



MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière: Télécommunications

Spécialité: Systèmes des télécommunications

par

BENESSALAH HAYAT

KRIRI FATIMA ZAHRA

Etude et simulation des antennes PLASMA

Soutenu le /09/ 2021 devantle jury composé de :

Président : ABAD AMEL

Professeur

Université de Mostaganem

Examineur : BENCHELLAL AMEL

Professeur

Université de Mostaganem

Rapporteur : .Dr.HENNI.SIDAHMED

MCA

Université de Mostaganem

Remerciement

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

En tout premier lieu, nous remercions vivement nos encadreur monsieur HENNI SID AHMED, pour leur disponibilité, ses précieux conseils ,et pour nous à donné beaucoup d'aides sur le logiciel CST, leurs soutien moral et scientifique nous a permis de mener à terme ce travail.

Nous souhaitons également remercier toute l'équipe pédagogique du département électrique.

Nos vifs remerciements vont aussi à nos enseignants qui ont fait de leurs mieux pour nous donner une formation universitaire solide qui nous a permis de préparer ce modeste mémoire, qui nous sera très utile pour notre avenir professionnel. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre mémoire en acceptant d'examiner notre travail.

Nous voudrions remercier nos familles qui nos encouragées dans la poursuite de notre travail de mémoire.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A nos très chers parents avec toutes nos gratitudees pour toutes ces années de Sacrifices et d'encouragement.

A nos frères et sœurs et toutes nos familles.

A tous les amis.

A tous ceux que nous aimons... Nous dédions ce travail.

HAYAT/FATIMA

Sommaire

Liste des figures.....	6
Liste des tableaux	10
Liste des symboles.....	11
Liste des abréviations	12
Résumé :	13
Introduction générale :	1
Chapitre I _Généralité sur Plasma	1
I.1. Introduction de plasma :	3
I.2. Plasma dans la nature	3
I.3. Généralités sur les ondes dans les plasmas dilués homogènes :	3
I.4. Classification des plasmas :	4
I.5. Exemple de plasmas dans la nature :	4
I.6. Le plasma dans l'espace :	4
I.6.1. Plasmas terrestres :	5
I.6.2. Plasmas artificiels :	5
I.7. Production de plasma :	5
I.7.1. Photoionisation :	5
I.7.2. Décharge électrique :	6
I.8. Propriétés :	6
I.9. Paramètre :	6
I.9.1. L'approximation du plasma :	6
I.9.2. Interaction en vrac :	6
I.9.3. Fréquence du plasma :	7
I.9.4. Degré d'ionisation :	7
I.10. Équations de Maxwell dans le plasma:	7
I.11. Modèle plasma :	8
I.12. Antenne plasma :	8
I.13. Conclusion :	10
Chapitre II __Principes fondamentaux des antennes	11
II.1. Introduction :	11
II.2. Les antennes :	11

II.2.1.	L'antenne d'émission :	11
II.2.2.	L'antenne de réception :	11
II.2.3.	L'antenne isotrope :	12
II.3.	Caractéristiques des antennes :	12
II.3.1.	Bande passante et facteur de qualité :	12
II.3.2.	Impédance d'entrée :	14
II.3.3.	Le rapport d'onde stationnaire (ROS) :	14
II.3.4.	Le coefficient de réflexion (S_{11}) :	14
II.3.5.	Directivité :	15
II.3.6.	Gain de l'antenne :	15
II.3.7.	Efficacité de rayonnement :	16
II.3.8.	Diagramme de rayonnement :	16
II.3.9.	Les Régions du champ :	17
II.4.	Types d'antennes :	18
II.4.1.	Antennes filaires :	18
II.4.2.	Antennes plasma :	19
II.5.	Conclusion :	21
Chapitre III	Simulation d'antenne plasma par logiciel CST	22
III.1.	Introduction :	22
III.2.	Présentation de l'outil de simulation CST :	22
III.2.1.	Description du logiciel de simulation CST Studio Suite :	22
III.3.	Définition de dipôle :	22
III.4.	Antenne simple :	23
III.5.	Dipôle avec tube plasma :	25
III.5.1.	Un tube Plasma off :	25
III.5.2.	Un tube Plasma on :	28
III.6.	Tout le tube plasmas off :	40
III.7.	Tous les tube plasma on :	43
III.8.	Trois tube plasma off et les autres on :	46
III.9.	Dipôle avec tube plasma off et le prochain on :	49
III.10.	Dipôle avec trois tube plasma on et les autres off :	52
III.11.	Conclusion :	57
Conclusion générale		58
Bibliographies:		59

