

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -  
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أكلي محمد أولحاج  
- البويرة -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Référence : ...../MM/ 2023

المرجع : ...../م/ 2023

En collaboration avec le Centre de Développement des Technologies Avancée

**CDTA**

## Mémoire de Master

**Présenté au**

**Département :** Génie Électrique

**Domaine :** Sciences et Technologies

**Filière :** Télécommunications

**Spécialité :** Systèmes des Télécommunications

**Réalisé par :**

GHEMMOUR Amazigh

Et

MESSOUCI Kamel

## Thème

**Étude et conception d'une antenne cornet double  
ridge fonctionnant dans la bande de fréquence de 2 GHz à 18  
GHz pour des applications en chambre anéchoïque**

Soutenu le : **04/07/2023**

Devant le Jury composé de :

BENZIANE Mourad	M.C.B	Univ. Bouira	Président
ZOUBIRI Bachir	M.R.B	CDTA	Rapporteur
AYAD Mouloud	Prof.	Univ. Bouira	Co-Rapporteur
MEDJEDOUB Smail	M.A.A	Univ. Bouira	Examineur



## نموذج التصريح الشرفي الخاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث.

انا الممضي اسفله،

السيدة(ة).....*عمور أمبارغ*.....الصفة: طالب، استاذ، باحث  
الحامل(ة) لبطاقة التعريف الوطنية:.....*401661538*.....والصادرة بتاريخ.....*2022/02/12*  
المسجل(ة) بكلية: العلوم و العلوم التطبيقية..... قسم: الهندسة  
الكهربائية.....


والمكلف(ة) بإنجاز اعمال بحث(مذكرة، التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، اطروحة دكتوراه).

عنوانها:.....*Étude et conception d'une antenne cornet double ridge fonctionnant dans la bande de fréquences de 2.944 à 1.8 GHz pour les applications à charges électrostatique*

تحت إشراف الأستاذ(ة):.....*عبد مولود*.....

أصرح بشرفي اني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية الاخلاقيات المهنية والنزاهة الاكاديمية  
المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ:.....*2023/07/04*.....

 توقيع المعني(ة)

رأي هيئة مراقبة السرقة العلمية:

*h. Mellaly*



%

*12*

النسبة:itin:

الامضاء:



## نموذج التصريح الشرفي الخاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث.

انا الممضي اسفله،

السيد(ة): مسوسي كمال

الصفة: طالب، استاذ، باحث

الحامل(ة) لبطاقة التعريف الوطنية: 109960309023770003 والصادرة بتاريخ: 2016.04.23

المسجل(ة) بكلية / معهد: العلوم والعلوم التطبيقية

قسم: الهندسة الكهربائية

والمكلف(ة) بإنجاز اعمال بحث (مذكرة، التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، اطروحة دكتوراه).

عنوانها: **Étude et conception d'une antenne cornet double ridge fonctionnant dans la bande de fréquence de 2 GHz à 18 GHz pour des applications en chambre anéchoïque**

تحت إشراف الأستاذ(ة): عياد مولود

أصرح بشرفي أني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية الاخلاقيات المهنية والنزاهة الاكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2023.07.04

توقيع المعني(ة)

رأي هيئة مراقبة السرقة العلمية:

  
Turnitin

%

12

النسبة:

الامضاء:

# Dédicaces 1

*Rien n'est aussi précieux que de donner le fruit d'un travail réalisé avec dévouement et amour sincère à ceux que l'on aime, exprimant ainsi notre gratitude et reconnaissance tout au long de notre vie.*

*J'aimerais consacrer ce travail à ma mère, qui m'a toujours encouragé à progresser avec ses prières, et à mon père, dont le soutien a été inestimable. Les mots ne suffiront jamais à exprimer ma gratitude envers eux.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers ma famille, qui a été présente à mes côtés tout au long de ce parcours, ainsi qu'envers toute ma promotion en Télécommunication. Je suis également reconnaissant envers mes professeurs qui m'ont guidé vers le chemin du succès tout au long de mes études.*

*Kamel*

---

## Dédicaces 2

*Je dédie ce PFE*

*À ma maman qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance, Pour son amour inconditionnel et son soutien constant.*

*À mes frères, qui ont toujours été là pour moi, Leurs encouragements et leur soutien ont été une source d'inspiration. Je leur suis infiniment reconnaissant pour leur présence à mes côtés.*

*À tous ceux qui ont partagé avec moi Les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Leur chaleureux soutien et leurs encouragements m'ont porté, Et je leur suis infiniment reconnaissant pour leur présence à mes côtés.*

*À ma famille, mes proches, et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité, Vous êtes la force qui m'inspire et me pousse à aller plus loin. Votre soutien indéfectible est un précieux cadeau, Et je suis honoré de vous avoir dans ma vie.*

*À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, Vos encouragements et votre amitié précieuse sont des moteurs pour moi. Je vous souhaite encore plus de succès dans vos propres chemins, Et je suis reconnaissant d'avoir des amis aussi formidables.*

*Et enfin, à tous ceux que j'aime, Que vous trouviez dans ces mots ma gratitude infinie. Votre présence dans ma vie est une source de joie et d'inspiration, Et je vous remercie pour tout l'amour et le soutien que vous m'apportez.*

*Merci !*

*Amazigh*

---

## **Remerciements**

Ce travail a été effectué au sein du département des sciences et sciences appliquées de l'Université de Bouira en collaboration avec le Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA).

Nous tenons à remercier, en premier lieu, Prof. AYAD Mouloud et ZOUBIRI Bachir, directeurs de ce mémoire.

Nous remercions également les membres du jury Dr. BENZIANE Mourad Mr. Smail MEDJEDOUB pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Nous remercions vivement Dr Zoubir Bachir et Mr Ibrahim Fortas, ingénieurs en CDTA, pour leur soutien et accompagnement durant la réalisation de ce travail.

Enfin, j'associe à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail.

# Table des Matières

Liste des Figures.....	IV
Liste des Tableaux.....	VI
Listes des Acronymes et Symboles.....	V

## **Introduction Générale** **1**

### **Chapitre 1 : Notions générales sur les antennes et la chambre anéchoïque**

1. Introduction .....	2
2. Définition d'antenne .....	2
3. Les caractéristique les importants d'antenne.....	2
3.1 Impédance d'entrée. ....	2
3.2 Coefficient de réflexion .....	3
3.3 Diagramme de rayonnement .....	3
3.4 Fréquence de résonnance et bande passante.....	4
3.5 Gain d'antenne .....	5
3.6 Directivité.....	5
3.7 Rapport d'onde stationnaire (ROS).....	5
4. la chambres anéchoïque.....	6
4.1 Histoire sur la chambre anéchoïque .....	6
4.2 Fonctionnement de la chambre anéchoïque .....	7
4.3 Quelque types des antennes utiliser dans les chambres anéchoïques.....	7
5. Conclusion.....	9

### **Chapitre 2 : Modélisation d'antenne cornet double ridge**

1. Introduction .....	10
2. Les antennes cornet double Ridge .....	10
2.1 Fonctionnement de l'antenne cornet double Ridge .....	11
2.2 Avantages de l'antenne cornet double Ridge.....	11
2.3 Limitations de l'antenne cornet double Ridge .....	11
2.4 Applications de l'antenne cornet double Ridge .....	11
2.5 Conception de l'antenne cornet double Ridge .....	11
2.6 Modélisation d'antenne cornet double Ridge.....	12
2.7 Description physique de l'antenne cornet double Ridge.....	12
2.8 Les dimensions d'antenne cornet double Ridge.....	13
3. Technique d'alimentation.....	15

4. Conclusion.....	16
--------------------	----

### **Chapitre 3 : Etude paramétrique, résultats et discussion**

1. Introduction .....	17
2. Outil de simulation .....	17
3. Antenne cornet double Ridge étudiée .....	18
4. Etude paramétrique .....	20
4.1 Influence de la cavité.....	20
4.2 Influence de l'ouverture .....	21
4.3 Influence de guide d'onde .....	22
4.4 Influence des Ridges .....	24
4.5 Influence de connecteur d'alimentation SMA.....	25
5. Les conclusions tirées de cette étude.....	28
6. Performance de l'antenne optimisée .....	28
6.1 Résultats et discussions .....	29
6.2 Coefficient de réflexion.....	29
6.3 Rapport d'onde stationnaire (VSWR) .....	29
6.4 Diagramme de rayonnement .....	30
6.5 Gain .....	33
7. Conclusion.....	33

<b>Conclusion Générale</b>	<b>34</b>
----------------------------	-----------

<b>Références</b>	<b>35</b>
-------------------	-----------



## Liste des Figures

Fig. 1.1 Diagramme de rayonnement d'une antenne directive.....	4
Fig. 1.2 La chambre anéchoïque .....	6
Fig. 1.3 Structure anéchoïque.....	7
Fig. 1.4 Antenne log-périodique .....	7
Fig. 1.5 Antennes cornet pyramidal .....	8
Fig. 1.6 Antenne patche rectangulaire.....	8
Fig. 1.7 Antenne dipôle.....	9
Fig. 2.1 Antenne cornet double ridge.....	10
Fig. 2.2 Structure basic d'antenne cornet double ridge.....	12
Fig. 2.3 Vue en coupe de l'antenne cornet double ridge.....	13
Fig. 2.4 Paramètres centralisés de l'antenne cornet double ridge.....	14
Fig. 2.5 Paramètres de guide d'onde et la broche d'alimentation .....	15
Fig. 2.6 Parametres de la cavité.....	15
Fig. 2.7 Parametres des ridges.....	15
Fig. 2.8 Connecteur SMA .....	16
Fig. 3.1 Interface graphique de antenna magus.....	17
Fig. 3.2 Interface graphique de cst studio suit 2022.....	18
Fig. 3.3 Antenne cornet double ridge (prototype) sans le connecteur SMA.....	18
Fig. 3.4 Coefficient de réflexion de l'antenne (prototype).....	19
Fig. 3.5 Antenne cornet double ridge avec le connecteur SMA.....	20
Fig. 3.6 Effet d'hauteur de la cavité sur le coefficient de réflexion. ....	20
Fig. 3.7 Effet de la largeur de la cavité sur le coefficient de réflexion. ....	21
Fig. 3.8 Effet de la hauteur de l'ouverture sur le coefficient de réflexion.....	21
Fig. 3.9 Effet de la largeur de l'ouverture sur le coefficient de réflexion. ....	22
Fig. 3.10 Effet de la hauteur de guide d'onde sur le coefficient de réflexion. ....	22
Fig. 3.11 Effet de la larguer de guide d'onde sur le coefficient de réflexion. ....	23
Fig.3.12 Guide d'onde rectangulaire .....	23
Fig.3.13 Guide d'onde pyramidale.....	23
Fig. 3.14 Effet de l'espace entre les ridges.....	24
Fig. 3.15 Effet de la largeur des ridges. ....	24
Fig.3.16 Structure basic du connecteur SMA.....	25
Fig. 3.17 Connecteur SMA avant l'avancement de PIN. ....	25
Fig. 3.18 Connecteur SMA après l'avancement de PIN. ....	26
Fig. 3.19 Influence de PIN de SMA.....	26
Fig.3.20 Connecteur SMA avant la suppression de la base.....	27

Fig. 3.21 Connecteur SMA après la suppression de la base.....	27
Fig. 3.22 Influence de la base de connecteur SMA.....	27
Fig. 3.23 Coefficient de réflexion de l'antenne optimisée. ....	29
Fig. 3.24 Rapport d'onde stationnaire (VSWR).....	29
Fig. 3.25 Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) $f=2.7\text{GHZ}$ .....	30
Fig. 3.26 Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) $f=6.1\text{GHZ}$ .....	30
Fig. 3.27 Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) $f=11.2\text{GHZ}$ .....	31
Fig. 3.28 Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) $f=18\text{GHZ}$ .....	31
Fig. 3.29 Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (2D) $\phi=0^\circ$ .....	32
Fig. 3.30 Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (2D) $\phi=90^\circ$ .....	32
Fig. 3.31 Gain simulé de l'antenne optimisée.....	33

## Liste des Tableaux

Tab.2.1. Description des dimensions d'antenne cornet double Ridge.....	13
Tab.3.1. Paramètres géométriques d'antenne (prototype) .....	19
Tab.3.2. Paramètres géométriques de l'antenne optimisée.....	28

## Listes des Acronymes et Symboles

### • Acronymes

CEM	Compatibilité électromagnétique
ROS	Rapport d'onde stationnaire
SMA	SubMiniature version A
TOS	Taux d'Onde Stationnaire
VSWR	Voltage standing Wave Radio
2D	Deux dimensions

### • Symboles

BP	La bande passante	Ghz
D	La directivité	
f <sub>adap</sub>	La fréquence adaptée	Ghz
f <sub>r</sub>	Fréquence de résonance	Ghz
G	Le gain	dB
P(in)	L'intensité de rayonnement d'une source isotopique sans perte	W/m <sup>2</sup>
P(r)	L'intensité de rayonnement d'une antenne dans la direction (θ, φ)	W/sr
Z	Impédance caractéristique	Ω
Z <sub>0</sub>	Impédance d'entrée	Ω
Γ	Coefficient de réflexion	

# Introduction Générale

Le développement des nouveaux systèmes de télécommunication sans fils nécessite la conception d'antennes plus performantes. Ces dernières sont de plus en plus difficiles à élaborer vue la diversité des systèmes actuels. Dans la littérature, plusieurs applications de l'antenne cornet double Ridge ont été proposées [1-6].

Parmi ces applications, on cite les chambres anéchoïques. Dans ce contexte, l'objectif principal de notre travail est la conception d'une antenne cornet double Ridge pour des applications dans les chambres anéchoïques fonctionnant sur une large bande de 2 à 18Ghz. Dans ce contexte, une étude paramétrique va être effectuée pour avoir les paramètres les plus influents afin d'atteindre les exigences souhaitées. L'influence des paramètres géométriques de l'antenne sur toute la largeur de bande 2 à 18 GHz et l'adaptation vont être pris en considération.

Dans ce but, l'outil de simulation électromagnétique, dans le domaine fréquentiel, CST va être exploité comme moyen de développement. L'analyse des résultats qui vont être obtenus, vont montrer les performances de l'antenne conçue. Nous voulions que ces derniers répondent aux exigences imposées.

Notre travail est organisé en trois chapitres décrits dans ce qui suit :

Le premier chapitre représente la partie théorique qui parle sur les notions générales des antennes et des chambres anéchoïques.

Le deuxième chapitre décrit la description des antennes cornet double Ridge ainsi que sa modélisation et ces dimensions principales.

Le troisième chapitre traite de la conception de l'antenne et la discussion des résultats obtenus après une étude paramétrique sur les influences de quelques paramètres géométriques d'antennes, afin d'aboutir une antenne optimisée qui réponde à nos exigences. Tous les résultats de simulation sont suivis de discussions et de commentaires.

Nous terminerons par une conclusion générale qui résume le travail effectué.

# Chapitre 1 :

## Notions générales sur les antennes et la chambre anéchoïque

### 1. Introduction

Les antennes et les chambres anéchoïques jouent un rôle essentiel dans les communications sans fil et les mesures électromagnétiques. Les antennes permettent la transmission et la réception des signaux, tandis que les chambres anéchoïques offrent un environnement de test exempt de réflexions parasites, permettant des mesures précises et fiables. Ces deux éléments contribuent grandement au développement et à la validation des systèmes de communication modernes.

Dans ce chapitre, nous présentons les concepts généraux des antennes ainsi que ses différentes caractéristiques les plus importantes. Ensuite, nous présentons un aperçu sur la chambre anéchoïque.

### 2. Définition d'antenne

Les antennes sont des dispositifs qui transforment des signaux électriques en ondes radioélectriques et vice versa. Elles sont utilisées pour transmettre et recevoir des signaux de télécommunication. Une antenne est généralement composée d'un conducteur métallique, comme un fil ou une plaque, qui est conçue pour générer et capturer des ondes électromagnétiques. La forme et la taille de l'antenne déterminent sa plage de fréquences et sa direction de rayonnement. Les antennes sont utilisées dans un large éventail d'applications, notamment la télévision, la radio, la navigation, la téléphonie mobile et les réseaux sans fil.

