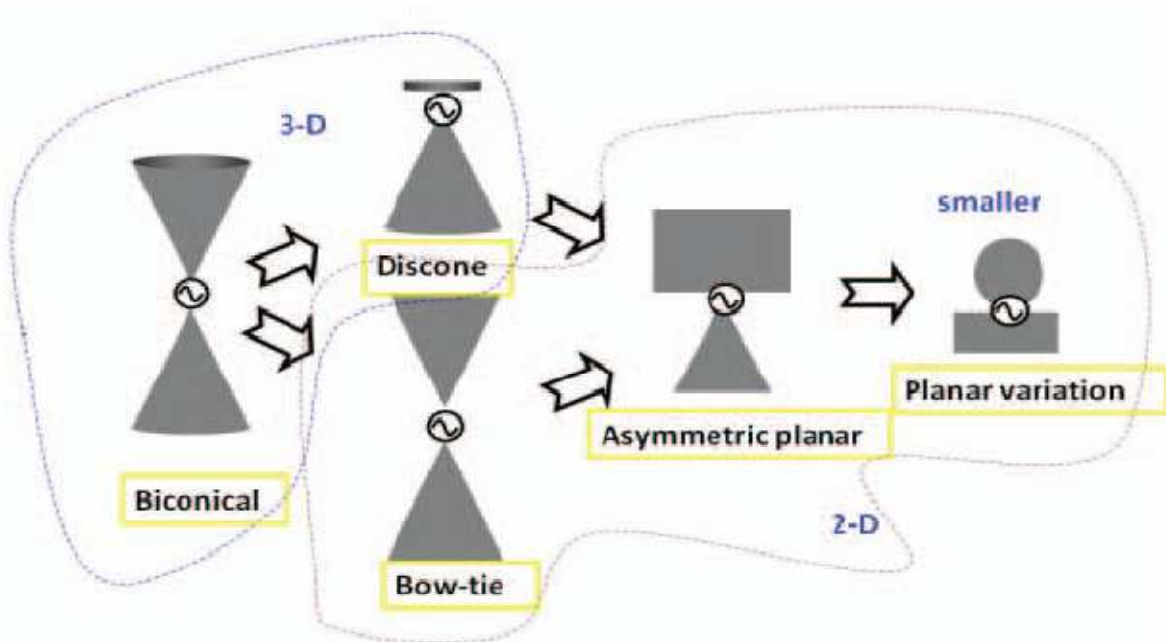
**Figure II.07** : Exemple de structure rayonnante de géométries différentes avant un périmètre constant.

**Utilisation de charge discrète :** cette technique consistant à insérer des composants électroniques sur la structure de l'antenne (capacité, résistances, ...). Du fait que les pertes augmentent et qui deviennent un problème, cette méthode n'est pas très intéressante.



**Figure II.08 :** Antenne papillon avec des charges résistives placés sur l'élément rayonnant

**Équivalence 3D-2D :** cette technique consiste à supprimer une dimension. Le principe de cette technique est le passage d'un dipôle  $\lambda/2$  à un monopole  $\lambda/4$  sur un plan de masse. Ce plan de masse sera intégré dans le type d'alimentation utilisée (coplanaire, grounds coplanaire,...).



**Figure .II.09 :** Évolution d'une antenne biconique au antennes planaires

## CONCLUSION

Ce chapitre est consacré à la présentation des paramètres fondamentaux de l'antenne et à la présentation des diverses antennes qui présentent des caractéristiques d'adaptation sur de très larges bandes de fréquences, ainsi que les antennes fractales **ULB**, les antennes **ULB** à Fréquences rejetées, et finalement certaines techniques pour améliorer leurs performances.

Pour mieux comprendre leur comportement, ces antennes seront classifiées par catégories présentant chacune des spécificités précises.

Le comportement des antennes les plus caractéristiques et les plus étudiées de chaque catégorie sera donc détaillés puis leurs performances seront comparées en vue d'une utilisation en communication **ULB** impulsion elle.

Finalement les différentes techniques permettant la miniaturisation des antennes **ULB** sont présentées.

CHAPITRE

III

LES 'ANTENNES IMPRIMÉS

## III-1 Introduction

Le développement des télécommunications spatiales, les contrôles et les commandes à distance, ont fait apparaître la nécessité croissante de réaliser des dispositifs micro-ondes peu coûteux et peu encombrants, faisant appel à une technologie simple et économique.

Les systèmes micro-ondes à structure micro ruban ont été à l'origine du développement des Antennes imprimées (antennes plaques ou antennes patch) qui sont le plus souvent utilisées en réseaux afin d'améliorer leurs performances et de permettre la réalisation de fonctions très particulières.

Dans ce chapitre nous présentons la description et le mécanisme de fonctionnement, les avantages, les inconvénients des antennes patches, ainsi que les différents types d'alimentation.

En effet, nous détaillons le principe des méthodes usuelles les plus utilisées dans le domaine des antennes. Dans un système de communication, les antennes sont des composants à part entière nécessitant une étude particulière.

Tout en cherchant à améliorer les performances d'une antenne, on doit l'adapter aux applications les plus récentes.

L'antenne doit également répondre aux contraintes de multiplication de bandes de fréquences et d'intégration dans l'architecture des terminaux.

Enfin, les caractéristiques des antennes doivent être peu influençables par l'environnement.

## II-2 Définition

Une antenne est un élément passif qui assure la transformation d'une puissance électrique en une onde électromagnétique et réciproquement, elle permet de transférer vers un système de réception, l'énergie d'une onde se propageant dans le milieu ambiant.

Les antennes sont indispensables pour les systèmes de communication sans fil. Elles sont le seul élément à pouvoir assurer l'émission ou la réception des ondes électromagnétiques.

Elles peuvent prendre plusieurs formes et tailles différentes suivant la fréquence de fonctionnement et le type d'application.

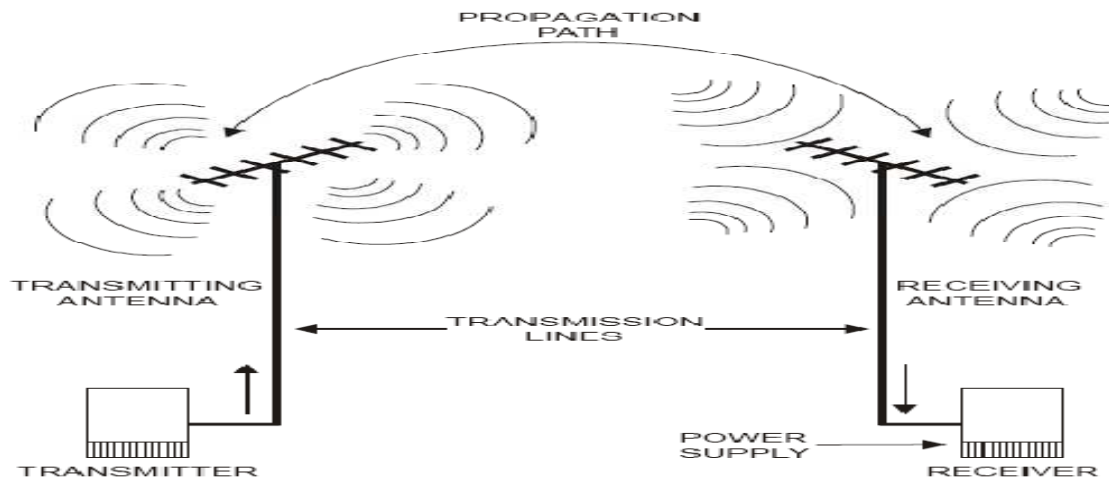


Figure 1-3. Typical Radio Link.

Figure III-1 propagation de onde elctomagnétique

### III-3 DIAGRAMME DE RAYONNEMENT

Le diagramme de rayonnement représente la répartition de la puissance rayonnée par L'antenne à grande distance (champ lointain).

Le diagramme de rayonnement change d'une antenne à une autre, il peut être omnidirectionnel comme dans le cas d'une antenne isotrope (**Fig. III.2(a)**) ou directif, comme dans le cas d'une antenne parabolique.

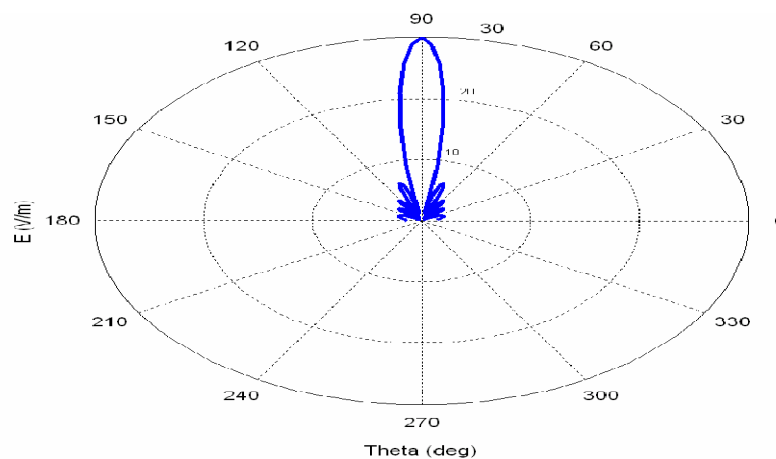


Figure III-2 diagramme de rayonnement d'antenne

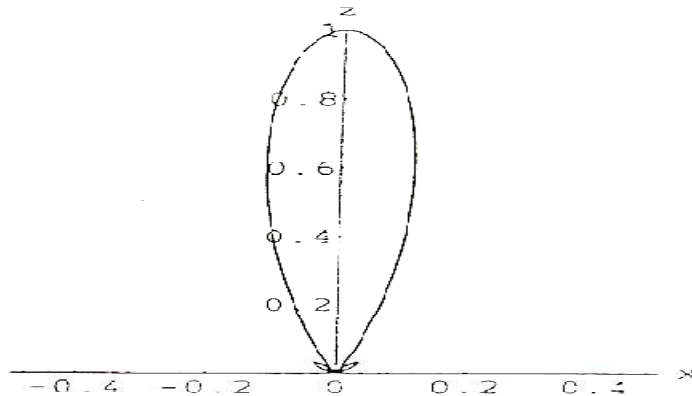
### II-3.1-REPRESENTATION GRAPHIQUE

La connaissance de ces diagrammes est de grande importance. Il est plus facile de faire des coupes, l'une par un plan vertical et l'autre par un plan horizontal.

Il y a plusieurs représentations graphiques possibles.