Liste des figures

Figure 1: Photographies des parties basses de l'antenne plasma fabriquée.	9
Figure 2: Photo de l'antenne plasma dans la base compacte SATIMO (H rayonnante = 77 mm).	10
Figure 3: Rayonnement d'une antenne isotrope.	12
Figure 4: Bande passante et coefficient de réflexion 13	13
Figure 5 : Diagramme de rayonnement classique d'une antenne directive.	17
Figure 6 : Régions du champ d'une antenne.	18
Figure 7: Antenne dipôle, circulaire, hélice 19	19
Figure 8: Dipôles verticaux d'un émetteur FM 19	19
Figure 9: Antenne plasma fabriquée. 20	20
Figure 10: Système de couplage. (a) Vue de coupe. (b) Vue de dessous. 20	20
Figure 11: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) 23	23
Figure 12: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) 23	23
Figure 13: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) 24	24
Figure 14: Production et émission des ondes électromagnétique dans de dipôle 24	24
Figure 15: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques 24	24
Figure 16: Les cordonnés polaires de Farfield directivité.(A): Farfield directivité Abs (Theta=90),(B): Farfield directivité Abs (Phi=90) 25	25
Figure 17: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) 26	26
Figure 18: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) 26	26
Figure 19: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) 26	26
Figure 20: Production et émission des ondes électromagnétique dans cas de dipôle et un tube plasma éteint..... 27	27
Figure 21: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma éteint 27	27
Figure 22: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma éteint. (A): Farfield directivité Abs (Theta=90),(B): Farfield directivité Abs (Phi=0) 28	28
Figure 23: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm 28	28
Figure 24: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm 29	29
Figure 25: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm 29	29
Figure 26: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 20mm 30	30
Figure 27: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 20mm 30	30
Figure 28: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma allumé et rayon de 20mm (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0) 31	31
Figure 29: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 12mm 31	31
Figure 30: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm 32	32

Figure 31: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 12mm	32
Figure 32: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm	33
Figure 33: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 12mm	33
Figure34: Les cordonné polaires de directivité dans cas plasma allumé et rayon de 12mm(A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)	34
Figure 35: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$	34
Figure 36: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$	35
Figure 37: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$	35
Figure 38: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$	36
Figure 39: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$	36
Figure 40: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$ (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)	37
Figure 41: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$	37
Figure 42: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$	38
Figure 43: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$	38
Figure 44: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$	39
Figure 45: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$	39
Figure 46: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$ (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)	40
Figure 47: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints.....	40
Figure 48: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints	41
Figure 49: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints	41
Figure 50: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas éteints ...	42
Figure 51: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas éteints	42
Figure 52: Les cordonné polaires des Fairfield gain et directivité dans cas de 8 plasma éteints (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)	43
Figure 53: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés	43

Figure 54: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés	44
Figure 55: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés	44
Figure 56: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas allumés	45
Figure 57: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas allumés	45
Figure 58: Les cordonné polaires de directivité dans cas de 8 plasmas allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)	46
Figure 59: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés	46
Figure 60: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés	47
Figure 61: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés	47
Figure 62: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés	48
Figure 63: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois plasmas éteints et les autres allumés	48
Figure 64: Les cordonné polaires de directivité dans cas de trois plasmas éteints et les autres allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)	49
Figure 65: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés	49
Figure 66: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés	50
Figure 67: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés	50
Figure 68: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés	51
Figure 69: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de tube plasma éteints et le prochain allumés	51
Figure 70: Les cordonné polaires de Farfield directivité dans cas de tube plasma éteints et la prochainone allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)	52
Figure 71: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas trois tube plasma allumés et les autres éteints	52
Figure 72: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints	53
Figure 73: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints	53
Figure 74: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas des trois tube plasma allumés et les autres éteints	54
Figure 75: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints	54

Figure 76: Les cordonné polaires des Fairfield directivité dans cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90) 55

Liste des tableaux

Tableau 1:Les résultats des simulations des tous les cas 55

Liste des symboles

Φ : Angle phi

Θ : Angle thêta

λ : Longueur d'onde

ω : La pulsation

E : Champs électrique

B : Champs magnétique

α : Degré d'ionisation

e : Electrons

m : La masse

μ_0 : Perméabilité dans le vide

rot: Rotationnelle

div : Divergence

Q : Facteur de qualité

R : La résistance.

X : La réactance

L : Inductance

C : Condensateur

Λ : Paramètre de plasma

S_{11} : Le coefficient de réflexion de l'antenne

Z_c : Impédance caractéristique

$D(\theta, \varphi)$: La directivité

$P(\theta, \varphi)$: La puissance rayonnée

$G(\theta, \varphi)$: Le gain

P_0 : La densité de puissance rayonnée moyenne (W/m²) de l'antenne isotrope

n_e : Nombre des électrons

n_i : Nombre des ions

Liste des abréviations

2D : deux dimensions

3D : trois dimensions

GPS : système de localisation mondial

FIT : technique d'intégration finie

FTR : Réacteur d'essai de fusion

EM : Électromagnétique

ROS : Le rapport d'ondes stationnaires

VSWR : Le rapport d'onde stationnaire de la tension

CFLs : Les tubes fluorescents connecteur

SMA : SubMiniature version A

FM : Modulation de fréquence

BW : La bande passante

f_{Res} : Fréquence de résonance

Onde TEM : Onde transversale électromagnétique

AC : courant alternative

Résumé :

Le but de ce travail est d'étudier les caractéristiques d'une antenne plasma afin d'améliorer ses performances à l'aide du logiciel commercial "Computer simulation technology CST". Pour ce faire, on part d'une simple antenne (dipôle) puis on étudie une antenne plasma qui est constituée d'un ensemble de tubes remplis d'un plasma d'argon. Pour chaque étude, nous modifions le nombre de ces tubes et leurs paramètres et comparons leurs performances au dipôle métallique de référence. Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques de l'antenne sont affectées par le changement de leurs paramètres. Il en résulte une augmentation ou une diminution du gain et de la directivité de cette antenne. La meilleure configuration obtenue est celle constituée de trois tubes plasma éteints et cinq autres allumés ce qui conduit à de bonnes performances et efficacité.