### 3. les Caractéristiques les plus importants d'antennes

Il existe plusieurs caractéristiques des antennes et on va définir les plus importants :

#### 3.1. Impédance d'entrée

Une antenne alimentée par une ligne de transmission d'impédance caractéristique, l'impédance d'antenne peut être considérée comme une impédance complexe, comprenant une partie réelle et une partie imaginaire [7] :

$$Z = \frac{V_e}{I_e} = R + jX \quad (1.1)$$

La géométrie de l'antenne et le couplage entre la ligne et l'antenne influencent l'impédance d'entrée de l'antenne. L'objectif est d'obtenir une impédance d'entrée proche de  $50\Omega$  en partie réelle

et nulle en partie imaginaire, ce qui dépend du type d'alimentation utilisé.

### 3.2. Coefficient de réflexion

Généralement, lorsqu'une onde incidente change de milieu de propagation ou rencontre une nouvelle interface, une partie de l'onde incidente est réfléchiée et une autre partie se propage dans le nouveau milieu. Le coefficient de réflexion  $\Gamma$  et le coefficient de transmission  $T$  quantifient respectivement ces deux composantes. Ces deux coefficients sont liés par l'expression suivante (1.2), qui explique la conservation de l'énergie [7] :

$$|\Gamma|^2 + |T|^2 = 1 \quad (1.2)$$

Pour assurer un transfert de puissance optimal entre les différents composants du circuit, le module du coefficient de réflexion doit être minimisé. Pour cela, les différents éléments de la chaîne d'émission/réception RF sont dimensionnés pour s'adapter à l'impédance caractéristique  $Z_0$ . L'impédance caractéristique varie selon l'application, mais est généralement fixée à  $50 \Omega$ . A partir de l'impédance caractéristique et de l'impédance d'entrée de l'antenne, on peut définir le coefficient de réflexion comme suit :

$$\Gamma = \frac{Z_{ant} - Z_0}{Z_{ant} + Z_0} \quad (1.3)$$

### 3.3. Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement d'une antenne décrit la variation de la puissance rayonnée par unité d'angle solide dans différentes directions de l'espace. Les antennes ne rayonnent pas de puissance uniformément dans toutes les directions de l'espace, à l'exception des antennes omnidirectionnelles dans certains plans.

Généralement, il existe une direction de rayonnement dans laquelle la majeure partie de la puissance rayonnée est concentrée (appelée « lobe principal ») et une direction secondaire dans laquelle la puissance rayonnée restante est distribuée (appelée « lobe secondaire »).

La fonction de rayonnement d'antenne caractéristique  $F(\theta, \varphi)$  fournit une vue d'ensemble du rayonnement d'antenne. Indique le rapport de la puissance  $P(\theta, \varphi)$  transmise dans une direction spécifique à la puissance maximale  $P_{max}$  dans la direction avec le rayonnement le plus fort [8].

$$F(\theta, \varphi) = \frac{p(\theta, \varphi)}{p(\theta_0, \varphi_0)} \quad (1.4)$$

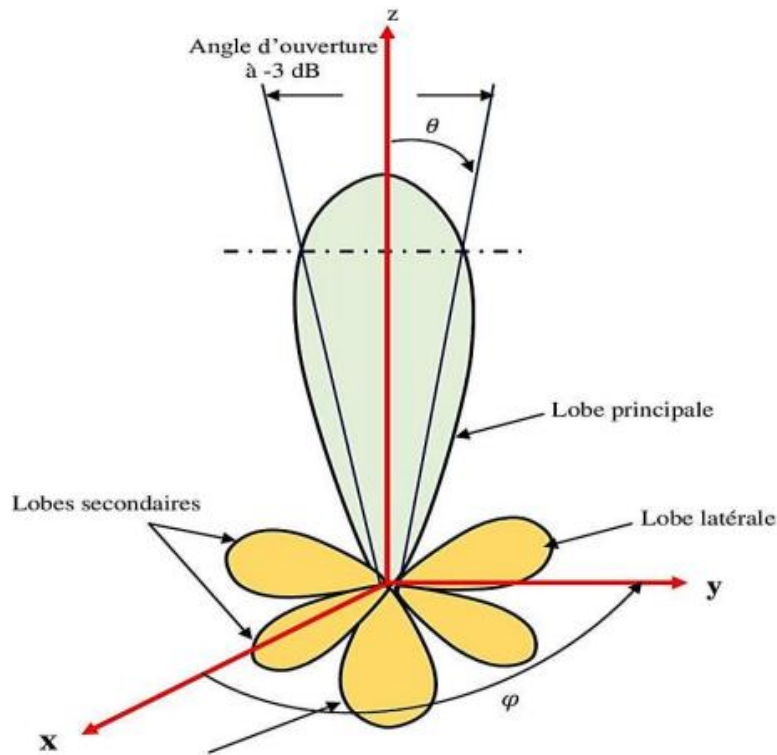


Fig. 1.1 : Diagramme de rayonnement d'une antenne directive [8].

### 3.4 Fréquence de résonance et la bande passante

Par définition, la fréquence de résonance ( $f_r$ ) est la fréquence à laquelle la partie réelle de l'impédance d'entrée est à son maximum et la partie imaginaire est nulle.

La bande passante d'une antenne est la plage de fréquences dans laquelle les performances de l'antenne respectent les spécifications requises. Elle peut être définie en fonction du VSWR (Voltage Standing Wave Ratio). Par exemple, si notre application exige un VSWR de 1.5, la bande passante sera la plage de fréquences pour laquelle le VSWR est inférieur à 1.5 [9].

Afin d'assurer le bon fonctionnement de l'application, il est crucial que les fréquences utilisées se situent à l'intérieur de la bande passante de l'antenne. Cette bande passante est établie en analysant la courbe du coefficient de réflexion à l'aide d'un analyseur de réseaux. Elle peut être exprimée de manière absolue ou relative en pourcentage par rapport à la fréquence d'adaptation ou à la fréquence centrale. L'équation (1.5) représente l'équation de la bande passante par rapport à la fréquence adaptée.

$$BP\% = \frac{f_1 - f_2}{f_{adap}} * 100 \quad (1.5)$$

Où ( $f_1$ ) et ( $f_2$ ) sont les fréquences limites correspondantes à la limite du coefficient de réflexion autorisé.

### 3.5. Gain d'antenne

Le gain (G) d'une antenne est définie en tant que le rapport entre l'intensité de rayonnement de l'antenne dans une direction donnée ( $\theta, \varphi$ ) et celle d'une antenne isotrope [10] :

$$G = 4\pi \frac{p(r)}{p(in)} \quad (1.6)$$

En décibel :

$$G(db) = 10 \log \left[ 4\pi \frac{p(r)}{p(in)} \right] \quad (1.7)$$

Où :

P(r) : l'intensité de rayonnement d'une antenne dans la direction ( $\theta, \varphi$ ).

P(in) : l'intensité de rayonnement d'une source isotopique sans perte.

Si l'antenne est omnidirectionnelle et sans pertes, son gain vaut 1 ou 0 dB. Le gain est généralement exprimé en dB ou en dBi car une antenne isotrope est utilisée comme référence.

### 3.6. Directivité

La directivité d'une antenne est une mesure qui évalue la capacité de l'antenne à concentrer son rayonnement dans des directions spécifiques de l'espace. Elle est définie comme le rapport entre l'intensité de rayonnement émise dans une direction donnée et l'intensité de puissance qui serait rayonnée par une source isotrope. Cette mesure peut être exprimée par la relation suivante :

$$D(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P(\theta, \varphi)_{iso}} = \frac{p(\theta, \varphi)}{Pr/4\pi} \quad (1.8)$$

Avec :

- ✓ P( $\theta, \varphi$ ) : La Puissance rayonnée par unité d'angle solide ( $\theta, \varphi$ ).
- ✓ Pr : est la puissance totale rayonnée

### 3.7. Taux d'onde stationnaire

Les lignes de transmission facilitent la propagation bidirectionnelle des ondes électromagnétiques. Lorsque la source, la ligne de transmission et la charge ont toutes la même impédance, le signal électromagnétique se propage de la source à la charge sans subir de perte. Cependant, si la source a une impédance différente par rapport aux autres composants de la chaîne de transmission, une partie de l'onde sera réfléchiée et renvoyée vers la source lorsqu'elle atteint la charge. Dans ce cas, les ondes incidentes et réfléchies se combinent pour créer une onde stationnaire.



Si nous définissons l'onde progressive vers l'avant comme étant ( $V^+$ ) et l'onde de réfléchie comme étant ( $V^-$ ), le taux ou le rapport d'onde stationnaire ou le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) peut être défini par :

$$VSWR = \frac{(V^+)+(V^-)}{(V^+)-(V^-)} \quad (1.9)$$

Il existe une relation entre le taux ou le rapport d'onde stationnaire et le coefficient de réflexion ( $\Gamma$ ), qui est donnée par :

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (1.10)$$

#### 4. Chambre anéchoïque

La chambre anéchoïque est une pièce spécialement conçue pour absorber les ondes sonores et électromagnétiques, ce qui la rend extrêmement silencieuse. Cette chambre est souvent utilisée pour des tests acoustiques, des mesures de bruit, des essais de produits électroniques et même pour des expériences scientifiques sur la perception du son.

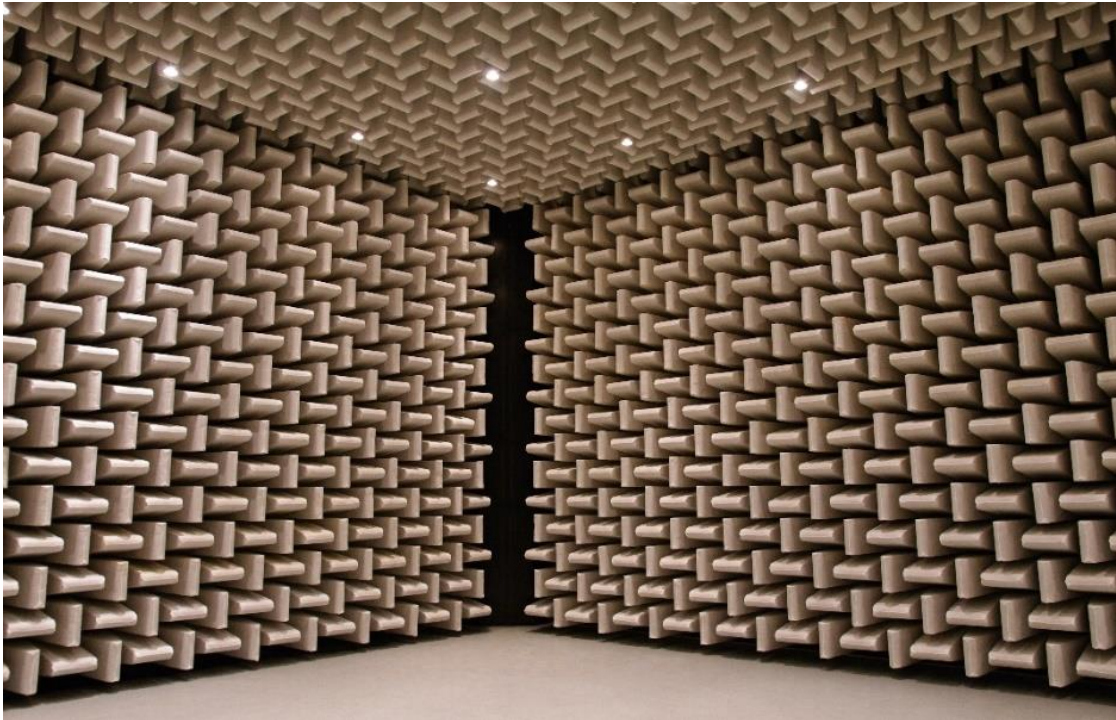


Fig.1.1 : Chambre anéchoïque [11].

##### 4.1. Histoire sur la chambres anéchoïque

La première chambre anéchoïque a été conçue par Wallace Clement Sabine en 1898 à l'université Harvard. Sabine voulait étudier la réverbération sonore dans les espaces clos et a créé une chambre spéciale avec des surfaces absorbantes pour minimiser les réflexions sonores. Depuis lors,

les chambres anéchoïques sont devenues des outils essentiels dans de nombreux domaines de recherche et d'ingénierie [12].

#### 4.2 Fonctionnement de la chambre anéchoïque

La chambre anéchoïque spécialement conçue pour effectuer des mesures précises et fiables des caractéristiques d'antennes, de dispositifs électroniques, de systèmes de communication et d'autres équipements émettant ou recevant des ondes électromagnétiques. Elle est conçue pour minimiser les réflexions d'ondes et absorber le plus possible l'énergie incidente. De plus, la chambre anéchoïque est équipée de dispositifs pour absorber les ondes électromagnétiques, telles que des blindages métalliques. Cela permet aux scientifiques de réaliser des tests précis sans interférence extérieure [13].

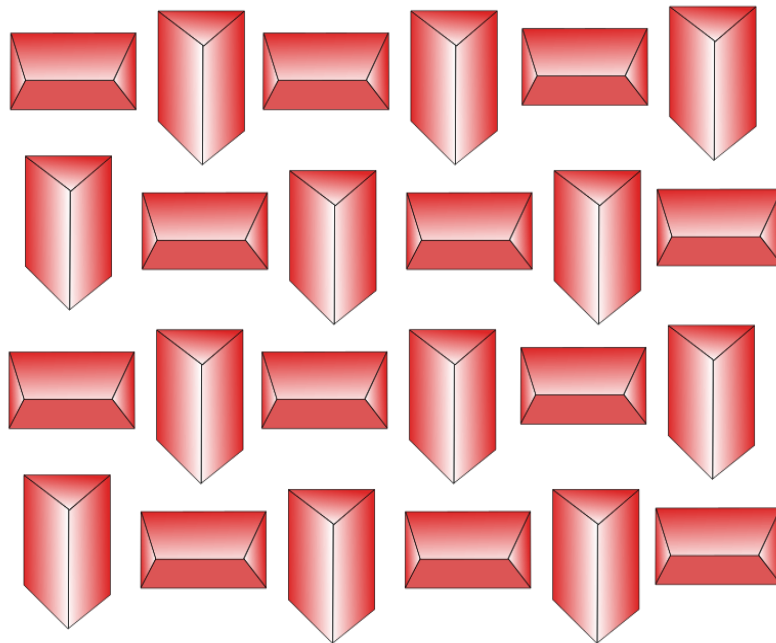


Fig.1.3 : Structure anéchoïque.

#### 4.3. Quelques types d'antennes utilisées dans les chambres anéchoïques

- **Antennes log-périodiques** : Les antennes log-périodiques sont souvent utilisées dans les chambres anéchoïques en raison de leur large bande passante. Elles sont capables de couvrir une large gamme de fréquences et sont souvent utilisées pour des mesures dans les domaines de l'électromagnétisme et des télécommunications [14].

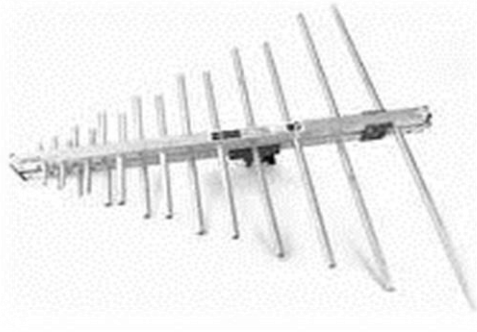


Fig.1.4 : Antenne log-périodique.

- **Antennes cornet** : Les antennes cornet sont couramment utilisées dans les chambres anéchoïques pour des mesures de rayonnement et de directivité. Elles sont appréciées pour leur directivité élevée et leur réponse en fréquence étendue.

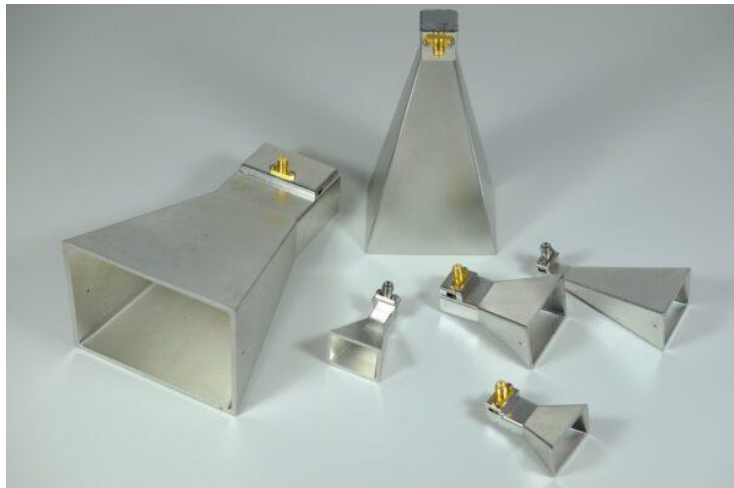


Fig.1.5 : Antennes cornet pyramidal [15].