Le diagramme de rayonnement peut être représenté en :

a) coordonnées polaires :



b) en coordonnées cartésiennes

## III.4.GAIN D'UNE ANTENNE

Le gain d'une antenne est le rapport entre la densité de puissance moyenne rayonnée par l'antenne dans la direction  $(\Theta, \phi)$  et la densité de puissance à rayonnement isotrope, les 2 antennes étant alimentées par la même puissance Le gain est alors donné par  $D_b$   $D_b = 10 \log(p)$

## III.5.ANGLE D'OUVERTURE D'UNE ANTENNE

L'angle d'ouverture d'une antenne est l'angle de direction pour lequel la puissance rayonnée est la moitié (-3dB) de la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable

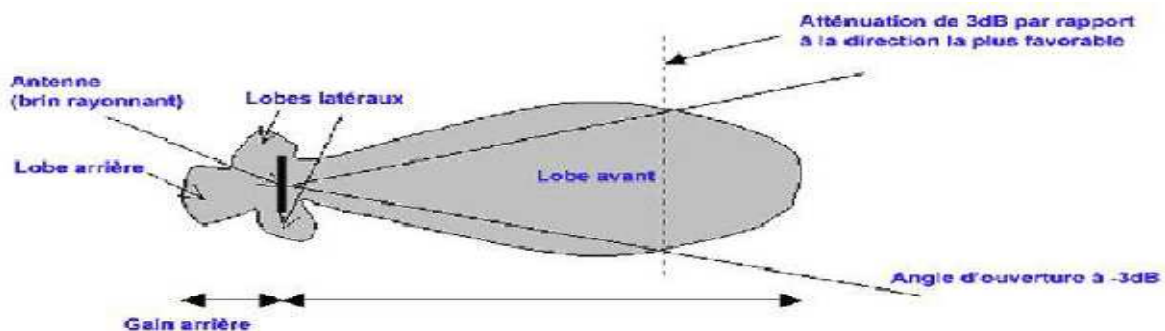


Figure III-3 angle d'ouverture

## III.6. RESISTANCE DE RAYONNEMENT

La résistance de rayonnement est définie en un point M de l'antenne parcouru par un courant IM. La résistance de rayonnement modélise l'antenne et représente la puissance rayonnée active. En effet, l'antenne rayonne de l'énergie associée aux champs électrique et magnétique qu'elle émet. La résistance de rayonnement  $R_M$  est donnée par la loi d'Ohm

### III.7.RAPPELS SUR LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

#### III.7.1. EQUATIONS DE MAXWELL

Les équations de Maxwell qui régissent le comportement d'une onde électromagnétique

$$\text{rot}\vec{E} = \mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\text{rot}\vec{H} = \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\text{Div}D = \delta$$

$$\text{div}B = 0$$

#### III.7.2.POLARISATION D'UNE ONDE

L'onde électromagnétique est rayonnée selon un plan de polarisation. Elle est composée de deux "vecteurs en quadrature" appelés "champ électrique" ou E et "champ magnétique" ou H. On dit qu'ils sont en quadrature lorsque qu'ils sont déphasés de  $90^\circ$  l'un par rapport à l'autre. Par convention, le plan de polarisation est défini selon l'orientation du champ électrique. Lorsque la configuration de l'antenne place le champ électrique verticalement, on dit que la polarisation est verticale. À l'inverse, lorsque la configuration de l'antenne place le champ électrique horizontalement, on dit que la polarisation est horizontale.

Dans certaines conditions, la polarisation peut être aussi "circulaire droite ou circulaire gauche". La polarisation correspond à la direction et à l'amplitude du champ électrique  $\vec{E}$ . Pour une onde non polarisée, ou naturelle  $\vec{E}$ , tourne autour de son axe de façon aléatoire et imprévisible au cours du temps. Polariser une onde correspond à donner une trajectoire définie au champ électrique. Il y a plusieurs sortes de polarisation.

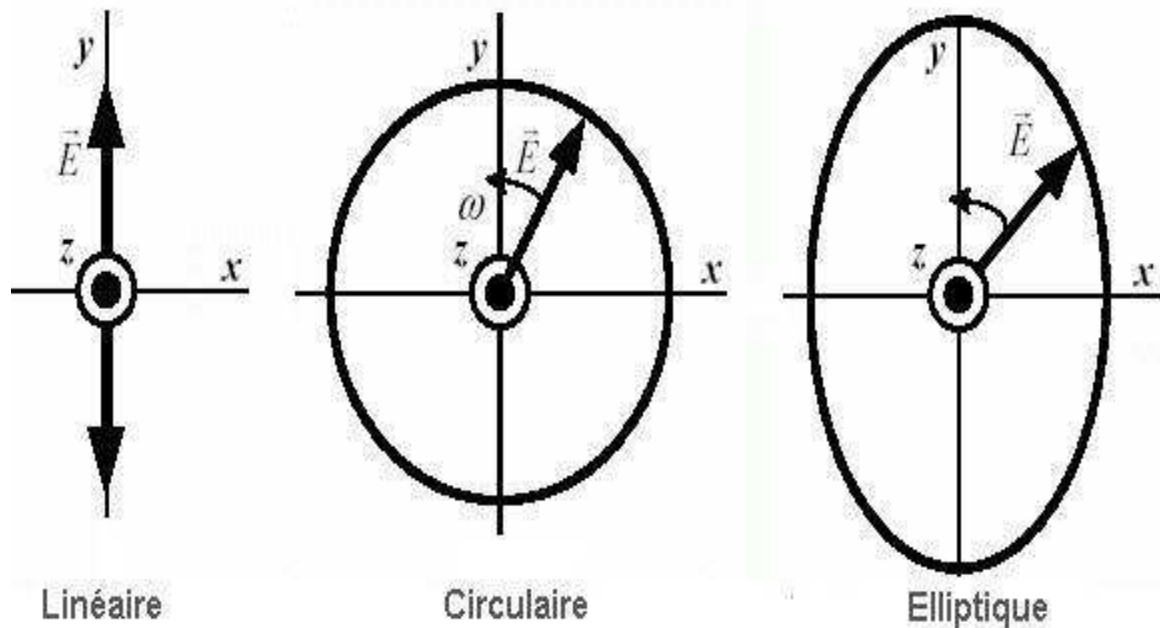


Figure III- 04 polarisation d'antenne

1- Une onde plane est dite à polarisation rectiligne si le champ électrique est constamment dirigé dans la même direction.

L'onde est dite à polarisation circulaire si l'extrémité du vecteur  $E$  décrit un cercle, ce cas de figure peut se présenter en considérant deux doublets orthogonaux alimentés en quadrature.

L'onde est dite à polarisation elliptique si l'extrémité du vecteur  $E$  décrit une ellipse.

### III.8.les antennes imprimés

#### III.8.1.Historique des antennes imprimées

Le concept des antennes micro rubans fut initialement proposé en **1953** par Deschamps aux Etats Unis d'Amérique et en France par Guettant et Bravissimo en **1955** [24].

Un peu plus tard le phénomène de rayonnement provenant des discontinuités dans les strip-lines fût observé et étudié par Lewin en **1960** [24].

Au début des années **70**, Byron décrit une piste rayonnante conductrice gravée sur un substrat diélectrique ( $\epsilon_r < 10$ ) et repose sur un plan de masse

Le modèle mathématique d'un micro-ruban basique fut initialement réalisé à travers l'application de l'analogie avec les lignes de transmission pour patchs rectangulaires simples.

Le diagramme de rayonnement d'un patch circulaire fut analysé et le résultat publié par Corver.

La première analyse mathématique d'une grande variété de patchs de micro-ruban fut publiée en **1977** par Lo et Al.

A la fin des années **70**, les antennes micro-ruban sont devenues plus connues et utilisées dans divers systèmes de communications.

De nos jours, elles sont très utilisées dans les appareils téléphoniques, les ordinateurs portables, les systèmes embarqués (missiles, fusées, satellites, etc.....).

### III.8.2. Description des antennes microbandes

Les antennes microbandes, construites par la technique des circuits imprimés, ont en général des bandes de fréquence étroites dans leur structure de base.

L'antenne microbande est représentée dans **la Figure III. 5**, est constituée d'un mince conducteur métallique (habituellement de **17,5 à 35  $\mu m$**  d'épaisseur en hyperfréquence et **9  $\mu m$**  en millimétrique) de forme arbitraire, appelé élément rayonnant, déposé sur un substrat épais utilisé pour augmenter la puissance rayonnée par l'antenne et réduire les pertes par l'effet joule et amélioré la bande passante de l'antenne, la face inférieure est entièrement métallisée pour

Réaliser un plan de masse.

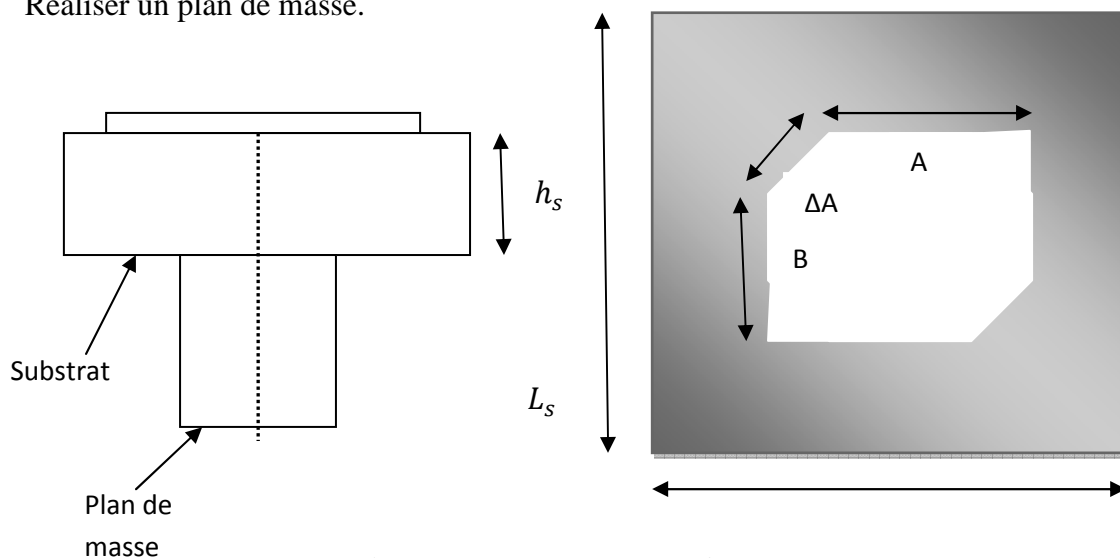


Figure III-5 structure de l'antenne patch

En pratique, les formes des éléments rayonnants les plus utilisés sont montrés sur la **Figure III-6**, leurs dimensions sont faibles de l'ordre de  $\lambda/2$  à  $\lambda$ .