Mots clés : Antenne plasma - dipôle - gain - directivité - efficacité.

Abstract:

The aim of this work is to investigate the characteristics of a plasma antenna in order to improve its performance using the commercial software "Computer simulation technology CST". To do this, we start with a simple antenna (dipole) and then we study a plasma antenna which consists of a set of tubes filled with argon plasma. For each study, we change the number of these tubes and their parameters and comparing their performances to the reference metal dipole. The obtained results show that the characteristics of the antenna are affected by the change in their parameters. These results lead to an increase or decrease in the gain and the directivity of this antenna. The best configuration obtained is that consisted of three plasma tubes turned off and five others turned on which leads to good performance and efficiency.

Keywords: Plasma antenna - dipole - gain - directivity – efficiency.

ملخص:

" الهدف من هذا العمل هو دراسة خصائص هوائي البلازما لتحسين أدائه باستخدام البرنامج التجاري تقنية المحاكاة الكمبيوتر CST. للقيام بذلك نبدأ بهواء بسيط (ثنائي القطب) ثم ندرس هوائي بلازما يتكون من مجموعة أنابيب مملوءة بالبلازما أرجوان لكل دراسة نقوم بتغيير عدد هذه الأنابيب ومعاييرها ومقارنة أدائها مع ثنائي القطب المعدني المرجعي، تظهر النتائج المتحصل عليها أن خصائص الهوائي تتأثر بتغيير في معاملتها وتؤدي هذه النتائج إلى الزيادة أو النقصان في كسب اتجاهية هذا الهوائي أفضل تكوين تم الحصول عليه هو

لكل دراسة ، نقوم نالأرجوا المملوءة .خمسة. أخرى قيد التشغيل مما يؤدي إلى أداء وكفاءة جيدة

كفاءة. - اتجاهية -كسب -ثنائي القطب -الكلمات المفتاحية: هوائي بلازما

Introduction générale

Introduction générale :

Les communications se sont considérablement développées ces dernières années, et ont connu une vive concurrence entre les entreprises spécialisées dans ce domaine, et des scènes de développement dans ce domaine, le passage des communications filaires aux communications sans fil, cette dernière a constitué un saut qualitatif dans le domaine des communications, et le facteur qui a conduit à l'adoption de cette technologie est que les antennes ont évolué, nous traversons donc à peine une zone sans avoir plusieurs antennes, même dans nos appareils mobiles et nos voitures.

Les antennes jouent un rôle majeur dans la transmission et la réception d'informations sous forme d'ondes électromagnétiques, et leur type change en fonction de l'application, de la fréquence et de la source d'information. Par conséquent, on trouve de nombreuses antennes, notamment :

- Antennes filaires (dipôle, monopôle, yagi).
- Antennes à ouverture (demi ou quart d'onde).
- Antennes maigres (planaires).
- Antennes à fente (cornet).
- Antennes réfléchissantes (paraboloïdes).

Le dernier de ces types est l'antenne plasma, qui s'est avérée très efficace pour transmettre et recevoir des informations, et cette antenne fait l'objet de cette mémoire dans laquelle nous parlerons d'étudier et d'analyser les performances de l'antenne plasma à l'aide d'un simulateur CST. Ont divisé cette mémoire en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons traité de la question du plasma et de sa présence dans la nature et de la façon dont il affecte et est affecté par les ondes électromagnétiques et les propriétés qui le distinguent des autres formes de matière.

Dans le deuxième chapitre, nous avons discuté du rôle des antennes, de leurs caractéristiques et de leurs types. Nous avons essayé d'expliquer certaines des antennes avec lesquelles nous avons travaillé dans l'aspect d'application du mémoire.

Introduction générale

Dans le troisième chapitre, nous avons proposé une antenne dipôle et dix antennes plasma qui diffèrent par le nombre de tubes à plasma, le diamètre de chaque tube et sa distance au dipôle, puis nous avons simulé chaque type séparément dans un simulateur CST pour connaître les performances et l'efficacité de chacun d'eux.

Nous avons conclu cette mémoire par une conclusion générale, dans laquelle nous avons mentionné le résultat de la simulation, l'efficacité de cette antenne et les avantages qu'elle a ajoutés dans le domaine des communications sans fil.





Chapitre I

Généralité sur Plasma



I.1. Introduction de plasma :

Le plasma est le quatrième état d'une substance naturelle, il diffère des matériaux cibles par une permittivité et une perméabilité négatives, en effet, le plasma conserve une perméabilité positive alors que sa perméabilité est négative, c'est la caractéristique principale des plasmas qui intéresse la conception des antennes.

En général, le plasma se comporte comme un matériau conducteur et cette propriété peut disparaître lorsque le plasma n'est plus excité, le ré échantillonnage plasma a été utilisé dans ce travail pour concevoir les antennes, la propriété conductrice/non conductrice du plasma est contrôlée électriquement et le plasma est utilisé comme élément rayonnant, réfléchissant ou absorbant.