- **Antennes patch** : Les antennes patch, également connues sous le nom d'antennes à plaque ou d'antennes microstrip, sont utilisées pour des mesures dans les domaines des communications sans fil et des satellites. Elles sont souvent utilisées dans les chambres anéchoïques pour des tests de rayonnement et de gain [16].

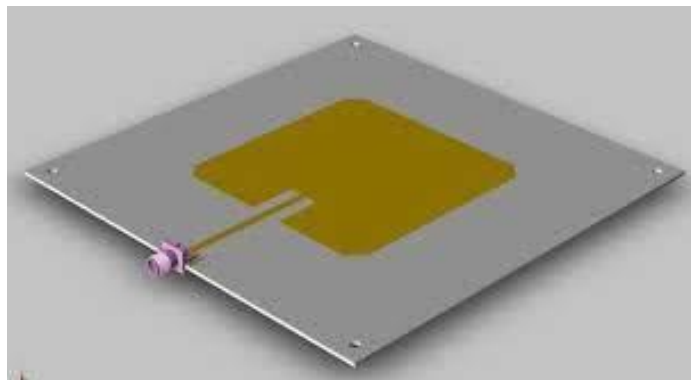


Fig.1.6 : Antenne patche rectangulaire

- **Antennes dipôles** : Les antennes dipôles sont couramment utilisées pour les mesures dans les bandes de fréquence radio et pour les tests de performance des antennes. Elles sont relativement simples et faciles à fabriquer, ce qui les rend populaires dans les chambres anéchoïques.



Fig.1.7 : Antenne dipôle.

### 5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principales théories et caractéristiques des antennes, en accordant une attention particulière aux concepts généraux liés aux chambres anéchoïques. Dans le chapitre suivant, nous approfondirons un type spécifique d'antenne, à savoir les antennes cornet à double Ridge. Nous aborderons leur généralité, leurs caractéristiques et mettrons l'accent sur les aspects cruciaux de leur structure et de leur modélisation.

# Modélisation d'antenne cornet double Ridge

### 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons les aspects généraux des antennes cornet double Ridge. Tout d'abord, nous présenterons la définition, le fonctionnement, la conception, ainsi que les avantages et les inconvénients d'une antenne cornet double Ridge. Ensuite, nous nous concentrerons sur la modélisation et la description physique de l'antenne, ainsi que sur ses dimensions. Sans oublier sa technique d'alimentation.

### 2. Les antennes cornet double Ridge

Une antenne cornet double Ridge est un type d'antenne caractérisé par la présence de deux rainures sur ses parois internes. Ces rainures sont conçues de manière spécifique pour élargir la bande passante de l'antenne et améliorer ses performances en termes de diagramme de rayonnement et d'adaptation d'impédance. L'antenne cornet double rainure est souvent utilisée dans des applications nécessitant une large bande de fréquences, telles que la communication sans fil à large spectre, les mesures de compatibilité électromagnétique (CEM) et les tests d'antennes.



Fig. 2.1 : Antenne cornet double Ridge [17].

### 2.1 Fonctionnement de l'antenne cornet double ridge

L'antenne cornet double Ridge est une antenne directive qui utilise deux guides d'ondes pour transmettre et recevoir des signaux électromagnétiques. Les signaux sont transmis par le premier guide d'onde et reçus par le second guide d'onde. Cette antenne est capable de fonctionner dans une large bande de fréquences allant de 2 GHz à 18 GHz grâce à sa structure unique qui permet une adaptation d'impédance optimale entre les guides d'ondes [18].

### 2.2 Avantages de l'antenne cornet double ridge

L'antenne cornet double Ridge présente plusieurs avantages par rapport aux autres types d'antennes. Elle offre une directivité élevée, une bande passante large et une faible sensibilité aux perturbations extérieures.

### 2.3 Limitations de l'antenne cornet double ridge

Bien que l'antenne cornet double Ridge présente de nombreux avantages, elle présente également certaines limitations. Tout d'abord, elle peut être coûteuse à produire en raison de sa conception complexe. De plus, elle peut être volumineuse, ce qui peut poser des problèmes d'intégration dans certains systèmes. Enfin, bien qu'elle offre une large bande passante, sa directivité peut être limitée dans certaines situations, ce qui peut affecter la qualité de la transmission.

### 2.4 Applications de l'antenne cornet double ridge

L'antenne cornet double Ridge est largement utilisée dans les chambres anéchoïques pour la mesure des caractéristiques des objets testés sans interférences externes. Elle est également utilisée dans les systèmes de radar, les systèmes de communication sans fil et les systèmes de surveillance de la qualité de l'air pour mesurer les niveaux d'émission électromagnétique.

### 2.5 Conception de l'antenne cornet double Ridge

La conception de l'antenne cornet double Ridge nécessite une analyse approfondie des propriétés électromagnétiques des matériaux utilisés et des dimensions de la structure de l'antenne. Les simulations numériques sont également utilisées pour optimiser les performances de l'antenne en termes de gain, de directivité et de bande passante. Des techniques avancées telles que l'optimisation multi-objectifs sont souvent utilisées pour atteindre les meilleures performances possibles.

### 2.6. Modélisation d'antenne cornet double Ridge

Avant arrive à la réalisation au bien la conception de notre antenne cornet double Ridge il faut d'abord connaitre la modélisation d'antenne cornet double ainsi que ces dimensions. Le cornet Ridge est une évolution du cornet classique qui intègre des pales ou des lèvres de forme exponentielle. Cette modification permet d'augmenter la bande de fonctionnement de l'antenne tout en maintenant des dimensions relativement compactes.

La Figure 2.2 est représentée La structure d'antenne cornet double Ridge et composer à quatre éléments qui joues un rôle essentiel et come un effort dans la transmission en ultra large bande. On va les cités comme suite :

- La cavité d'antenne (Cavity Back)
- Guide d onde (Waveguide)
- Les double Ridge d'antenne (Tapered Ridge)
- Connecteur d'alimentation (Coaxial Probe)

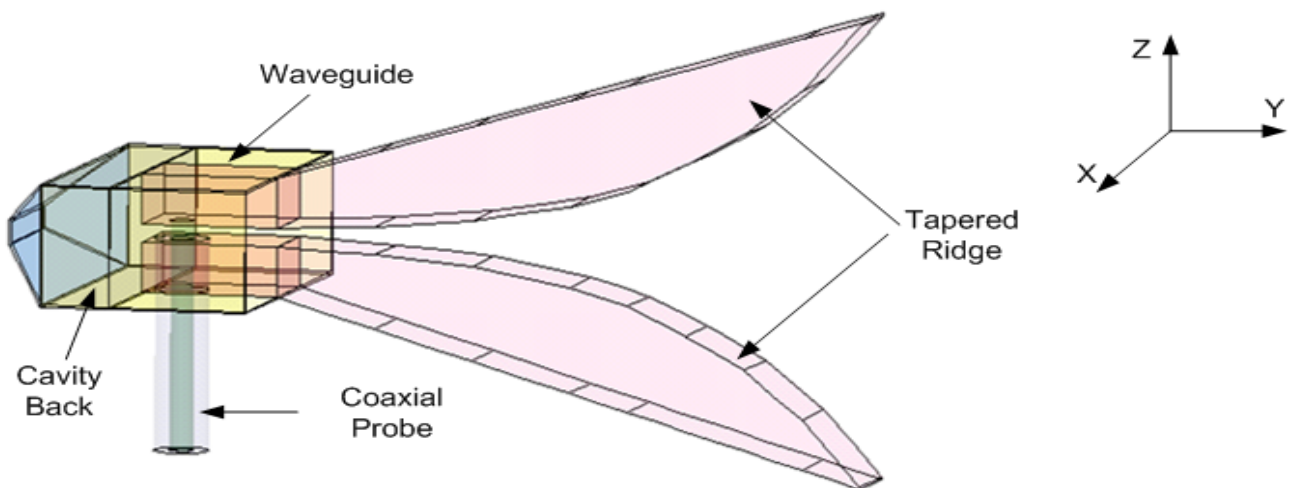


Fig. 2.2 : Structure basic d'antenne cornet double Ridge [19].

### 2.7. Description physique de l'antenne cornet double Ridge

- Le profil des Ridges est caractérisé par une courte section droite, suivie d'une courbe cubique de Bézier, référencé à partir de l'axe centrale du guide d'onde.
- La section de lancement d'onde est constituée d'une cavité sous la forme d'un prisme triangulaire inversé, entourée de deux paires de évasements se croisant avec des gradients différents, sur les parois du plan E et du plan H du guide d'onde.

- Les parois du plan H du cornet pyramidal ont été retirées et remplacées par des poteaux conducteurs, espacés d'une distance de l'ordre de  $0,1 \lambda_0$  (où  $\lambda_0$  est la longueur d'onde à la fréquence minimale).
- Il est important de maintenir une précision mécanique pour obtenir la plus large plage de fréquences et les meilleures performances [20].

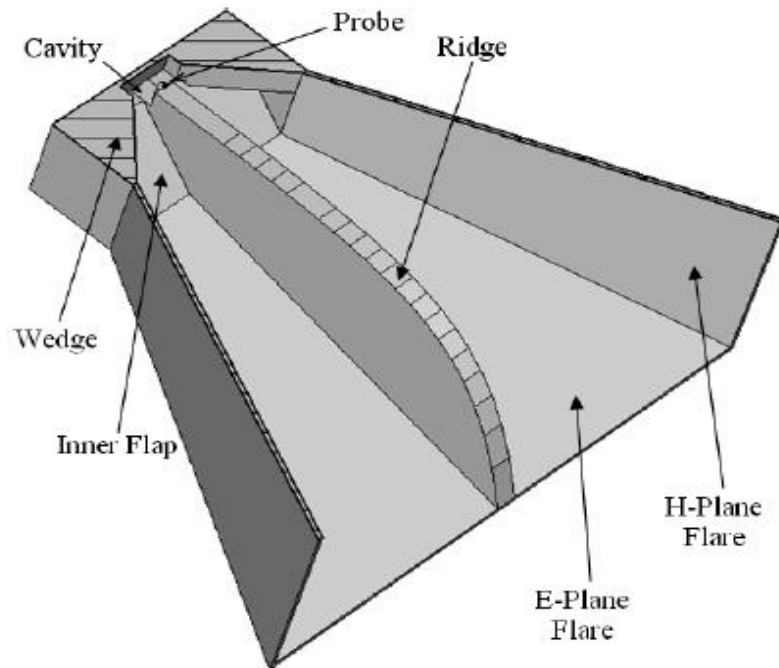


Fig. 2.3 : Vue en coupe de l'antenne cornet double Ridge [21].

Après avoir examiné la structure de l'antenne cornet double Ridge, Maintenant, nous pouvons passer à l'étape suivante, qui consiste à fournir des détails sur les dimensions de cette antenne.

### 2.8. Dimensions d'antenne cornet double Ridge

Les dimensions spécifiques d'une antenne cornet double Ridge dépendent de la fréquence de fonctionnement souhaitée et des caractéristiques de conception spécifiques. A l'aide de logiciel Antenna-Magus on a trouvé un modèle d'antenne cornet double Ridge qui exprime les différents paramètres en détail. Le Tableau 2.1 et les **Figures 2.4 à 2.7** mentionnent les dimensions des différents paramètres d'antenne.



<b>Nom</b>	<b>Description</b>
<b>Fmn</b>	La fréquence minimum
<b>Ha</b>	Hauteur d'ouverture
<b>Wa</b>	Largeur de l'ouverture
<b>Lf</b>	Longueur de l'évasement"
<b>Hg</b>	Hauteur du guide d'ondes
<b>Wg</b>	Largeur du guide d'ondes
<b>Wr</b>	Largeur des rainures
<b>Sb</b>	Distance entre la paroi arrière de la cavité et le centre du bossage
<b>Sf</b>	Distance entre le centre de la broche d'alimentation et le centre du bossage
<b>Di</b>	Diamètre de la broche d'alimentation
<b>Do</b>	Diamètre du conducteur extérieur coaxial
<b>Dp</b>	Diamètre des poteaux de court-circuitage".
<b>Sp</b>	Espacement entre les poteaux de court-circuitage
<b>Lc</b>	Longueur de la cavité
<b>Ltf</b>	Longueur d'évasement de la partie guide d'ondes de transition
<b>Db</b>	Diamètre du bossage
<b>Sr</b>	Espacement entre les rainures à l'alimentation
<b>Lss</b>	Longueur de la section droite de la rainure précédant la courbe de Bézier
<b>Hc</b>	Hauteur de la cavité
<b>X</b>	Dimension X du dispositif
<b>Y</b>	Dimension Y du dispositif
<b>Z</b>	Dimension Z du dispositif
<b>Lg</b>	Longueur totale du guide d'ondes
<b>Ht</b>	Hauteur de la transition
<b>Gb</b>	Hauteur des bossages
<b>Wc</b>	Largeur de la cavité

Tab. 2.1 : Description des paramètres d'antenne cornet double Ridge.

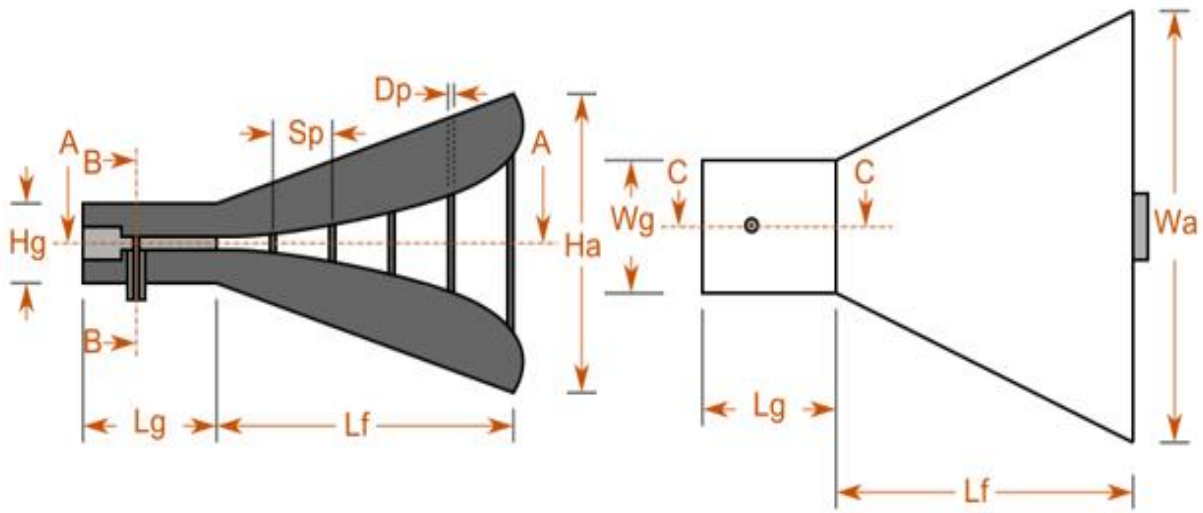


Fig.

2.4 : Paramètres centralisés de l'antenne cornet double Ridge.