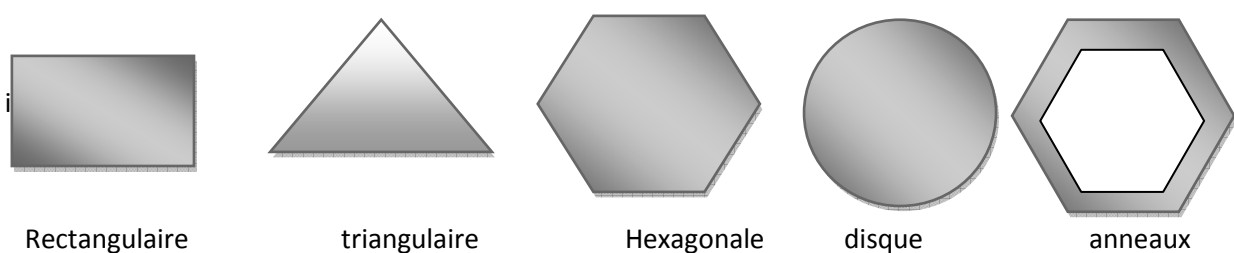


Figure III-6 : Divers types d'éléments rayonnants

## III.9. Les paramètres géométriques de l'antenne imprimée

### III.9.1. Largeur du patch

La largeur du patch a un effet mineur sur les fréquences de résonance et sur le diagramme de rayonnement de l'antenne. Par contre, elle joue un rôle pour l'impédance d'entrée (sur le bord) de l'antenne (équation II.1) et la bande passante à ses résonances :

$$R_{IN} = 90 \frac{\varepsilon_r^2}{\varepsilon_r - 1} \left(\frac{A}{B}\right)^2 \quad \text{II.1}$$

Pour permettre un bon rendement de l'antenne, une largeur A pratique est :

$$B = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} \quad \text{II.2}$$

où le terme  $f_0$  représente la fréquence de résonance fondamentale de l'antenne. En contrepartie, le diagramme de rayonnement est légèrement dégradé car il apparaît plusieurs lobes secondaires. Avec : c la vitesse de la lumière

### III.9.2. Longueur du patch

La longueur du patch détermine les fréquences de résonance de l'antenne. Il ne faut surtout pas oublier de retrancher deux fois la longueur  $\Delta L$  qui correspond au débordement des champs

$$A = \frac{\lambda_{dielectric}}{2} - 2\Delta B = \frac{c}{2f_0\sqrt{\varepsilon_r}} - 2\Delta B \quad \text{II.3}$$

La longueur L doit être légèrement inférieure que la longueur d'ondes dans le diélectrique. A cette fréquence d'opération,  $\lambda$  dépend de la constante diélectrique efficace ( $\varepsilon_r$ ). L'effet de débordement du champ fait électriquement, le patch semble plus grand que sa dimension physique. Il y a donc une augmentation de L de chaque côté de patch.

### III.9.3. Choix du substrat

Les substrats possèdent aussi des qualités en tant que métaux, leurs propriétés électromagnétiques sont caractérisées essentiellement par trois grandeurs physiques: conductivité, constante diélectrique relative, angle de perte.

Les substrats exploités dans la conception des antennes imprimées sont nombreux et doivent être compatibles avec le matériau de patch. Dans le cas où le matériau du patch de l'antenne est normal comme le cuivre, la permittivité relative du substrat varie de 1 à 12. Parfois, il est préférable d'utiliser des substrats diélectriques de grande épaisseur et de basse permittivité dans le but d'avoir une grande efficacité et une bande passante large. Mais, les pertes par onde

de surface augmentent et l'antenne devient de plus en plus encombrante. Au contraire, l'utilisation de minces substrats de permittivités élevées est conseillée pour les circuits micro-ondes permettant la minimisation des ondes de surfaces et des radiations non désirées. Toutefois, l'efficacité et la bande passante diminuent à cause de la grande perte dans le substrat.

### III.10. Les caractéristiques des antennes imprimées

Les paramètres électriques définissent l'antenne comme élément du circuit dans lequel elle est connectée. Ils permettent d'évaluer la charge apportée par l'antenne au circuit d'excitation et, ainsi, de caractériser l'efficacité du transfert de puissance entre le système radioélectrique et le milieu de propagation. Plusieurs paramètres peuvent servir à cette caractérisation, nous définirons les principaux paramètres

#### III.10.1 La directivité

Caractérise la concentration du rayonnement dans une direction donnée.

#### III.10.2 Coefficient de réflexion

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

#### III.10.3. Impédance d'entrée de l'antenne

En ce qui concerne l'émission et conformément à la théorie des circuits linéaires, l'antenne peut être représentée par un dipôle d'impédance d'entrée complexe  $Z_e(f) = R_e(f) + jX_e(f)$  chargeant à la sortie du circuit émetteur, modélisé par une source d'impédance interne :  $Z_s(f) = R_s(f) + jX_s(f)$  Précisons que  $f$  est la fréquence de résonance de l'antenne.

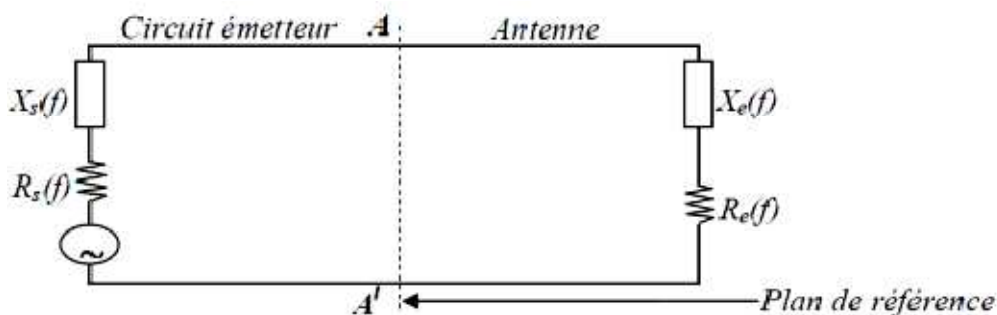


Figure III-7 : Schéma équivalent du dispositif à l'émission

D'une part, la partie réelle de l'impédance d'entrée  $R_e(f)$  caractérise la puissance dissipée par l'antenne sous forme de rayonnement et de pertes diverses dans sa structure (effet Joule, onde de surface, etc.) et d'autre part, la partie imaginaire  $X_e(f)$ , d'interprétation plus délicate est liée à la puissance réactive concentrée au voisinage immédiat de l'antenne et au déphasage.

L'impédance d'entrée de l'antenne est l'impédance vue de la part de la ligne d'alimentation au niveau de l'antenne. Cette impédance est donnée par l'expression :

### III.10.4 .Le gain

Il est défini par: la directivité d'antenne

### III.10.5.Polarisation de l'antenne

La polarisation d'une antenne est déterminée par celle de l'onde radiée dans une direction donnée, elle est identique à la direction du champ électrique, c'est à dire à celle des brins rayonnants de l'antenne. Le plan E (électrique) est parallèle au vecteur E de l'onde émise. On parle de polarisation verticale si le plan E est perpendiculaire au sol; s'il est parallèle au sol, on parle de polarisation horizontale. Aussi le vecteur du champ électrique instantané trace dans le temps une figure.

On réfère à ce phénomène simplement la polarisation du champ électrique.

La figure est généralement une ellipse qui présente des cas particuliers. Si le chemin du vecteur de champ électrique suit une ligne, l'antenne est dite linéairement polarisée. Si le vecteur champ électrique tourne selon un cercle, elle est dite à polarisation circulaire.

#### III.10.5.1. Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement est une représentation géométrique de la façon dont une antenne collecte ou rayonne l'énergie électromagnétique dans l'espace. Cette représentation peut se faire soit en trois dimensions soit en deux dimensions sur des diagrammes polaires présentant différents plans. Le diagramme de rayonnement permet de localiser les zones de l'espace entourant l'antenne et les directions où le rayonnement est intense ou faible.

Même si chaque diagramme de rayonnement est différent en fonction des antennes, il est possible de différencier trois formes typiques de diagramme de rayonnement : isotrope, omnidirectionnel et directif.

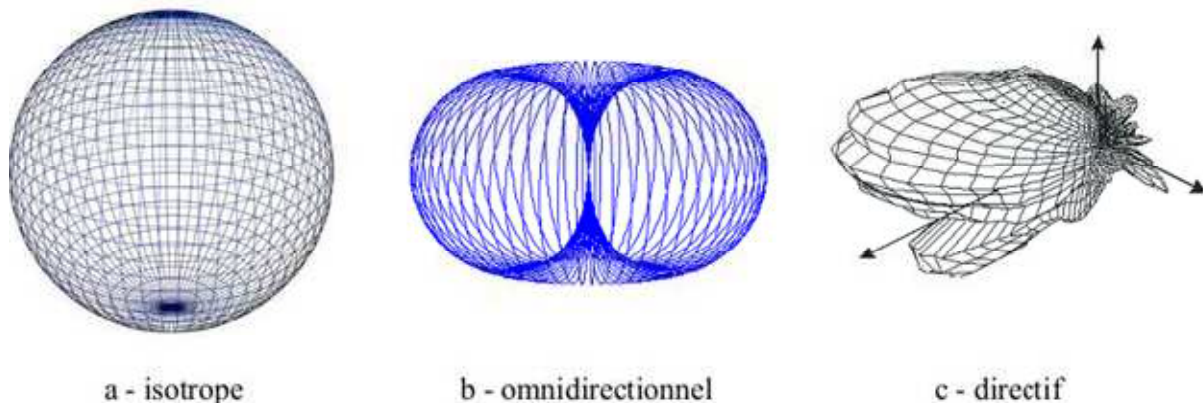


Figure III.8 : diagramme de rayonnement de l'antenne imprimée

## III.11.Méthodes d'analyse

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'analyse des antennes imprimées. La plupart de ces méthodes peuvent être classés dans une des deux catégories :

- Méthodes approximatives.
- Méthodes rigoureuses (Full-wave).

### III.11.1 Les méthodes approximatives

Sont basées sur des hypothèses simplificatrices donc elles ont des limitations et elles fournissent des solutions moins précises.

Elles sont généralement utilisées pour la modélisation des antennes à élément unique à cause de la difficulté rencontrée dans la modélisation du couplage entre les différents éléments.

Cependant, elles offrent un bon aperçu physique avec un temps de calcul généralement très petit

### III.11.2 Méthodes approximatives (analytiques)

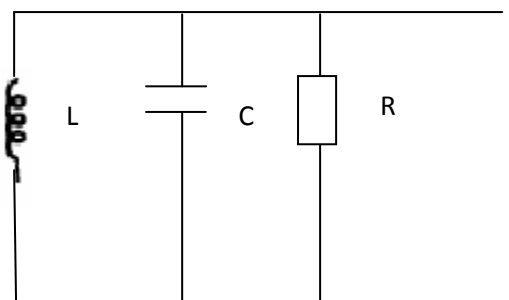
Les méthodes approximatives prennent en compte au départ la nature des phénomènes physiques, ce qui permet d'effectuer des approximations, permettant la modélisation du modèle en question. Parmi ces méthodes, on cite :

- Le modèle de la ligne de transmission.
- Le modèle de la cavité.