Dans certains cas, le plasma peut remplacer utilement les substances métalliques[1].

I.2. Plasma dans la nature

Le terme plasma est souvent désigné comme le quatrième état de la matière.

À mesure que la température augmente, les molécules deviennent plus énergétiques et transforment l'état de la matière dans l'ordre suivant : solide, liquide, gaz et plasma, dans les derniers stades, les molécules du gaz se dissocient pour former un gaz d'atomes, puis un gaz de particules chargées se déplaçant librement, électrons et ions positifs, cet état est appelé état de plasma, terme attribué à Langmuir pour décrire la région d'une décharge qui n'était pas influencée par les parois et/ou les électrodes.

Il est caractérisé par un mélange d'électrons, d'ions et de particules neutres se déplaçant dans des directions aléatoires qui, en moyenne, est électriquement neutre, on trouve ce

forme de matière dans les flammes de haute température et la foudre[2]. ***I.3. Généralités sur les ondes dans les plasmas dilués homogènes :***

Les ondes occupent une place centrale dans l'étude des plasmas.

D'une part pour ce qui concerne la dynamique du plasma, puisque ce sont elles qui permettent le transport d'information, d'impulsion ou d'énergie entre les particules, et par exemple l'étude des instabilités, des phénomènes de transport ou de la turbulence passe par une compréhension des modes pouvant s'y propager.

D'autre part, la transmission d'informations entre un émetteur et un récepteur à travers un plasma est permise par les ondes, et c'est par exemple ainsi que la réflexion de certaines ondes radio sur le plasma ionosphérique permet leur propagation sur de grandes distances, ou que les signaux GPS sont retardés en traversant l'ionosphère, etc [3].

1.4. Classification des plasmas :

Selon le degré d'ionisation du plasma, on distingue les plasmas entièrement ionisés, faiblement ionisés et partiellement ionisés, dans un plasma totalement ionisé, supposé avoir une ionisation de 100 % du gaz plasmatique, les collisions de Coulomb jouent un rôle important par rapport aux interactions binaires, dans les plasmas faiblement ionisés, les interactions binaires dominent les collisions de Coulomb, dans les plasmas partiellement ionisés, les interactions binaires et les interactions de Coulomb ont une force comparable [4].

1.5. Exemple de plasmas dans la nature :

Bien que le plasma naturel soit rare sur terre, c'est la forme de matière la plus abondante dans l'univers.

1.6. Le plasma dans l'espace :

Les étoiles les corons, le vent solaire, les pouponnières d'étoiles, les nébuleuses interstellaires, les champs magnétiques de nombreuses planètes, les milieux interplanétaires, interstellaires et intergalactiques Les disques d'accrétion et les jets des disques d'accrétion des trous noirs le soleil existe dans un état de plasma à 99,85 %,le Soleil est une boule de plasma de 1,5 million de kilomètres chauffée par la fusion nucléaire.

L'espace n'est pas un vide, il est en fait rempli de plasma qui conduit nos signaux d'ondes électromagnétiques.

Notre univers est composé à 99,9% de plasma [4].

1.6.1. Plasmas terrestres :

On le trouve dans le feu, la foudre en boule de plasma magnétosphérique, les aurores boréales, les éclairs de vent et la haute atmosphère [4].

I.6.2. Plasmas artificiels :

Le plasma que nous trouvons dans les écrans, y compris les écrans de télévision, les lampes fluorescentes d'intérieur, les enseignes au néon, les gaz d'échappement des missiles et les impulsions ioniques est la zone devant le bouclier thermique.

La vaisseau spatial, qui a un espace au premier plan lorsqu'il pénètre dans l'atmosphère, La zone électrique d'une lampe à arc, d'une machine à souder à l'arc ou d'une boule de plasma avec une torche à plasma, arcs produits par les bobines Tesla, le plasma est utilisé dans la fabrication de dispositifs à plasma à semi-conducteurs produits au laser qui utilisent une étincelle électrique dans un réacteur d'essai de fusion(FTR) pour produire une énergie de fusion thermonucléaire contrôlée [4].

I.7. Production de plasma :

Un plasma peut être produit en augmentant la température d'une substance jusqu'à l'obtention d'une fraction d'ionisation raisonnablement élevée.

Dans des conditions d'équilibre thermodynamique, le degré d'ionisation et la température des électrons sont étroitement liés, les plasmas peuvent également être générés par des processus d'ionisation qui élèvent le degré d'ionisation bien au-delà de sa valeur d'équilibre thermique, il existe de nombreuses méthodes différentes pour créer des plasmas en laboratoire, les processus les plus connus sont la photoionisation et la décharge électrique dans les gaz [5].

I.7.1. Photoionisation :

Dans ce processus, l'ionisation se produit par absorption de photons incidents dont l'énergie est égale ou supérieure au potentiel d'ionisation de l'atome absorbant.

L'énergie excédentaire du photon est transformée en énergie cinétique de la paire électron-ion formée. L'ionisation peut également être produite par des rayons X ou des rayons gamma, qui ont des longueurs d'onde beaucoup plus petites, l'ionosphère de la Terre, par exemple, est un plasma naturel photoionisé [5].

