

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك  
Département d'Électronique



## Mémoire de Master

Filière : Télécom

Spécialité : Réseaux & Télécommunications

Présenté par

MAAMRI NABILA  
&  
SELLAMI AICHA

# Conception et optimisation d'une antenne Yagi log-périodique : application en chambre anéchoïque

Proposé par : Dr. ZOUBIRI BACHIR & Pr. AISSAT ABDEL KADER

Année Universitaire 2022-2023

## Remerciement

Je tiens, en cette agréable occasion, à remercier DIEU de m'avoir aidé à atteindre mon but, et qui m'a prodigué le courage, la volonté, et la patience pour accomplir ce mémoire.

Je tiens à remercier particulièrement mes parents ; mon succès demeure de loin le fruit de leurs longues années de sacrifices et de patience.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et ma reconnaissance envers mon encadreur **Dr. Zoubiri Bachir** pour sa disponibilité et ses précieux conseils qui ont permis à ce travail de voir le jour.

Il n'y a pas de superlatif assez grand pour exprimer ma profonde gratitude à **Pr. Aissat Abdelkader** pour la documentation, l'accompagnement tout au long de ce travail et les conseils prodigués. Je lui suis très reconnaissante pour tous les conseils, toute l'aide, toute la confiance et pour tous les moyens qu'il a mis à ma disposition.

Mes remerciements s'adressent à tous les membres du jury qui ont accepté de juger mon travail.

Mes remerciements s'étendent également à tous, nos enseignants durant toutes ces années d'études.

Enfin je ne voudrais pas oublier de remercier toute personne qui m'a aidé de loin ou de près à réaliser ce travail.

Merci à toutes et à tous...

# Dédicace

Je dédie cet humble travail avec beaucoup d'amour,

Sincérité et fierté

A mes chers parents

Pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, pour leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée tout au long de ma vie études.

Aucun mot ni dévotion ne peuvent exprimer mon respect, mon appréciation et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont faits pour mon éducation et mon bien-être.

Trouvez ici, chère mère et cher père, dans cet humble travail le fruit de beaucoup de dévouement et de sacrifice ainsi que les expressions de ma plus profonde gratitude et de mon amour.

Que Dieu leur accorde bonne santé et longue vie, qu'ils soient toujours fiers de moi.

A mes sœurs pour leurs encouragements continus et leur soutien moral.

Mon fidèle ami **Walid**, qui m'a aidé dans les moments difficiles et m'a gentiment pris par la main pour vivre ensemble des expériences douloureuses...

Je vous en suis très reconnaissant, et je ne vous remercierai jamais assez pour votre gentillesse, votre générosité et votre aide précieuse.

Chers amis

Pour tous les moments inoubliables que vous avez passés avec eux, je vous souhaite une vie pleine de joie et de succès.

A la famille **Sellami** et **Maamri**

A tous mes professeurs de mes premières années d'études.

A tous ceux qui me sont chers et que je n'ai pas cités.

## ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة وتصميم وتحسين وتصنيع هوائي LPDA مطبوع من أجل تحقيق هوائي عالي الأداء يعمل في نطاق التردد 2-12 جيجا هرتز، بمقاومة دخل تبلغ 50 أوم، ومعامل انعكاس أقل من -10 ديسيبل وهذا التطبيق في الغرفة كاتم للصدى. بعد ذلك، قمنا بتصميم هوائي لوغاريتمي دوري يعمل على نفس التردد مع ذكر بعض التأثيرات عليه باستخدام برنامج محاكاة (CST) Micro Wave Studio واخيرا نظهر أهمية هذا النوع من الهوائيات ذات المكاسب العالية والنطاق العريض في مجال الاتصالات اللاسلكية.

الكلمات المفتاحية: هوائي LPDA، نطاق عريض، غرفة كاتمة للصدى.

---

## Résumé :

Le but de ce travail est d'étudier, concevoir, optimiser et fabriquer une antenne LPDA imprimée afin de réaliser une antenne performante fonctionnant dans la bande de fréquence 2-12 GHz, avec une impédance d'entrée de  $50 \Omega$ , un coefficient de réflexion inférieur à -10 dB et cette application en salle anéchoïque. Après cela, nous avons conçu une antenne log-périodique logarithmique qui fonctionne à la même fréquence avec quelques effets sur celle-ci à l'aide du logiciel de simulation Micro Wave Studio (CST), et enfin nous montrons l'importance de ce type d'antenne à haut gain et à large bande dans le domaine de communications sans fil.

**Mots clé :** antenne LPDA, large bande, chambre anéchoïque.

---

## Abstract:

The purpose of this work is to study, design, optimize and manufacture a printed LPDA antenna in order to achieve a high-performance antenna operating in the 2-12 GHz frequency band, with an input impedance of  $50 \Omega$ , a lower reflection coefficient at -10 dB and this application in an anechoic room. After that, we designed a logarithmic log-periodic antenna that operates at the same frequency with some effects on it using Micro Wave Studio (CST) simulation software, and finally we show the importance of this type-high gain broadband antenna in the field of wireless communications.

**Key words:** LPDA antenna, broadband, anechoic chamber.

# Sommaire

REMERCIEMENT	I
DEDICACE	II
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTES DES ACRONYMES ET SYMBOLES	VIII
INTRODUCTION GENERALE	1
<b>1 Chapitre</b>	<b>2</b>
<b>LES PROPRIETES GENERALES DES ANTENNES</b>	<b>2</b>
1. Introduction.....	2
2. Différent types d'antenne .....	2
3. Les caractéristiques d'une antenne log-périodique .....	3
3.1. Coefficient de réflexion $S_{11}$ .....	3
3.2. Le diagramme de rayonnement .....	3
3.3. Adaptation et condition d'adaptation .....	4
3.4. La directivité .....	4
3.5. Le gain.....	5
3.6. Bande passante .....	5
3.7. Le rendement .....	5
4. La chambre anéchoïque .....	6
5. Type de chambre anéchoïque .....	6
6. Composition de la chambre anéchoïque.....	7
6.1. Le matériau de l'absorbant .....	7
7. Conclusion .....	8
<b>2 Chapitre</b>	<b>9</b>
<b>MODELISATION D'ANTENNE LOG-PERIODIQUE</b>	<b>9</b>
1. Introduction.....	9
2. Définition de l'antenne.....	9
2.1. Histoire de l'antenne log-périodique.....	9
2.2. Définition l'antenne log-périodique .....	9
2.3. Les différents types d'antennes log-périodiques comprennent.....	10
2.4. Structure d'antennes log-périodiques LPDA .....	11
3. Conception d'une antenne LPDA .....	12
3.1. Description de la géométrie de LPDA.....	13
3.2. Description physique .....	15
3.3. Méthode d'alimentation .....	15
3.4. Mécanisme de fonctionnement .....	16
4. Performance .....	16
5. Les caractéristiques d'antenne d'étude .....	16
5.1. Caractéristique d'impédance .....	16
5.2. Le coefficient de réflexion .....	17
5.3. TAUX VSWR .....	17

5.4.	Diagramme de rayonnement .....	18
5.5.	Le gain.....	19
6.	Conclusion .....	20
<b>3</b>	<b>Chapitre</b>	<b>21</b>
	<b>CONCEPTION ET RESULTATS DE SIMULATION</b>	<b>21</b>
1.	Introduction.....	21
2.	Cahier de charge.....	21
3.	Présentation du logiciel CST STUDIO SUITE.....	21
4.	Etude paramétrique de l'antenne .....	21
4.1.	L'effet de la longueur de directeur $l_r$ .....	22
4.2.	L'effet de l'espacement $S$ .....	23
4.3.	L'effet de la largeur de la ligne $W_L$ .....	24
4.4.	L'effet de la largeur $W_r$ .....	25
5.	Changement de nombre d'élément à Trois directeurs.....	25
5.1.	L'effet de la longueur pour trois directeurs .....	26
5.2.	L'effet de l'espacement pour trois directeurs .....	26
5.3.	L'effet de la largeur de la ligne pour trois directeurs .....	27
5.4.	L'effet de largeur $W_r$ pour trois directeurs .....	27
6.	Changement de nombre d'élément à quatre conducteurs.....	28
6.1.	L'effet de la longueur pour quatre directeurs .....	28
6.2.	L'effet de l'espacement pour quatre directeurs.....	29
6.3.	L'effet de la largeur de ligne pour quatre directeurs .....	29
6.4.	L'effet de la largeur pour quatre directeurs .....	30
7.	La compariton entre les trois configurations .....	30
8.	Structure de l'antenne log-périodique .....	31
8.1.	Le diagramme de rayonnement après l'optimisation .....	32
9.	Structure de l'antenne LPDA avec des paramètres optimisés .....	33
10.	Les résultats de logiciel CST Microsoft studio.....	34
10.1.	Le coiefficient de réflexion $S_{11}$ .....	35
10.2.	Le diagramme de rayonnement .....	35
10.3.	La distribution de courant surfacique .....	36
11.	Mesure pratique de l'antenne log-périodique .....	38
11.1.	.La fabrication de l'antenne.....	38
11.2.	L'antenne simple .....	39
11.3.	L'antenne a multi bande .....	39
11.4.	L'antenne à large bande.....	40
12.	Conclusion.....	42
	<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>1</b>

# Liste des figures

Fig. 1.1 les différentes formes d'antenne. ....	3
Fig. 1.2 différentes manières de représenter le Diagramme de rayonnement . ....	4
Fig. 1.3 Alimentation d'une antenne.....	4
Fig. 1.4 Bande passante de coefficient de réflexion. ....	5
Fig. 1.5 exemple de la chambre anéchoïque. ....	6
Fig. 1.6 l'absorbant de la chambre anéchoïque. ....	7
Fig. 1.7 Dimension de absorbent. ....	8
Fig.2.1 antenne log périodique circulaire. ....	10
Fig. 2.2 antenne log périodique trapézoïdale ....	10
Fig.2.3 pratique d'une antenne LPDA. ....	10
Fig. 2.4 antenne log-périodique LPDA.....	11
Fig. 2.5 Structure d'antenne LPDA. ....	12
Fig. 2.6 Coefficient de réflexion S11 de la structure simulée.....	17
Fig. 2.7 Le taux d'onde stationnaire.....	18
Fig. 2.8 Diagramme de rayonnement a gain total typique - $f_{min}$ , $f_0$ , $f_{max}$ .....	19
Fig. 2.9 Courbe de gain.....	19
Fig. 3.1 antenne deux directeur. ....	22
Fig. 3.2 Variation de la longueur. ....	22
Fig. 3.3 Coefficient de réflexion S11.....	23
Fig. 3.4 Le Coefficient S11 pour différentes l'espacement de base. ....	24
Fig. 3.5 Le Coefficient S11 pour différentes largeurs d'antenne.....	24
Fig. 3.6 Coefficient de réflexion pour différent largeur. ....	25
Fig. 3.7 antenne Trois directeurs.....	25
Fig. 3.8 Effet de la longueur sur Le coefficient de réflexion S11.....	26
Fig. 3.9 Effet de l'espacement $s$ sur le coefficient $s_{11}$ . ....	26
Fig. 3.10 Effet de la largeur de la ligne d'antenne. ....	27
Fig. 3.11 Le Coefficient S11 pour différent largeur $W_r$ . ....	27
Fig. 3.12 antenne quatre directeur. ....	28
Fig. 3.13 La variation du $s_{11}$ de la longueur par rapport la fréquence. ....	28
Fig. 3.14 Simulée le résultat de $s_{11}$ pour l'espacement $s$ . ....	29
Fig. 3.15 Coefficient de réflexion S11.....	29
Fig. 3.16 La variation de la largeur. ....	30
Fig. 3.17 La comparaison de la longueur pour différent nombre directeur. ....	30

Fig. 3.18 La comparaison de la largeur pour différent nombre directeur. ....	31
Fig. 3.19 La structure de l'antenne proposant. ....	31
Fig. 3.20 La variation du coefficient de réflexion S11 de l'antenne en fonction de la fréquence. ....	32
Fig. 3.21 Le diagramme de rayonnement pour quelques fréquences de résonances. ....	33
Fig. 3.22 Structure de L'antenne étude. ....	34
Fig. 3.23 Paramètre S11 de l'antenne à étudier. ....	34
Fig. 3.24 structure d'antenne mesurée. ....	35
Fig. 3.25 les résultats simulés et mesure d'antenne ultra large. ....	35
Fig. 3.26 Diagrammes de rayonnement mesurés du système antennaire. ....	36
Fig. 3.27 Distribution du courant a la fréquence 3GHz. ....	37
Fig. 3.28 Distribution du courant a la fréquence 5GHz. ....	37
Fig. 3.29 distribution du courant a la fréquence 7GHz. ....	38
Fig. 3.30 Exemple de la modélisation géométrique d'antenne log-périodique. ....	38
Fig. 3.31 Structure et résultat d'antenne simple. ....	39
Fig. 3.32 structure et Résultat d'antenne multi bande. ....	39
Fig. 3.33 Les mesure d'antenne multi bande. ....	40
Fig. 3.34 structure et résultat d'antenne large bande. ....	40
Fig. 3.35 Les résultats de mesures d'antenne large bande. ....	41
Fig. 3.36 Résultat final de s11 mesuré. ....	41
Fig. 3.37 Gain obtenu par l'antenne à étudier. ....	41
Fig. 3.38 Les résultat simulé et mesuré d'antenne large bande. ....	42

## Liste des tableaux

Tableau 1. 1: Les types d'antennes [4].....	2
Tableau 2. 1: Les noms des paramètres de l'antenne LPDA .....	13
Tableau 2. 2: Les valeurs de l'antenne LPDA.....	13
Tableau 3. 1: Les dimensions de l'antenne log-périodique en (mm) .....	31



---

## Listes des Acronymes et Symboles

### Acronymes

ADS: Advanced Design System de Agilent

CST : Computer Simulation Technology.

GHz : Giga hertz

WPAN: Wireless Personal Area Network

LPDA : Log-Périodique Dipôle Array

2D : Deux Dimensions

3D : Trois Dimensions

Bp : Bande Passante

dB : Décibel

dBi : Décibel Isotopique

VSWR : Voltage standing wave ratio

### Symboles

$c$  : célérité de la lumière dans le vide.  $c = 299792458$  m/s.

$f$  : fréquence d'étude.

$T = 1/\nu$  : période de l'onde électromagnétique.

$\epsilon_0$  : permittivité du vide.  $\epsilon_0 = 8.8541878176 \cdot 10^{-12}$  F/m.

$\mu_0$  : perméabilité du vide  $\mu_0 = 1.2566370614 \cdot 10^{-6}$  H/m.

$\epsilon$  : permittivité.

$\mu$  : perméabilité.

$\epsilon_r$  : permittivité relative.

$\mu_r$  : perméabilité relative.

# Introduction générale

Les systèmes de communication mobile ont fait de grands progrès ces dernières années. Ce progrès est à la base du progrès technologique dans tous les secteurs [1].

L'antenne imprimée est la plus utilisée dans les systèmes de communication mobile en raison de ses bonnes caractéristiques et de ses inévitables bonnes performances. Pour une bonne raison, de nouveaux systèmes de communication sont développés pour la dernière technologie d'antenne. Ce dernier doit faire face aux différents problèmes qui existent avec soit l'augmentation de la portée, soit l'élargissement de l'angle de couverture [1,2].

Le principal objectif de ce travail est de proposer de nouvelles architectures d'antennes dipôle log-périodique (LPDA) est l'une des antennes indépendantes en fréquence la plus utilisée pour la caractérisation du diagramme de rayonnement des antennes. il s'agit d'une antenne large bande, multiéléments et directionnelle.

Ce mémoire est décomposé en trois chapitres. Dans le premier chapitre nous présentons des généralités sur les antennes et sur leurs caractéristiques : gain, le coefficient de réflexion, bande passante...etc. Dans ce premier chapitre nous présentons aussi les différents types d'antennes selon leurs diagrammes de rayonnement : antenne directive, antenne sectorielle et antenne directionnelle.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des antennes LPDA imprimées : leurs formes de base, leurs techniques d'alimentation, leurs avantages et inconvénients, leurs domaines d'application....

Le dernier chapitre présente la démarche de conception et les résultats de la simulation des structures proposée pour antenne log-périodique imprimé par le simulateur CST. Finalement nous terminons ce mémoire par une conclusion générale et des perspectives.

# Chapitre 1

## Les propriétés générales des antennes

### 1.Introduction

Plusieurs exemples d'antennes utilisées dans les télécommunications sont présentés dans ce chapitre. Les principes de fonctionnement, les structures, les performances typiques et quelques formules de base sont rappelées.

### 2.Diffèrent types d'antenne

Les antennes sont réparties en plusieurs catégories selon la géométrie, le gain, la forme du faisceau, et la bande passante [3].

On peut les classer comme selon :

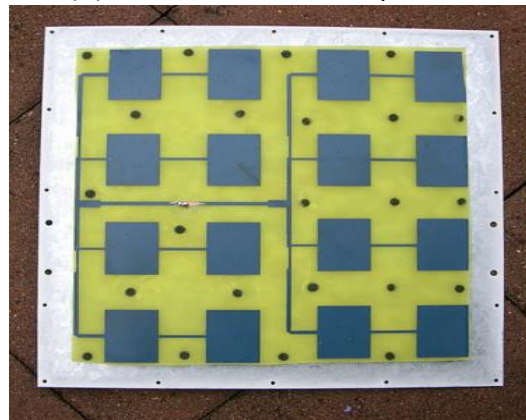
**Tableau 1. 1:** Les types d'antennes [4]

La forme géométrique	<ul style="list-style-type: none"><li>- Antennes filaires : dipôle, boucle, spirale</li><li>- Antennes à ouvertures : cornet, fente, antenne à réflecteur</li><li>- Antennes imprimées : patch, dipôle, imprimée, spirale</li></ul>
Le gain	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gain élevé: cornet</li><li>- Gain moyen: planaire</li><li>- Gain bas : dipôle, fente, patch</li></ul>
La forme du faisceau	<ul style="list-style-type: none"><li>- Omnidirectionnelle: dipole</li><li>- Faisceau étroit : antenne réseau</li><li>- Faisceau large: planaire</li></ul>
La largeur de bande	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bande large: spirale</li><li>- Bande étroite: patch, fente</li></ul>

a) antenne filaire



(b) réseau d'antenne imprimée



(c) antenne cornet



(d) antenne à fente



Fig. 1.1 Les différentes formes d'antenne [5][6][7].

### 3. Les caractéristiques d'une antenne log-périodique

Toute antenne est régie par des propriétés essentielles telles que :

#### 3.1. Coefficient de réflexion $S_{11}$

Le coefficient de réflexion donne le transfert d'énergie par l'antenne (l'adaptation de l'antenne) qui est lié à l'impédance d'entrée par la relation suivante [8] :

$$\Gamma = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c} \quad (1.1)$$

Où :

$Z_c$  : est l'impédance de normalisation, en générale égale à  $50\Omega$ .

$Z_r$  : L'impédance d'entrée de l'antenne.

#### 3.2. Le diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement d'une antenne permet de visualiser les lobes d'émission dans les trois dimensions, dans le plan horizontal ou dans le plan vertical incluant le lobe le plus important. La proximité et la conductibilité du sol ou des masses conductrices environnant l'antenne peuvent avoir une influence importante sur le diagramme de rayonnement [9]. Les mesures sur les antennes sont effectuées en espace libre ou en chambre anéchoïque.