### Modélisation d'une antenne plaquée rectangulaire

Dans cette modélisation, une antenne plaquée rectangulaire est considérée comme une section résonante faisant partie d'une ligne de transmission.

Le patch rectangulaire sera assimilé à un circuit choisi *RLC* parallèle **Figure III. 9**



**Figure III.9 : modalisation de l'antenne patch**

## III.12. Avantages et inconvénients des antennes imprimés

Actuellement, les antennes micro rubans sont largement utilisées, leurs applications couvrent un large domaine de fréquence 100 MHz à 100 GHz, leur configuration et dimensions favorisent leurs intégrations sur de nombreux mobiles (avion, voiture, missile,).

Parmi les avantages de ces d'antennes, on peut citer:

- Profil plat
- Faible poids.
- Volume réduit.
- La conformabilité et la possibilité d'intégrer les circuits micro-ondes au niveau des antennes.
- Simplicité de leurs structures.
- Faible coût de fabrication donc la production en grandes quantités devient facile.
- Plusieurs éléments radiants peuvent être placés sur la même plaque avec le réseau d'alimentation ou avec d'autres circuits imprimés (déphaseurs, commutateurs, etc.).

Cependant, elles présentent les inconvénients suivants [1], [6]:

- Faible bande passante (**1 à 5 %**), le facteur de qualité Q, va d'environ **50** jusqu'à **75**.
- Faible puissance.
- Impureté de la polarisation.
- Faible gain.

### III.12.1. Mécanismes de rayonnement de l'antenne patch rectangulaire

Le mécanisme de rayonnement d'une antenne patch rectangulaire s'effectue à partir de sa forme géométrique. Une fois, la ligne d'alimentation excitée par une source RF, une onde électromagnétique se propage sur cette ligne, puis attaque l'élément rayonnant.

Une distribution de charge va se mettre à l'interface substrat - plan de masse, sur et sous le composant rayonnant, ce qui va provoquer :

1. Une inversion de phase des composantes verticales du champ électrique sur la longueur de l'antenne.
2. Contrairement à précédemment, des rayonnements qui sont en phase dans le plan de l'antenne et dus aux composantes horizontales des lignes de champ qui entoure l'élément imprimé.
3. Une modélisation de l'antenne patch rectangulaire par une cavité à 4 murs magnétiques (bords de la cavité) et 2 murs électriques (formés par les métallisations).

### III.12.2. Alimentation des antennes plaquées

L'excitation est un point très important en étudiant des antennes imprimées.

En effet, l'énergie est fournie à l'élément rayonnant d'une manière où on peut influencer directement sur son rayonnement et modifier ses performances.

L'alimentation de l'antenne dépend de la manière dont l'antenne est intégrée dans le dispositif.

Les méthodes d'alimentation des antennes plaques peuvent être classées en deux catégories :

- Les alimentations par contact (par sonde ou ligne micro ruban).
- Les alimentations par proximité (couplage électromagnétique par ligne ou fente).

### III.12.3. Alimentation directe par une ligne micro ruban :

Dans ce type d'alimentation, une bande de conduite est reliée directement au bord du patch de micro ruban. La bande de conduite est plus petite dans la largeur par rapport au patch.

L'avantage de ce type d'alimentation est qu'elle peut être gravée sur la même face de l'antenne, elle est facile à fabriquer, et simple à adapter à la résonance.

C'est l'une des techniques les plus utilisées dans les antennes imprimées, elle a l'inconvénient de générer un rayonnement parasite.

On peut distinguer trois types

#### III.12.3.1. Alimentation coaxiale

L'alimentation coaxiale ou l'alimentation de sonde est une technique très utilisée pour alimenter les antennes micro rubans.

Dans ce cas le conducteur intérieur du connecteur coaxial traverse le diélectrique et est soudé au patch, alors que le conducteur externe est relié au plan de masse.

L'avantage principal de ce type d'alimentation est qu'elle peut être appliquée à n'importe quel endroit choisi à l'intérieur du patch, avec une facilité de fabrication. Cependant, cette méthode présente des inconvénients au niveau du diagramme de rayonnement.

En effet, la connexion génère un pic de courant localisé au niveau de l'élément rayonnant qui peut induire une dissymétrie dans le diagramme de rayonnement

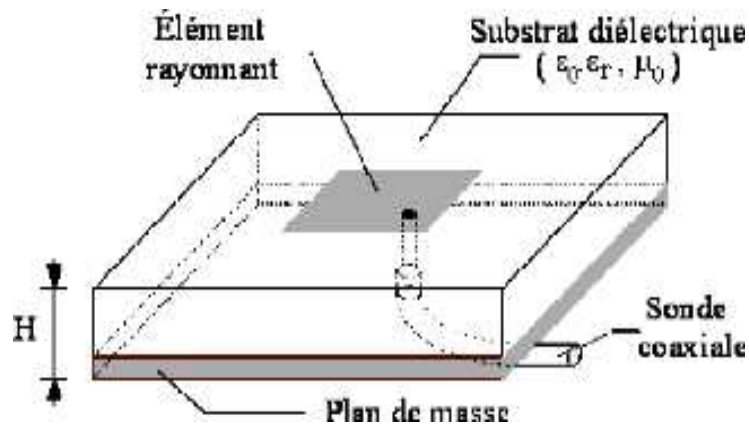


Figure III.10 : alimentation l'antenne patch par câble coaxial

### III.12.3.2. Alimentation couplée par ouverture

Dans ce type d'alimentation, le patch de rayonnement et la ligne d'alimentation du micro ruban sont séparés en plan de masse comme indique sur la **Figure III. 11**.

La jonction entre le patch et la ligne d'alimentation est faite par une ouverture ou une fente dans le plan de masse

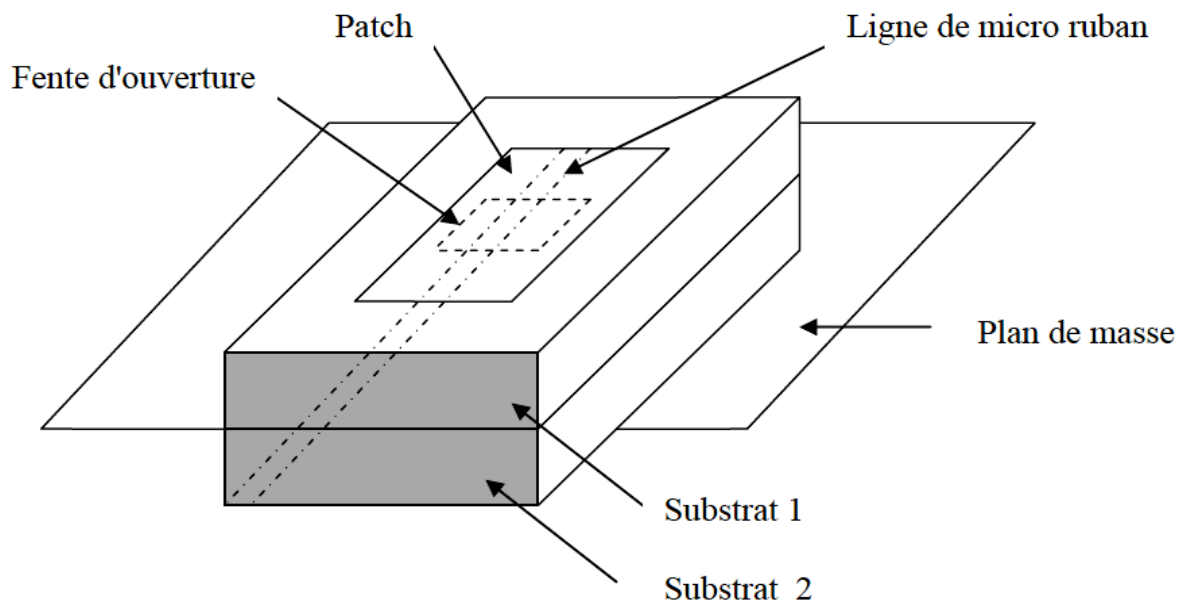


Figure III. 11 : Alimentation couplée par ouverture

### III.12.3.3. Alimentation Couplée Par Proximité

Ce type d'alimentation est représenté sur la **Figure III.12**. deux substrats diélectriques sont employés tels que la ligne d'alimentation est entre les deux substrats et le patch de rayonnement est sur le substrat supérieur.

L'avantage principal de cette technique d'alimentation est l'élimination du faux rayonnement d'alimentation et l'obtention d'une bande passante plus large et ce par l'augmentation globale de l'épaisseur de l'antenne.

Parmi les inconvénients de cette méthode d'alimentation nous citons la difficulté de fabrication à cause des deux couches diélectriques nécessitant un alignement approprié, ainsi que la difficulté d'intégration de dispositifs actifs.

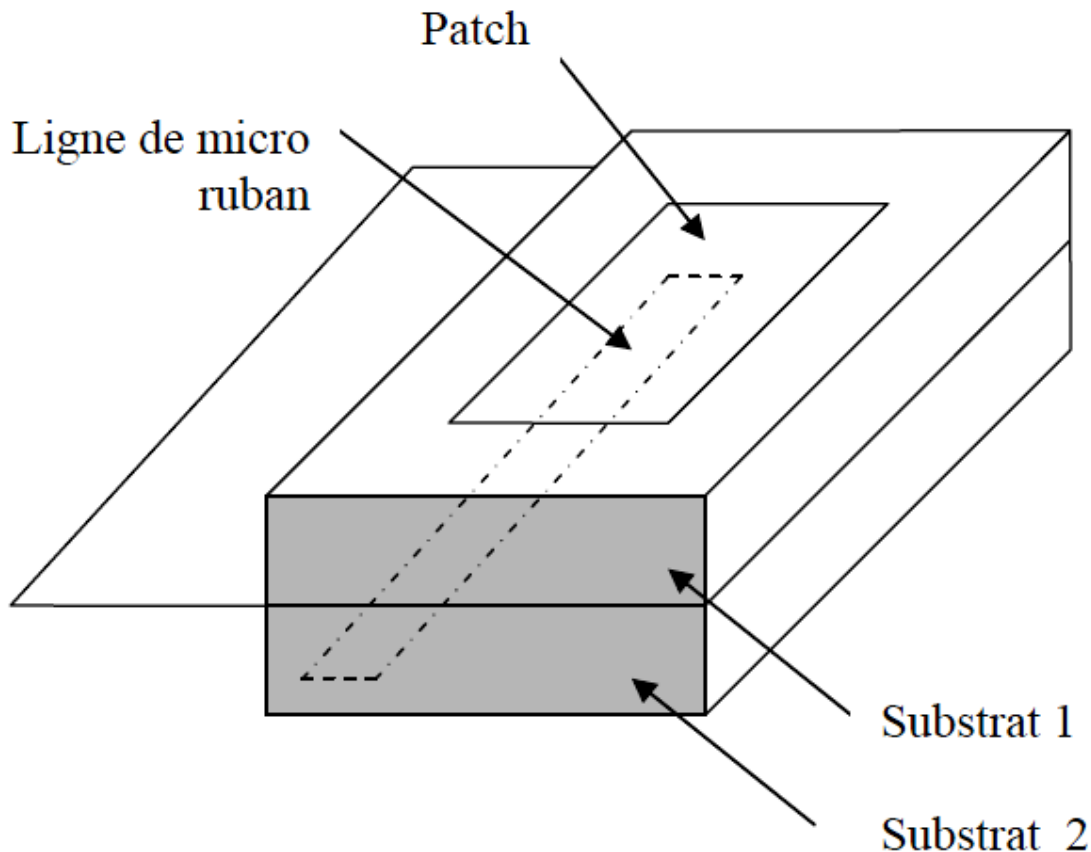


Figure III-12 Alimentation Couplée Par Proximité

### III.13. Les applications des antennes microbandes

Vu l'explosion technologique dans la télécommunication et les recherches scientifiques continues concernant les antennes imprimées, et vu les exigences multiples dans le domaine de communication, l'utilisation des antennes micro-ondes classiques [50] devient incapable de répondre à ces exigences.