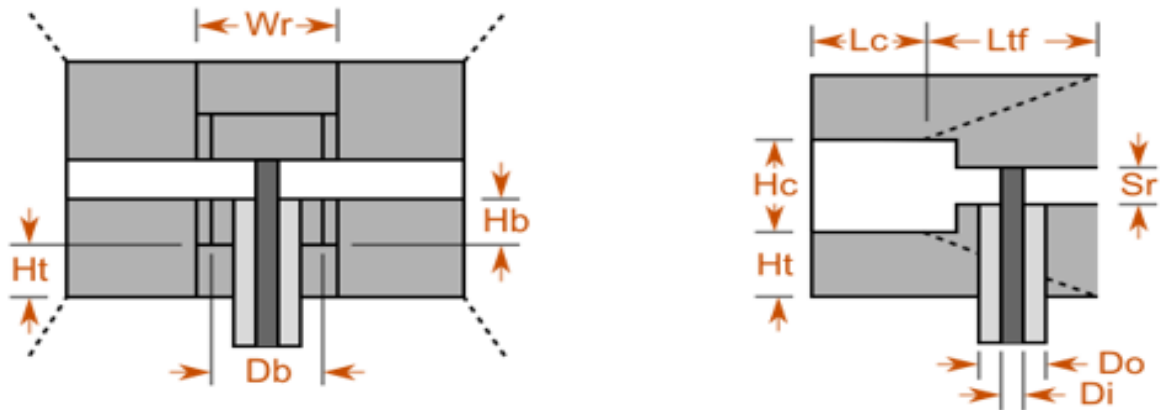


Fig. 2.5 : Paramètres de guide d'onde et la broche d'alimentation.

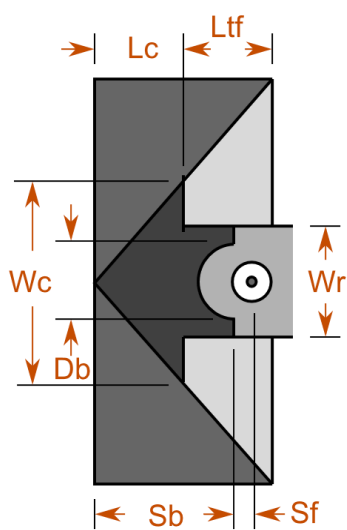


Fig. 2.6 : Paramètres de la cavité.

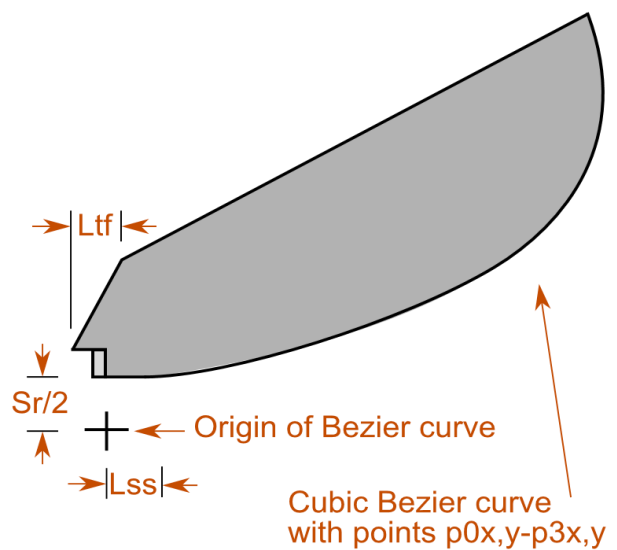


Fig. 2.7 : Paramètres des Ridges.

### 3. Technique d'alimentation

Les antennes cornet sont généralement alimentées soit par une ligne d'alimentation coaxiale, soit par une connexion directe au guide d'ondes. Dans le cas du cornet double Ridge, une seule ligne d'alimentation coaxiale est nécessaire [22].

Les ports d'alimentation les plus connus et les plus utilisés dans les antennes cornet double Ridge sont les connecteur SMA (SubMiniature version A) (version sous-miniature de type A).



Fig. 2.8 : Connecteur SMA [23].

### 4. Conclusion

En conclusion, les antennes cornet double Ridge sont des dispositifs largement utilisés dans les domaines de la communication sans fil, la télécommunication et la radiodiffusion. Leur conception permet une bande passante plus large. La modélisation d'antenne cornet double Ridge est un peu compliquée d'après sa structure physique et ces différentes composantes, qui exige des précisions plus détaillées de chaque paramètre d'antenne. Les paramètres clés à prendre en compte lors de la modélisation des antennes cornet double Ridge comprennent les dimensions physiques de la structure, la forme et la taille des cornets, la position et la longueur des fentes, ainsi que les matériaux utilisés. Ces paramètres peuvent être ajustés pour optimiser les performances de l'antenne en fonction des besoins spécifiques de l'application. Dans le prochain chapitre, nous aborderons la simulation de cette antenne et examinerons certains paramètres ainsi que leurs effets sur l'adaptation et l'élargissement de la bande passante.

## Etude paramétrique, résultats et discussion

### 1. Introduction

Ce chapitre se focalise sur l'étude et la conception d'une antenne cornet double Ridge fonctionnant dans la bande de fréquences de 2 à 18 GHz, en utilisant les logiciels CST Microwave Studio et Antenna-Magus. Nous examinerons l'influence de quelques paramètres essentiels qui impactent les performances de l'antenne, afin d'obtenir une conception optimale.

### 2. Outil de simulation

Le CST Microwave Studio est un logiciel qui permet de simuler des structures passives en 3 dimensions dans le domaine électromagnétique. Il utilise la méthode des équations intégrales finies (FEM) pour résoudre les équations de Maxwell. Cette méthode numérique divise l'espace en éléments discrets, ce qui permet de représenter directement en 3D tous les composants des systèmes étudiés. Grâce à cela, le logiciel peut être utilisé pour résoudre une grande variété de problèmes électromagnétiques, du domaine statique aux hyperfréquences, en effectuant des analyses temporelles et fréquentielles.

Malheureusement, cela entraîne souvent des temps de calcul longs et une consommation importante de mémoire. Dans notre cas, nous utilisons deux logiciels de simulation électromagnétique. Le premier c'est Antenna-Magus et le deuxième c'est CST studio suite 2022. Le CST est plus adapté à la simulation de fréquences élevées.

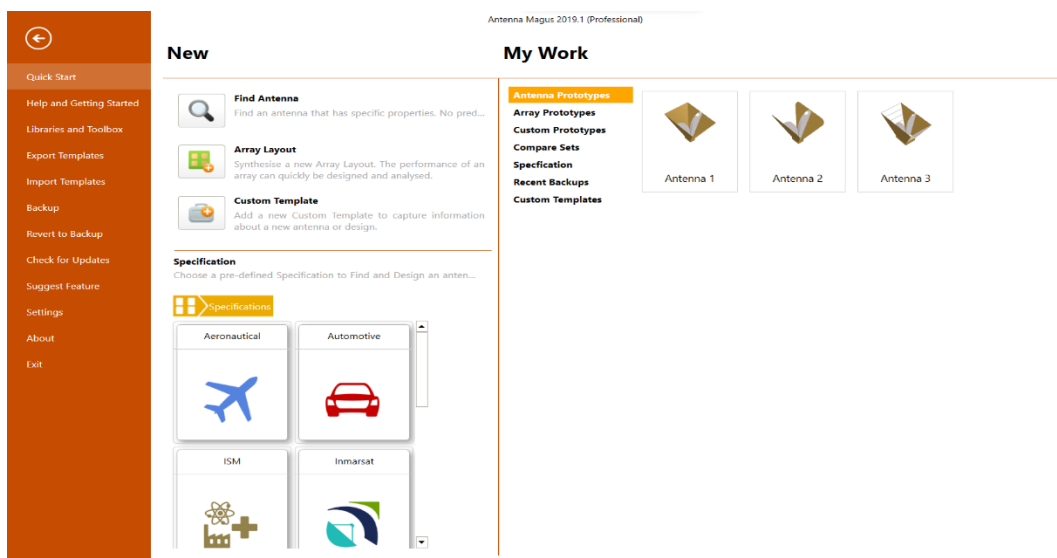


Fig. 3.1 : Interface graphique de Antenna-Magus.

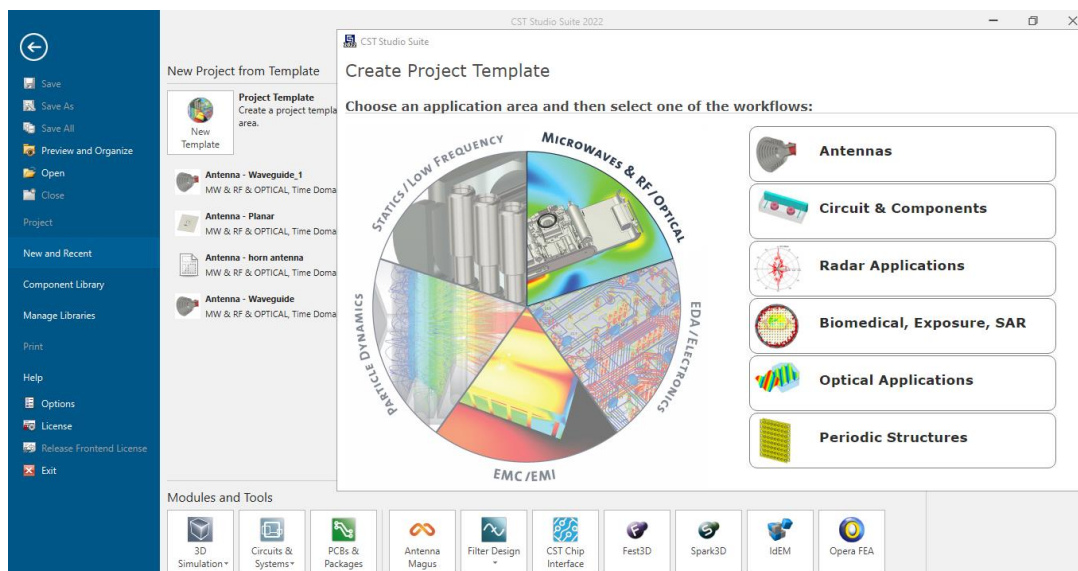


Fig. 3.2 : Interface graphique de CST studio suit 2022.

### 3. Antenne cornet double Ridge étudiée

Les antennes cornet double Ridge présentent des caractéristiques géométriques et électromagnétiques remarquables qui les rendent particulièrement intéressantes. Et pour cela on a importé un modèle standard (un prototype) qui existe déjà sur le logiciel Antenna-Magus. Pour commencer, nous utilisons le logiciel CST pour simuler cette antenne sur une plage de fréquences allant de 2 à 18 GHz, sans la connecter à une alimentation.

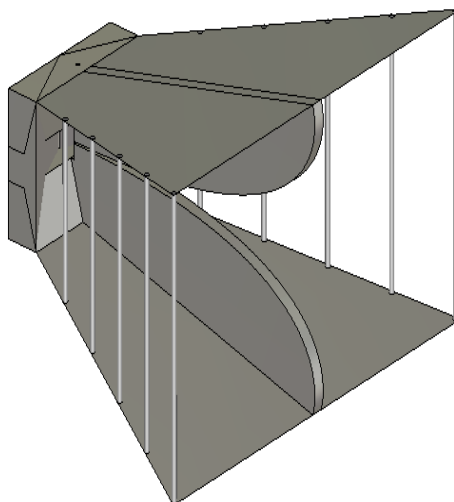


Fig.3.3 : Antenne cornet double Ridge (prototype) sans le connecteur SMA.

Ce tableau classe les paramètres de l'antenne (prototype) :

<b>Les paramètres</b>	<b>Les valeurs (mm)</b>
aperture_height/hauteur d'ouverture	68
aperture_width/largeur d'ouverture	121
cavity_height/hauteur de cavité	7.5
cavity_length/longueur de cavité	5.69
cavity_width/largeur de cavité	24.11
coaxial_inner_diameter/diamètre intérieur coaxial	0.5
coaxial_length/longueur coaxiale	16.25
coaxial_outer_diameter/diamètre__ extérieur coaxial	1.15
flare_length/longueur de l'évasement	84.4
ridge_spacing/espace entre les ridges	0.5
ridge_width/largeur des ridges	3.5
waveguide_height/hauteur de guide d'ondes	33
waveguide_length/longueur de guide d'ondes	10.15
waveguide_width/largeur de guide d'onde	43

Tab.3.1 : Paramètres géométriques d'antenne (prototype)

Il existe d'autres paramètres qui n'ont pas été mentionnés dans le tableau. Nous avons seulement mentionné les paramètres qui ont été modifiés et les plus essentiels qui ont une influence significative. Le résultat de coefficient de réflexion après la simulation.

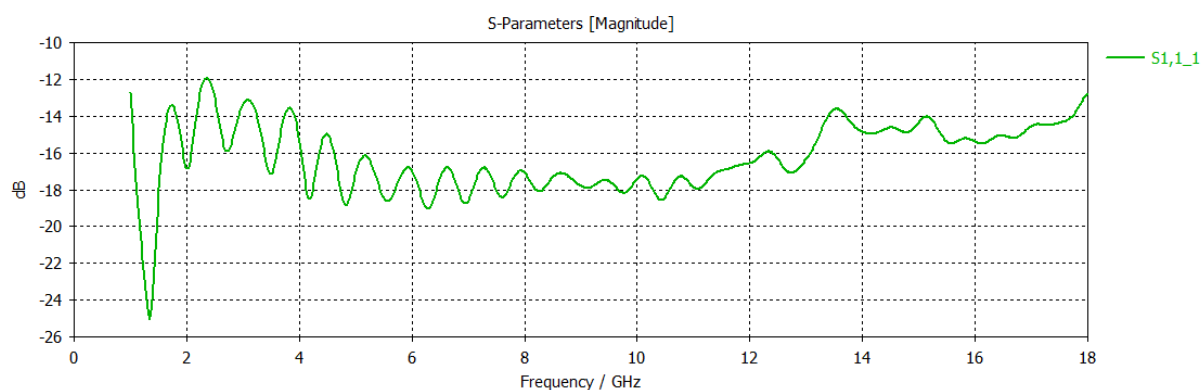


Fig. 3.4 : Coefficient de réflexion de l'antenne (prototype)

Il est observé que le module du coefficient de réflexion de cette antenne est inférieur à -10 dB dans la bande de fréquences étudiée, indiquant une bonne adaptation et un faible niveau de réflexion.

#### 4. Etude paramétrique

Avant de commencer l'étude de notre antenne il faut d'abord combiner l'antenne avec le connecteur d'alimentation SMA. Son impédance d'entrée est 50 Ohms.

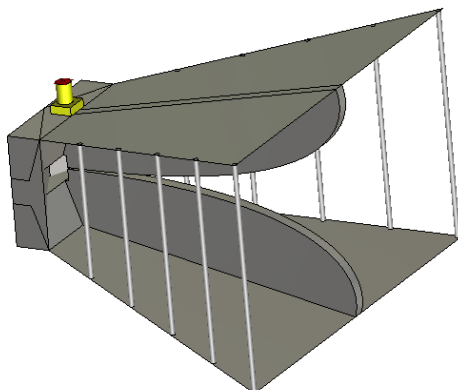


Fig. 3.5 : Antenne cornet double Ridge avec le connecteur SMA.

##### 4.1. Influences de la cavité

Les résultats des simulations concernant l'effet de la hauteur et de la largeur de la cavité d'antenne sont présentés en premier lieu. **Les Figures 3.6 et 3.7** illustrent les résultats de la simulation du coefficient de réflexion de l'antenne en fonction de la fréquence, pour différentes valeurs de la hauteur et de la largeur de la cavité.

- **Influence d'hauteur de la cavité d'antenne**

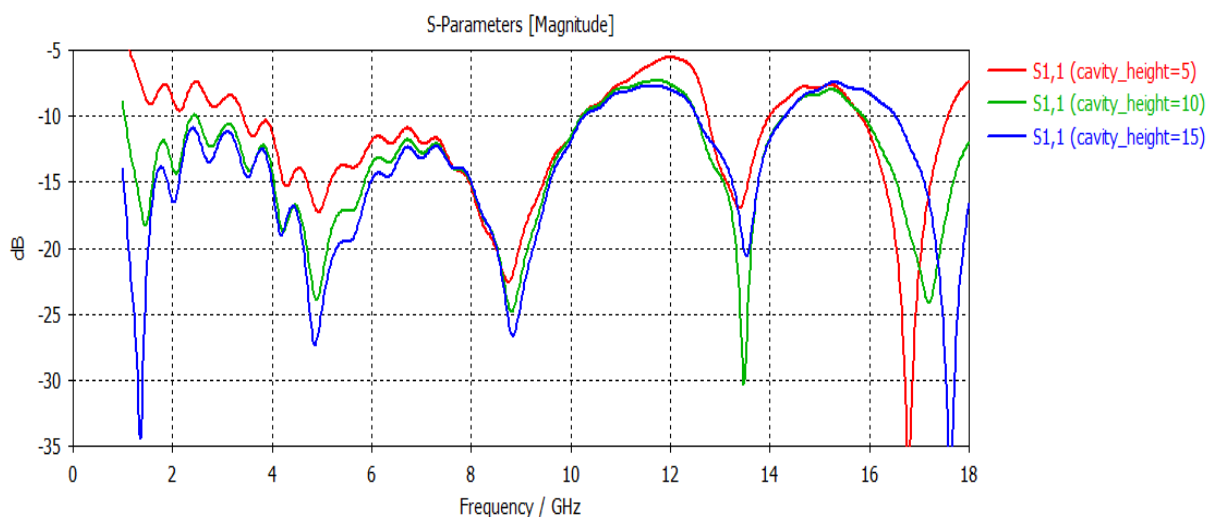


Fig. 3.6 : Effet d'hauteur de la cavité sur le coefficient de réflexion.