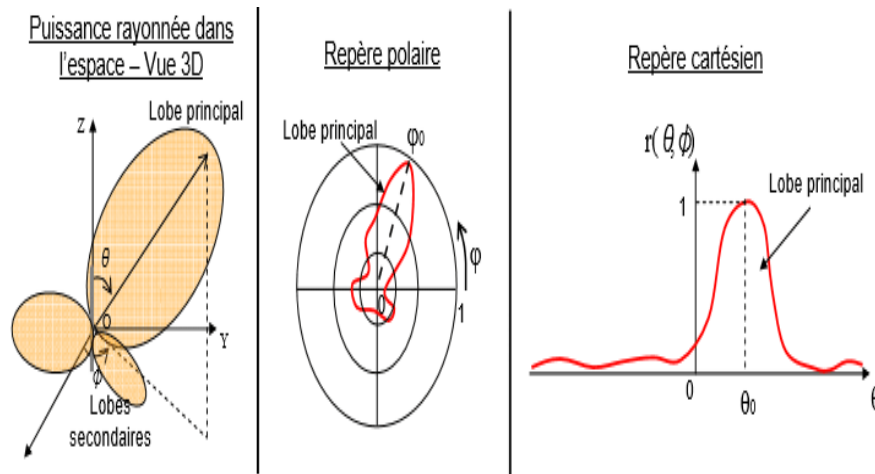


Fig. 1.2 Différent manières de représenter le Diagramme de rayonnement [10].

### 3.3. Adaptation et condition d'adaptation

Une antenne est reliée à la source par une ligne de transmission d'impédance caractéristique  $Z_c$  (en général,  $Z_c = 50$  ou  $75\Omega$ ). Pour assurer un transfert maximal de puissance entre l'alimentation et l'antenne, il est nécessaire d'assurer une adaptation d'impédance. L'adaptation permet d'annuler le coefficient de réflexion le  $S_{11}$  en entrée de l'antenne [8].

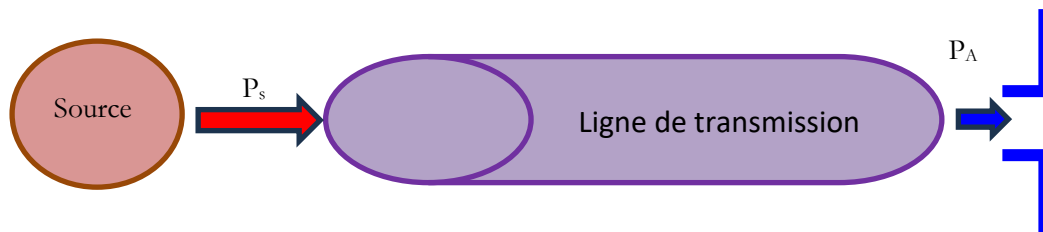


Fig. 1.3 Alimentation d'une antenne.

Condition d'adaptation  $\longrightarrow S_{11}=0 \longleftarrow Z_{in} = Z_c$

### 3.4. La directivité

On dit qu'une antenne est directive quand elle centralise l'énergie qu'elle rayonne dans une direction donnée dans l'espace dans une ou deux directions (avec un ou deux lobes principaux). Plus l'antenne est directive, plus elle a la capacité de concentrer l'énergie dans une direction. Il est souvent intéressant de connaître la directivité dans la direction du rayonnement maximal. Elle ne dépend que du diagramme de rayonnement [11].

### 3.5. Le gain

Le gain définit l'augmentation de puissance émise ou reçue dans le lobe principal. Il est dû au fait que l'énergie est focalisée dans une direction, comme l'énergie lumineuse peut être concentrée grâce à un miroir et/ou une lentille convergents. Il s'exprime en dBi (décibels par rapport à l'antenne isotrope). Pour une antenne, le miroir peut être constitué par un élément réflecteur (écran plan ou parabolique) tandis qu'un élément directeur (dans une antenne Yagi, par exemple) jouera le rôle de la lentille.

### 3.6. Bande passante

La bande passante d'une antenne est la plage de fréquence dans laquelle on peut normalement l'utiliser. C'est la bande où le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne (ou de l'antenne vers le récepteur) est maximale [12]. Dans la plupart des cas, la bande passante est définie en fonction du coefficient de réflexion.

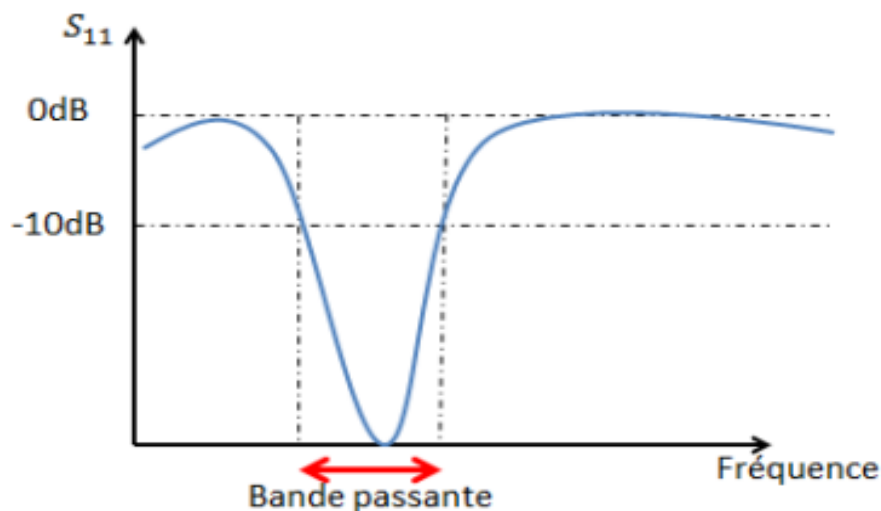


Fig. 1.4 Bande passante de coefficient de réflexion [13].

### 3.7. Le rendement

Le rendement  $\eta$  d'une antenne traduit sa capacité à transmettre la puissance électrique en entrée  $P_A$  sous forme de puissance rayonnée  $P_R$ . On le définit comme le rapport entre la puissance totale rayonnée par une antenne et la puissance qui lui est fournie. Le rendement est lié aux pertes dans le réseau de polarisation et dans les éléments rayonnants [14,15]. Le rendement relie le gain et la directivité.

$$P_R = \eta \cdot P_A \quad (1.2)$$

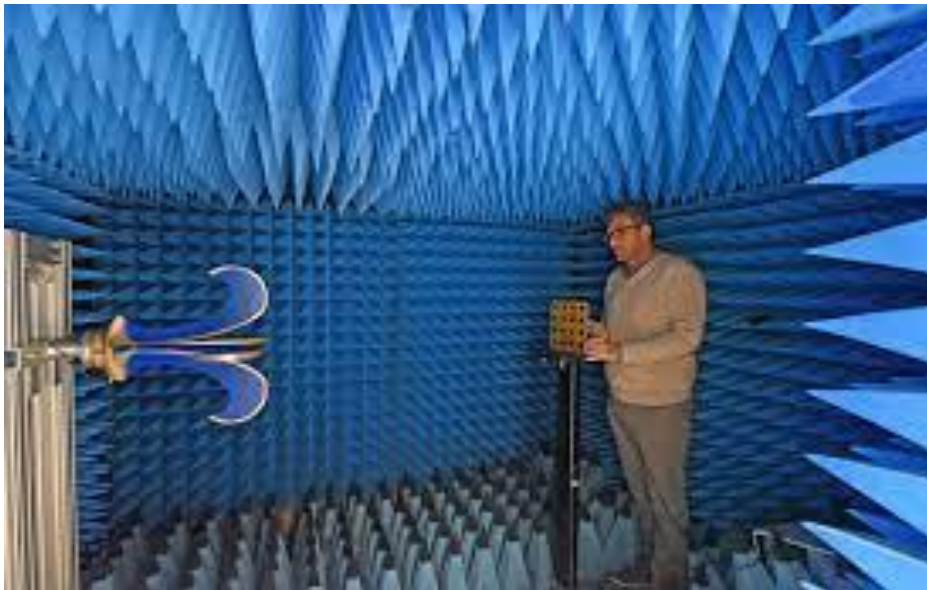
Où :

$P_A$  : la puissance électrique en entrée

$P_R$  : la puissance rayonnée

#### 4. La chambre anéchoïque

Une chambre anéchoïque est une pièce conçue pour arrêter les réflexions du son ou des ondes électromagnétiques. Ils sont utilisés pour tester les bruits et les sons provenant d'une variété de produits avec un haut degré de fiabilité scientifique. Les chambres anéchoïques varient en taille, des petits compartiments à ceux aussi grands que les hangars d'avions, en fonction de la taille des objets et des gammes de fréquences testées. Ils peuvent être entièrement anéchoïques ou semi-anéchoïques, ces derniers ayant un sol solide qui sert de surface de travail pour supporter des objets lourds [16]. Les chambres anéchoïques sont utilisées dans divers domaines, notamment l'ingénierie audio, radio et électronique.



**Fig. 1.5** Exemple de la chambre anéchoïque.

#### 5. Type de chambre anéchoïque

Les chambres anéchoïques peuvent être de la taille d'une petite pièce, mais aussi beaucoup plus grandes, jusqu'à celles d'un hangar ; selon leur fonction, il en existe de différents types :

Chambre complètement anéchoïque, Entièrement recouverte de panneaux phono-absorbants (murs, plafond, sol) et Chambre semi-anéchoïque Lorsqu'elle n'est pas complètement isolée, par exemple, le sol peut ne pas être recouvert d'un matériau phono-absorbant mais d'un matériau

réfléchissant. D'autre part la chambre à acoustique contrôlée c'est la plus simple et la moins insonorisée, elle est utilisée dans les studios d'enregistrement pour pouvoir enregistrer sans la présence de réverbération, surtout en ce qui concerne la voix et les instruments à cordes (les plus sujets à l'écho), afin d'obtenir un son très propre et la chambre anéchoïque électromagnétique, Il existe également une chambre anéchoïque qui peut absorber les ondes électromagnétiques, cette pièce sera recouverte d'un matériau différent (matériau qui absorbe les rayonnements) Modelé en forme de pyramide. Elle est principalement utilisée pour tester des dispositifs tels que Les antennes et les radars, et pour mesurer les interférences électromagnétiques entre les dispositifs (pour effectuer des tests de compatibilité électromagnétique des dispositifs, afin qu'ils puissent être conformes aux normes fixées par la loi) [17].

## 6.Composition de la chambre anéchoïque

Une chambre anéchoïque est une salle d'expérimentation dont les parois absorbent les ondes sonores ou électromagnétiques. Voici quelques informations sur la composition de la chambre anéchoïque :

### 6.1.Le matériau de l'absorbant

L'absorbant est la matière qui est contenue dans l'enceinte des chambres anéchoïques ou acoustiques que l'on trouve dans des lieux d'études, d'expérimentations ou scientifiques. Je devais définir le type d'absorbant à utiliser (le matériau), mais aussi la dimension. C'est en effet l'absorbant qui permet d'éviter la réflexion du signal sur les parois internes du mur. Après étude, j'ai opté pour un absorbant en polyuréthane avec imprégnations de carbone, de forme pyramidale avec les dimensions suivantes :

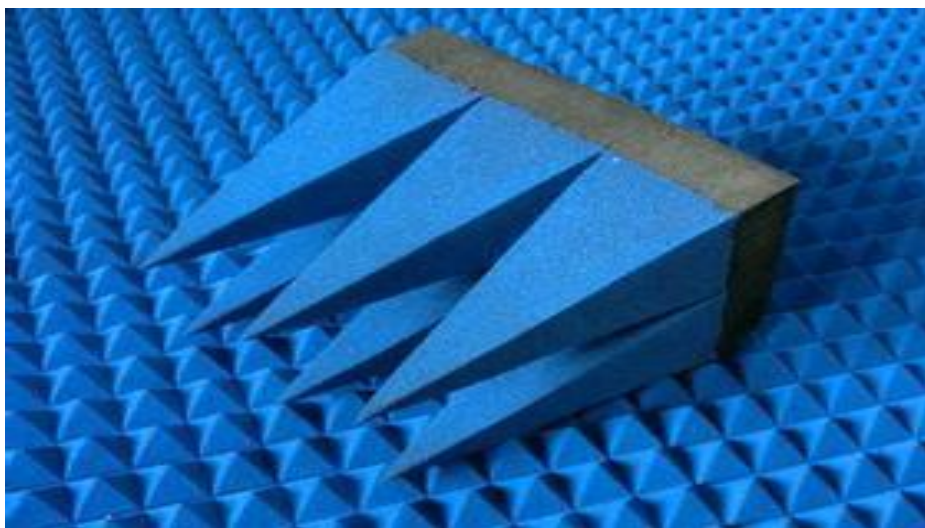
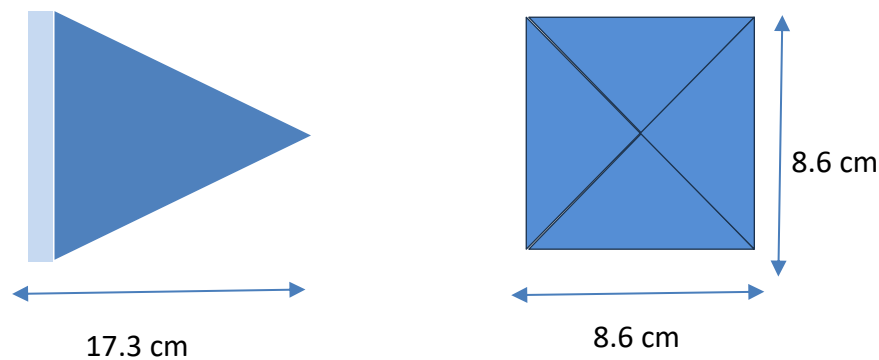


Fig. 1.6 L'absorbant de la chambre anéchoïque.



D'autre part

Masse volumique c'est La masse volumique des matériaux absorbants est généralement de 8 à 11 kg/m<sup>3</sup>, Tenue en température Les matériaux absorbants doivent être capables de résister à des températures allant de -40°C à +150°C et Fréquence de coupure La chambre anéchoïque doit posséder une fréquence de coupure  $F_c=165\text{Hz}$  pour être efficace. Enfin, l'isolement acoustique de la chambre anéchoïque doit être supérieur à 45dB. La chambre anéchoïque est utilisée pour faire des mesures de rayonnement de source, qui sont très complexes à réaliser en raison de la réverbération des ondes sonores dans les espaces ouverts.



**Fig. 1.7** Dimension de absorbent.

## 7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'antenne log-périodique de forme trapézoïdale en chambre anéchoïque.

Ensuite, nous avons défini les caractéristiques et quelques types d'antennes indépendantes de la fréquence (spirale, log-périodique) dans la plage définie utilisée pour la création de large bande et gain élevée.

## **Chapitre 2**

# **Modélisation d'antenne log-périodique**

### **1.Introduction**

Les antennes log-périodique de plus en plus essentielles grâce à leurs faibles coûts, faibles poids, hautes performances et le gain élevée et large bande, Dans ce chapitre, nous allons donner une présentation générale des antennes LPDA ainsi que leurs caractéristiques, et méthodes d'alimentation et le principe de fonctionnement en terminant par les avantages et les limitations de ces derniers.

### **2.Définition de l'antenne**

Une antenne est un dispositif son rôle est de convertir l'énergie électrique d'un signal en énergie électromagnétique transportée par une onde électromagnétique (ou inversement) afin d'assurer la transmission de l'information [18].

#### **2.1.Histoire de l'antenne log-périodique**

L'antenne log-périodique a été inventée par John Dunlavy en 1952 alors qu'il travaillait pour l'armée de l'air des États-Unis, mais n'en a pas été créditée en raison de sa classification "secrète" [19]. L'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign avait breveté les antennes Isbell et Mayes-Carrel et avait autorisé la conception sous forme de package exclusivement à JFD Electronics à New York. Channel Master et Blonder Tongue Labs ont ignoré les brevets et ont produit une large gamme d'antennes basées sur cette conception. Les poursuites concernant le brevet d'antenne que l'U.I. Fondation perdue, a évolué vers la doctrine Blonder-Tongue de 1971. Ce précédent régit les litiges en matière de brevets.[20]

#### **2.2.Définition l'antenne log-périodique**

Une antenne log-périodique est une antenne dont l'impédance et le diagramme de rayonnement sont répétitifs selon une loi logarithmique en fonction de la fréquence. Pour obtenir cette propriété, les dimensions doivent être homothétiques le long de la direction de rayonnement principal. Ces antennes se rapprochent d'une structure fractale. Le réseau de dipôles log-périodique (log périodique dipôle Array ou LPDA) est la plus courante, et appelée souvent simplement « log-périodique » en télécommunications [21].

### 2.3. Les différents types d'antennes log-périodiques comprennent

Dans ce type d'antenne, on distingue différentes catégories des antennes log-périodiques

Antenne log-périodique de forme circulaire

Antenne log-périodique de forme trapézoïdale

Antenne dipôle log-périodique LPDA (Log Périodique Dipôle Array)

Le concept d'antenne log-périodique a été introduit par Duhamel et Isbell en 1958 [22,23]. Ce type d'antenne est conçu à l'aide de deux paramètres : le taux de périodicité  $\tau$  et l'angle  $\alpha$ . Le taux de périodicité est le rapport de la distance entre deux éléments rayonnant ( $R_n$  et  $R_{n+1}$ ) (figure 2.1). La périodicité des éléments s'effectue en  $\ln(\tau)$ , d'où le nom donné à ces antennes. Plus ce taux se rapproche de 1, plus l'antenne peut être considérée comme indépendante en fréquence. La dimension maximale des antennes log-périodique est égale à  $\lambda/2$ . L'angle  $\alpha$  (défini en figure 2.1) définit la longueur maximale et minimale des éléments rayonnants de l'antenne. La directivité de l'antenne peut être augmentée avec la diminution de  $\alpha$  et l'augmentation de  $\tau$ . L'antenne est alimentée en son centre par une ligne bifilaire d'impédance caractéristique de 50 Ohms. Le comportement de ces antennes est dispersif, leur centre de phase se déplaçant en fonction de la fréquence [22]

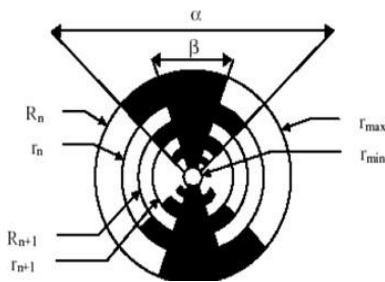


Fig.2.3 Antenne log périodique circulaire.

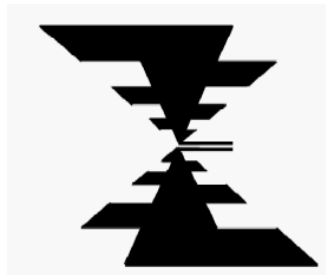


Fig. 2.3 Antenne log périodique trapézoïdale



Fig.2.3 Pratique d'une antenne LPDA.

Les antennes log-périodique sont constituées d'éléments rayonnants dont les dimensions se déduisent les unes d'autres par des homothéties de rapport  $\tau$ . La longueur de ces éléments le long de l'antenne est définie par les deux angles  $\alpha$  et  $\beta$  présentés en Figure 2. 2 et la largeur et la position des éléments se déduisent du rapport.

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{r_{n+1}}{r_n} \tag{2.1}$$

Où :

$R_n, r_n$  : le rapport de la distance entre deux éléments rayonnants

La taille des éléments est égale à  $\lambda/4$ . Le rayonnement de cette antenne s'effectue de manière bidirectionnelle par rapport au plan de l'antenne. La polarisation est linéaire suivant la direction des dents de l'antenne. Dans le cas de l'antenne dipôle log-périodique l'angle  $\beta$  est nul, ses éléments rayonnants sont de simples dipôles demi-onde à diamètre constant et son rayonnement est omnidirectionnel dans le demi-espace contenant l'antenne [24].