I.7.2. Décharge électrique :

Dans une décharge gazeuse, un champ électrique est appliqué à travers le gaz ionisé, ce qui accélère les électrons libres à des énergies suffisamment élevées pour ioniser d'autres atomes par collisions [5].

I.8. Propriétés :

Le plasma est un état de la matière dans lequel une substance gazeuse ionisée devient hautement conductrice d'électricité au point que les champs électriques et magnétiques à longue portée dominent le comportement de la matière.

On peut opposer l'état de plasma aux autres états : solide, liquide et gazeux, le plasma est un milieu électriquement neutre composé de particules positives et négatives non liées, les particules chargées en mouvement génèrent un courant électrique dans un champ magnétique, et tout mouvement d'une particule de plasma chargée affecte et est affecté par les champs créés par les autres charges.

À son tour, cela régit le comportement collectif avec de nombreux degrés de variation [4].

I.9. Paramètre :

Quatre facteurs définissent un plasma. Ce sont :

I.9.1. L'approximation du plasma :

L'approximation du plasma est valable lorsque le nombre d'électrons dans la sphère d'influence appelée sphère de Debye dont le rayon est la longueur de Debye d'une particule particulière est grand, le nombre moyen de particules dans la sphère de Debye est donné par le paramètre de plasma Λ [4].

I.9.2. Interaction en vrac :

La longueur d'écran de Debye est courte par rapport à la taille physique du plasma.

Ce critère signifie que les interactions dans la masse du plasma sont plus importantes que celles sur ses bords, où des effets de frontière peuvent avoir lieu [4].

I.9.3. Fréquence du plasma :

La fréquence du plasma des électrons (mesure des oscillations du plasma des électrons) est grande par rapport à la fréquence de collision électron-neutre (mesure de la fréquence des collisions entre électrons et particules neutres) [4].

I.9.4. Degré d'ionisation :

Le degré d'ionisation d'un plasma est la proportion d'atomes qui ont perdu ou gagné des électrons, et est contrôlé par les températures des électrons et des ions et les fréquences de collision électron-ion vs électron-neutre.

Le degré d'ionisation α est défini comme, $\alpha = n_{ion}/n_{total}$, (n_{ion} est la densité de nombre d'ions et n_{total} est la densité de nombre d'atomes neutres) [5]. ***1.10. Équations de Maxwell dans le plasma:***

L'ionosphère est la partie de la haute atmosphère où les gaz sont ionisés par le rayonnement cosmique et par le vent solaire : C'est un exemple de plasma.

Dans le vide, on peut avoir des ondes de lumière, les ondes radio, infra rouge, ultraviolet, X et gamma sont de même nature, mais correspondent à des ordres de grandeur de fréquence et de longueur d'onde très différents, dans un gaz, on peut propager des ondes de lumière, à une vitesse généralement inférieure à "c".

On peut aussi avoir des ondes sonores.

Les ondes sonores propagent une variation de pression du gaz, dans un plasma, beaucoup d'ondes de nature différentes peuvent se propager, du fait qu'un plasma combine les effets électromagnétiques aux mouvements des particules, en général, tout interagit, et la nature des ondes est en général plus compliquée que dans le vide ou dans les gaz neutres, l'équation du mouvement d'un électron est:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E} - e\vec{v} \wedge \vec{B} \quad (1.1)$$

En admettant que (comme pour une onde dans le vide), $B/E=1/c$ on voit que, tant que les ions ne sont pas relativistes :

$$\| e \vec{v} \wedge \vec{B} \| \ll eE \quad (1.2)$$

On pourra ainsi négliger la force magnétique vis-à-vis de la force électrique pour étudier le mouvement des électrons:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E} \quad (1.3)$$

Les équations de Maxwell s'écrivent, en notant que la densité volumique de charges est nulle:[6]

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{E} &= 0 \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \operatorname{rot} \vec{B} &= \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \end{aligned} \quad \text{avec} \quad \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} = -ne \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \frac{ne^2}{m} \vec{E} \quad (1.4)$$

1.11. Modèle plasma :

Comme mentionné précédemment, il existe deux types de plasma qui sont le plasma sans collision et le plasma de collision. Dans ce travail de recherche, le plasma a été modélisé comme un plasma froid basé sur le modèle Drude. L'effet de la collision électronique est lié au modèle. Le modèle a été développé pour représenter une source de plasma disponible dans le commerce utilisé dans des activités expérimentales. On pense que la source de plasma contient de l'argon à basse pression et de la vapeur de mercure encapsulée dans un tube en verre pyrex. Le modèle a été développé dans le logiciel CST en supposant que le plasma isotrope a une densité uniforme dans toutes les directions [1].

1.12. Antenne plasma :

Comme les tubes fluorescents(CFLs) continuaient à être utilisés, ces travaux ont également porté sur les antennes à plasma. Dans ce cadre, deux antennes plasma ont été réalisées et leurs performances radio ont été évaluées à 450 et 900 MHz. Les prototypes ont été fabriqués à l'aide d'un tube fluorescent(CFLs) à feu électromagnétique avec une boucle en métal. Celui-ci transmet le signal du connecteur d'antenne au tube fluorescent. Le dispositif est représenté sur la figure(1), la figure (1, a) est une antenne plasma rayonnant H = 77 mm.