Pour cette raison, les antennes microbandes remplacent les antennes classiques dans la plupart des applications. Parmi ces applications on cite:

- Les télécommunications par satellites.
- La commande et contrôle.

- La télémétrie par missile.
- Les équipements portatifs.
- Les éléments d'alimentation dans les antennes complexes.
- Les antennes d'émission utilisées en médecine.
- Les récepteurs satellite de navigation

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un bref historique sur les antennes imprimées et montré le rôle et l'évolution technologique des patches, ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients. Nous avons montré également quelques différentes techniques d'alimentation, ainsi que les méthodes d'analyses les plus utilisées à des structures microbandes de forme quelconque. Aucune de ces méthodes numériques citées n'est parfaite. Elles présentent toutes des avantages et des inconvénients.

CHAPITRE

IV

SIMULATION ET RÉSULTAS  
PAR HFSS

### IV-1-Introduction

**HFSS** (High Frequency Structure Simulator) est un logiciel qui calcule le comportement électromagnétique d'une structure. Pour analyser ce comportement en détails, le logiciel met à notre disposition des outils d'interprétation post-traitement.

Il effectue une modélisation électromagnétique par résolution des équations de Maxwell à l'aide de la méthode des éléments finis.

Le principe de la méthode utilisée consiste à diviser l'espace d'étude en un grand nombre de petites régions (tétraèdres), puis à calculer localement le champ électromagnétique dans chaque élément.

Nous avons simulé les antennes imprimées à l'aide du logiciel d'Ansoft - **HFSS**.

Le choix de ce logiciel pour notre application est justifiée. En effet, c'est un logiciel dédié à la simulation haute fréquence des circuits micro-ondes.

Il s'agit d'un logiciel de simulation puissant qui permet de représenter la distribution des champs et de calculer les paramètres des structures hyperfréquences passives.

Un projet **HFSS** est un dossier qui contient un (ou plusieurs) modèle(s) appelé(s) design.

Chaque modèle contient une structure géométrique, ses conditions aux limites et le choix des 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**.

### IV-2- Présentation du logiciel

Le logiciel **HFSS** (High Frequency Structure Simulation) v13.0 d'Ansoft Corporation 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 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**.

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.

### IV-3- 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**.

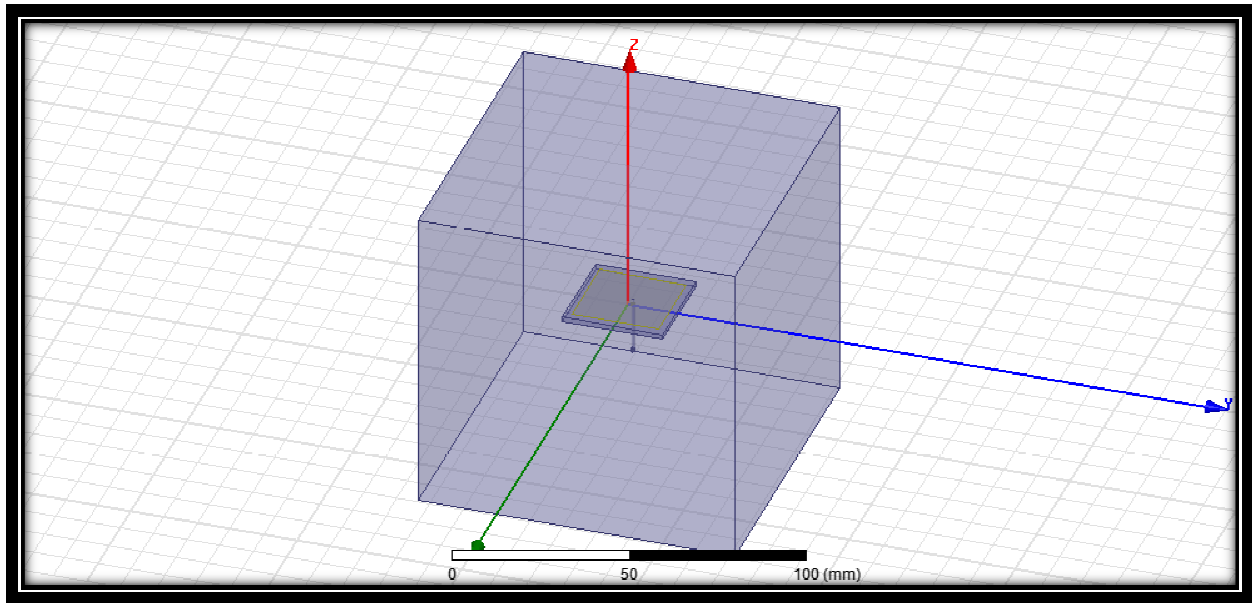
### IV-4- Dessiner un modèle

Pour créer une structure en **3D** il suffit de la dessiner avec les outils mis à disposition par le logiciel. Ici, nous ne décrivons que les parties les plus difficiles à mettre en œuvre.

On peut créer les objets **3D** en employant les commandes de l'aspiration de **HFSS**

Des objets sont dessinés dans la fenêtre du modéliser en **3D**.

f



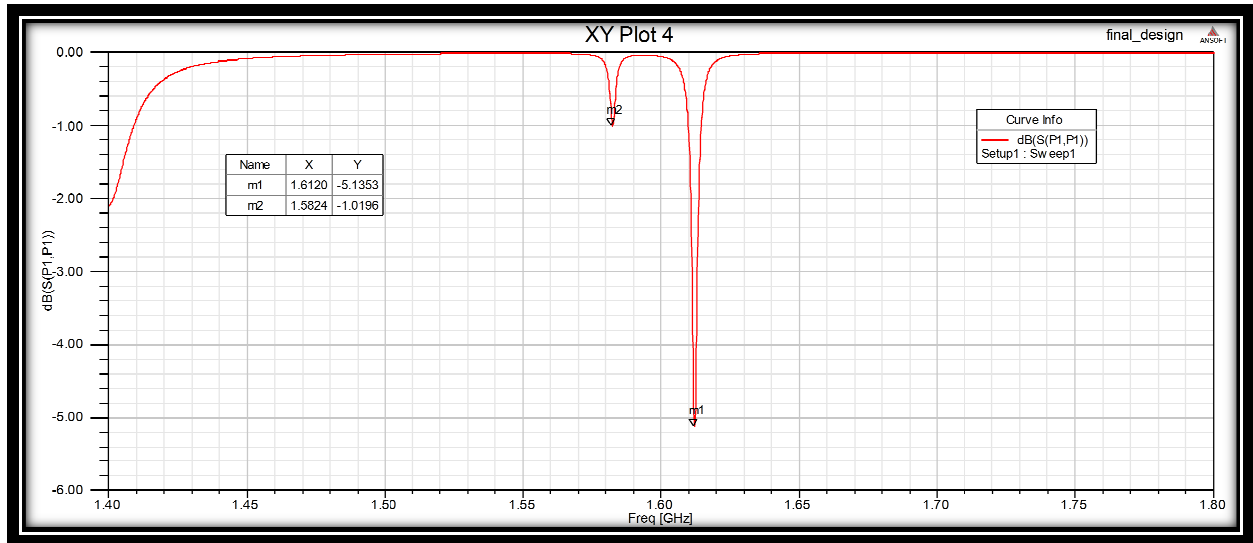
**Figure IV-1 : Structures 3D de l'antenne simulée,**

## IV-5 Application

|                              |   |  |                              |                    |                   |
|------------------------------|---|--|------------------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Fréquence Derésonance</b> | <b><math>F_{r1}=1.57</math><br/>GHz</b> | <b><math>F_{r2}=1.6</math><br/>GHz</b> |                              |                    |                   |
| <b>Substrat</b>              | <b>type</b>                             | <b>Hauteur</b>                         | <b>Permittivité relative</b> | <b>Langueur mm</b> | <b>Largeur mm</b> |
|                              | GPS_LTCC2                               | H=1.6                                  | $\epsilon_r= 68$             | <b>30</b>          | <b>30</b>         |
| <b>Dimensions du patch</b>   | <b>Longueur (mm)</b>                    |  | <b>Largeur (mm)</b>          |                    |                   |
|                              | L=25                                    |  | L=26                         |                    |                   |
| <b>La bande de fréquence</b> |   | 1.4 à 1.8 GHz                          |                              |                    |                   |
| <b>Type d'excitation</b>     |   | Wave Port                              |                              |                    |                   |