• Influence de la largeur de la cavité d'antenne

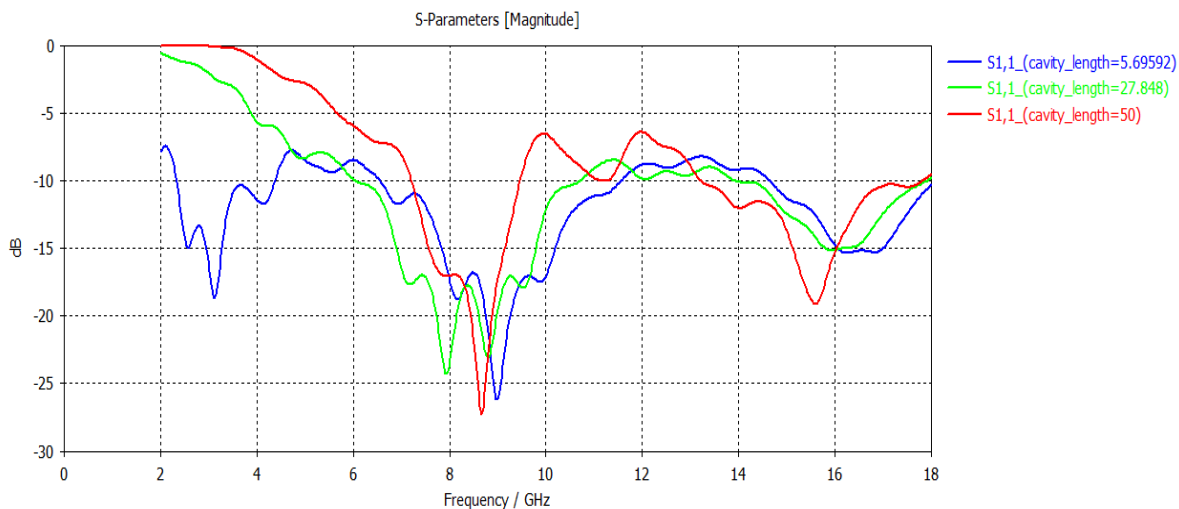


Fig. 3.7 : Effet de la largeur de la cavité sur le coefficient de réflexion

- ✓ Les courbes du coefficient de réflexion présentent une forme similaire pour ces valeurs, cependant, on observe une variation significative de l'adaptation de l'antenne en fonction des différentes hauteurs de cavité d'antenne.
- ✓ On remarque qu'à chaque fois on augmente la largeur de la cavité le coefficient de réflexion s'éloigne de -10db et vice versa.

4.2 influences de l'ouverture

On passe maintenant à étudier l'effet de l'ouverture d'antenne. Elle contient deux dimensions : la hauteur et la largeur. Les **Figures 3.8 et 3.9** montrent les résultats de simulation.

• Influences de la Hauteur de L'ouverture

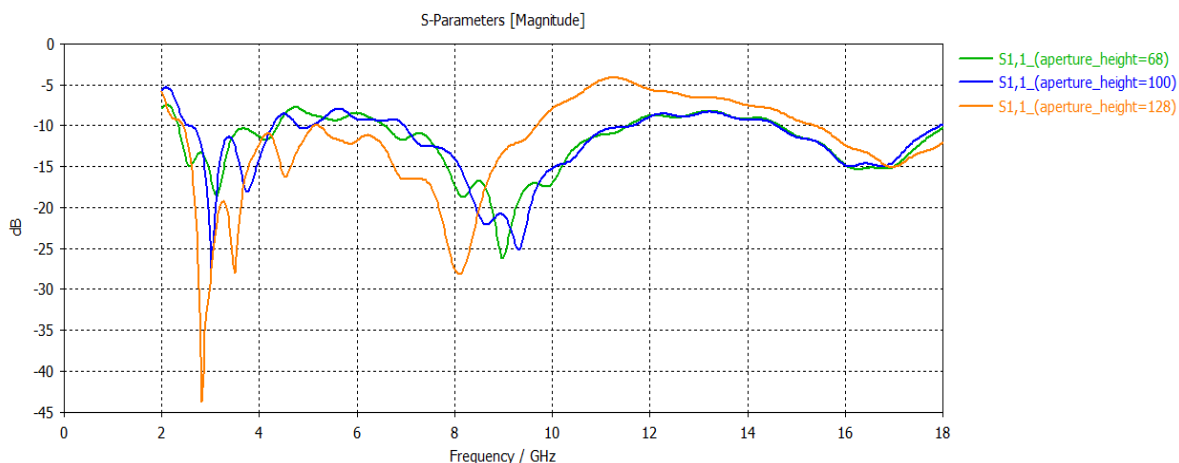


Fig. 3.8 : Effet de la hauteur de l'ouverture sur le coefficient de réflexion.



• Influences de la largeur de L'ouverture

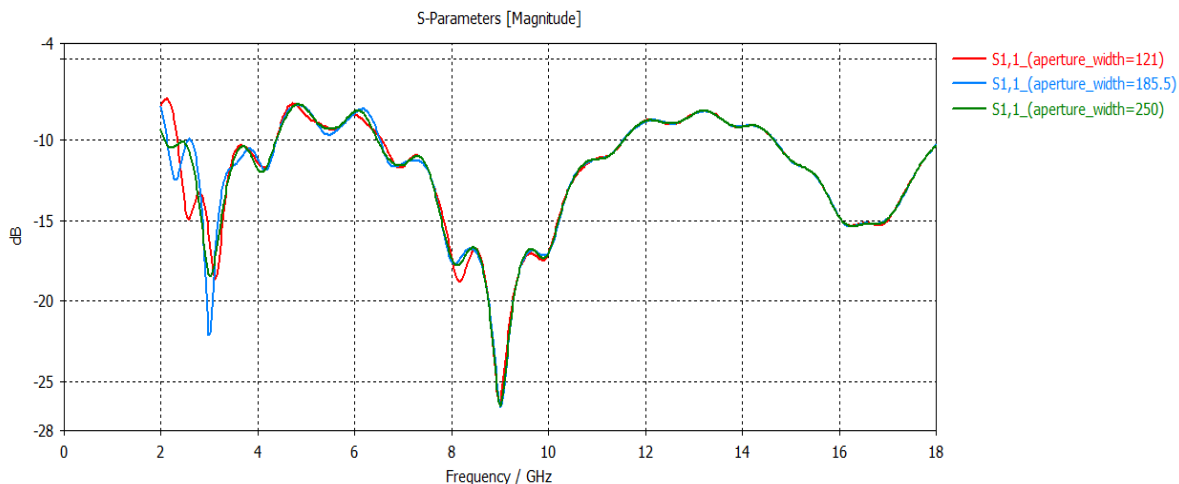


Fig. 3.9 : Effet de la largeur de l'ouverture sur le coefficient de réflexion

- ✓ On remarque que pour les valeurs de la hauteur de l'ouverture 68 mm et 100 mm, les courbes sont presque similaires et pas trop loin de -10db, par contre pour la valeur 128 mm s'éloigne de -10db surtout pour les hautes fréquences
- ✓ On constate que les courbes sont presque identiques pour toutes les valeurs de la largeur de l'ouverture, il y a une légère différence de 2Ghz à 4Ghz.

4.3 Influences de guide d'onde

Troisième paramètre qu'on va manipuler c'est le guide d'onde d'antenne. On commence par la hauteur et puis la largeur. Les Figure 3.10 et 3.11 présentent la différence entre les différentes valeurs.

• La hauteur de guide d'onde

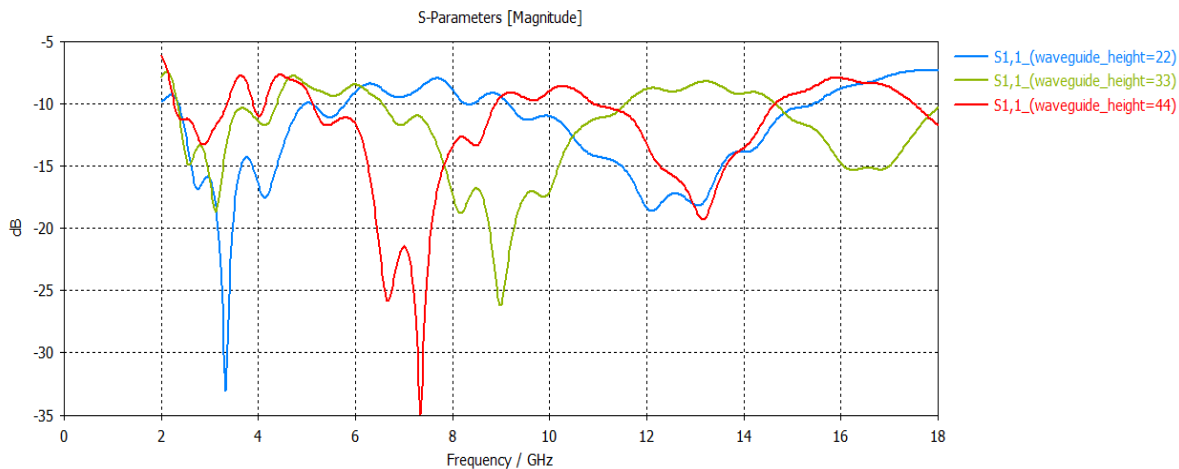


Fig. 3.10 : Effet de la hauteur de guide d'onde sur le coefficient de réflexion.

• La largeur de guide d'onde

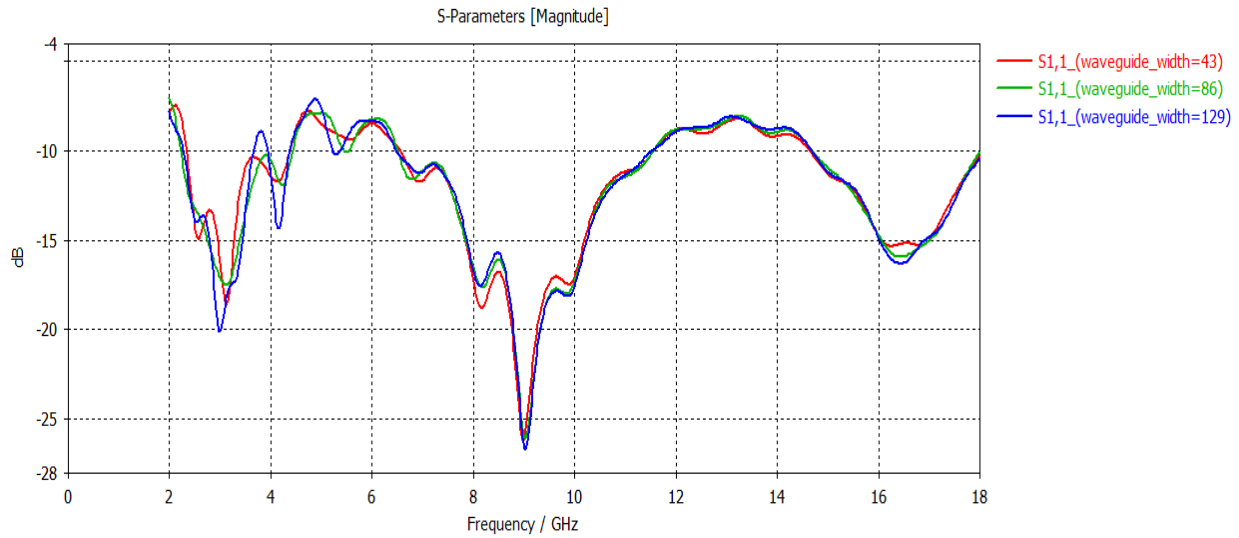


Fig. 3.11 : Effet de la largeur de guide d'onde sur le coefficient de réflexion

- ✓ D'après ces courbes de coefficient de réflexion, il est notable que l'élargissement de la hauteur et de la largeur du guide d'onde peut également influencer la largeur de bande de l'antenne.

Après avoir étudié tous les paramètres de guide d'onde on a pensé à changer sa structure d'une forme rectangulaire a une forme pyramidale. Les **Figures 3.12 et 3.13** représentent cette modification.

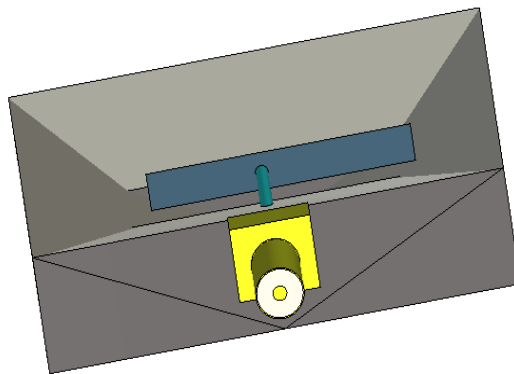


Fig. 3.12 : Le guide d'onde rectangulaire.

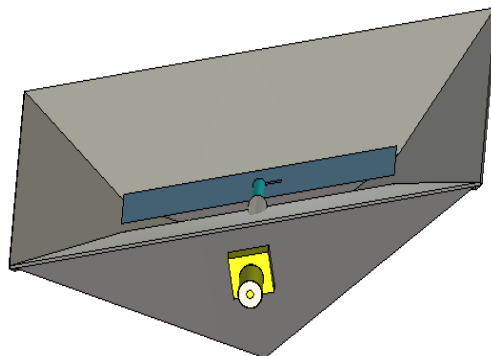


Fig. 3.13 : Le guide d'onde pyramidale.

### 4.3 Influence des Ridges

Les figures 3.14 et 3.15 illustrent les résultats de la simulation, pour différentes valeurs de l'espace et de la largeur des Ridges.