Une tige de cuivre de 17,5 mm relie le conducteur SMA à la virole métallique, comme indiqué sur la figure (1, b), il s'agit d'une antenne plasma avec un rayonnement $H = 35,7$ mm [1].

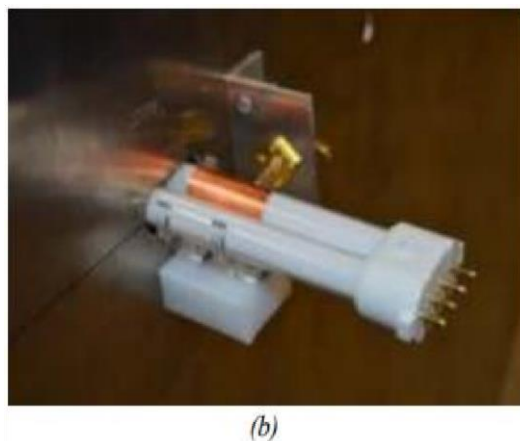
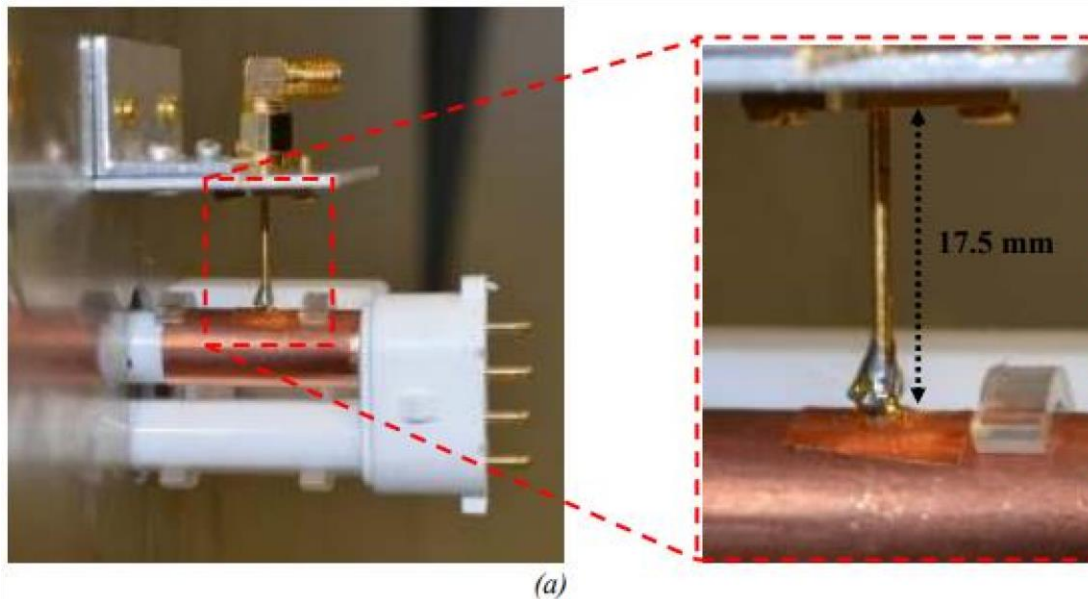


Figure 1: Photographies des parties basses de l'antenne plasma fabriquée. [1]

Sur la figure (2) sont présentées plusieurs photographies de l'antenne plasma lors des mesures dans la base compacte SATIMO, l'antenne est alors placée sur un support.

La figure (2b) montre l'antenne lorsque le plasma est ionisé [1].



Figure 2: Photo de l'antenne plasma dans la base compacte SATIMO (H rayonnante = 77 mm). [1]

Sur la base des mesures effectuées durant ces travaux, il est possible de conclure que les tubes fluorescents peuvent être utilisés comme éléments rayonnants. Des antennes plasma avec des hauteurs rayonnantes différentes ont été fabriquées et mesurées à 900 et 450 MHz. A 900 MHz, les deux antennes présentent des diagrammes différents entre les états éteints et allumés, ce qui démontre bien le fonctionnement. A l'inverse, à 450 MHz, seul le tube fluorescent avec la plus petite longueur rayonnante présente un meilleur rayonnement lorsqu'il est allumé. Ceci peut s'expliquer par la très faible distance qu'il existe entre l'alimentation AC du tube et la partie de couplage électromagnétique ce qui induit des perturbations dans le fonctionnement. Un rayonnement arrière important a été mesuré à 900 MHz pour ces antennes plasma en dépit de la présence d'un plan réflecteur [1].

1.13. Conclusion :

L'utilisation de milieux plasma est très intéressants dans les systèmes de communications, car ils présentent l'avantage de pouvoir être activés et désactivés en quelques millisecondes et donnent donc l'accès à une possibilité de reconfigurabilité.

Si l'état de l'art concernant la physique des plasmas est large, c'est beaucoup moins le cas concernant les plasmas utilisés comme réflecteurs ou comme antennes et particulièrement dans les bandes ISM.

En outre, les aspects validations expérimentales y sont encore moins décrits.