### 2.4. Structure d'antennes log-périodiques LPDA

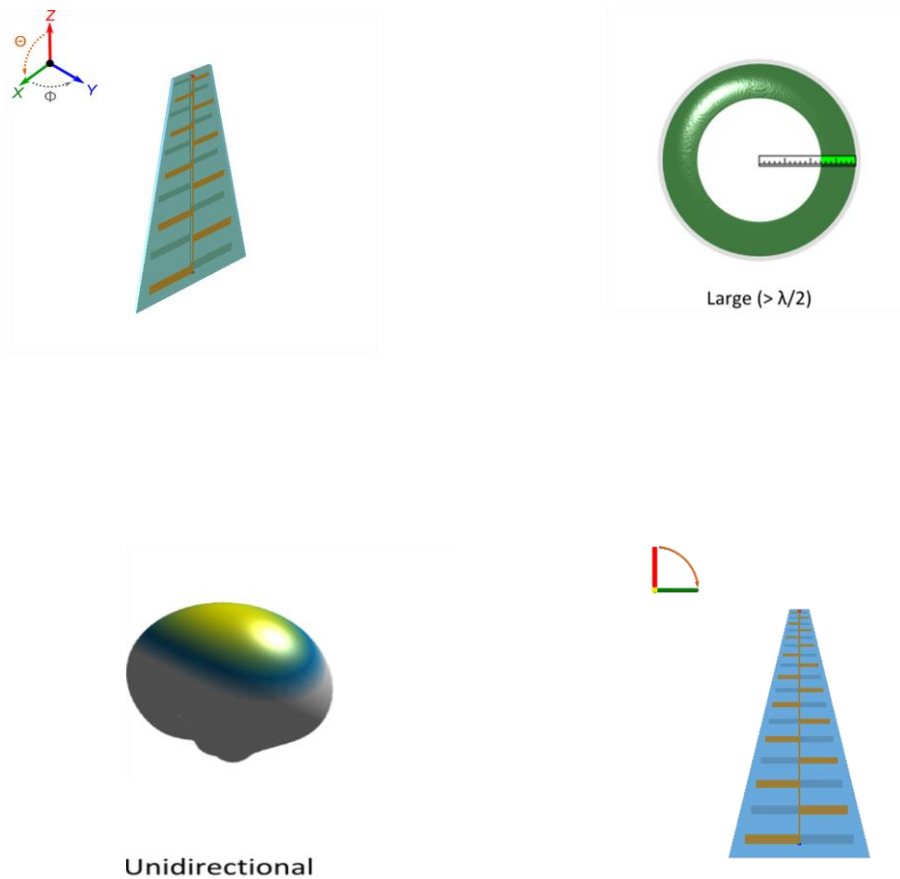


Fig. 2.4 Structure de l'antenne log-périodique LPDA.

### 3. Conception d'une antenne LPDA

Le réseau dipolaire log-périodique (LPDA) est une antenne à large bande très populaire de construction simple, peu coûteuse et légère. Le LPDA imprimé est une variante du LPDA à fil standard qui utilise des éléments imprimés sur un substrat diélectrique pour faciliter la construction aux fréquences micro-ondes. Un LPDA bien conçu a essentiellement des propriétés indépendantes de la fréquence dans sa bande de conception. Le LPDA est classé comme une structure logarithmique-périodique, bien que la présence du diélectrique ne le rende plus strictement vrai.

L'antenne LPDA est utile pour toute application où un rayonnement polarisé linéairement, un gain modéré et une impédance stable et des performances de modèle sur une large bande passante sont nécessaires, à condition que ses caractéristiques physiques soient appropriées. Les applications LPDA populaires incluent la réception de télévision terrestre, les mesures d'antenne et CEM et les communications sans fil.

La structure de l'antenne LPDA choisie est de forme e alimentée au centre par une ligne micro-ruban de longueur  $L_a$ . L'antenne est constituée d'un élément rayonnant) avec des encoches qui sont imprimé sur la face supérieure d'un substrat diélectrique FR4 de permittivité relative 4.3 et d'épaisseur  $h$ . Le plan de masse est imprimé sur la surface de dessous du substrat. La géométrie de cette antenne et sa structure dans le rédacteur du CST Microwave Studio sont données par la figure 2.5. L'impédance caractéristique de la ligne de transmission est  $50\Omega$ .

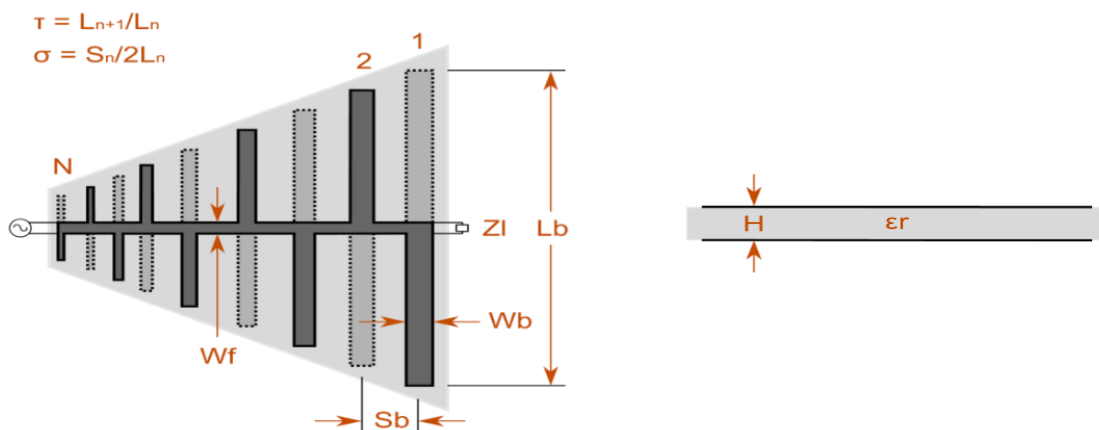


Fig. 2.5 Structure d'antenne LPDA [29].

Les noms de l'antenne LPDA et la valeur de paramètre sont présentées sur le Tableau 2.1

Tableau 2.1: Les valeurs de l'antenne LPDA [33]

No m	Description	Valeur
$f_0$	Fréquence centre	[2-12] GHz
$B_w$	Bande passante	70.94 %
$G$	Gain	8.041 dBi
$R_{in}$	Résistance d'entrée	50 $\Omega$
<b>Nom</b>	Le nom Substrat	
<b>Fabricant</b>	La fabrication de substrat	
<b>Épaisseur du substrat</b>	L'épaisseur de substrat	1.6 mm
<b>Permittivité relative</b>	Le Permittivité relative du substrat	4.3
<b>N</b>	Nombre d'élément	17
$Z_l$	Impédance de charge	69.44 $\Omega$
$W_f$	Largeur de ligne d'alimentions	850.2 $\mu\text{m}$
<b>T</b>	Facteur d'échelle	890.5e-3
$\sigma$	Facteur d'espacement	173.6e-3
<b>H</b>	Hauteur du substrat	17
$L_b$	Longueur de l'élément de base	850.2 $\mu\text{m}$
$W_b$	Largeur de l'élément de base	890.5e-3
$S_b$	Espacement de l'élément de base	173.6e-3
<b>X</b>	Dimension x de l'appareil	53.76 mm
<b>Y</b>	Dimension y de l'appareil	500 $\mu\text{m}$
<b>Z</b>	Dimension z de l'appareil	114.9 mm

### 3.1. Description de la géométrie de LPDA

De conception assez simple, l'antenne est composée d'une séquence de dipôles linéaires, déplacés côte à côte, formant un réseau coplanaire. Les dipôles sont de tailles différentes et sont alimentés alternativement par une ligne de transmission commune. Les dimensions géométriques des éléments de la LPDA suivent un modèle très spécifique. Pour l'analyse suivante, la notation ci-dessous sera utilisée :

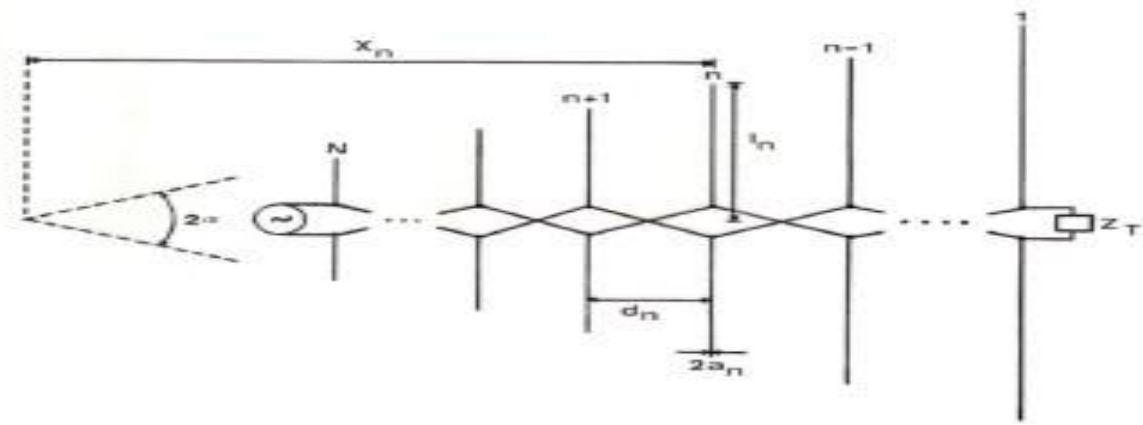


Fig.2.6 LPDA configuration [25]

$d_n$  ou  $D_n$  - distance entre les éléments  $n$  et  $n+1$ .

$a_n$  - rayon de l'élément  $n$ .

$L_n$  - la moitié de la longueur de l'élément  $n$  ( $n = 1, 2, \dots, N$ ).

$L_N$  - longueur de l'élément  $n$  ( $n = 1, 2, \dots, N$ ).

$X_n$  - distance de l'élément  $n$  au sommet (virtuel) de l'antenne.

$L_a$  - Longueur totale de l'antenne.

$L_N$  - Longueur du dipôle le plus court.

$L_1$  - Longueur du dipôle le plus long.

$2\alpha$  - Angle au sommet.

$B$  - Bande utilisable.

$K_1$  et  $K_2$  - Coefficients de troncature supérieur et inférieur

Ces paramètres sont liés par un facteur d'espacement ( $\sigma$ ) et un facteur d'échelle ( $\tau$ ) et le réseau d'antennes augmente de façon logarithmique comme défini par le facteur d'échelle présenté dans l'équation [34].

$$\tau = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{X_{n+1}}{X_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{a_{n+1}}{a_n} \quad 1 < n < N \quad (2.2)$$

De plus, le facteur d'espacement ( $\sigma$ ) est défini par [34] :

$$\sigma = \frac{d_n}{2L_n} \quad (2.3)$$

Les expressions suivantes sont utilisées [34] :

$$L_1 \geq K_1 \lambda_{max} \quad (2.4)$$

$$L_N \leq K_2 \lambda_{min} \quad (2.5)$$

Le nombre de dipôles est donné par [34] :

$$N = 1 + \frac{\log(L_1/L_N)}{\log(1/\tau)} \quad (2.6)$$

Où le rapport de bande opérationnel est représenté par [34] :

$$B = \frac{f_{max}}{f_{min}} = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}} \quad (2.7)$$

La bande passante de la région active est [34] :

$$B = \frac{K_1}{K_2} \quad (2.8)$$

Après avoir obtenu  $B_{ar}$  et  $B$ , il est possible d'obtenir les longueurs des dipôles les plus courts et les plus longs.

Longueur du dipôle le plus long [34] :

$$L_1 = K_1 \lambda_{max} = L_N B B_{ar} \quad (2.9)$$

Longueur du dipôle le plus court [34] :

$$L_N = K_2 \lambda_{min} = \tau^{N-1} L_1 \quad (2.10)$$

$X_n$  représente l'espacement entre les éléments et il peut être obtenu par [34] :

$$X_n = \frac{2\sigma L_n}{1-\tau} \quad (2.11)$$

### 3.2. Description physique

Le LPDA imprimé est un réseau alimenté en série de dipôles à bandes parallèles de longueurs successivement croissantes vers l'extérieur du point d'alimentation au sommet. Les éléments d'antenne ainsi qu'une ligne de transmission à bandes parallèles sont généralement gravés sur une feuille diélectrique. L'emplacement des éléments adjacents alterne de chaque côté du substrat. Ceci est fait pour obtenir l'avance de phase entre les dipôles successifs qui est nécessaire pour le rayonnement de contre-feu, en d'autres termes, pour faire rayonner l'antenne dans la direction du point d'alimentation.

### 3.3. Méthode d'alimentation

Une méthode très pratique d'alimentation du LPDA imprimé est le « balun infini », qui consiste à faire passer une ligne de transmission coaxiale, généralement de type semi-rigide, le long



de la bande d'alimentation d'un côté du diélectrique. Le conducteur extérieur de la ligne coaxiale est connecté électriquement (soudé) à cette ligne d'alimentation sur toute sa longueur, et le conducteur interne du câble coaxial est soudé à la ligne d'alimentation de l'autre côté du diélectrique à l'extrémité supérieure de l'antenne. Les détails géométriques du point d'alimentation sont importants pour obtenir un faible coefficient de réflexion sur la bande spécifiée. Cela nécessite généralement un ajustement expérimental.

### **3.4.Mécanisme de fonctionnement**

Le LPDA a une région active où les dipôles approchent la résonance, c'est-à-dire où ils ont une longueur d'environ une demi-longueur d'onde. Dans la région active, les dipôles supportent beaucoup plus de courant que ceux de chaque côté. L'énergie incidente provenant de l'alimentation se déplace le long de la ligne de transport jusqu'à ce qu'elle atteigne la région active.

## **4.Performance**

Le LPDA imprimé fournit un rayonnement polarisé linéairement avec un gain modéré et un motif unidirectionnel. Une adaptation d'impédance supérieure à -15 dB sur la bande passante de fonctionnement peut être obtenue pour une gamme d'impédances en ajustant la conception. Les performances d'impédance et de rayonnement sont stables sur toute la bande de performance.

Les limites de fonctionnement en fréquence sont déterminées par les fréquences auxquelles les dipôles les plus longs et les plus courts sont en résonance demi-onde. Étant donné que la région active n'est pas entièrement confinée à un dipôle, des dipôles sont souvent ajoutés à chaque extrémité du réseau pour assurer des performances adéquates sur la bande. Comme pour le LPDA simple, la bande passante de cette antenne est théoriquement illimitée, elle est classée comme une structure périodique logarithmique. En pratique, cependant, des rapports de bande passante allant jusqu'à 40 :1 ont été atteints.

## **5.Les caractéristiques d'antenne d'étude**

### **5.1.Caractéristique d'impédance**

L'impédance d'entrée peut être conçue en ajustant la largeur de ligne d'alimentation de l'antenne pour les paramètres de substrat donnés. Cette capacité se traduit par de faibles valeurs de perte de retour sur la bande de fonctionnement. Des « pics » de coefficient de réflexion, associés à des phénomènes de résonance, sont parfois observés à certaines fréquences. Ceux-ci peuvent être

supprimés en terminant de manière résistive la ligne d'alimentation équilibrée à l'extrémité opposée au point d'alimentation [Balmain et Nkeng].

## 5.2. Le coefficient de réflexion

Le paramètre  $S_{11}$  qui est le coefficient de réflexion à l'entrée de l'antenne exprime le transfert d'énergie par cette antenne. La valeur de ce paramètre varie en fonction de la fréquence. Afin d'assurer une bonne adaptation dans la bande de fréquence désirée, nous imposons le critère suivant  $|S_{11}| \leq -10$  dB [22].

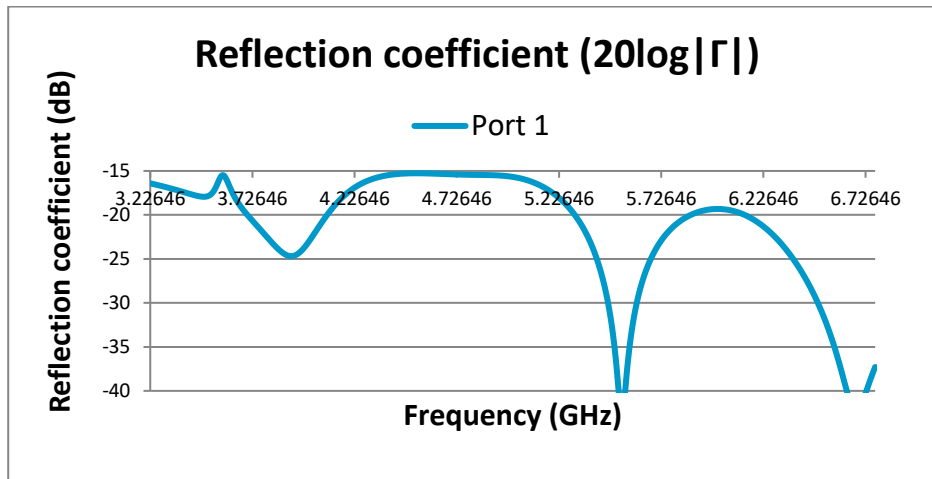
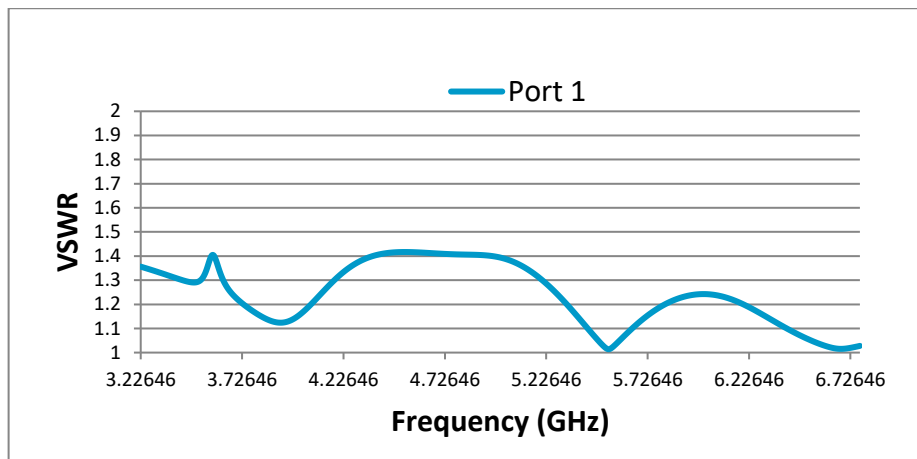


Fig.2.7 Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de la structure simulée.

Le résultat obtenu pour le coefficient de réflexion de la structure d'antenne LPDA dans la bande [3-7 GHz] est représenté dans la Figure 2.7. Cette antenne présente deux pics en fréquence  $fr1 = 4$  GHz,  $fr2 = 5.526$ .

## 5.3. TAUX VSWR

Le taux d'onde stationnaire (VSWR : Voltage Standing Wave Ratio) c'est un quotient entre les champs électriques maximaux et minimaux dans une ligne de transmission. En d'autre manière, il caractérise la quantité du signal qui s'est réfléchi aux bornes d'une composante micro-onde. La norme acceptable dans un système de rayonnement électromagnétique est celle d'une valeur de VSWR inférieur à 2.



**Fig. 2.8** Le taux d'onde stationnaire.

La figure 2.8 représente le VSWR dans la gamme de fonctionnement de l'antenne étudiée. D'après la figure, on constate que le taux d'ondes stationnaires est inférieur à 2 dans toute la gamme de fréquence de l'antenne étudiée.