**Tableaux IV-1 :lescaractéristique de l'antenne patch**

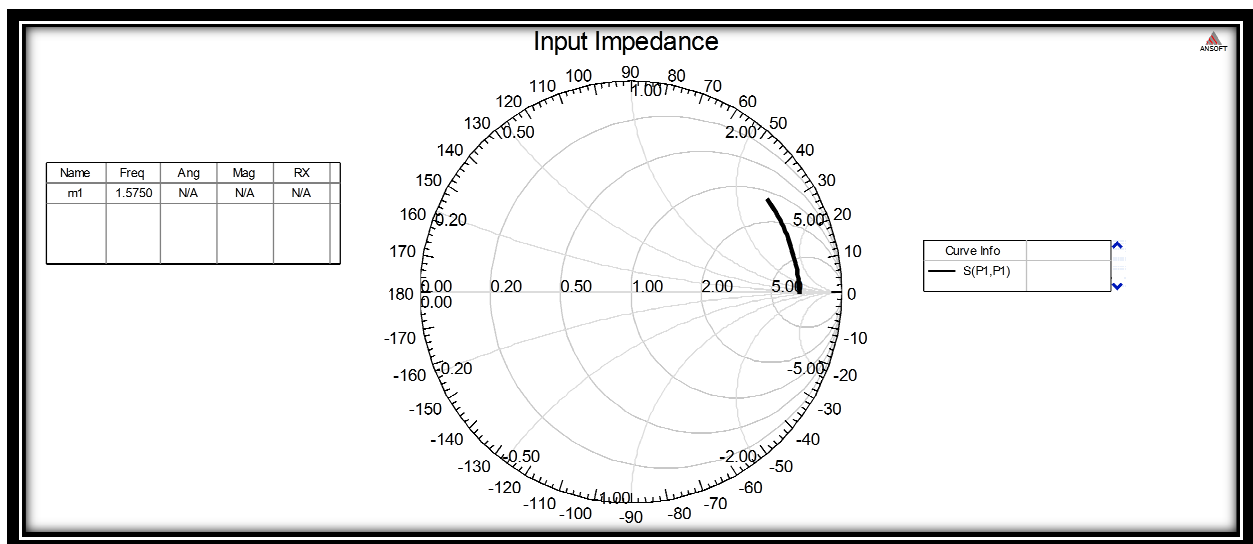
## IV-5-1 Paramètres



**Figure IV-2 :Paramètre S, pour le patch**

On voit que la diminution du coefficient de réflexion à -5dB et -1dB pour fréquences de résonance 1.58 GHz et 1.61GHz est proche par rapport à la fréquence souhaitée qui est de 1.575 GHz et 1.6 GHz de patch et on voit plusieurs fréquences de résonance.

## IV-5-2 Impédance de l'antenne

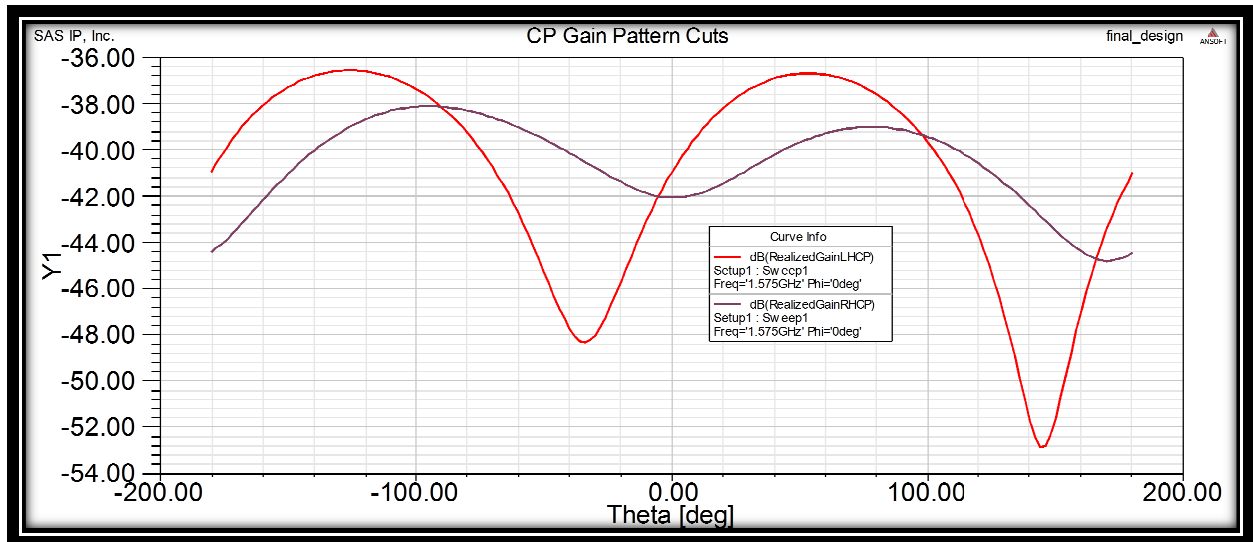


**Figure IV-3 : impédance de l'antenne**

## Simulation et résultat par hfss

Pour la figure IV-3 l'impédance d'entrée de l'antenne égal 5 ohm j'usai  $3+j40$

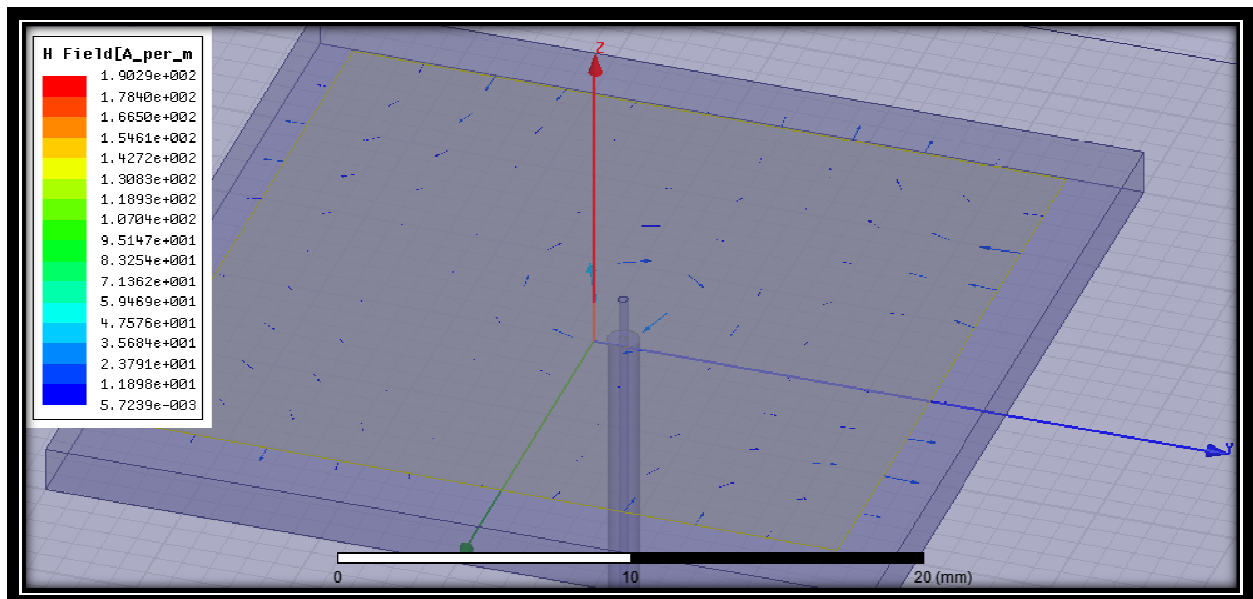
L'antenne il ya de partie partie résistif plus partie



**Figure IV-4 : la différence entre LHCP et RHCP**

es tracés de rayonnement représentés sur les figures IV-4 révèle le diagramme de rayonnement pour toutes les fréquences GPS allant de 1,5 GHz à 1.6 GHz, et dans ces trames et de diagramme de rayonnement, la différence entre LHCP et RHCP est supérieure à -42 dB à 0 degré. Par conséquent, ces courbes montrent que l'antenne conçue est capable de réaliser une polarisation circulaire