Chapitre II :

Principes fondamentaux des antennes

II.1. Introduction :

Les premières antennes sont apparues à la fin du XIXe siècle, à une époque où les travaux sur l'électromagnétisme connaissent un développement important.

Depuis, sa réalisation n'a cessé de se développer, d'abord grâce aux avancées scientifiques en électromagnétisme, puis sous la pression de nombreuses exigences technologiques dans divers domaines d'application, l'essor actuel des communications nécessite des innovations majeures dans la conception des systèmes et des antennes associées, dont les formes varient aujourd'hui fortement selon les utilisateurs : mobile, satellite, télévision, radio, identification, objets etc.

Malgré cette grande variété, les antennes partagent un spectre électromagnétique relativement large qui va des ondes radio aux fréquences micro-ondes, dans la conversion d'un signal dirigé en un signal rayonné [7].

II.2. Les antennes :

Les antennes sont utilisées pour communiquer, car les communications sur courtes distances sont moins utilisées en utilisant des câbles ou des guides d'ondes.

En radioélectricité, une antenne est probablement définie comme un élément passif qui permet le transfert d'énergie électrique à l'énergie électromagnétique ou vice-versa [8].

II.2.1. L'antenne d'émission :

Son rôle est de convertir l'énergie électromagnétique dirigée par un générateur en énergie rayonnante. En ce sens, c'est un transducteur [9].

II.2.2. L'antenne de réception :

Au contraire, la puissance rayonnée peut être captée par une antenne de réception.

En ce sens, l'antenne apparaît comme un capteur et un convertisseur de puissance rayonnée en énergie électromagnétique dirigée.

Les antennes présentent une propriété connue sous le nom de réciprocité, ce qui signifie que l'antenne peut être utilisée pour recevoir ou émettre avec les mêmes caractéristiques de rayonnement.

Donc, on peut dire que son processus est réciproque.

Étant donné que les antennes sont transformées de la même manière, il n'y aura pas de différence entre le rayonnement en émission ou en réception [9].

II.2.3. L'antenne isotrope :

Une antenne isotrope est une référence théorique impossible à atteindre, c'est-à-dire une antenne imaginaire ponctuelle qui rayonne la même densité de puissance dans toutes les directions, et est utilisée uniquement comme référence pour évaluer le gain.

Le rayonnement de cette antenne est donné dans la Figure (5) [8].

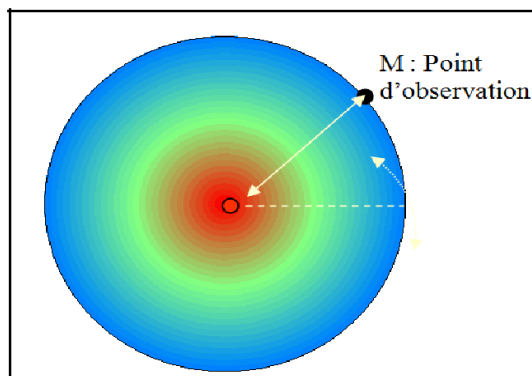


Figure 3: Rayonnement d'une antenne isotrope. [8]

II.3. Caractéristiques des antennes :

II.3.1. Bande passante et facteur de qualité :

La bande passante de l'antenne détermine la gamme de fréquences dans laquelle le rayonnement de l'antenne a les propriétés souhaitées.

C'est également la gamme de fréquences où le transfert d'énergie de la source d'alimentation à l'antenne est le plus important.

La plage de passage peut être définie en fonction du coefficient de réflexion, à condition que le diagramme de rayonnement ne change pas dans cette plage.

Pour connaître la bande passante de l'antenne par rapport au rayonnement, nous traçons le paramètre de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence.

Il est généralement admis que si ce paramètre est inférieur a -10 dB, la puissance de rayonnement est suffisante.

Il suffit alors de déterminer les valeurs de fréquence correspondant à cette valeur sur la courbe comme sur la figure (6) [11].

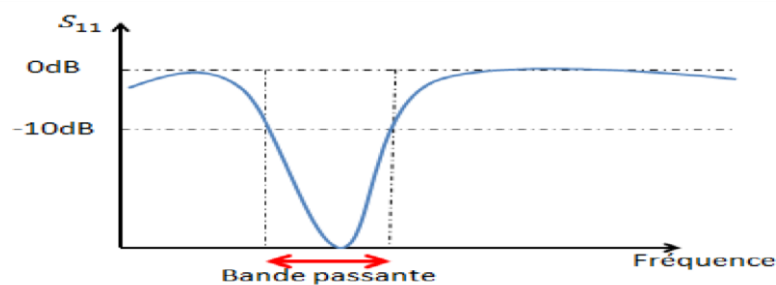


Figure 4: Bande passante et coefficient de réflexion [11]

D'un point de vue électrique, l'antenne peut être considérée comme un circuit résonant RLC.

La bande passante BW est liée au facteur de qualité Q du circuit RLC aux fréquences de résonance f_{Res} .

Le facteur de qualité représente la quantité de résistance présente pendant la résonance (pour un circuit résonant séquentiel comme indiqué dans l'équation).

$$Q = \frac{f_{Res}}{BW_{Res}} \Rightarrow \frac{1}{Q} = \frac{R_{ant}}{2\pi f L_{ant}} \quad (2.1)$$

L'antenne de haute qualité rayonne très efficacement à la fréquence de rayonnement sur une bande de fréquences étroite, ce qui peut limiter les interférences hors bande.