#### 5.4. Diagramme de rayonnement

Dans la bande de fonctionnement, le LPDA imprimé a un seul lobe principal de tir en bout, lorsqu'il est conçu en utilisant des valeurs optimales d'espacement et de facteurs d'échelle. La largeur de faisceau du plan H de l'antenne est supérieure à la largeur de faisceau du plan E, avec des valeurs de largeur de faisceau du plan E comprises entre  $30^\circ$  et  $80^\circ$ , tandis que

Les valeurs de largeur de faisceau du plan H sont comprises entre  $40^\circ$  et  $150^\circ$ . Le gain typique du LPDA imprimé est compris entre 8 et 12 dBi. L'antenne a des zéros à  $90^\circ$  du faisceau principal dans le plan E et est polarisée linéairement.

Les niveaux des lobes latéraux sont généralement inférieurs de plus de 10 dB au lobe principal pour une structure bien conçue. Les lobes arrière peuvent être réduits en terminant de manière résistive la ligne d'alimentation, comme indiqué dans la section des caractéristiques d'impédance. Les performances hors bande entraînent généralement une augmentation des niveaux de back lobe.

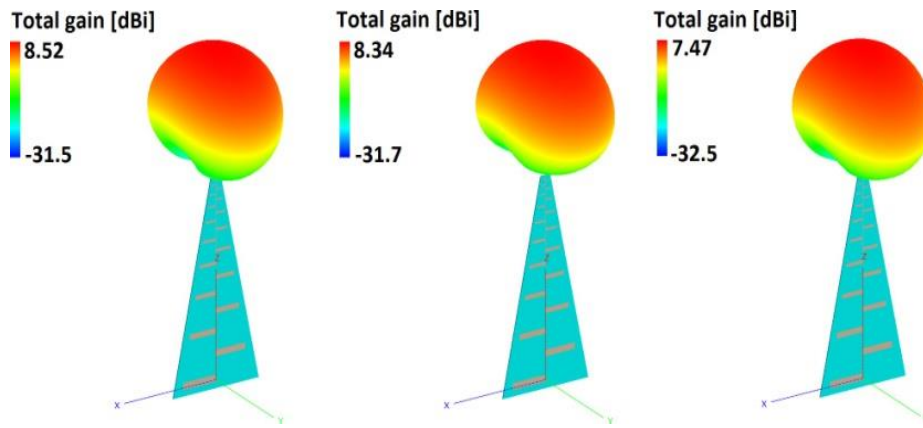


Fig. 2.9 Diagramme de rayonnement a gain total typique -  $f_{min}$ ,  $f_0$ ,  $f_{max}$ [29]

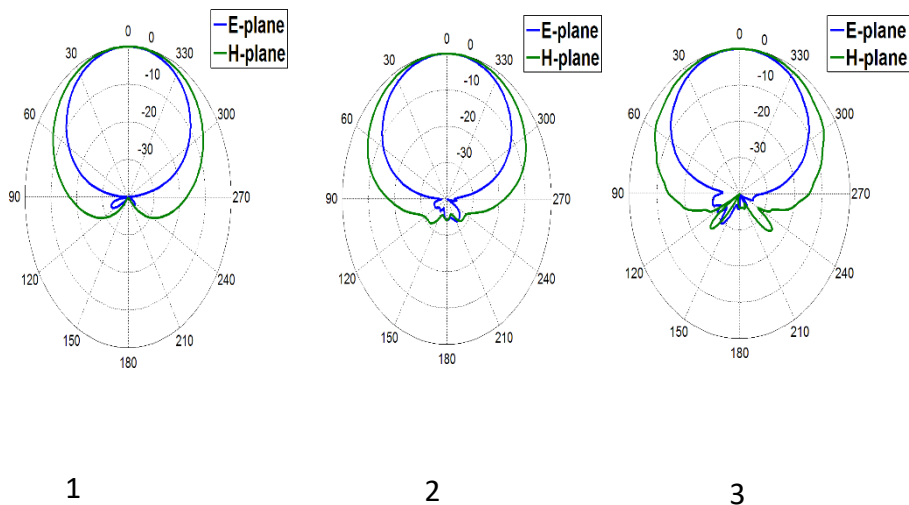


Fig.2.10 Diagramme de rayonnement [29].

1/-Le diagramme de rayonnement a gain normalise typique a la fréquence minimale

2/-Le diagramme de rayonnement a gain normalise typique a la fréquence centrale

3/-Le diagramme de rayonnement a gain normalise typique a la fréquence maximale

### 5.5.Le gain

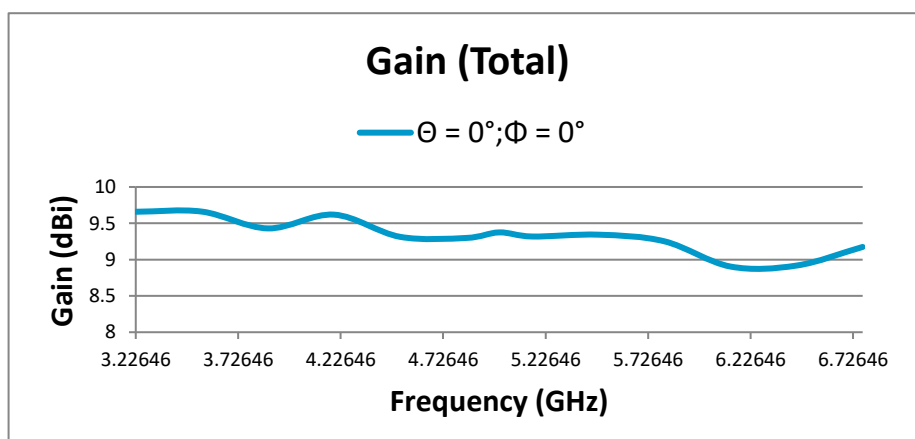


Fig. 2.11 Courbe de gain [29].

Dans la figure 2.9 la courbe de gain typique par rapport à la fréquence de modèle pour un LPDA conçu pour un gain varie entre 8.8 jusqu'à 9.8.

## **6.Conclusion**

Notre objectif de cette présentation et de se familiariser avec cette antenne et de connaître ses caractéristiques tel que le diagramme de rayonnement que nous essayerons de simulerait de voir tous ses résultats théoriques en pratique et d'être apte de vérifier les résultats de la simulation à l'aide du logiciel de simulation CST (Computer Simulation Technologie) que nous allons présenter dans le chapitre qui suit.

## **Chapitre 3**

### **Conception et résultats de simulation**

#### **1. Introduction**

Dans ce chapitre nous présentons les résultats de conception et de simulation d'antenne par le logiciel CST, puis nous effectuons une étude paramétrique sur différents paramètres pouvant affecter les performances de l'antenne, et ainsi nous commentons les résultats obtenus et les interprétons pour obtenir le résultat souhaité.

#### **2. Cahier de charge**

Le but de ce travail est d'étudier les propriétés de l'antenne log-périodique pour améliorer ses performances à l'aide du programme "CST". Pour ce faire, dans chaque étude nous avons apporté quelques modifications et leurs normes, et les résultats obtenus ont montré que les propriétés de l'antenne sont affectées en ajustant ses paramètres, et le résultat est une augmentation du gain et de la directivité de cette antenne, et la meilleure configuration est que gain élevée (supérieur à 6 dB) et large bande (2-12 GHz).

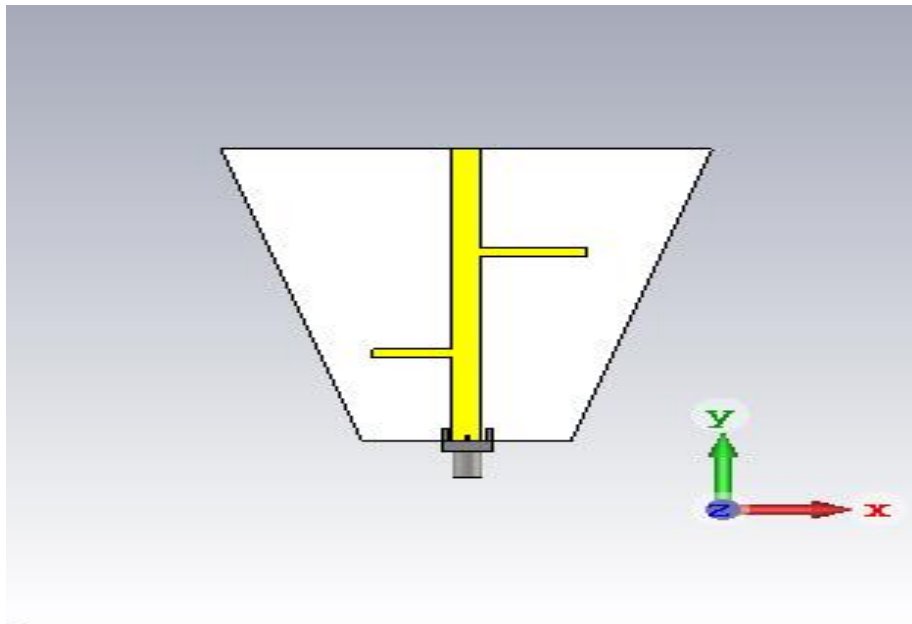
#### **3. Présentation du logiciel CST STUDIO SUITE**

CST Studio Suite est utilisé pour la modélisation, la simulation et l'analyse de phénomènes électromagnétiques dans une grande variété d'applications, notamment les télécommunications, l'électronique, l'aérospatiale, l'automobile et bien d'autres.

Cette méthode numérique fournit un arrangement spatial de discrétisation, applicable à des divers problèmes électromagnétiques, s'étendant du calcul des champs statiques aux applications hautes fréquences dans le domaine temporel ou fréquentiel.

#### **4. Etude paramétrique de l'antenne**

On va présenter d'antenne proposant de deux directeurs en figure 3.1. il s'agit d'une antenne LPDA (log Périodique Dipôle Array), en modifiant les positions, dimensions et le nombre des dipôles, de faire dans la bande passante (2-12 GHz).



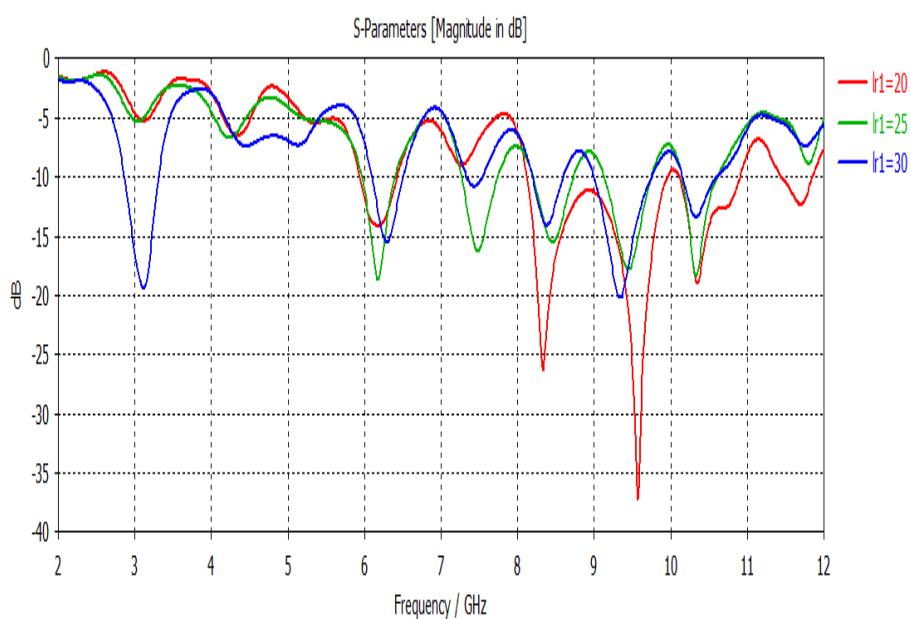
**Fig. 3.1** antenne deux directeur.

Chaque modification doit ici être effectuée manuellement, dans la mesure où il faut physiquement déplacer ou connecter les différents dipôles.

Nous avons changé les valeurs de longueur de directeur «  $l_r$  » et le déplacement «  $s$  » et la largeur «  $W_r$  » et la largeur de la ligne «  $W_L$  ».

**4.1. L'effet de la longueur de directeur  $l_r$**

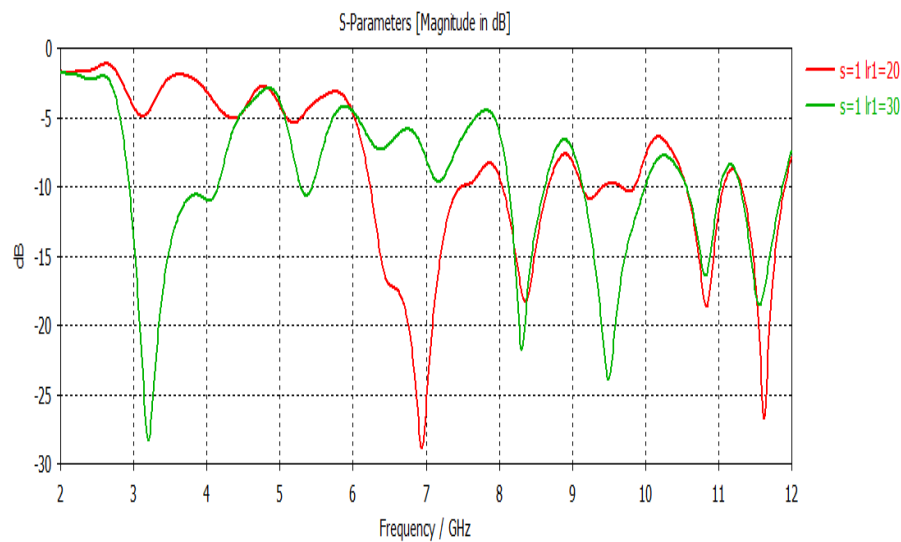
On mentionne que la ligne d'alimentation est posée au centre de l'antenne log-périodique. Les résultats de Simulation sont présentés en termes de coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence (figure 3.2).



**Fig. 3.2** Variation de la longueur.

Lorsqu'on examine la figure, quelques observations peuvent être faites. On peut observer les valeurs maximales et minimales du coefficient de réflexion à différentes fréquences. Les valeurs minimales correspondent à une bonne adaptation d'impédance pour, indiquant que l'antenne est efficace pour transmettre et recevoir des ondes électromagnétiques à ces fréquences spécifiques ( $l_{r1}=20$ , la valeur optimale -38 dB à 9.5GHz). Les valeurs maximales, en revanche, suggèrent une mauvaise adaptation d'abord d'impédance et une réflexion importante de l'énergie électromagnétique ( $l_{r1}=30$  pour 18 DB à 3.2 GHz).

Les mesures donnent de résultats d'adaptation pour chaque cas comme nous pouvons le voir sur la figure 3.3.



**Fig. 3.3** Coefficient de réflexion  $S_{11}$ .

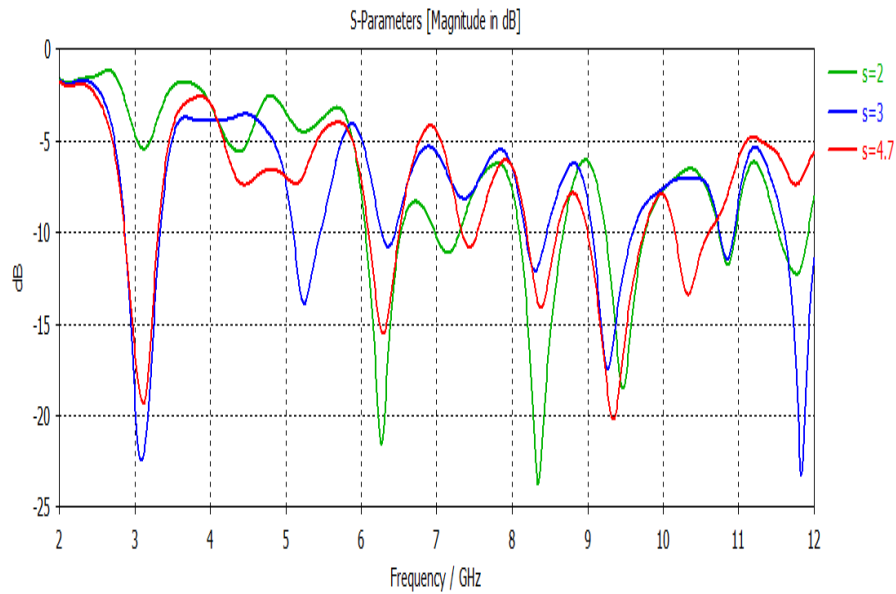
Lorsque la longueur du directeur augmente, sa fréquence de résonance diminue, on remarque que le résultat a la même valeur optimale de 27 dB pour différentes fréquences ( $l_{r1} = 20$ ,  $f = 7$  GHz et  $l_{r1} = 30$ ,  $f = 3,2$  GHz).

#### 4.2. L'effet de l'espacement S

La figure 3.4 de coefficient de réflexion pour changer les valeurs d'espacement  $s$ .

En général, une variation de l'espacement " $s$ " entraînera des changements dans les lobes de rayonnement, le gain, la directivité et la largeur de bande de l'antenne.



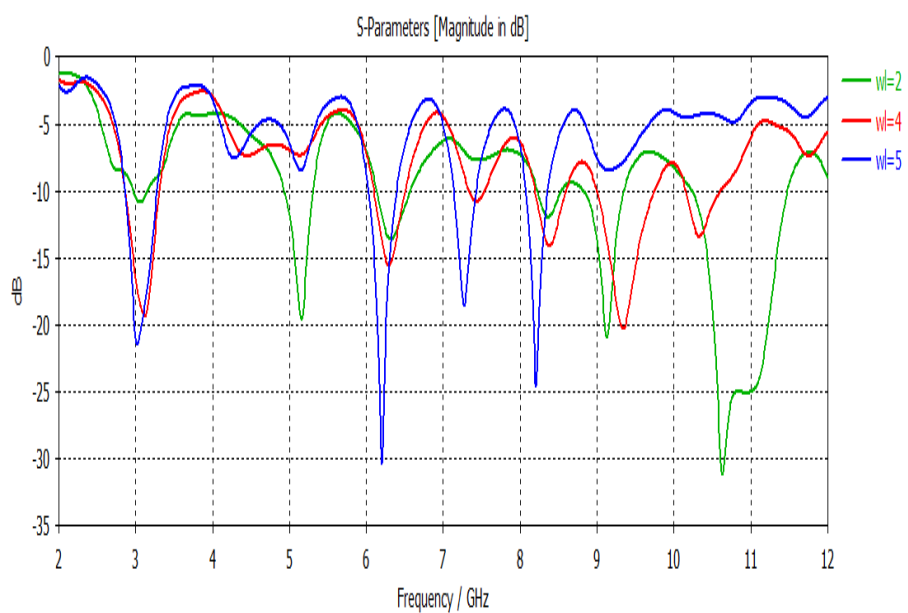


**Fig. 3.4** Le coefficient  $S_{11}$  pour différentes l’espacement de base.

Lorsque l'espacement entre les éléments est modifié, cela a un impact direct sur les propriétés de rayonnement de l'antenne, y compris sa réponse en fréquence. En général, une variation de l'espacement "s" entraînera des changements dans les lobes de rayonnement, le gain, la directivité et la largeur de bande de l'antenne.

### 4.3.L’effet de la largeur de la ligne $W_l$

La figure (3.5) pour changer la valeur de largeur de la ligne d'antenne étudiée sur les performances de l'antenne à différentes fréquences.