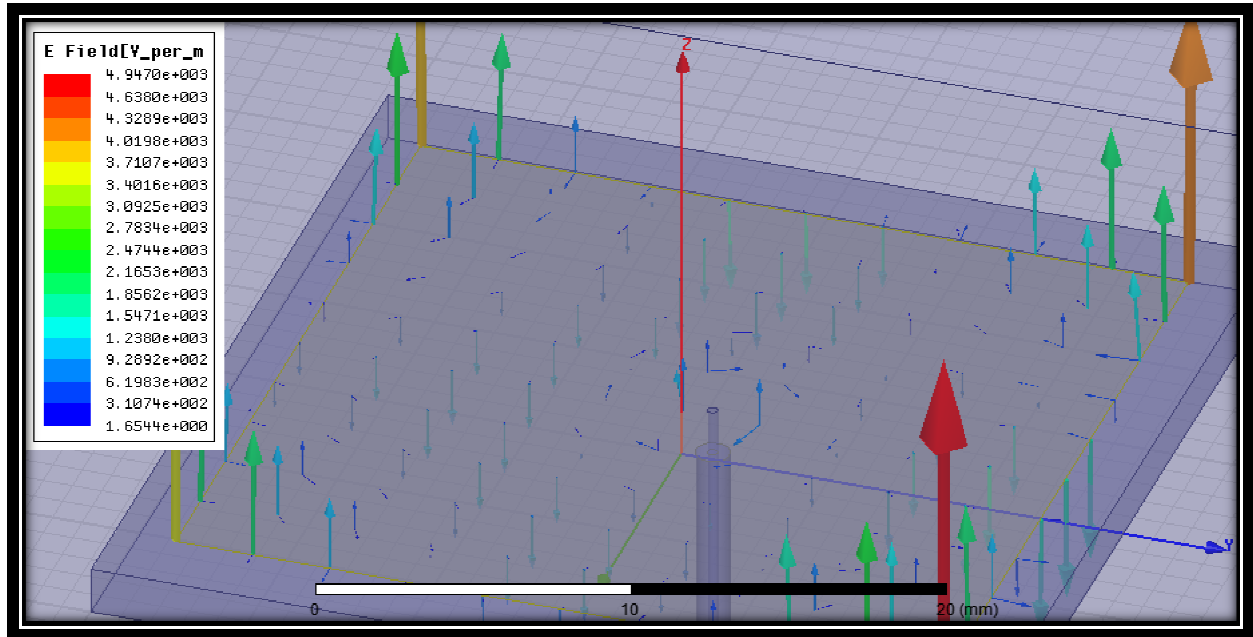
### IV-5-3 Champ H



**Figure IV-5 : Répartition du champ H,**

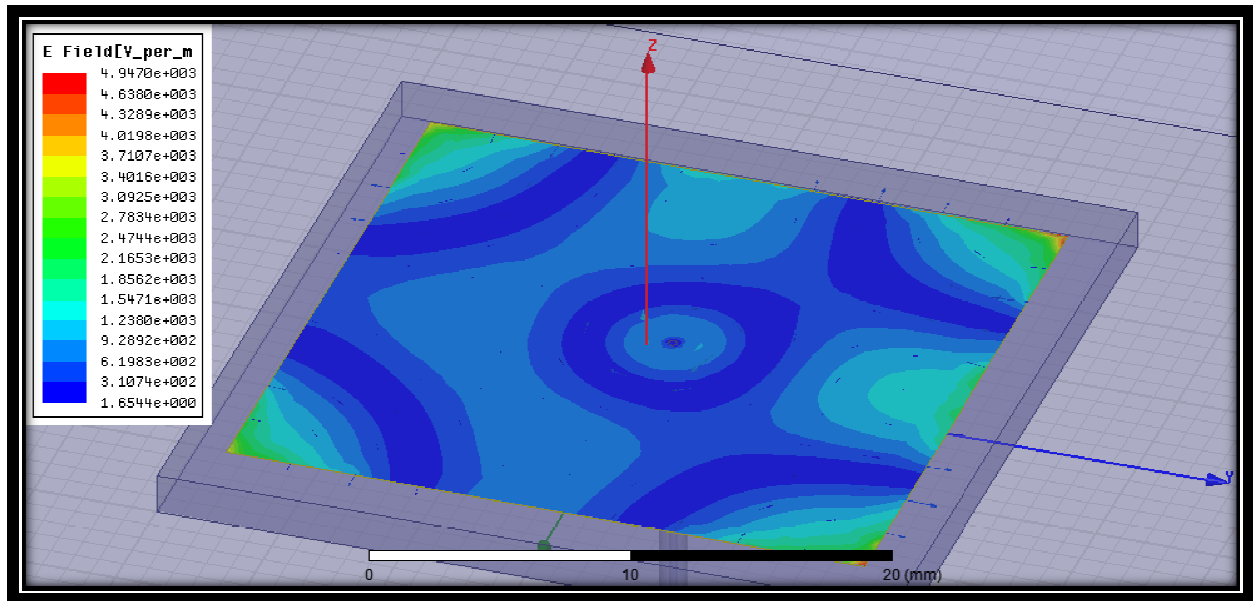
On remarque de cette figure le champ H polarisé circulaire et densité de champ H en 1A/m jusqu'à 5A/m

### IV-5-4 Champ E

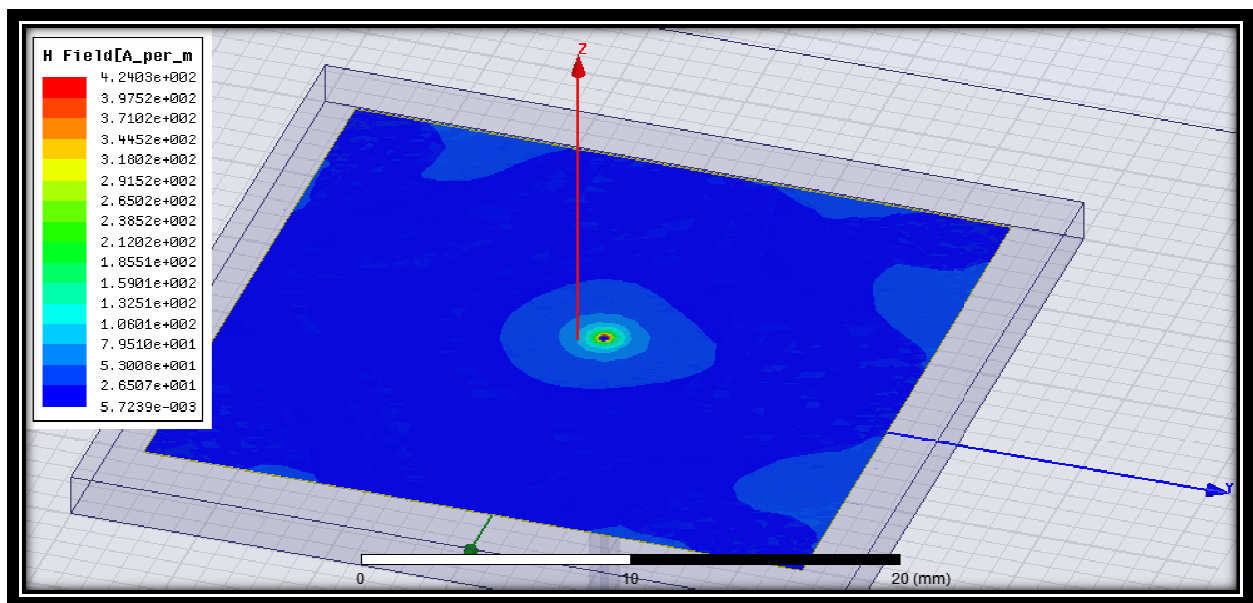


**Figure IV-6 : Répartition du champ E.**

On remarque de cette figure le champ E polarisé circulaire et densité de champ H en 3 V/m jusqu'à 7 V/m et la densité maximale sur les coins de l'antenne patch



**Figure IV-7 : Densité de courant surfacique de E du patch.**



**Figure IV-8 : Densité de courant surfacique H du patch.**

La surface principale de distribution de courant (= 45 mm) a été observée autour de la fente en forme de corne, qui était d'environ une demi-longueur d'onde correspondant à 1,8 GHz.

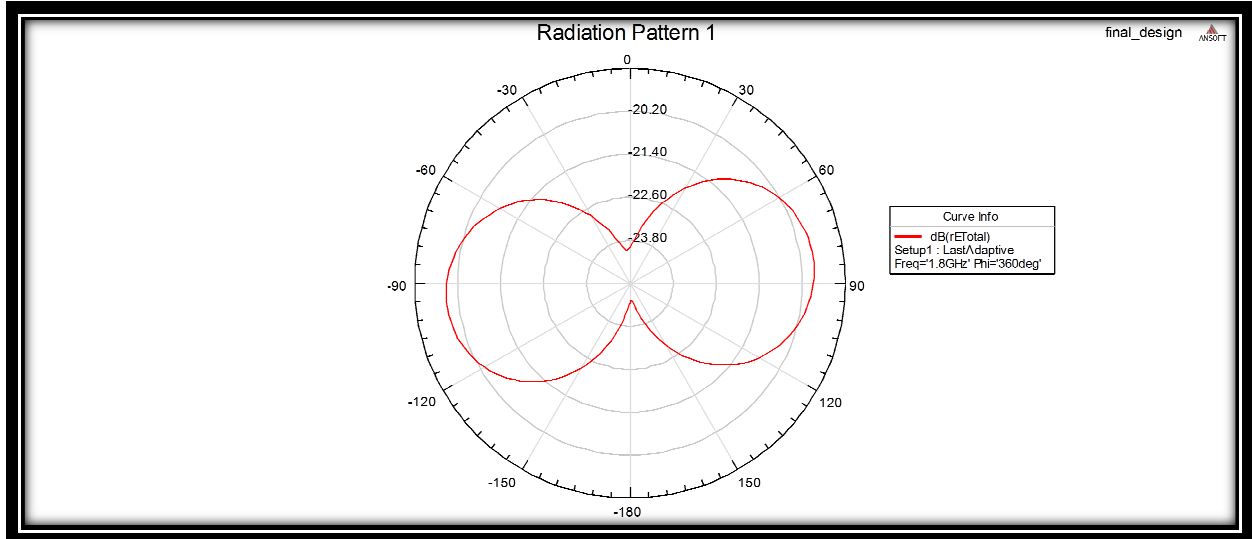
Une grande fente en forme de corne excité une distribution de courant plus avec de plus en plus  $h^2$ . En conséquence, une fréquence de coupure dans le bas a été réalisée.

Pour 1,61 GHz excitation, on compare deux situations, à savoir que la bande centrale et avec

Pièce triangulaire.

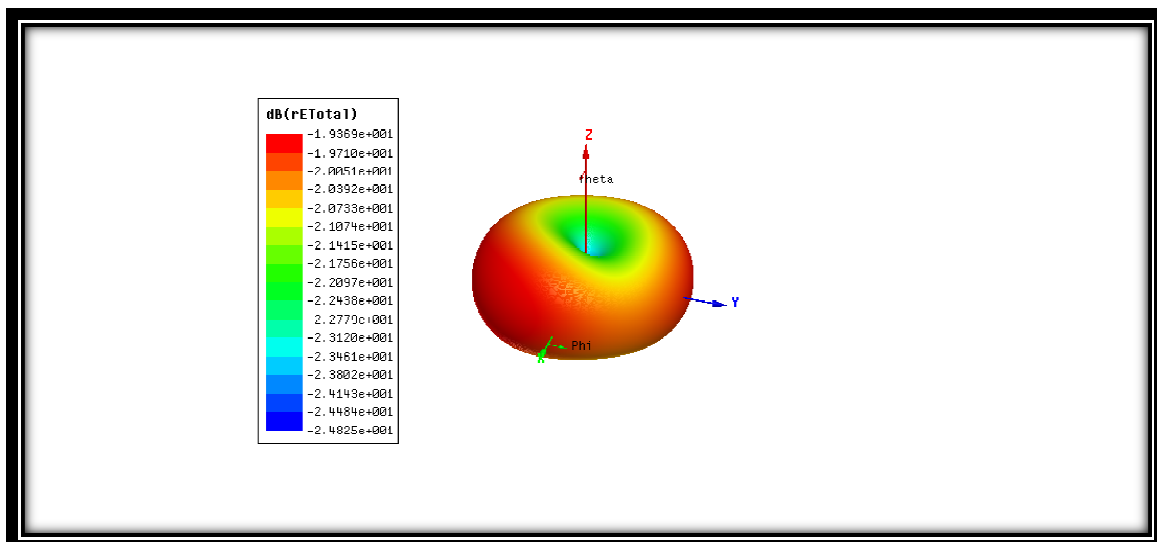
## IV-5-5 Diagramme de rayonnement

### 5-5-1 En 2D



**Figure IV-9 : Diagramme de rayonnement en 2D.**

### 5-5-2 En 3D



**Figure IV-10 : Diagramme de rayonnement en 3D.**

Les diagrammes de rayonnement et les valeurs de gain de l'antenne proposées ont été mesurés dans la chambre de champ lointain an échoïque. Figure 10.5 décrit le rayonnement

mesuré modèle à 1.5 et 1.6 GHz. Un schéma en figure de huit rayonnements dans le plan x-z et diagramme de rayonnement quasi omnidirectionnel dans le plan y-z ont été acquises. Le Résultats en plan x-z indiquent que l'intensité du rayonnement dans des directions  $\pm x$  bien Plus petite que  $\pm$  directions z. Cette caractéristique suggère que les performances de rayonnement du projet QSCA étaient semblables à une antenne dipôle simple. Figure IV.10 Présente le gain d'antenne en fonction de la fréquence mesurée. Le gain varie dans une gamme de -2.1 à 1.9 dBi. On peut voir que les valeurs de gain dans les bandes de fonctionnement étaient généralement stables et suffisante pour les applications UWB

### Conclusion

La phase de conception et caractérisation d'une antenne, à l'aide d'un logiciel adapté, est une étape incontournable dans un souci de gain de temps et d'optimisation de structure aux paramètres désirés.