- **Influence de l'espace entre les Ridge**

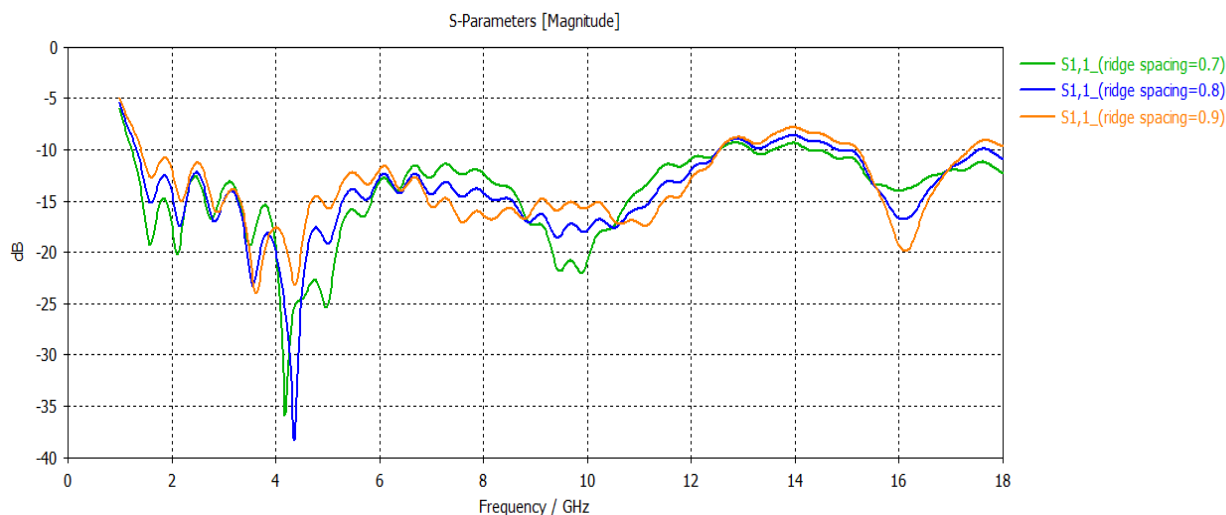


Fig. 3.14 : Effet de l'espace entre les Ridges

- **Influence de largeur des Ridges**

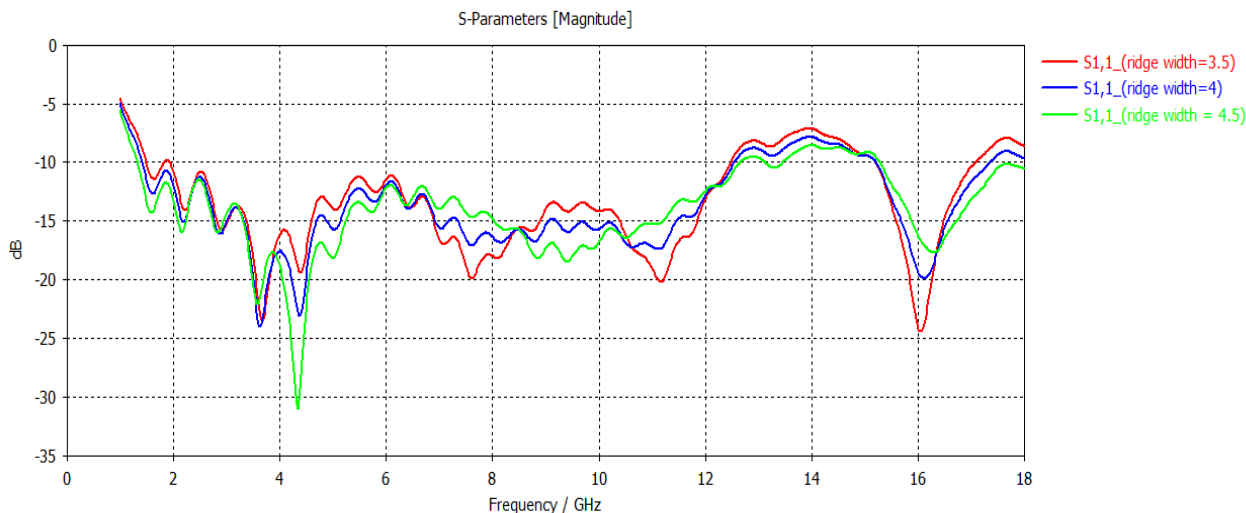


Fig.3.15 : Effet de la largeur des Ridges

- ✓ D'après ces courbes des différentes valeurs d'espace entre les Ridges, on remarque que la valeur 0.7mm a une bonne adaptation sur toute la largeur de bande 2 à 18 GHz par rapport à les autres (0.8mm et 0.9mm).
- ✓ Il est observé que les courbes de la largeur des Ridges ont une bonne adaptation pour les basses fréquences (de 2 GHz à 9 GHz).

On passe maintenant à l'étape suivante où on cherche le paramètre qui fait l'adaptation sur toute la largeur de bande.

### 4.5 Influence de connecteur d'alimentation SMA

Malgré les modifications apportées aux paramètres de l'antenne, nous constatons qu'il y a toujours un problème persistant, même si nous nous sommes rapprochés de l'adaptation de notre antenne. C'est pourquoi nous avons tenté une modification simple au niveau du connecteur d'alimentation SMA. Cette modification consiste à implémenter le PIN de connecteur à l'intérieur de feed pin de l'antenne. Puis on va supprimer la base du connecteur et combiner le directement sur le guide d'ondes de l'antenne. Nous avons ensuite relancé la simulation. **La Figure 3.16** montre les composantes du connecteur SMA.

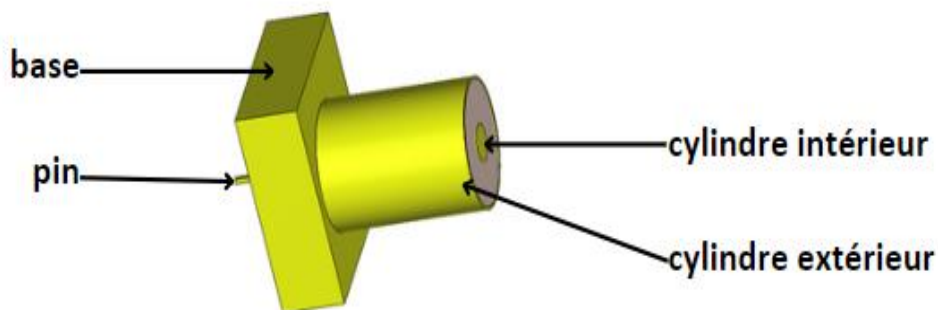


Fig. 3.16 : structure basic du connecteur SMA.

- **Influence de PIN de connecteur SMA**

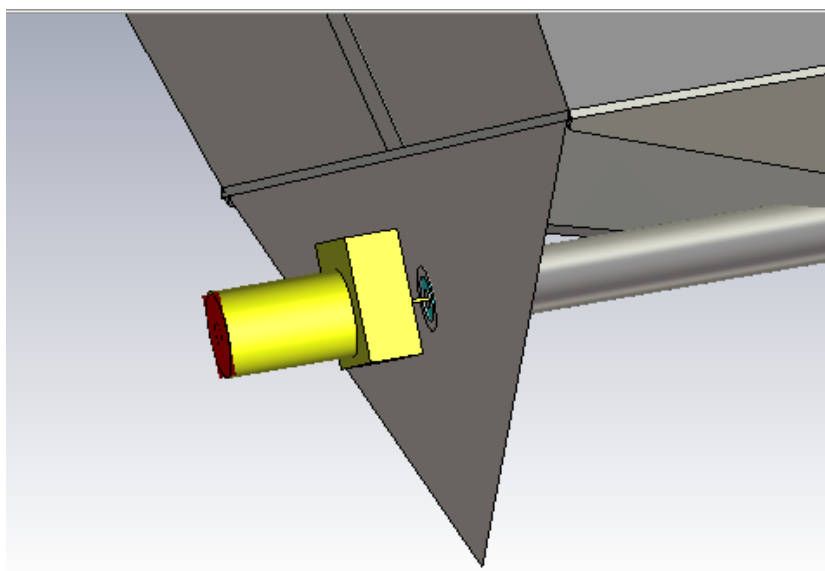


Fig. 3.17 : Connecteur SMA avant l'avancement de PIN.

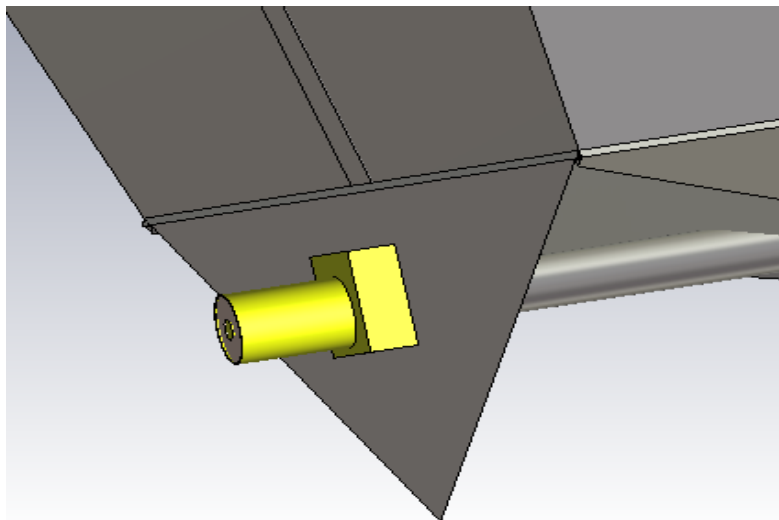


Fig. 3.18 : connecteur SMA après l'avancement de PIN.

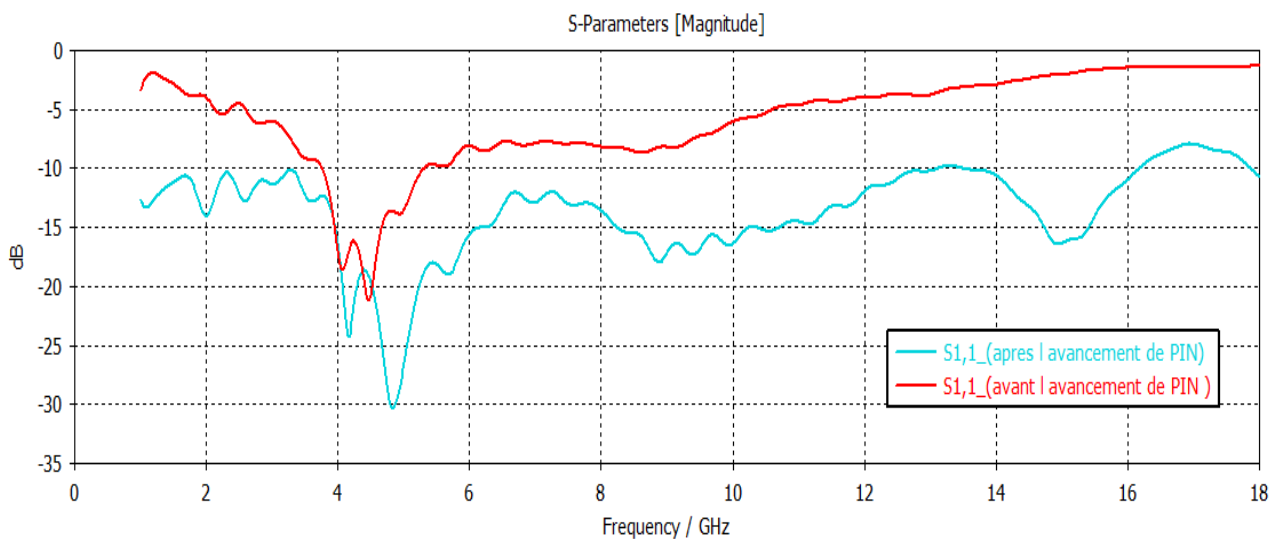


Fig. 3.19 : Influence de PIN de SMA.

Nous pouvons clairement constater l'impact significatif de l'avancement du PIN du connecteur SMA sur les performances. Avant l'avancement, la courbe rouge montre une mauvaise adaptation du S11, tandis qu'après l'avancement du PIN, la courbe bleue présente une bonne adaptation.

- **Influence de la base de connecteur SMA**

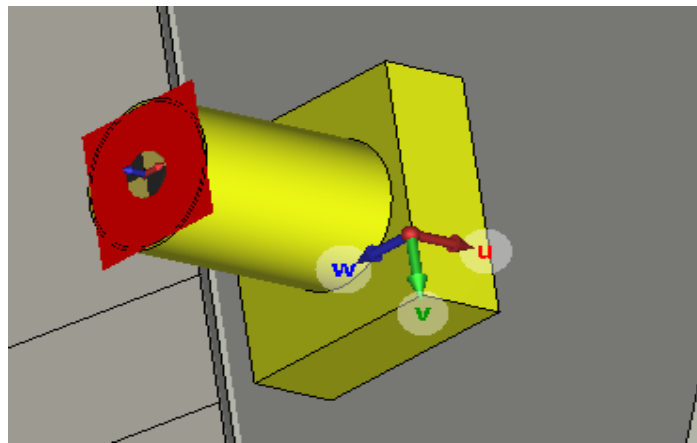


Fig. 3.20 : Connecteur SMA avant la suppression de la base.

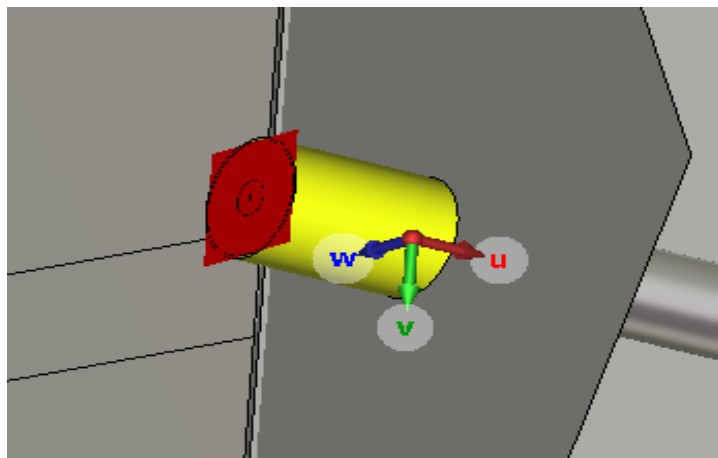


Fig. 3.21 : Connecteur SMA après la suppression de la base.

Les résultats de coefficient réflexion sur **la Figure 3.22**, après et avant la suppression de la base.

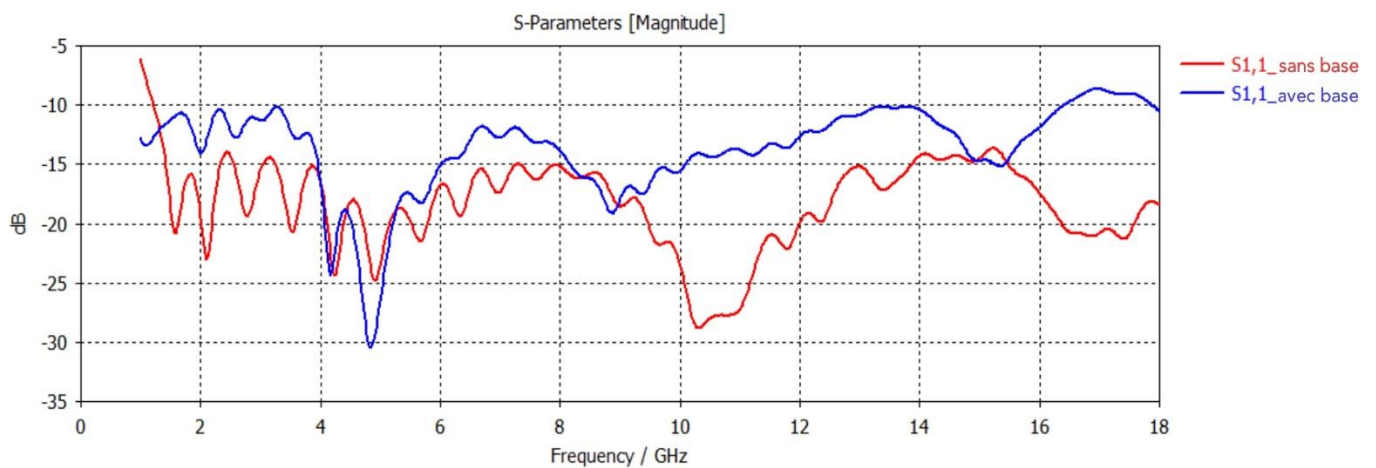


Fig. 3.22 : L'influence de la base de connecteur SMA.

- ✓ On voit que l'adaptation après la suppression de la base de connecteur est bien que l'état initial (avant la suppression).
- ✓ On peut considérer ce dernier comme un coefficient de réflexion optimal.

### 5. Les conclusions tirées de cette étude

- ✓ Une cavité bien dimensionnée peut fournir une meilleure adaptation d'impédance pour les hautes fréquences, ce qui se traduit par un S11 réduit. En revanche, une cavité mal dimensionnée peut entraîner une mauvaise adaptation d'impédance et un S11 élevé.
- ✓ Une hauteur d'ouverture plus grande peut permettre un élargissement de l'ouverture de l'antenne, ce qui peut affecter le comportement de rayonnement et, par conséquent, le coefficient de réflexion.
- ✓ La forme de guide d'onde joue un rôle principal sur l'adaptation d'antennes.
- ✓ On constate qu'une distance plus petite entre les Ridges donne une fréquence de résonance plus élevée et une bande passante plus étroite, tandis qu'une distance plus grande permet d'obtenir une fréquence de résonance plus basse et une bande passante plus large.
- ✓ La modélisation de connecteur est très importante et son effet sur l'adaptation de l'antenne est énorme.