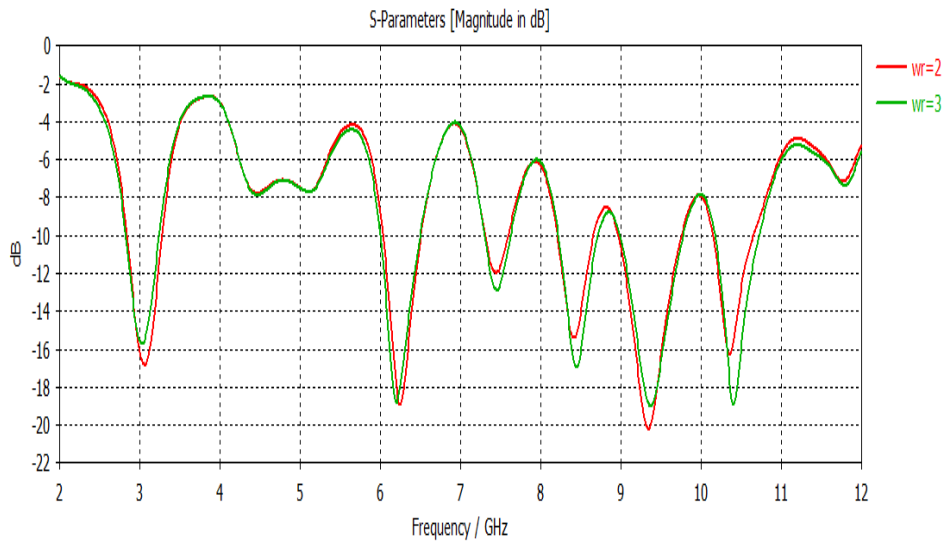


**Fig. 3.5** Le coefficient  $S_{11}$  pour différentes largeurs d’antenne.

Lorsque la largeur de raie de l'antenne est modifiée, des différences sont observées à différentes fréquences et mesure la quantité d'énergie réfléchié par rapport à l'événement énergétique sur l'antenne, une valeur faible indique que peu d'énergie est réfléchié, ce qui est souhaitable ou une transmission efficace du signal.

#### 4.4.L'effet de la largeur $W_r$

Lorsque la largeur de l'antenne log-périodique est modifiée, affecter la réponse de l'antenne à différentes fréquences comme indiqué sur la figure3.6 .

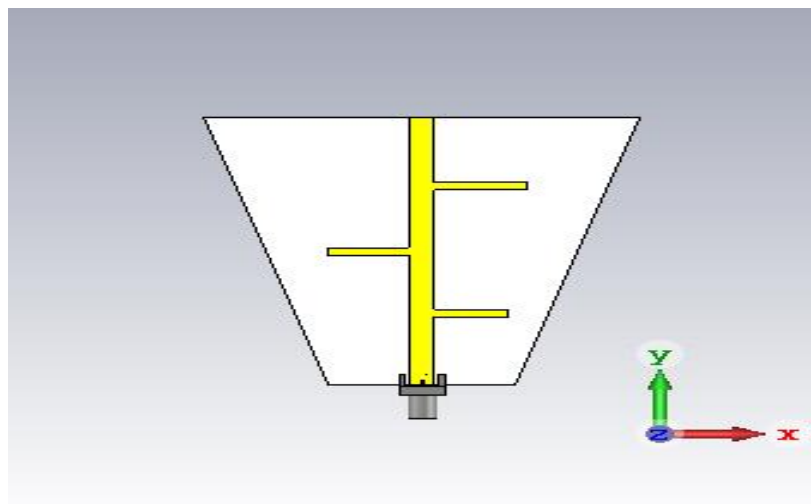


**Fig. 3.6** Coefficient de réflexion pour différent largeur.

Plus précisément, influencer la façon dont l'énergie est transmise à travers l'antenne et l'efficacité de la conversion de l'énergie électrique en ondes électromagnétiques.

#### 5.Changement de nombre d'élément à Troie directeurs

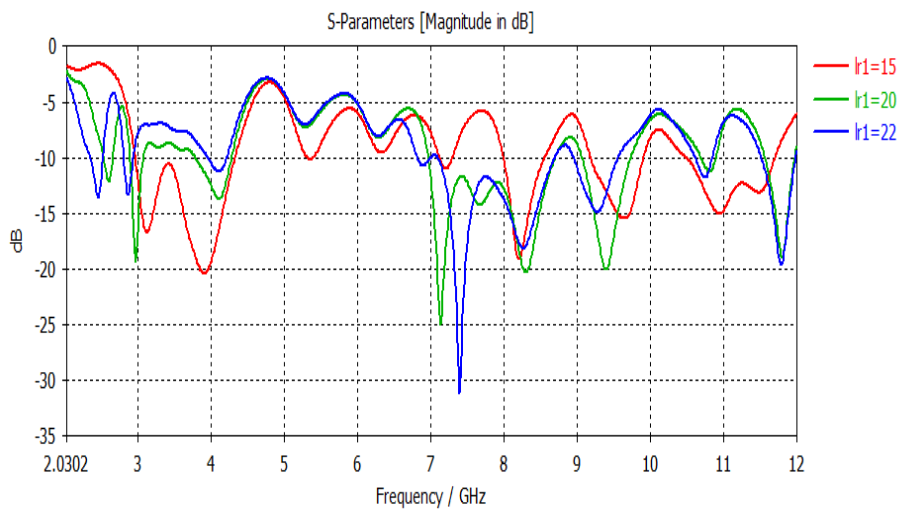
Le même travail que le rendu d'antenne proposé auquel nous avons ajouté un directeur.



**Fig. 3.7** antenne Trois directeurs.

### 5.1.L'effet de la longueur pour trois directeurs

La figure 3.8 représente l'évolution de la valeur  $l_r$  de l'antenne par rapport à la fréquence.

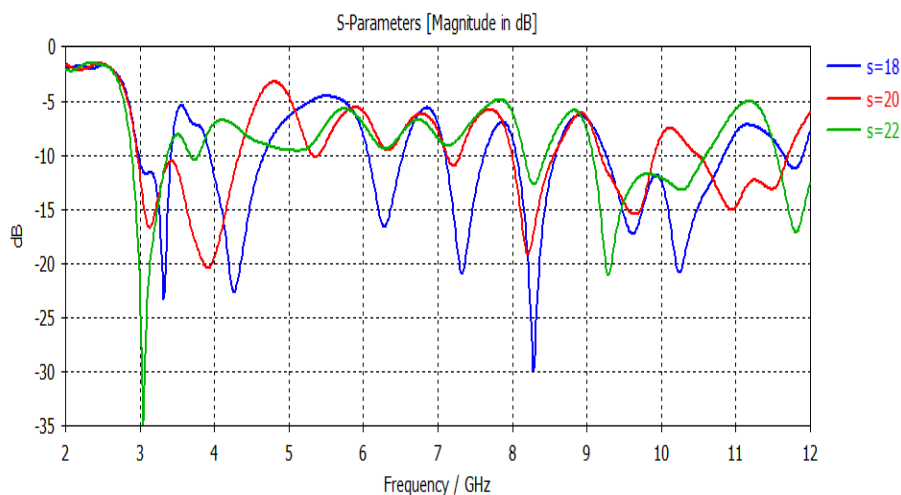


**Fig. 3.8** Effet de la longueur sur Le coefficient de réflexion  $S_{11}$ .

Elle permet de déterminer les valeurs de  $l_r$  qui offrent la meilleure réponse en fréquence de  $l_1=22$  et la plus large bande passante pour l'antenne.

### 5.2.L'effet de l'espacement pour trois directeurs

Dans cette figure 3.9, on remarque les variations du coefficient de réflexion à différentes fréquences lorsque l'espacement "s" est modifié.

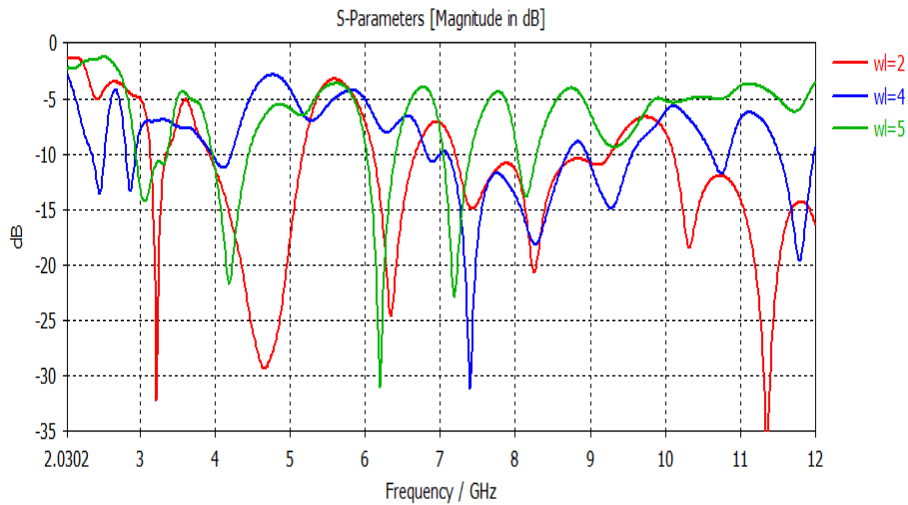


**Fig. 3.9** Effet de l'espacement  $s$  sur le coefficient  $S_{11}$ .

Qui permet des modifications de l'espacement affectent la réponse en fréquence de l'antenne et permet de déterminer les valeurs optimales de l'espacement pour obtenir les performances souhaitées.

### 5.3.L'effet de la largeur de la ligne pour trois directeurs

La figure 3.10 représente la variation de la largeur de ligne pour différentes fréquences.

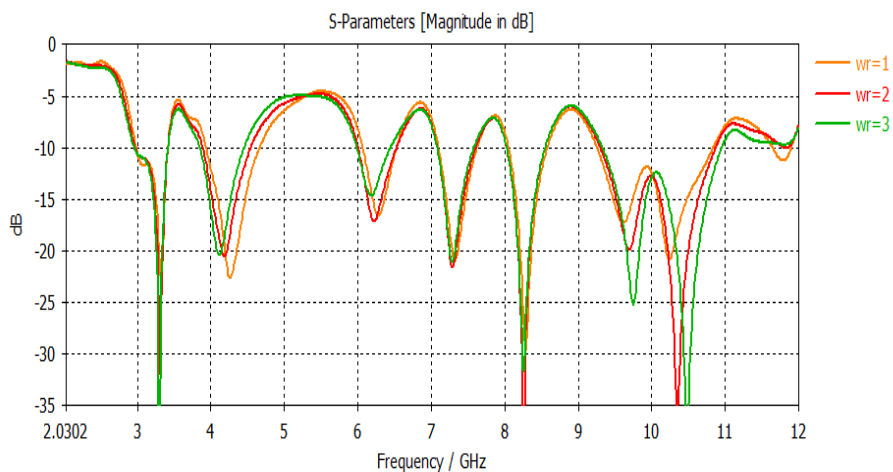


**Fig. 3.10** Effet de la largeur de la ligne d'antenne.

En augmentant la largeur de la ligne d'antenne, on peut constater une diminution du coefficient de réflexion à certaines fréquences. Cela peut être dû à une meilleure adaptation d'impédance entre la source du signal et l'antenne, ce qui permet une transmission plus efficace à ces fréquences spécifiques.

### 5.4.L'effet de largeur $W_r$ pour trois directeurs

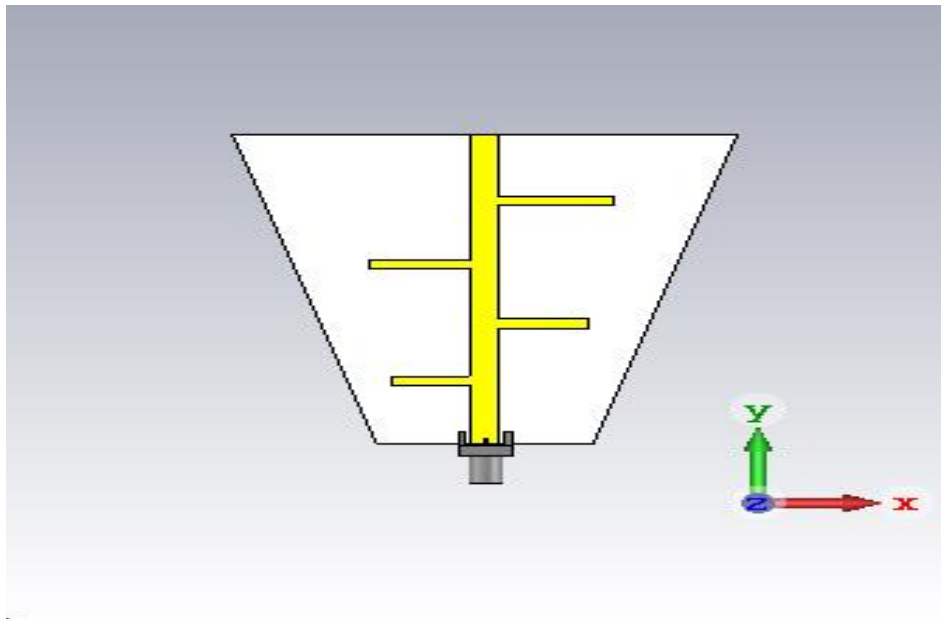
Les courbes de  $S_{11}$  en dB montrent que la fréquence d'adaptation ne change pas avec la présence du support, par contre il y a une petite amélioration sur l'adaptation quand le  $S_{11}$  est moins que -10dB.



**Fig. 3.11** Le Coefficient  $S_{11}$  pour différent largeur  $W_r$ .

### 6.Changement de nombre d'élément à quatre conducteurs

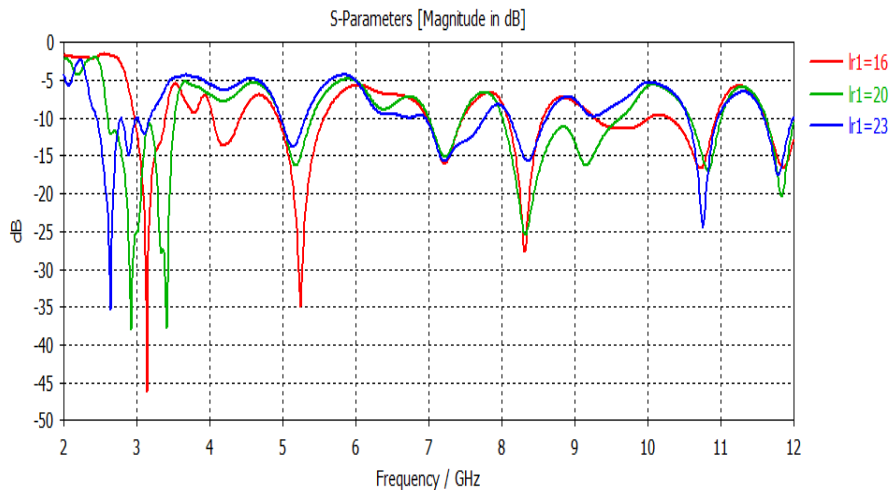
Le rendu d'antenne proposé auquel nous avons ajouté un directeur figure 3.12.



**Fig. 3.12** Antenne quatre directeur.

#### 6.1.L'effet de la longueur pour quatre directeurs

La figure 3.13 représente la variation de la longueur pour quatre directeurs.

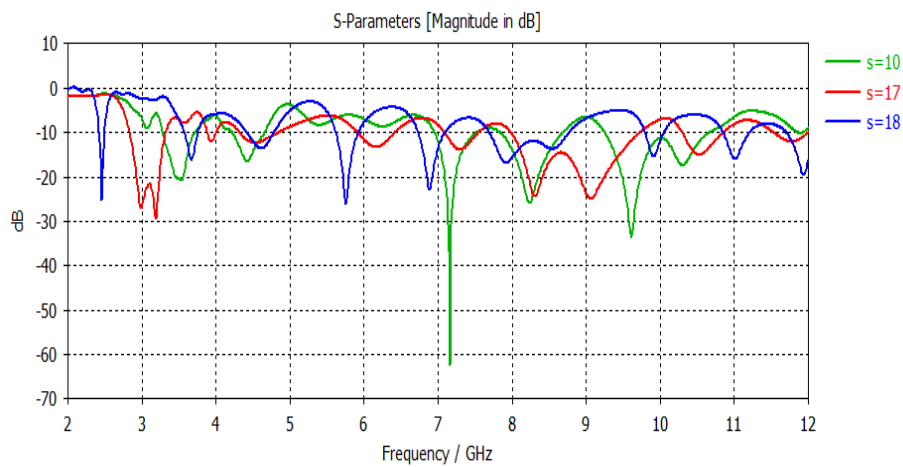


**Fig. 3.13** La variation du  $S_{11}$  de la longueur par rapport la fréquence.

quand on a modifiez la valeur de  $lr_1$  cela affecte les dimensions de l'antenne et donc sa réponse en fréquence, montre comment l'antenne réagit à différentes fréquences lorsqu'on ajuste  $lr$  D'après cette figure nous pouvons remarquer que la Meilleure fréquence d'adaptation est ( $lr_1=16$ ,  $f=3.2GHz$ ).

### 6.2.L'effet de l'espacement pour quatre directeurs

La variation de coefficient de réflexion de quatre directeurs pour différent espacement  $s$  en figure 3.14 .



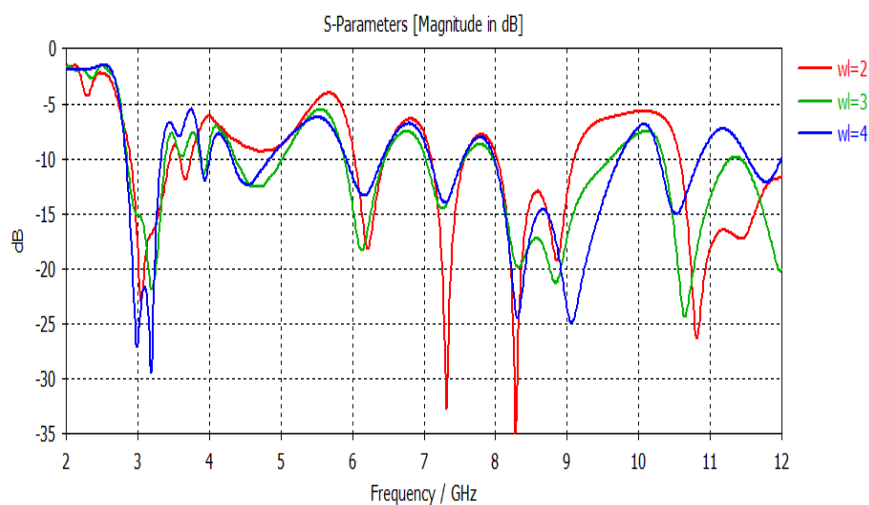
**Fig. 3.14** Simulée le résultat de  $S_{11}$  pour l'espacement  $s$ .

En ajustant l'espacement " $s$ ", il est possible de modifier la réponse en fréquence de l'antenne pour répondre à des exigences spécifiques. Par exemple, un espacement plus grand peut favoriser une réponse en fréquence plus large, tandis qu'un espacement plus petit peut concentrer la réponse sur une plage de fréquences plus étroite.

Donc Nous pouvons remarquer que lorsque la valeur des  $s$  augmente, la fréquence augmente également.

### 6.3.L'effet de la largeur de ligne pour quatre directeurs

La figure du coefficient de réflexion par rapport à la fréquence pour différents réglages de la largeur de la ligne d'antenne en figure 3.15.