La conception doit permettre de prendre en compte les paramètres diélectriques et conducteurs des matériaux bas coût choisis (qui ne sont donc pas parfaits) et de nous rapproché des futures antennes à réaliser.

On a ainsi présenté dans ce chapitre la phase de conception par le logiciel de simulation électromagnétique **HFSS**. Ses différentes étapes de fonctionnement sont explicitées.

Enfin, la simulation d'antennes imprimées rectangulaires est effectuée.

---

# Conclusion Générale

---

## Conclusion Générale

L'essor récent des communications Ultra Large Bande a nécessité des antennes spécialement Adaptées à cette technologie qui est basée originellement sur la modulation de très brèves impulsions permettant l'émission de grands volumes de données tout en conservant une très faible densité spectrale de puissance.

Son utilisation dans de nombreux laboratoires et industries, dans des domaines tels que le radar et la géo localisation a permis de valider sa faisabilité.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de mémoire.

Il s'agit de concevoir et d'étudier des antennes planaires imprimées Adaptées au système Ultra Large Bande.

Les méthodes analytiques, pour l'analyse et la conception des antennes imprimées,(patches) sont faciles pour calculer les différents paramètres, tels que la fréquence de résonance, la bande passante, le facteur de qualité, etc.... Mais, ces méthodes restent imprécises et se limitent à des formes géométriques simples où le substrat devrait être mince.

Par contre, les méthodes numériques sont plus complexes et peuvent ne pas converger si le choix des fonctions de base est mauvais.

Elles peuvent permettre de traiter des antennes ayant des formes géométriques plus complexes.

L'objectif principal de ce travail était de concevoir et caractériser des antennes imprimées de Formes rectangulaires.

L'utilisation des fréquences d'opération dans la bande Ultra large a pour intérêt la réduction de la taille des antennes imprimées et leur poids pour faciliter leurs intégrations dans les dispositifs de télécommunications sans fil.

Après avoir présenté la technologie Ultra Large bande avec ses principales caractéristiques et Applications, la technologie des antennes imprimées est résumée à travers la donnée de ses différentes configurations, alimentations et principales applications.

La dernière partie de ce travail est consacrée à la conception et à l'étude des structures D'antennes planaire imprimées sous la forme rectangulaire adaptée sur une bande passante l'aide du logiciel de simulation hyperfréquence HFSS.

Différentes études ont été menées sur l'alimentation, l'élément rayonnant en vue d'adapter la structure à la bande de fréquence souhaitée.

## Conclusion Générale

---

Les résultats numériques obtenus ont montré que la fréquence de résonance et la bande Passante sont liées directement avec les paramètres physiques de l'antenne (épaisseur du substrat, longueur latérale du patch, constante diélectrique).

## Bibliographique

---

- [1] **M. Z. Win** and **R. A. Scholtz**, “*Impulse radio: how it works*,” IEEE Communication Lett., vol. 2, no. 2, pp. 36-38, Feb. 1998.
- [2] **F. J. Agee; C. E. Baum; W. D. Prather; J. M. Lehr; J. P. O’Loughlin; J. W. Burger; J. S. H. Schoenberg; D. W. Scholfield; R. J. Torres; J. P. Hull** and **J. A. Gaudet**, “*Ultra wideband transmitter research*,” IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 26, no. 3, pp. 860-873, Jun. 1998.
- [3] **W. D. Prather; C. E. Baum; J. M. Lehr; J. P. O’Loughlin; S. Tyo; J. S. H. Schoenberg; R. J. Torres; T. C. Tran; D. W. Scholfield; J. Gaudet** and **J. W. Burger**, “*Ultra-wideband source and antenna research*,” IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 28, no. 5, pp. 1624-1630, Oct. 2000.
- [4] **X. Chen** and **S. Kiaei**, “*Monocycle shapes for ultra wideband system*,” in Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS 2002, vol. 1, May 26-29, 2002, pp. I-597-I-600.
- [5] **D. Taylor**, “*Ultra Wideband Radar Technology*,” CRC Press, 2001
- [6] **BARRETT, T.W.**, “**History of ultra wideband (UWB) radar & communications, pioneers and innovators**”, Progress in Electromagnetics Symposium, Cambridge, MA, Etats-Unis, Juillet 2000,
- [7] **SIWIAK, K.**, “**Ultra-wideband radio: A new pan and positioning technology**”. February 2002, IEEE Vehicular Technology Society News, pp. 4 - 9.
- [8] **HIRT, W.** and **PORCINO, D.**, “**Ultra-Wideband Radio Technology: Potential and Challenges Ahead**”, Juillet 2003, IEEE Communications Magazine, vol 41, n°7, pp. 66 - 74.
- [9] **ECC**, “**Ultra-Wideband (UWB) technology in bands below 10.6 Hz**”, ECC decision of 24 march 2006 on the harmonised.
- [10] **BEGAUD, X.** “**Les Antennes Ultra Large Bande**”, Paris : Lavoisier, Mai 2010.
- [11] **ECMA-368**, “**High Rate Ultra Wide band PHY and MAC Standard**”, édition 2. décembre 2007
- [12] **CHAMI Ali**, “**Miniaturisation et intégration d’antennes imprimées pour systèmes communicants ULB pulsés**”, Thèse de Doctorat en Électronique, Université de Nice-Sophia Antipolis, 2011.
- [13] **KEBBAB RADHWANE**, “**Conception d’antennes ultra large bande en technologie imprimée**”, Thèse de magister télécommunication, Université de Abou bakr Belkaid-Tlemcen, 2010.

## Bibliographique

---

- [14] David M. Pozar & Daniel H. “ **The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays**”.
- [15] IEEE “ **Performance Improvement, Feasibility, and System considerations** ”, Vol. 85, No. 7, July 1997.
- [16] Mourad HASSAD, “ **Modélisation d'une antenne patch réalisée sur un substrat a tenseurs de permittivité et de perméabilité diagonaux** ”, mémoire de Magister électronique option Micro-ondes pour Télécommunication, Université **de Batna**,2008.
- [17] I. J. Bahl and P. Bhartia, "**Microstrip antennas**,"Dedham, Ma: Artech House 1980.
- [18] K. R. Carver and J. W. Mink "**Microstrip antennas technology**," IEEE Transaction On Antennas and Propagation, Vol. AP-29, N°.1, pp. 2-24 January 1981.
- [19] D. M. Pozar, "**Microstrip antennas**," IEEE, Vol. 80, N°.1, pp. 79-91, January 1992
- [20] D. M. Pozar and D .H. Schaubert , "**Analysis of an infinite array of rectangular microstrip patches with idealized probe feeds**," IEEE Transactions on Antennas and Propagations, Vol. AP-32, N°. 10, pp. 1101-1107, October 1984.
- [21] A. Hafiane, "**Étude du couplage d’antennes imprimées par la méthode des différences finies et extraction du modèle électrique**," Université de Marne la Vallee Thèse de doctorat 10 mars 2003.
- [22] F. Abboud, J.P. Damiano, and A. Papiernik, " **Rectangular microstrip antenna for CAD** ,"IEEE Proceedings, Vol.135, Pt H, N°.5, pp. 323-326, October 1988.
- [23] E. H. Newman, and P.Tylyathan, "**Analysis of microstrip antennas using moment methods**", IEEE Transaction on Antennas and Propagations, Vol. AP-29, N°. 1, pp. 47-53, January 1989.
- [24] Oussama BENZAIM , “ **Techniques Multi-port pour la Conception et la Réalisation de Systèmes Micro-ondes dédiés à l’évaluation Non Destructive de matériaux** ”, Thèse de doctorat, Spécialité Micro et nano technologies, acoustique et télécommunications, L'université de lille 1 Sciences & Technologies,2009.
- [25] M. J. Ammann and Zhi Ning Chen, “**An Asymmetrical feed arrangement for improved impedance bandwidth of planar monopole antennas**”, Microwave and Optical technology letters, Vol. 40, No. 2, pp. 156-158, January 2004.
- [26] Hamid MEGHDADI Jean-Charles POUX “**Simulation 3D HFSS de filtres**”, ETI2,2006.

# Résumé

---

## Résumé

L'objectif de ce mémoire est de présenter d'une façon non exhaustive la technologie **ULB** et Les performances des antennes imprimées utilisées par cette technologie, fonctionnant sur plusieurs Gigahertz tout en répondant aux contraintes spécifiques des applications grand public.

Dans ce mémoire, on s'est intéressé à la caractérisation des antennes imprimées à travers la Détermination de leurs paramètres hyperfréquences (fréquence de résonance, bande passante, diagramme de rayonnement, gain, etc..) à l'aide du logiciel de simulation électromagnétique **HFSS**.

L'analyse par le logiciel est basée sur la méthode des éléments finis. Les résultats de Simulation numérique obtenus concernent le champ électrique, la densité de courant, le coefficient de réflexion, le diagramme de rayonnement. Ils sont en général en bon accord avec ceux trouvés dans la littérature.

**Mots clés : ULB, Antennes imprimées, Caractérisation micro ondes, matériaux, HFSS.**

## Abstract

The objective of this memory is to present in a no exhaustive way **UWB** technology and the Performances of the printed antennas used by this technology, functioning on several Gigahertz while

Answering the specific constraints of the general public applications.

In this memory, we where interested in the characterizations of the antennas printed Through the determination of their parameters ultra high frequencies (frequency of resonance, bandwidth,

Diagram of radiation, profit, etc.) using the electromagnetic software of simulation **HFSS**.

The analysis by the software is based on the finite element method. They got results of digital simulation relate to the electric field, the density of current, the coefficient of reflection, the diagram of

radiation. They are in general in concord with those found in the literature.

**Keywords: UWB , printed Antennas, waves micro Characterization, materials, HFSS.**

### ملخص :

الهدف من هذه المذكرة هو تقديم تكنولوجيا **UWB** غير حصرية وأداء الهوائيات المطبوعة التي تستخدمها هذه التكنولوجيا التي تعمل على جياهيرترز متعددة مع تلبية متطلبات محددة من التطبيقات الاستهلاكية ، في هذه المذكرة أيضا كان اهتمامنا مسلط على وصف الهوائيات المطبوعة التي تشير إليها بخصائص في ميدان الميكروويف (تردد الرنين، عرض النطاق الترددي أو مخطط الإشعاع والربح ..إلخ) على أساس البرنامج الكهرومغناطيسي **HFSS** الذي يعتمد على العناصر المحدودة ويستند هذا التحليل على طريقة العناصر المحدودة. النتائج الرقمية والتشخيص التي يمكن الحصول عليها تتعلق بالحقل الكهربائي وكثافة التيار ومعامل الانعكاس ومخطط الإشعاع باستخدام برنامج **HFSS** .

### الكلمات المفتاحية :

**ULB** : الهوائيات المطبوعة ، تشخيص في ميدان الميكروويف ,المواد : **HFSS**.