### 6. Performance de l'antenne optimisée

Les dimensions optimales des paramètres relatifs de l'antenne optimisée sont résumées dans le **Tableau 3.2**. Ces valeurs ne sont pas liées au prototype initial de l'antenne. Ce sont des nouveautés que nous avons ajoutées.

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs (mm)</b>
aperture_height/hauteur d'ouverture	136
aperture_width/largeur d'ouverture	242
cavity_height/hauteur de cavité	11
cavity_length/longueur de cavité	12.29
cavity_width/largeur de cavité	49.82
coaxial_inner_diameter/diamètre intérieur de coaxial	1
coaxial_length/longueur coaxiale/	32.65
coaxial_outer_diameter/diamètre extérieur coaxial	2.30
flare_length/longueur de l'évasement	168.8
ridge_spacing/espace entre les ridges	0.7
ridge_width/largeur des ridges	4
waveguide_height/hauteur de guide d'ondes	66
waveguide_length/longueur de guide d'ondes	21
waveguide_width/largeur de guide d'onde	86

Tab 3.2 : Paramètres géométriques de l'antenne optimisée

## 6.1. Résultats et discussions

Dans cette section, nous présenterons les résultats de la simulation de l'antenne optimisée pour une utilisation dans la plage de fréquences de 2 à 18 GHz. Les résultats comprendront des mesures telles que le diagramme de rayonnement, la directivité, le ROS (VSWR) et le gain.

### 6.1.1 Coefficient de réflexion

La Figure 3.23 représente le coefficient de réflexion de l'antenne optimisée sur la largeur de fréquence 2 GHz à 18 GHz répond à l'exigence de notre objectif qui est l'antenne est adaptée.

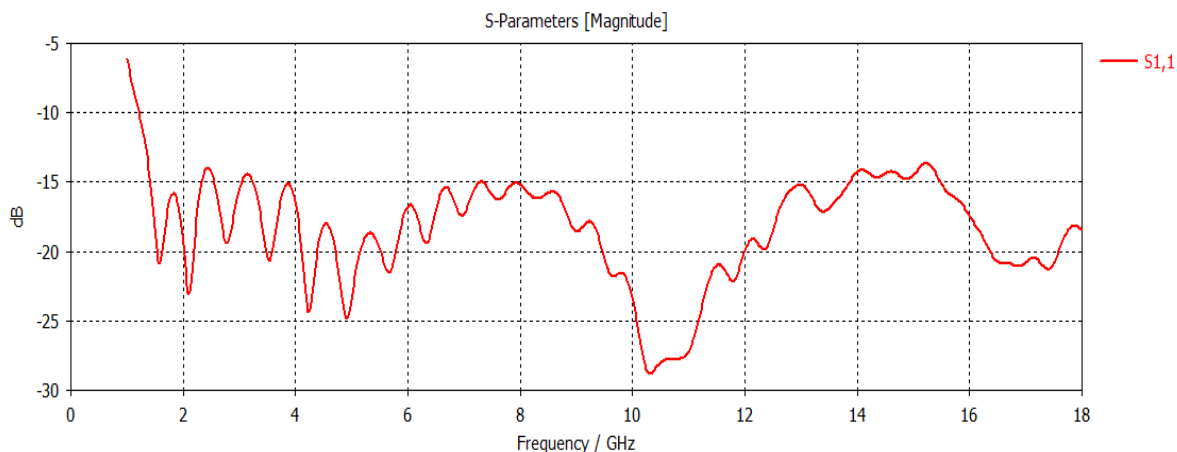


Fig. 3.23 : Coefficient de réflexion de l'antenne optimisée

### 6.1.2 Rapport d'onde stationnaire (VSWR)

La Figure 3.24 présente les résultats de simulation du taux d'onde stationnaire de l'antenne optimisée. Ce résultat montre que l'antenne est optimisée ( $TOS < 2$ ).

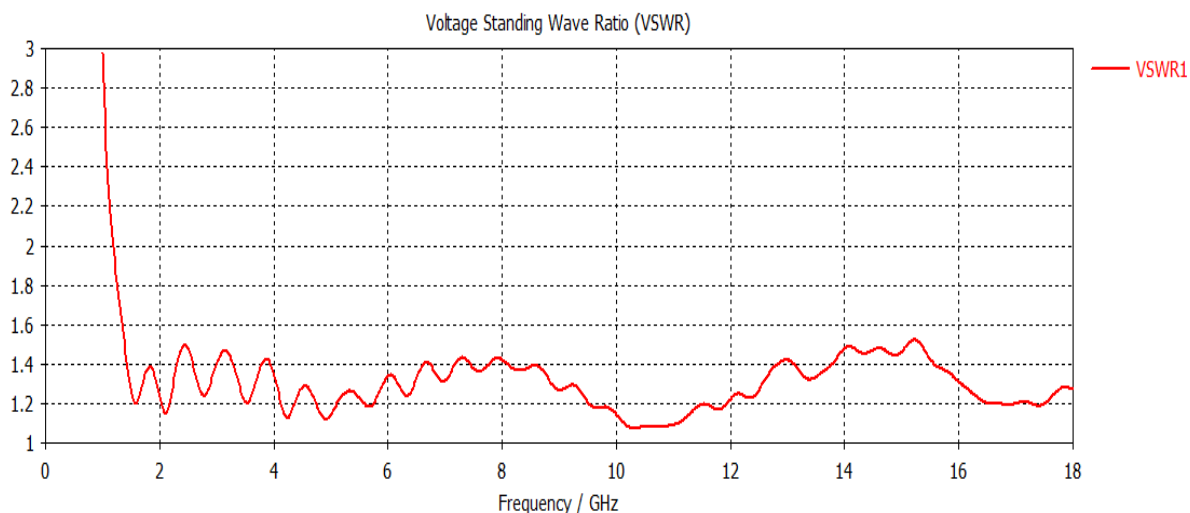


Fig.3.24 : Rapport d'onde stationnaire (VSWR).



### 6.1.3. Diagramme de rayonnement

Les Figures 3.25, 3.26, 3.27 et 3.28 montrent le diagramme de rayonnement de la directivité d'antenne sur des fréquences différentes. On peut observer que la directivité augmente progressivement dans la plage de fréquence de 2 à 18 GHz.

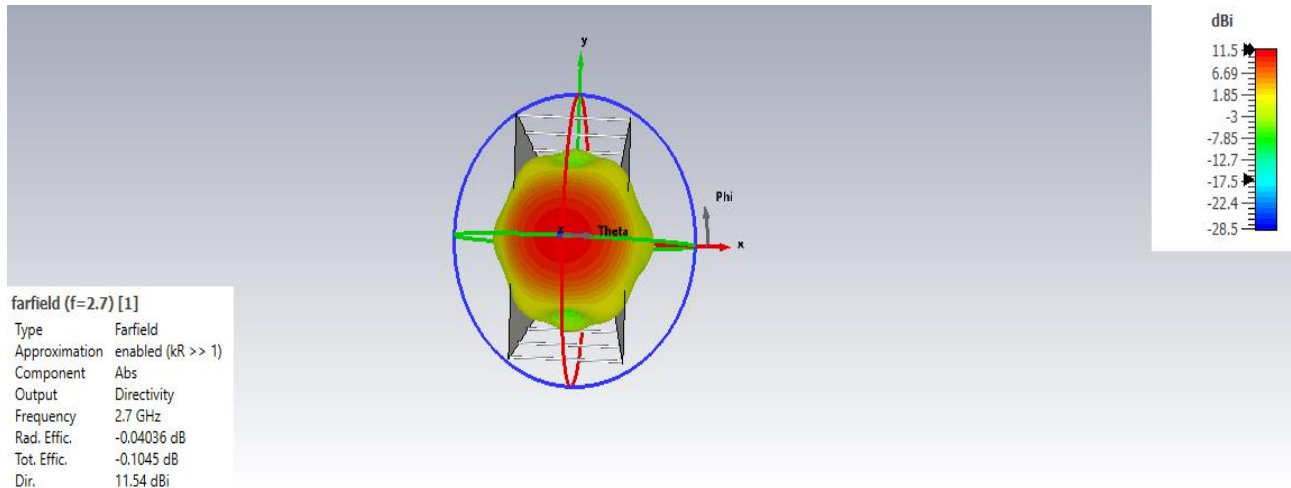


Fig. 3.25 : Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) f=2.7 GHZ.

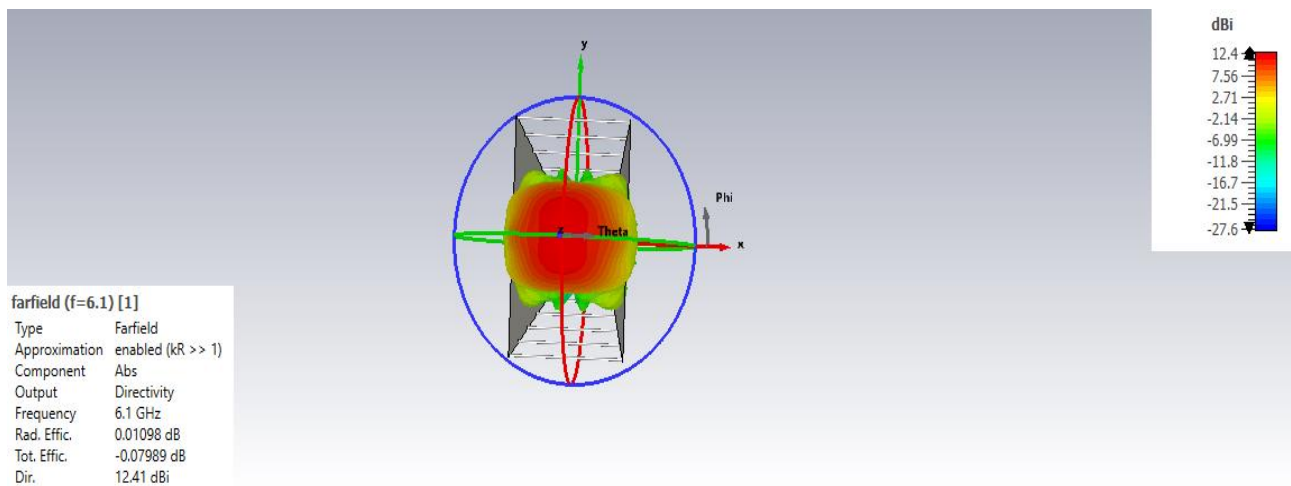


Fig. 3.26 : Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) f=6.1 GHZ.

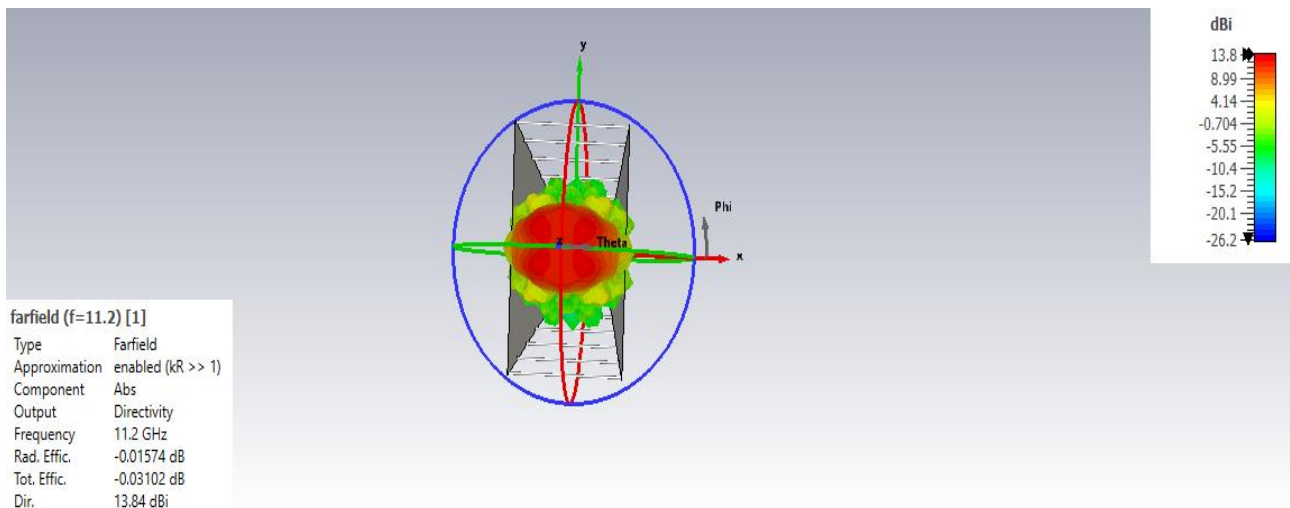


Fig. 3.27 : Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) f=11.2 GHZ.

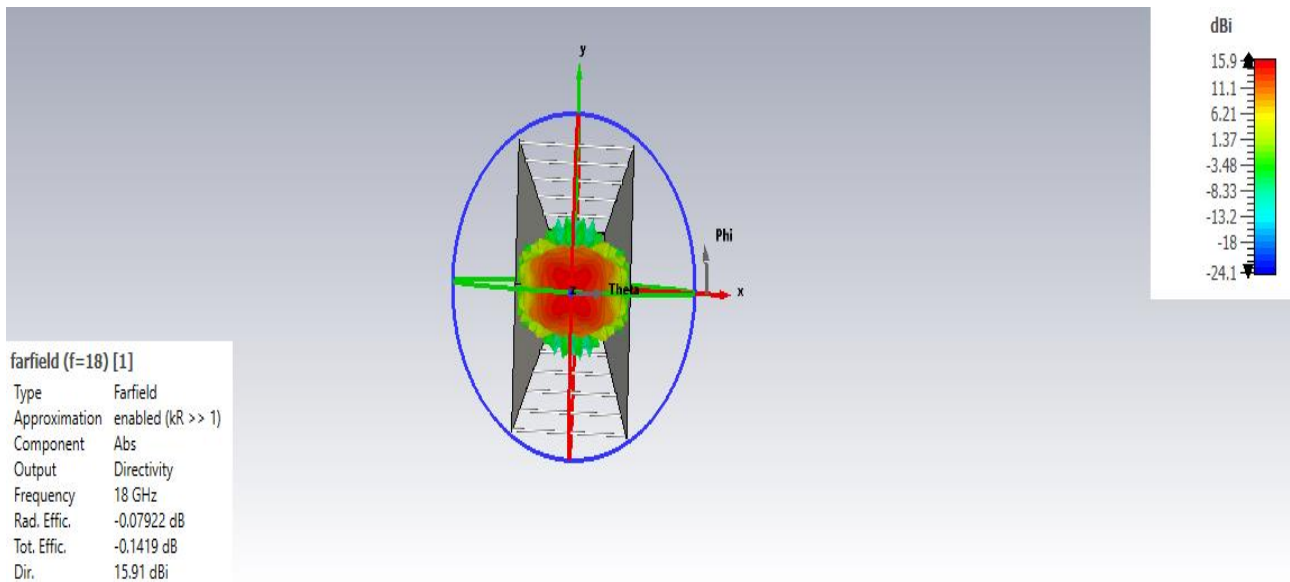


Fig. 3.28 : Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (3D) f=18 GHZ.

Le diagramme de rayonnement 2D simulé de la directivité, à des fréquences varie sur la bande de 2 GHz à 18 GHz est présenté dans **les Figures 3.29 et 3.30**.

La représentation en deux dimensions du diagramme de rayonnement de l'antenne offre une visualisation des lobes dans les plans vertical et horizontal.