**Fig. 3.15** Coefficient de réflexion  $S_{11}$ .

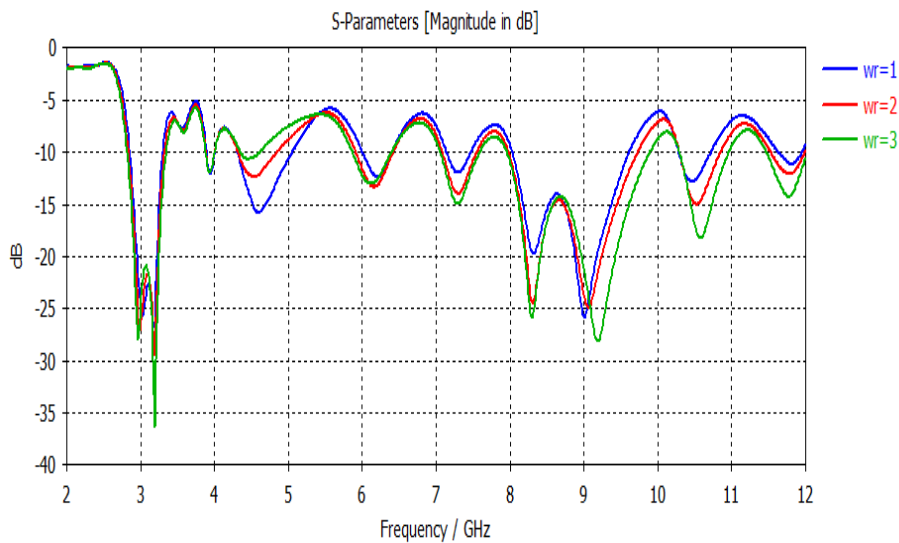
Nous avons choisi une variation de «  $W_L$  » de ce paramétré a été faite avec logiciel CST.

Il est possible de déterminer les fréquences optimales où la transmission est la plus efficace et d'ajuster la largeur de la ligne d'antenne en conséquence.

Par exemple dans cette figure Les deux courbes montrent qu'un petit décalage qu'adapter à la même fréquence sur ces dernières.

### 6.4.L'effet de la largeur pour quatre directeurs

La figure 3.16 représentée le coefficient de réflexion de quatre directeurs par rapport la fréquence pour différent Largeur  $W_r$ .

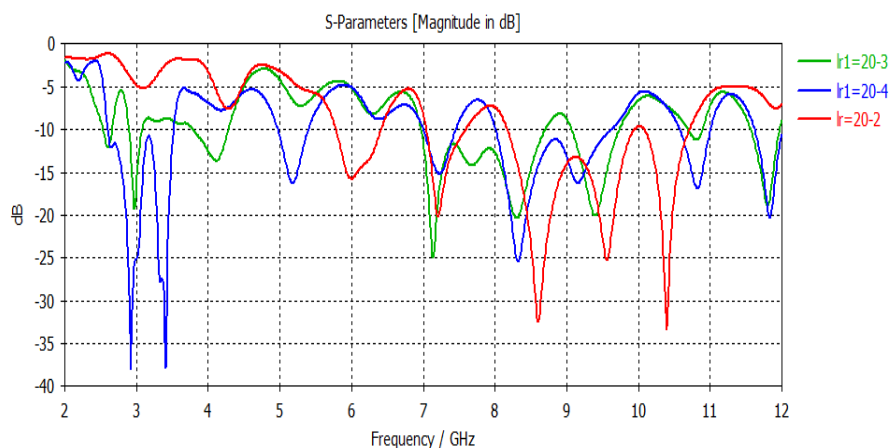


**Fig. 3.16** La variation de la largeur.

Lorsqu'on souhaite augmenter la largeur de la figure de  $S_{11}$ , cela signifie généralement que l'antenne est conçue pour fonctionner efficacement sur une plage de fréquences plus large.

### 7.La compariton entre les trois configurations

On constate qu'à chaque fois qu'on ajoute un directeur tout plus le nombre de fréquence est augment.



**Fig. 3.17** La comparaison de la longueur pour différent nombre directeur.

Elle permet de déterminer les fréquences optimales de transmission et d'assurer une adaptation d'impédance adéquate pour minimiser les pertes d'énergie.

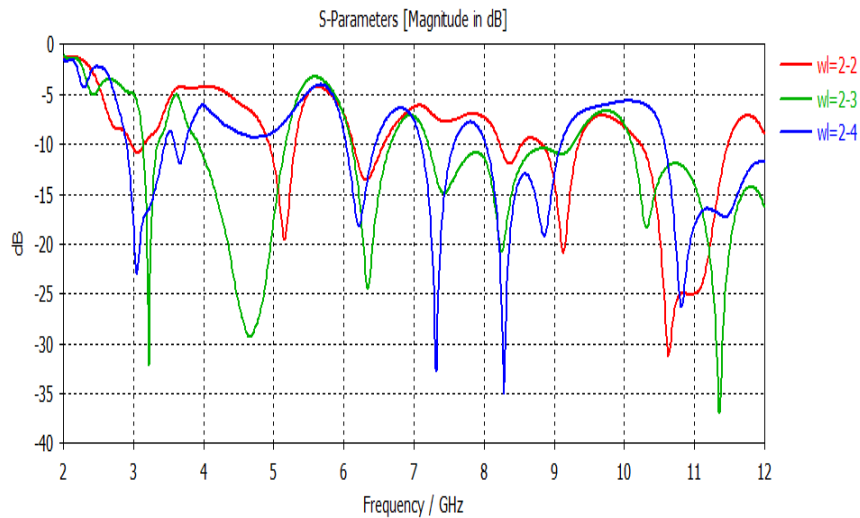


Fig. 3.18 La comparaison de la largeur pour différent nombre directeur.

### 8. Structure de l'antenne log-périodique

En utilisant le simulateur CST, l'antenne log-périodique que nous avons adoptée et structurée d'un plan de masse, d'une ligne d'alimentation et d'un log-périodique qui constituera l'élément rayonnant. L'antenne log-périodique est relié directement à la ligne d'alimentation comme illustré dans la figure 3.19.

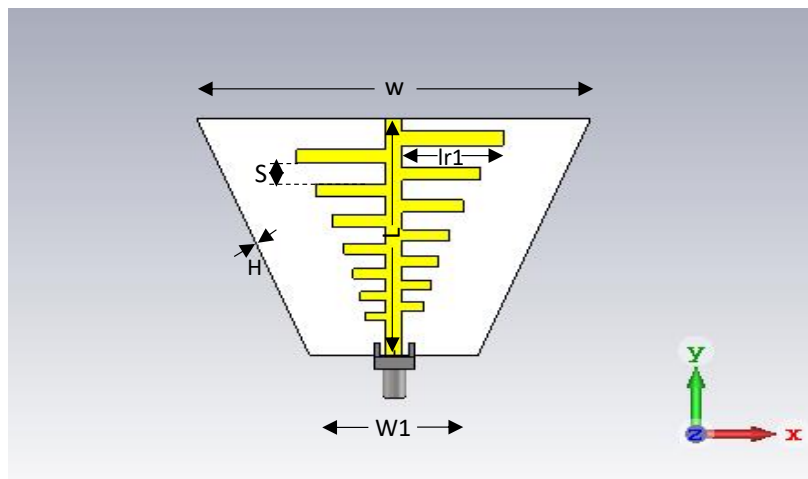


Fig. 3.19 La structure de l'antenne proposant.

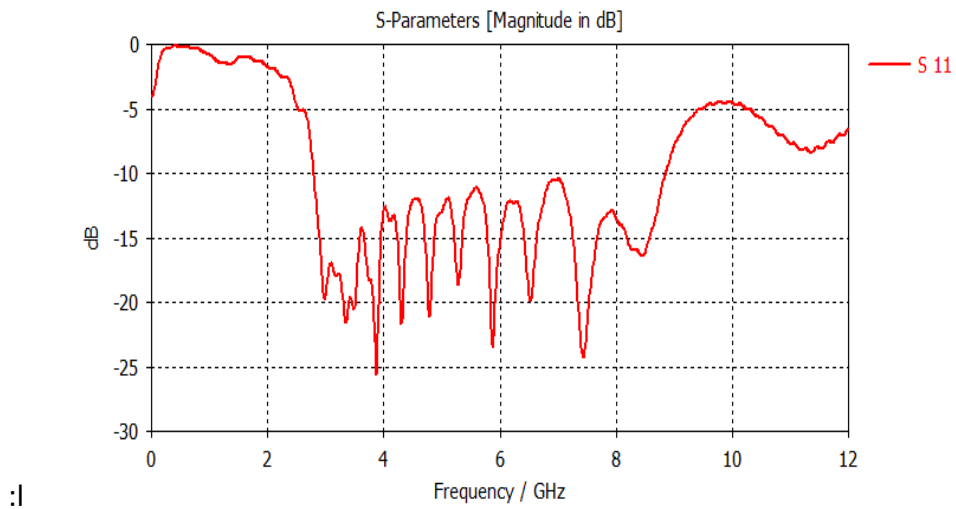
Toutes les dimensions de cette antenne sont optimisées et présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3. 1: Les dimensions de l'antenne log-périodique en (mm)

Paramètres	L	W	W1	Lr1	S	H	T	M	N
Valeurs	50	33	30	18	4.1	1.1	0.07	0.88	0.95



La figure (3.20) représente le module du coefficient de réflexion mesuré en décibels en fonction de la fréquence. Nous avons obtenu une bonne adaptation ( $\leq -10$  dB) dans la gamme [3-8.5] GHz.



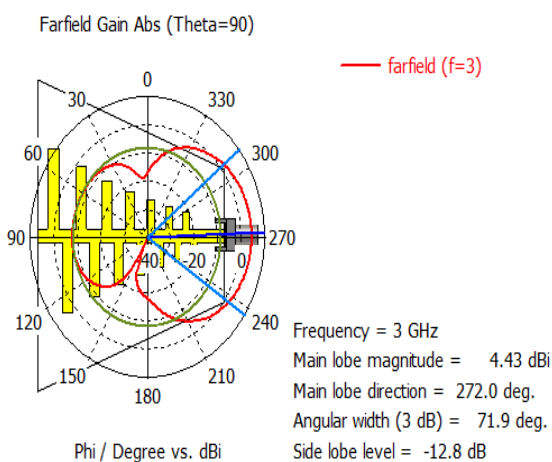
**Fig. 3.20** La variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l’antenne en fonction de la fréquence.

Présentez le résultat de  $S_{11}$  pour les valeurs du tableau où l'on note que la valeur optimale est de -26 dB à 3,9 GHz.

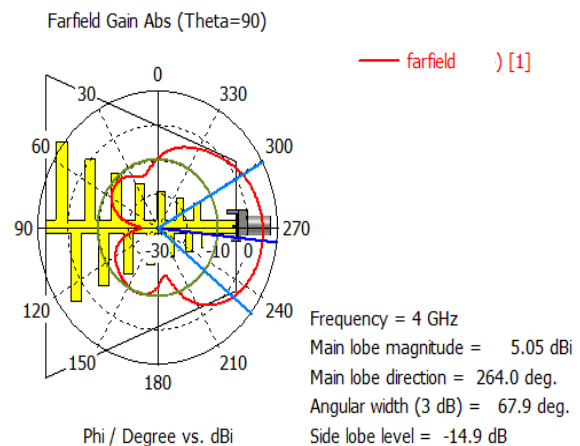
### 8.1. Le diagramme de rayonnement après l’optimisation

Quant aux diagrammes de rayonnement en 3D de l’antenne après l’optimisation des paramètres, ils sont illustrés par la Figure ; aux fréquences 3, 4, 5 et 6,7,8 GHz.

F=3Ghz

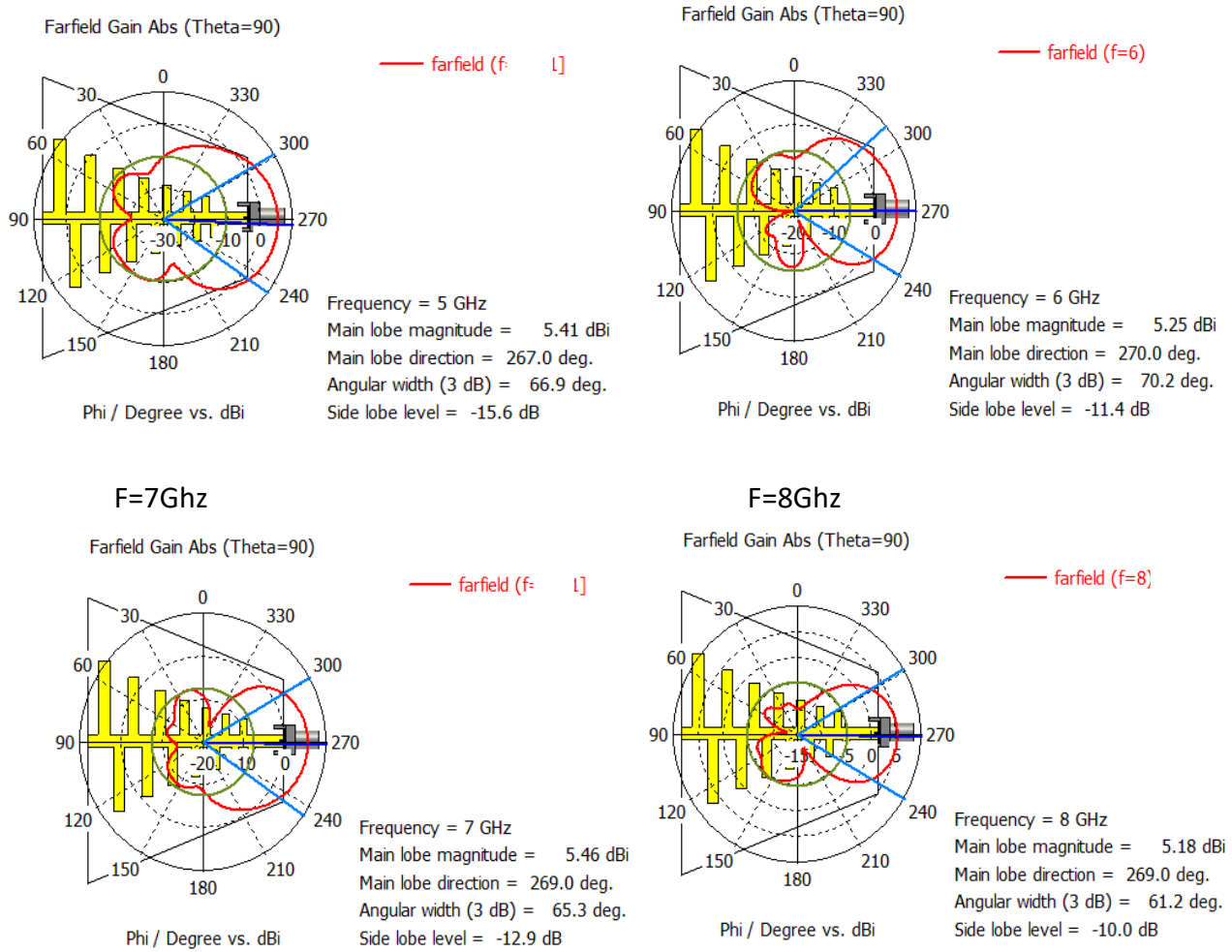


F=4Ghz



F=5Ghz

F=6Ghz

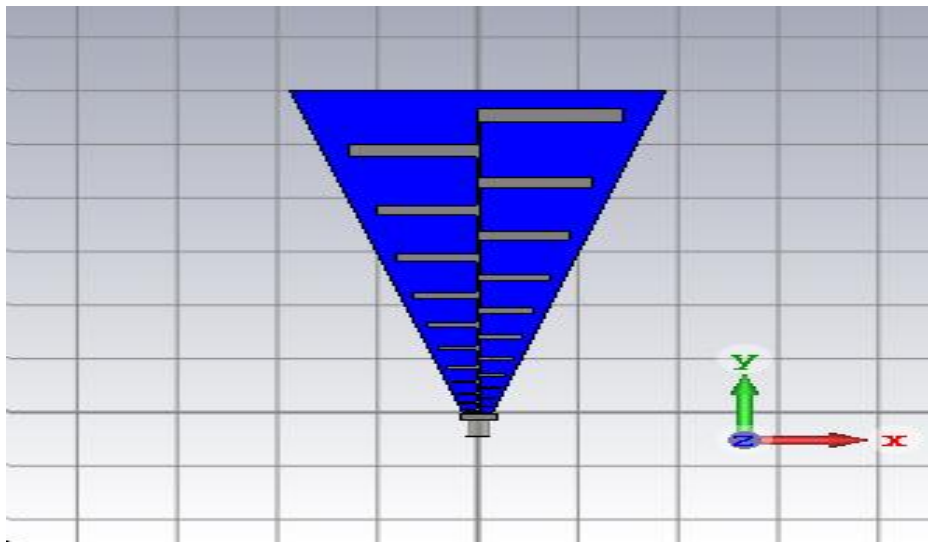


**Fig. 3.21** Le diagramme de rayonnement pour quelques fréquences de résonances.

Il indique la direction préférentielle dans laquelle l'antenne émet le plus d'énergie, c'est-à-dire dans la direction où elle est conçue pour rayonner le plus efficacement. Où l'on note dans ces données qu'il rayonnée dans 5 dBi sauf à la valeur f=3Ghz.

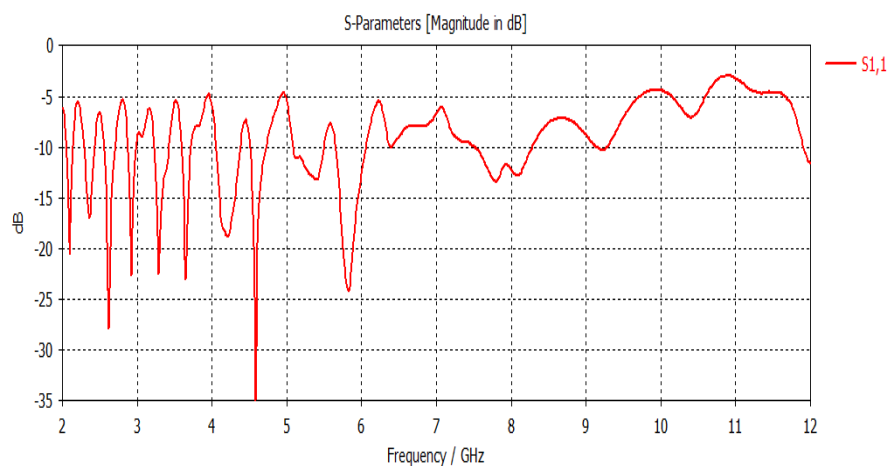
### 9.Structure de l'antenne LPDA avec des paramètres optimisés

Une fois que nous avons optimisé la conception, nous pouvons passer à la fabrication de l'antenne après nous être assurés que les tolérances exactes des dimensions calculées sont respectées.



**Fig. 3.22** Structure de L'antenne étudiée.

La figure 3.23 représente le coefficient de réflexion d'une antenne log-périodique multi-bande exprimé en décibels en fonction de la fréquence.



**Fig. 3.23** Paramètre  $S_{11}$  de l'antenne à étudier.

Ce nombre est important pour évaluer les performances de l'antenne car nous la considérons comme multi bande sur la gamme de fréquences étudiée [2-12] GHz.

## 10. Les résultats de logiciel CST Microsoft studio

Cette antenne se compose d'un élément conducteur central appelé « élément actif » ou « dipôle », entouré d'une série d'éléments passifs appelés « réflecteurs » et « directeurs ». Ces éléments sont disposés de manière séquentielle le long d'un support, généralement en métal ou en matériau conducteur.

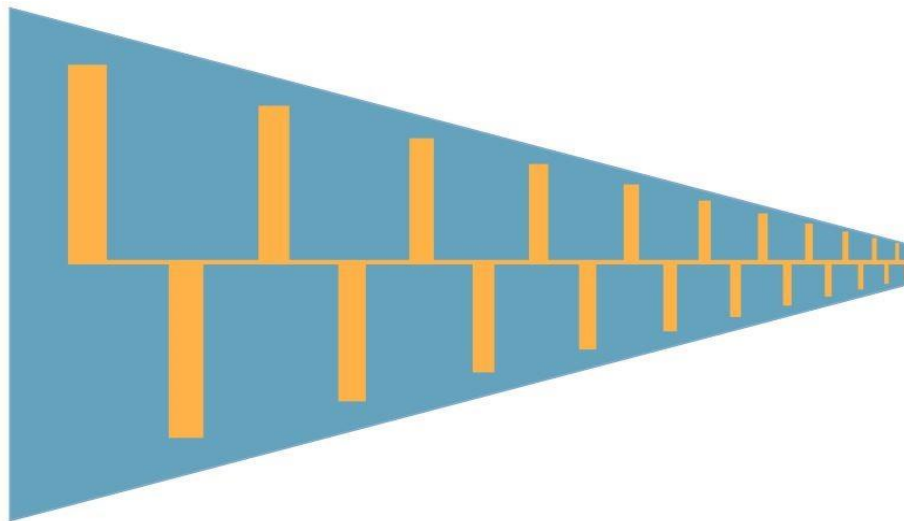


Fig. 3.24 Structure d'antenne mesurée.

**10.1. Le coefficient de réflexion S<sub>11</sub>**

La figure 3.25 de coefficient de réflexion qui représente le coefficient de réflexion mesurée et simulée (généralement exprimé en dB) en fonction de la fréquence.

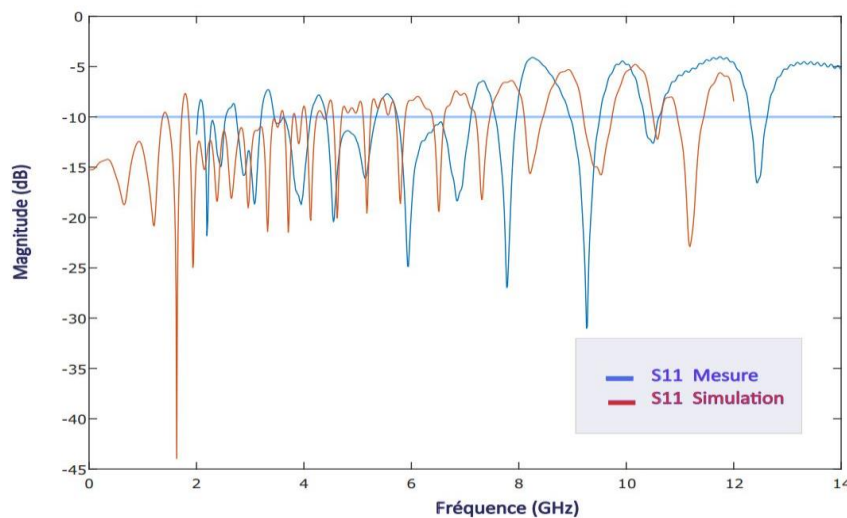


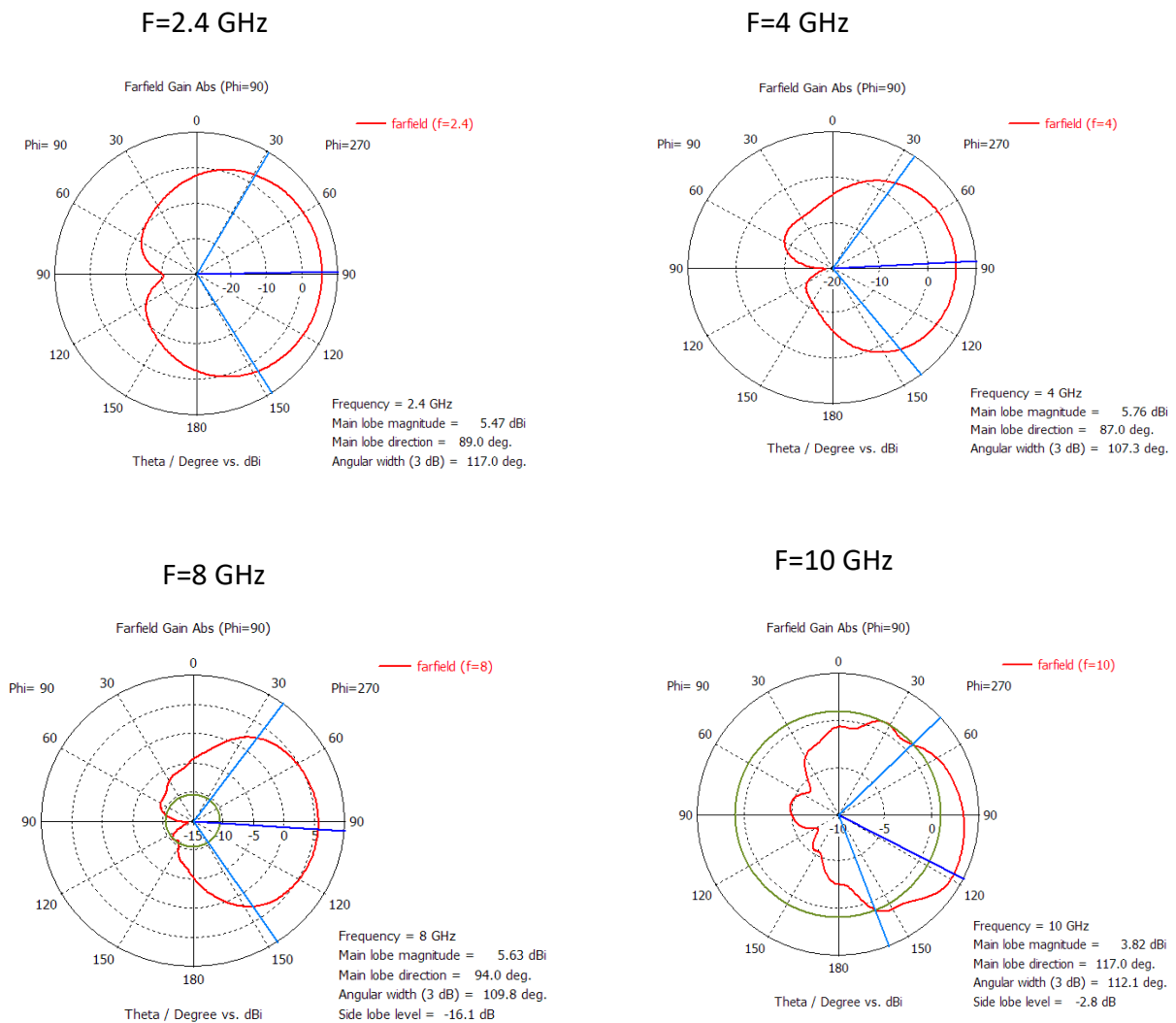
Fig. 3.25 Les résultats simulés et mesure d'antenne ultra large.

Cette figure est importante pour évaluer la performance et l'adaptation d'impédance de l'antenne sur une plage de fréquences donnée. Nous avons obtenu une bonne adaptation ( $\leq -10$  dB) dans la gamme [2-12] GHz. Où l'on note que différente fréquence d'adaptation de coefficient de réflexion, mesurée (la valeur optimale 32dB a 9.2Ghz) et simulée (la valeur optimale 44dB a 1.8Ghz).

**10.2. Le diagramme de rayonnement**

Le diagramme de rayonnement est une représentation qui décrit la répartition de l'énergie rayonnée par l'antenne dans l'espace (en figure 3.26). Ce diagramme est généralement tracé en

coordonnées polaires, avec l'axe vertical représentant l'intensité du rayonnement et l'angle horizontal représentant la direction dans laquelle le rayonnement est mesuré.

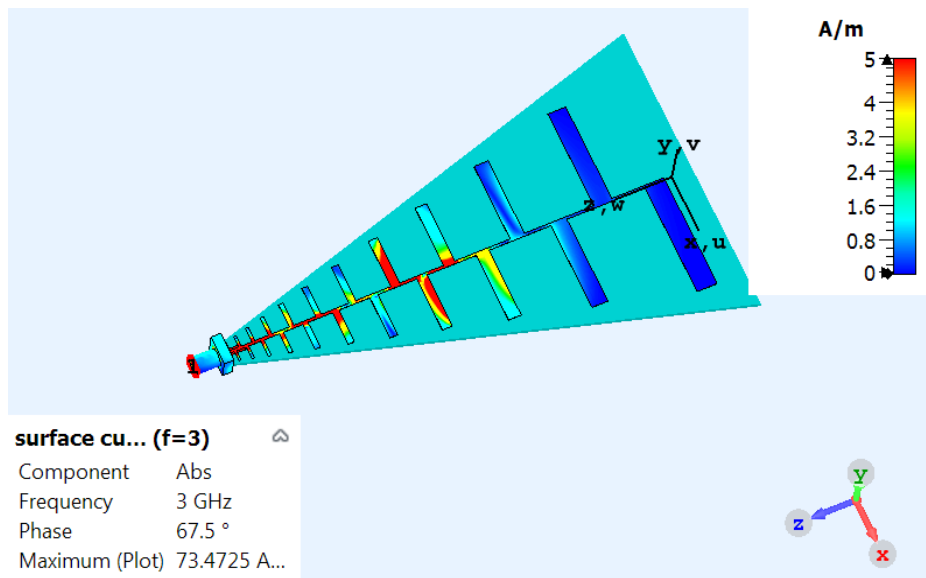


**Fig. 3.26** Diagrammes de rayonnement mesurés du système antennaire.

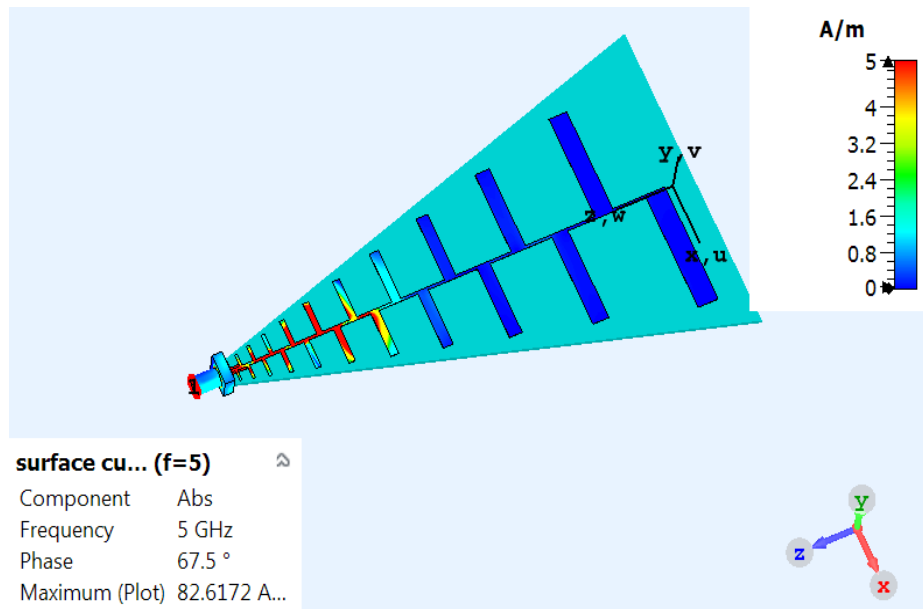
Le diagramme de rayonnement montre également comment l'énergie rayonnée diminue à mesure que l'angle par rapport à l'axe principal augmente, dans cette figure on voit le rayonnement dans 5 dBi sauf à la valeur f=10 GHz, et aussi on peut évaluer sa directivité, sa couverture spatiale, sa capacité à concentrer l'énergie dans une direction particulière et sa sensibilité aux lobes secondaires indésirables. Ces informations sont cruciales lors de la conception et de l'installation d'antennes pour des applications spécifiques, afin d'optimiser la performance du système de communication ou de réception.

### 10.3.La distribution de courant surfacique

Nous allons présenter la distribution du courant de surface que nous avons prise aux fréquences [3, 5, 7] GHz comme indiqué sur les figures suivantes.

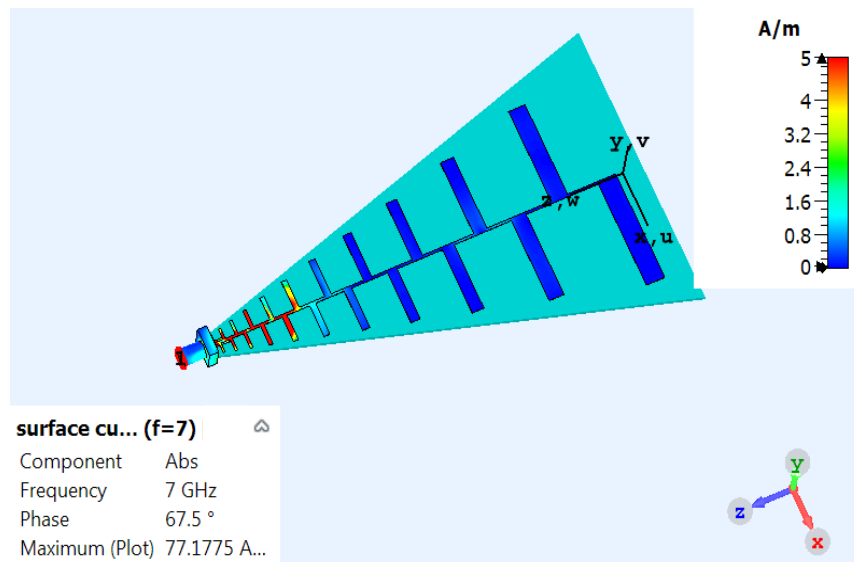


**Fig. 3.27** Distribution du courant a la fréquence 3 GHz.



**Fig. 3.28** Distribution du courant a la fréquence 5 GHz.

Où l'on remarque que les zones en rouge sont des endroits où le courant de surface est très élevé pour les fréquences citées, tandis que les zones en bleu ont un courant de surface très faible.



**Fig. 3.29** distribution du courant a la fréquence 7 GHz.

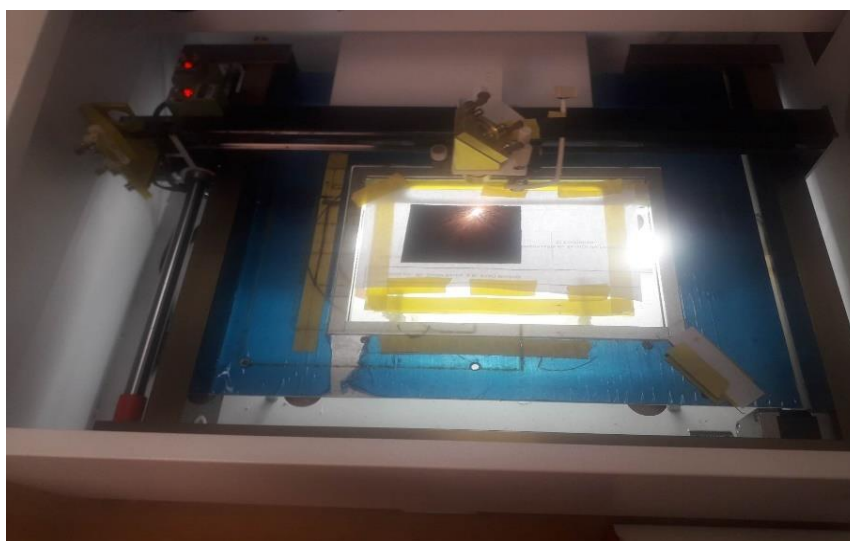
Plus on augmente la fréquence, plus les petits éléments fonctionnent, et inversement. Plus la fréquence est basse, plus les gros éléments fonctionnent.

### 11.Mesure pratique de l’antenne log-périodique

Notre objectif est d’effectuer les mesures pratiques sur l’antenne proposant grâce à un système d’expérimentation, que nous allons présenter ci-dessous, et utiliser L’analyseur de réseaux c’est un dispositif qui permet de donner les paramètres S d’une antenne.

#### 11.1.La fabrication de l’antenne

Une fois que nous avons optimisé la conception, nous pouvons passer à la fabrication de l'antenne après nous être assurés que les tolérances exactes des dimensions calculées sont respectées.



**Fig. 3.30** Exemple de la modélisation géométrique d’antenne log-périodique.

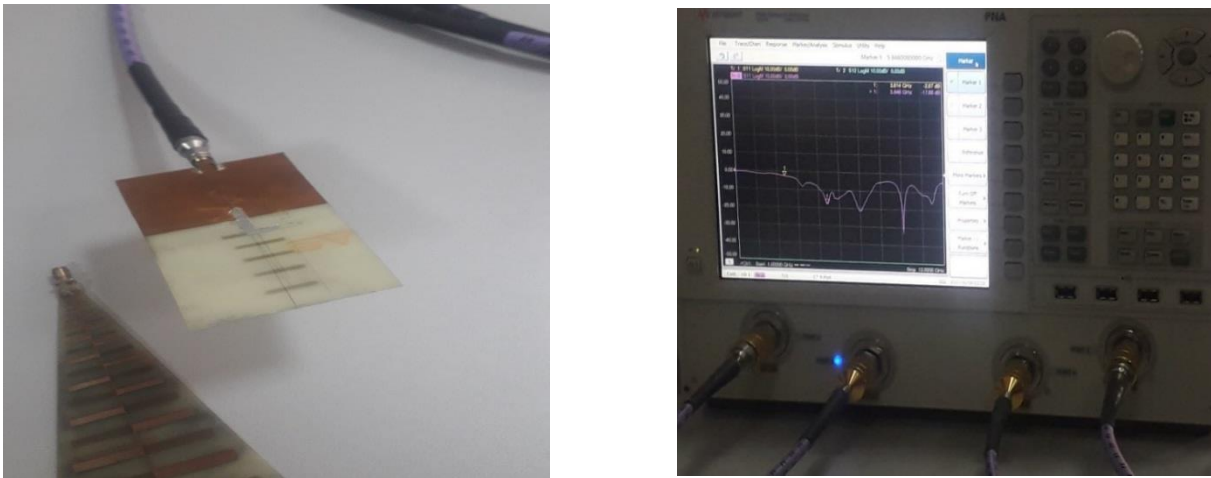
Premièrement, nous envoyons la forme de l'antenne afin d'imprimer la structure avec ce qu'on appelle la modélisation géométrique, puis nous l'alimentons avec une certaine puissance, afin que nous puissions voir les résultats de  $S_{11}$ .

**11.2.L'antenne simple**

Dans le premier, l'analyseur du réseau est en état d'équilibre, Ensuite nous Choisissez la plage de fréquence ce étude.

Une fois l'antenne fabriquée, nous pouvons la mesurer dans la chambre anéchoïque pour vérifier si les performances réelles correspondent aux performances de la simulation.