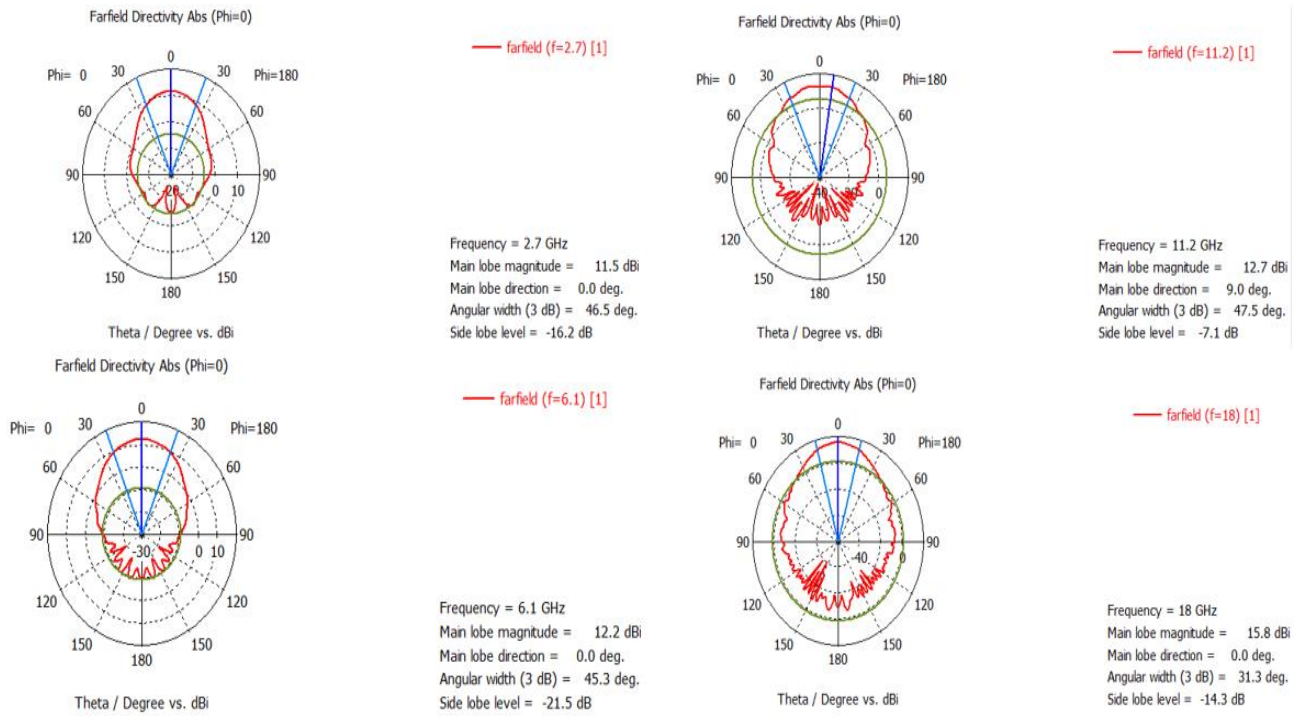


Fig. 3.29 : Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (2D)  $\phi=0^\circ$ .

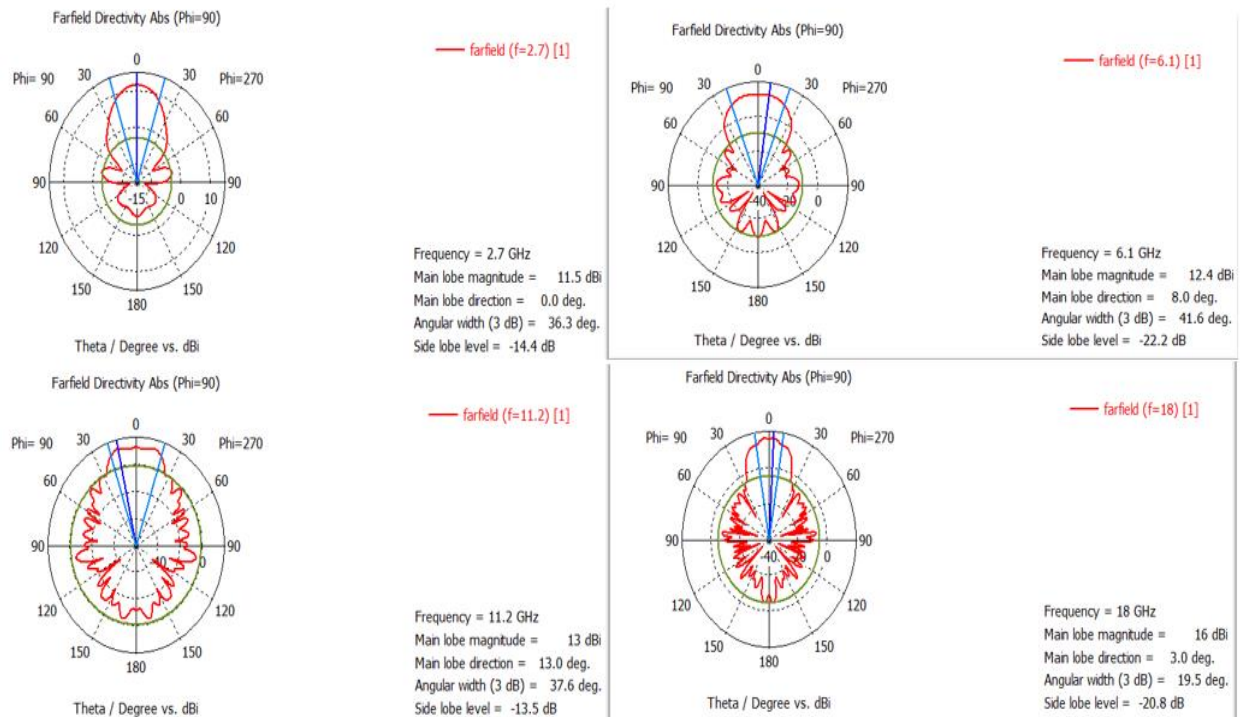


Fig. 3.30 : Diagramme de rayonnement de l'antenne optimisée (2D)  $\phi=90^\circ$ .

Cette antenne est directive, et elle a un gain important.

### 6.1.4. Gain

La Figure 3.31 présente le gain obtenu avec l'antenne optimisée. On peut observer que cette antenne présente un gain positif croissant sur l'ensemble de la bande de fonctionnement de 2 à 18 GHz.

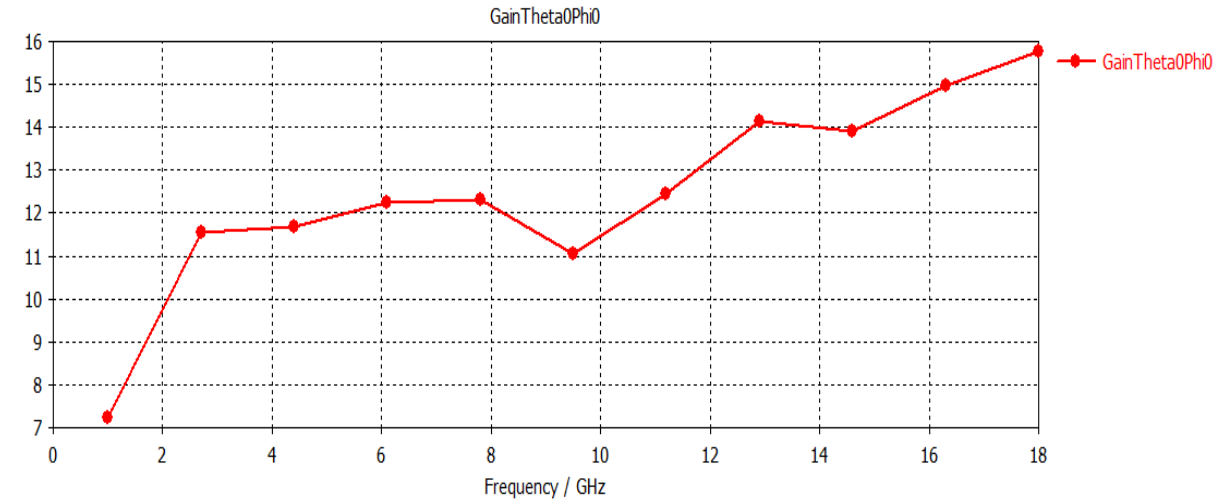


Fig. 3.31 : Gain simulé de l'antenne optimisée.

## 7. Conclusion

La conception des antennes cornet double Ridge, qui possèdent des géométries complexes, nécessite des études approfondies à la fois théoriques et numériques. Pour optimiser leurs structures selon les paramètres souhaités et gagner du temps, l'utilisation d'un logiciel adapté pour la conception et la caractérisation des antennes est une étape essentielle. Dans ce chapitre, nous avons présenté une antenne cornet double Ridge large bande, fonctionnant dans la plage de fréquences de 2 GHz à 18 GHz. L'antenne a été conçue en utilisant le logiciel CST Studio. Une étude paramétrique a été effectuée pour explorer le rôle et les effets des différents paramètres, afin de mieux les comprendre et de les mettre en évidence, en vue de les optimiser et d'obtenir une structure finale efficace. Les résultats présentés incluent les caractéristiques clés de l'antenne, telles que le coefficient de réflexion, le diagramme de rayonnement, le gain et le taux d'onde stationnaire (TOS). Ces résultats fournissent une compréhension approfondie de la performance de l'antenne.

## Conclusion Générale

Notre objectif principal de ce mémoire est la simulation, étude et la conception d'antennes cornet double Ridge pour des applications dans les chambres anéchoïques dans une bande passante de 2 GHz à 18 GHz. Après avoir donné un aperçu des antennes et des chambres anéchoïques, nous avons ensuite présenté des généralités sur l'antenne cornet double Ridge ainsi que sa modélisation et ces dimensions principales, pour nous aider à la conception et l'étude approfondie. En premier lieu, une étude paramétrique approfondie a été réalisée pour analyser le rôle et les effets des différents paramètres afin de les optimiser et d'aboutir à une structure finale performante. Grâce à cette démarche, nous avons réussi à atteindre notre objectif en concevant une antenne cornet double Ridge adaptée qui fonctionne sur une large bande de fréquences, allant de 2 à 18 GHz. Les résultats de simulation obtenus avec CST ont démontré que les caractéristiques d'antenne conçue, telles que la bande passante, le gain et le diagramme de rayonnement, et le VSWR répondent aux exigences fixées pour notre objectif. Ces résultats mettent également en évidence l'importance d'utiliser un logiciel adapté pour la conception et la caractérisation des antennes, afin de gagner du temps et d'optimiser la structure selon les paramètres souhaités.

Dans les futurs travaux, la fabrication du prototype de cette antenne est nécessaire pour tester et valider les résultats de simulation.

## Références bibliographiques

- [1] Sarjoghian, S., Alfadhl, Y., Chen, X., Parini, C. G. “3-D-printed high-dielectric materials-filled pyramidal double-ridged horn antenna for abdominal fat measurement system”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 69(1), pp. 64-73, 2020.
- [2] Hoel, K. V., Ignatenko, M., Kristoffersen, S., Lier, E., & Filipovic, D. S., “3-D printed monolithic GRIN dielectric-loaded double-ridged horn antennas”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 68(1), pp. 533-539, 2019.
- [3] He, Y., Zhao, X., Zhao, L., Fan, Z., Wang, J. K., Zhang, L., ... & Wu, W. J., “Design of Broadband Double-Ridge Horn Antenna for Millimeter-Wave Applications”, IEEE Access, 9, pp. 118919-118926, 2021.
- [4] Latif, S. I., Flores-Tapia, D., Pistorius, S., Shafai, L., “Design and performance analysis of the miniaturised water-filled double-ridged horn antenna for active microwave imaging applications”, IET Microwaves, Antennas & Propagation, 9 (11), pp. 1173-1178, 2015.
- [5] Morgan, M. A., & Boyd, T. A., “A 10–100-GHz double-ridged horn antenna and coax launcher”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 63(8), pp. 3417-3422, 2015.
- [6] Rodriguez, V., “An open-boundary quad-ridged guide horn antenna for use as a source in antenna pattern measurement anechoic chambers”, IEEE Antennas and Propagation Magazine, 48 (2), pp. 157-160, 2006.
- [7] Niang, A. "Antennes miniatures et structures électromagnétiques à circuits non-Foster", thèse de doctorat, université Paris-Saclay, 2017.
- [8] Bahloul, M. S. "Etude et conception de réseaux d'antennes imprimées larges bandes à polarisation diverse par l'utilisation d'architectures log périodiques," Thèse de doctorat en sciences, Université Abou bakr Belkaïd – Tlemcen, 2017.
- [9] Balanis, C. A. "Antenna Theory, analysis and design," New York, John Wiley & Sons, Inc. 1997.
- [10] Picon, O. "Les Antennes : Théorie, Conception et Application," Dunod, Paris. 2009.
- [11] <https://dbvib-ingenierie.com/produit/chambre-anechoique-semi-anechoique/> consulté le 20/04/2023.
- [12] Hall, E. H, Greenough, C. N et Bridgeman, P. W., “Wallace clement ware sabine”. Sciences, 49(1267), 347–350, 1919.

- [13] Ben Tahar, L. M. R. Islam, and M. A. G. Mostafa, "Electromagnetic shielding effectiveness of anechoic chamber wall: experimental and numerical analysis," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 26 (4), pp. 551-562, 2012.
- [14] Odile, P., "Les antennes Théorie, Conception et Application," Dunod, Paris, 2009.
- [15] <https://www.elliptika.com/fr/> consulté le 15/05/2023.
- [16] Ameziane, D., "Etude Et Optimisation D'antennes Fractales Plaquées," Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 2008.
- [17] [https://www.ramayes.com/Horn\\_Antennas.htm](https://www.ramayes.com/Horn_Antennas.htm), consulté le 05/05/2023.
- [18] Hiroaki, K., "Introduction to Antenna Analysis Using EM Simulation," John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [19] Mallahzadeh, A. R., Imani, A., "Double-ridged antenna for wideband applications." *Progress in Electromagnetics Research*, 91, pp. 273-285, 2009.
- [20] Jacobs, B., J. W. Odendaal, J. Joubert, "An Improved Design for a 1–18 GHz Double-Ridged Guide Horn Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 60 (9), pp. 4110-4118, Sep. 2012.
- [21] Abbas-Azimi, M., F. Arazm, J. Rashed-Mohassel, and R. Faraji-Dana, "Design and Optimization of a New 1–18 GHz Double Ridged Guide Horn Antenna," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 21 (4), pp. 501-516, 2007.
- [22] Bruns, C., Leuchtmann, P., Vahldieck, R. "Analysis and simulation of a 1-18-GHz broadband double-ridged horn antenna", *IEEE Transactions on electromagnetic compatibility*, 45(1), pp. 55-60, 2003
- [23] <https://www.manomano.fr/p/connecteur-sma-embase-femelle-verticale-50-a-tru-components-1-pcs-9721272> consulté le 12/05/2023.

## ملخص

تركز هذه الدراسة البحثية على دراسة وتصميم هوائي بوق مزدوج يعمل في نطاق تردد من 2 إلى 18 جيجا هرتز، مع تطبيقات محددة في غرفة عديمة الصدى. للحصول على هوائي أكثر كفاءة، قمنا بفحص العديد من المعايير التي لها تأثير كبير على أدائه. استخدمنا برنامجين، CST Microwave Studio و Antenna-Magus، لتسهيل التصميم. بفضل هذه الأدوات، تمكنا من تصميم هوائي يلبي متطلباتنا، ويقدم أداءً ممتازًا. على نطاق التردد بأكمله من 2 إلى 18 ميغاهرتز.

**الكلمات المفتاحية:** هوائي بوق مزدوج، غرفة عديمة الصدى، CST، نطاق التردد من 2 إلى 18 جيجا هرتز

## Résumé

Cette étude de recherche se concentre sur l'étude et la conception d'une antenne cornet double Ridge fonctionnant dans la plage de fréquence de 2 GHz à 18 GHz, avec des applications spécifiques dans une chambre anéchoïque. Pour obtenir une antenne plus performante, nous avons examiné plusieurs paramètres qui ont une grande influence sur ses performances. Nous avons utilisé deux logiciels, CST Microwave Studio et Antenna-Magus, pour faciliter la conception. Grâce à ces outils, nous avons pu concevoir une antenne répondant à nos exigences, offrant d'excellentes performances sur toute la plage de fréquence 2 à 18 GHz.

**Mots clés :** Antenne cornet double Ridge, chambre anéchoïque, CST, la plage de fréquence 2 GHz à 18 GHz.

## Abstract

This research study focuses on the study and design of a double ridge horn antenna operating in the frequency range of 2 to 18 GHz, with specific applications in an anechoic chamber. To achieve a more high-performance antenna, we examined several parameters that significantly influence its performance. We used two software programs, CST Microwave Studio and Antenna-Magus, to facilitate the design process. Through these tools, we were able to design an antenna that meets our requirements, offering excellent performance over a wide frequency range, from 2 to 18 GHz.

**Keywords:** Double ridge horn antenna, anechoic chamber, CST, frequency range 2 to 18GHz.