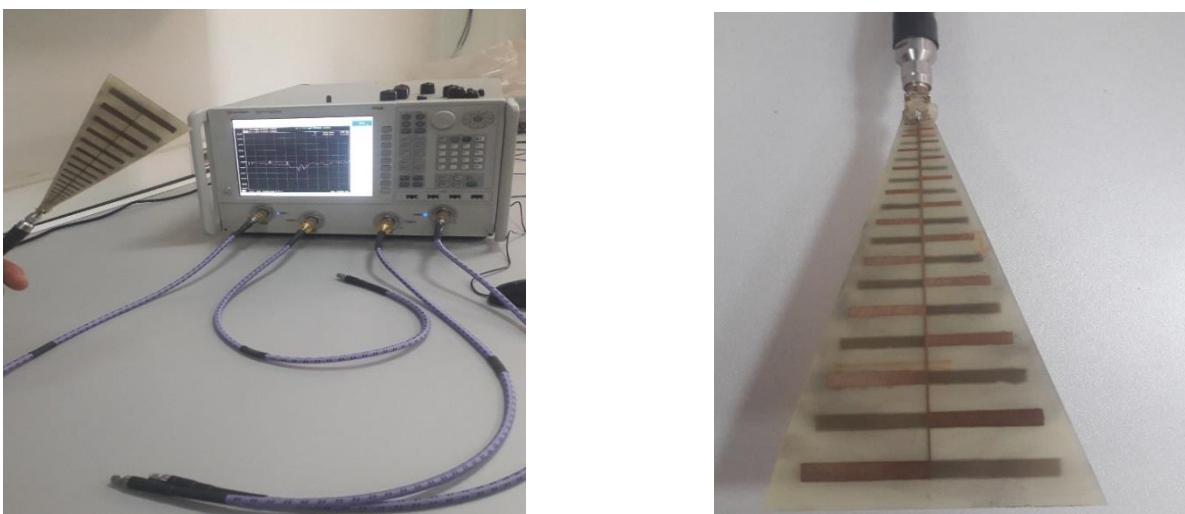
Sur cette figure (3.31), on peut voir qu'il s'agit d'une antenne monofréquence.



**Fig. 3.31** Structure et résultat d'antenne simple.

Nous pouvons également utiliser des analyseurs de réseau, des antennes de référence et d'autres équipements de mesure pour la caractérisation des antennes.

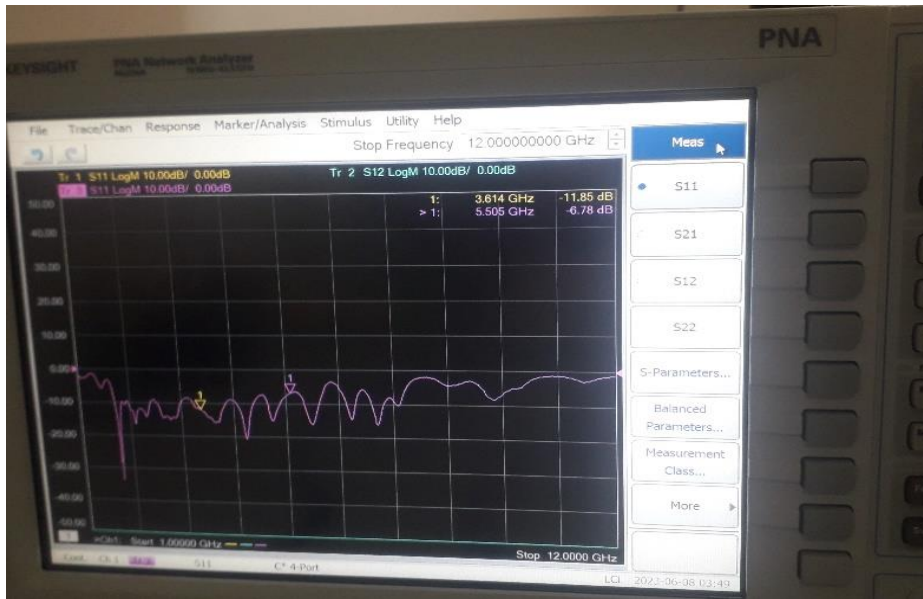
**11.3.L'antenne a multi bande**



**Fig. 3.32** Structure et Résultat d'antenne multi bande.



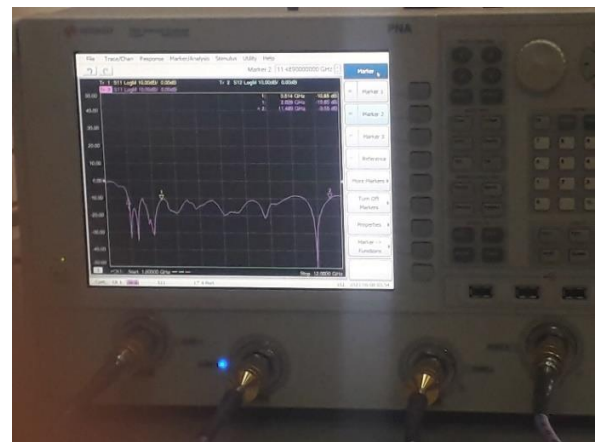
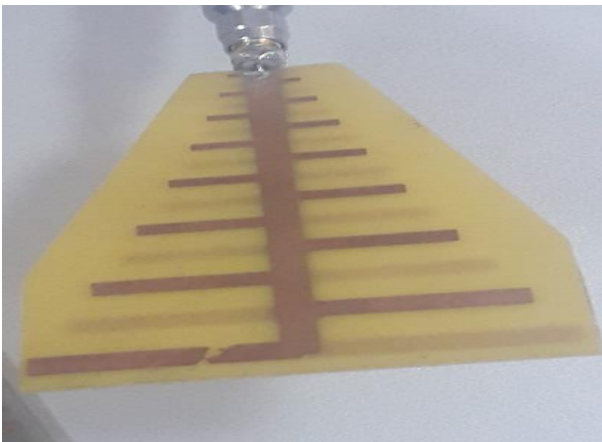
A présenté La bande passante multi bande est obtenue (5.505 GHz avec -6.78 dB) comme la montre de la figure 3.33.



**Fig. 3.33** Les mesure d’antenne multi bande.

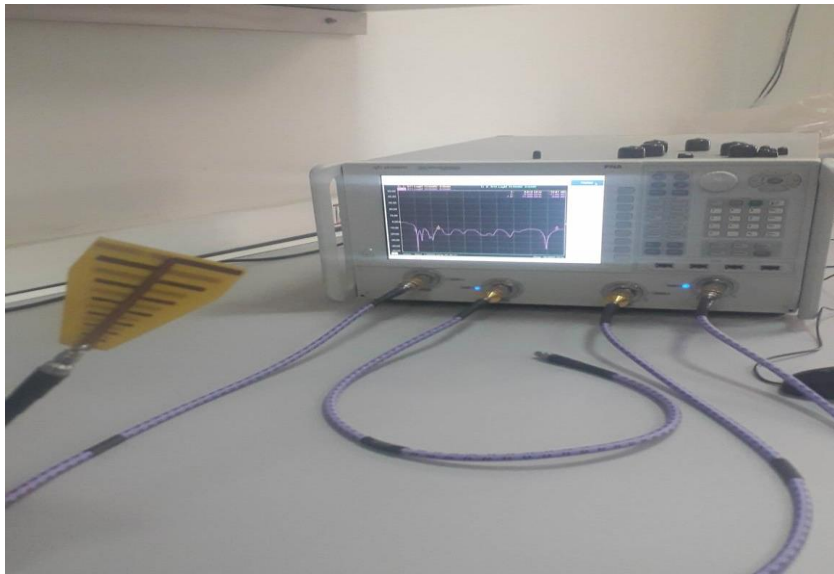
**11.4.L’antenne à large bande**

On va brancher l’antenne sur l’appareil de mesure pour affiche le résultat de coefficient de réflexion  $S_{11}$ .

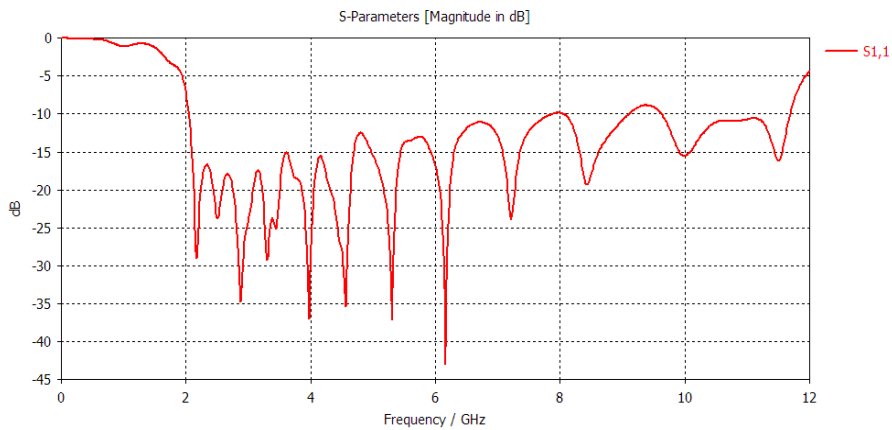


**Fig. 3.34** Structure et résultat d’antenne large bande.

Le résultat de  $S_{11}$  a présenté La bande passante la plus large est obtenue (2.029-11.489) GHz comme le montre la figure 3.36.

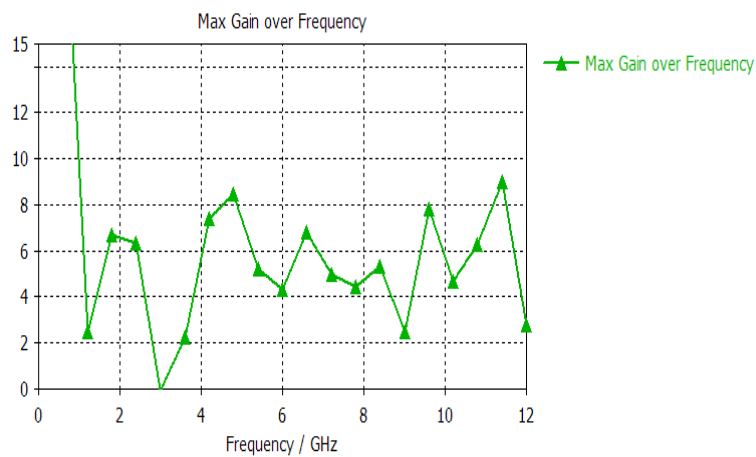


**Fig. 3.35** Les résultats de mesures d'antenne large bande.



**Fig. 3.36** Résultat final de  $S_{11}$  mesuré.

La figure 3.37 représenté la réponse en gain de l'antenne sur une plage de fréquences [2-12] GHz. Elle est souvent exprimée en décibels (dB) et peut être tracée en fonction de la fréquence ou de la longueur d'onde.

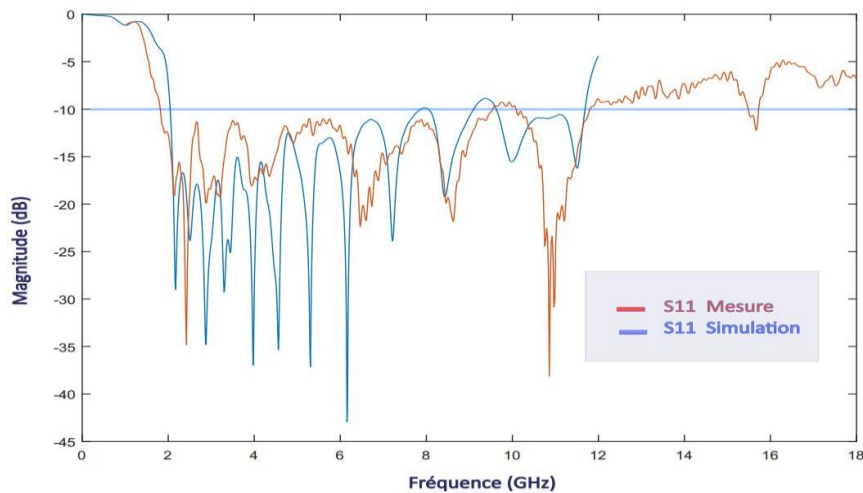


**Fig. 3.37** Gain obtenu par l'antenne.

La figure de gain peut également montrer des lobes principaux et secondaires. Les lobes principaux représentent les directions privilégiées de rayonnement de l'antenne (comme le montre la figure, toutes les fréquences supérieures à 6 dB), tandis que les lobes secondaires correspondent à des directions de rayonnement moins privilégiées (comme nous le notons à 3 GHz).

L'objectif principal est de maintenir une réponse en gain relativement constante sur une large bande passante.

La Figure 3.38 représente les résultats d'antenne large bande de simulation et de mesure.



**Fig. 3.38** Les résultat simulé et mesuré d'antenne large bande.

Le résultat souhaité a été atteint de large bande dans la gamme de fréquence [2-12] GHz.

Nous avons obtenu une différente fréquence d'adaptation de coefficient de réflexion, simulée de valeur optimale 44 dB ont 6.1GHz et mesurée de valeur 38 dB ont 11GHz.

Au final, après diligence, nous avons pu obtenir le résultat souhaité une antenne directionnelle et gain élevé une large bande passante.

## 12.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié l'antenne et discuter les résultats obtenus sur le CST (Micro Wave Studio), après confirmation de l'étude, on va faire des mesures pour l'antenne étudiée et les comparer avec résultats simulée.

---

## Conclusion générale

L'objectif du travail présenté dans ce manuscrit est basé sur la maîtrise du CST que nous avons appliqué pour étudier les caractéristiques et le fonctionnement de l'antenne LPDA (réseau de dipôles logarithmiques), afin d'atteindre nos objectifs, nous avons présenté les principales caractéristiques des antennes, leur mécanisme de rayonnement ainsi que la méthode d'alimentation. Nous effectuons une étude paramétrique de l'antenne log-périodique afin de voir et de comprendre l'effet de chaque paramètre et enfin d'obtenir une structure optimale.

Nous concluons que, l'antenne log-périodique est une antenne directionnelle à gain élevé. En bref, l'antenne Yagi périodique logarithmique est une structure exceptionnelle qui offre une directivité élevée, une large bande passante et une capacité de focalisation du rayonnement. Il est largement utilisé dans diverses applications de communication et reste un choix populaire en raison de ses performances fiables, de sa conception simple.

L'antenne proposée est constituée de 15 dipôles basés sur un substrat FR-4, d'une épaisseur de 1,6 mm. Une nouvelle méthodologie de conception est introduite dans le travail, basée sur l'analyse du paramètre nouvellement introduit, c'est-à-dire le facteur de rapport. C'est un paramètre très utile, car il nous permet d'améliorer les performances de l'antenne et d'assurer une bonne perte de retour. En utilisant la technique proposée, l'antenne conçue et fabriquée fonctionne dans la gamme de fréquences de 2 GHz à 12 GHz.

---

## Références

- [1] Abdelhalim Chaabane « Conception d'un antenne BIP large bande à fort gain » Thèse de doctorat présentée à l'université Ferhat Abbas Sétif-1, 2017.
- [2] Y. Qian, D. Sievenpiper, V. Radisic, E. Yablonovitch and T. Itoh, "A novel approach for gain and bandwidth enhancement of patch antennas", Proceedings of IEEE Radio and Wireless Conference, Colorado, United States, 221–224, 1998.
- [3] R. Chair, A.A. Kishk, K.F. Lee, D. Kajfez, "Performance comparisons between dielectric resonator antennas and printed microstrip patch antennas at X-band", Microwave Journal, vol. 49, no. 1, pp. 90-104, Jan 2006.
- [4] Ahmed Benomar, « Etude des antennes à résonateurs diélectriques : Application aux réseaux de télécommunications » Université de Limoges, 2015.
- [5] -H. Kenane, F. Djahli, A. Bartil, "Synthesis of cosecant linear antenna array pattern using a novel modified invasive Weeds optimization", Elektronika Ir Elektrotechnika, vol. 21, no. 5, 86–89, 2015.
- [6] E-H. Kenane, F. Djahli, "Optimum design of non-uniform symmetrical linear antenna arrays using a novel modified invasive weeds optimization", Archives of Electrical Engineering, vol. 65, no. 1, 5–18, 2016.
- [7] A. E. Ahmad, "Conception d'antennes réseaux aux performances optimisées par la prise en compte des couplages inter éléments. Application à la formation de faisceau
- [8] Nigarura Dieudonné « Etude et Conception d'un réseau d'antennes imprimées log - périodique multicouches » Mémoire de Master présenté à l'Université de Abou BekrBelkaid de Tlemcen juillet 2012.
- [9] D. Bouctouche, « Etude de faisabilité de la récupération d'énergie électromagnétique ambiante », thèse de doctorat de l'université de tours, France, 2010.
- [10] Joska MWANIA KAMATIKI ISTA Goma - Ingénieur technicien en Radio transmission 2014.
- [11] Eric Arnaud, « Contribution à la conception d'antennes B.I.E métalliques à la polarisation circulaire alimentées par cornet », Université de Limoges, 2010.
- [12] S. Fargeot, "Etude d'un résonateur diélectrique cylindre antenne. Application à la caractérisation des matériaux," Thèse du doctorat de l'université de Limoges, 1999.
- [13] Guennach Mohamed « Conception d'une antenne "PIFA" multi-bandes pour applications sans fil » Mémoire d'Ingénieur présenté à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 2016.
- [14] Travaux publics et Service gouvernementaux Canada, « *Diagramme de radiation* » [archive], *TERMIUM Plus*, Gouvernement du Canada le 5 mars 2011.
- [15] (en) Jane Raddatz (dir.), *The IEEE standard dictionary of electrical and electronics terms*, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers, coll. « Standards Coordinating Committee 10, Termes and Définitions », 1997.
- [16] Alexandre Dombrowski, « Cette chambre vous rendra fou en 45 minutes ! » [archive], sur soocurious.com le 22 février 2016.
- [17] Jian Luo et al, "A design concept for a 60 GHz wireless in-flight entertainment system," IEEE 68<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference, 2008, September 2008.
- [18] Nafati A. Aboserwal, J. Salazar R. Palmer Published 11 June 2018 Physics IEEE Transactions on

---

Antennas and Propagation.

- [19] J. Diao, K. Warnick Published 1 June 2016 Business 2016 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI) .
- [20] D. T. Phan, C. Jung Published Business Microwave and Optical Technology Letters .24 June 2021
- [21] J. Diao, K. Warnick Published 1 June 2016 Business 2016 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI)
- [22] DuHamel, R.H.; Isbell, D.E. Broadband logarithmically periodic antenna structures. *IRE Nat. Conv. Record* 1957, 5, 119–128.
- [23] Isbell, D.E. Log-periodic dipole arrays. *IRE Trans. Antennas Propagat.* 1960, 8, 260–267. [CrossRef]
- [24] Jérémy Villeau, « Miniaturisation d’antennes très large bande pour applications spatiales », thèse de doctorat, Université de Toulouse, Décembre 2016.
- [25] A. Brinca, “Advanced Antennas (in Portuguese).” Instituto Superior Técnico, 1980.
- [26] C. Peixeiro, “Design of log-periodic dipole antennas”, IEE Proceedings, Vol. 135, Pt. H, No. 2, April 1988.
- [27] R. Carrel, “The design of log-periodic dipole antennas”, IRE International Convention Record, 1961, Vol. 9, pp. 61-75.
- [28] W.L. Stutzman & G.A. Thiele, “Antenna Theory and Design”, 2nd Edition, Wiley, pp. 263-270
- [29] M.J. Van Wyk, “Development of a three-octave bandwidth printed log-periodic dipole array”, MSc.Eng., University of Stellenbosch, December 1998.
- [30] R.R. Pantoja, A.R. Sapienza, F.C. Medeiros, “A microwave printed planar log-periodic dipole array antenna”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-35, No. 10, Oct 1987.
- [31] K.G. Balmain and J.N. Neng, “Assymetry phenomenon of log-periodic dipole antennas,” IEEE Trans Antennas and Propagation, vol AP-24, No 4, pp. 402-410, July 1996.
- [32] C.K. Campbell, I. Traboulay, M.S. Suthers, H. Kneve, “Design of a stripline log-periodic dipole antenna”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-25, No. 5, September 1977.
- [33] C.E. Balanis, “Antenna Theory Analysis and Design”, Third Edition, pp. 623-637, 2005.
- [34] Guilherme Conde Vieira, “ Instituto Superior Técnico ”, July 1996 Lisboa, Portugal June 2018.