Cependant, si la bande passante est trop étroite, tout signal envoyé ou reçu près des extrémités de la bande de fréquence de fonctionnement sera atténué.

Une antenne avec un faible facteur de qualité est considérée comme large bande si la fréquence supérieure (f_2) est au moins le double de la fréquence inférieure (f_1) [11].

II.3.2. Impédance d'entrée :

Une antenne est généralement considérée comme un circuit résonant et sa fréquence de résonance est déterminée par la valeur de son inductance L et de sa capacité C associées à sa structure, sa taille et ses composants additifs.

La qualité adaptative de l'antenne est déterminée en donnant l'impédance d'entrée de l'antenne Z_{in} (généralement 50 ou 75 Ω) ou en donnant le niveau du coefficient de réflexion (Γ)

L'impédance complexe d'entrée de l'antenne est donnée par l'expression suivante :

$$Z_{in}(\omega) = R(\omega) + jX(\omega) \quad (2.2)$$

Avec :

- R : La résistance.

- X : La réactance.

- $\omega = 2\pi f$. [12]

II.3.3. Le rapport d'onde stationnaire (ROS) :

Le rapport d'ondes stationnaires ou **ROS** ainsi que le coefficient de réflexion reflète l'adaptation ou la non-concordance de l'impédance entre deux composants.

Lorsque l'adaptation n'est pas parfaite, une partie de l'onde réfléchi se superpose.

La vague descendante pour former une vague, c'est la vague stationnaire. Russes il est défini comme le rapport des valeurs de capacité maximale et minimale de l'onde stationnaire. En anglais, VSWR est le rapport d'onde stationnaire de la tension qui peut également être exprimé à partir du coefficient de réflexion par expression (2.3). [13]

$$ROS = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.3)$$

II.3.4. Le coefficient de réflexion (S_{11}) :

Le coefficient de réflexion de l'antenne est le rapport de l'amplitude des ondes entrantes aux ondes réfléchies.

Pour une antenne à résistance Z_{ant} , elle est reliée à la source par une ligne d'impédance caractéristique Z_C . Le coefficient de réflexion peut être défini comme :

$$S_{11} = \Gamma = \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \quad (2.4)$$

Avec : $Z_c = 500 \text{ohm}$

Le coefficient de réflexion est souvent exprimé en décibels (dB) et est noté S_{11} . Il est défini comme :

$$S_{11(\text{dB})} = 20 \log(S_{11}) \quad (2.5)$$

Le coefficient de réflexion permet de connaître la qualité de l'adaptation d'impédance.

En effet, plus son coefficient tend vers l'infini, plus l'antenne est adaptée.

Souvent, la fréquence de résonance de l'antenne est l'endroit où le coefficient de réflexion est faible [14].

II.3.5. Directivité :

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction donnée (θ, φ) est le rapport de la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ à la puissance rayonnée par une antenne isotrope sans perte. Selon cette définition, une antenne directionnelle forte permet une petite ouverture de rayonnement, et une antenne directionnelle faible permet une grande ouverture de rayonnement [15].

II.3.6. Gain de l'antenne :

Le gain $G(\theta, \varphi)$ d'une antenne unidirectionnelle (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ et la puissance rayonnée par une antenne isotrope avec les mêmes pertes. En général, le gain G correspond au gain dans la direction du rayonnement maximal $P(\theta_0, \varphi_0)$. Cette caractéristique détermine la capacité de l'antenne à focaliser la puissance rayonnée dans une direction spécifique.

On notera:

$P(\theta, \varphi)$: La densité de puissance moyenne rayonnée par l'antenne (W/m²).

P_0 : La densité de puissance rayonnée moyenne (W/m²) de l'antenne isotrope avec les mêmes pertes dans le cas d'étude. Le gain est alors donné par l'expression suivante : [15]

$$G(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P_0} \quad (2.6)$$

II.3.7. Efficacité de rayonnement :

Le rendement de rayonnement total, et de l'antenne est utilisé pour calculer les pertes à l'entrée e_t de l'antenne et dans sa structure.

Des pertes peuvent survenir du fait des réflexions dues à une mauvaise adaptation de l'antenne au circuit associé, mais aussi du fait des propriétés des matériaux isolants et conducteurs. e_t est donné par l'expression ci-dessous :

$$e_t = e_r + e_c + e_d \quad (2.7)$$

Lorsqu'il y a des rendements de non-concordance, des pertes de conduction et des pertes diélectriques respectivement.

Connaissant le gain et la directivité, on peut déduire l'efficacité de l'antenne testée à partir de la relation suivante : [15]

$$G(\theta, \varphi) = e_t \cdot D(\theta, \varphi) \quad (2.8)$$

II.3.8. Diagramme de rayonnement :

Les antennes sont rarement omnidirectionnelles et émettent ou reçoivent dans des directions privilégiées. Le diagramme de rayonnement représente les changements de la puissance rayonnée par l'antenne dans différentes directions de l'espace. Il indique les directions de l'espace (θ_0, φ_0) où la puissance rayonnée est maximale. Il est important de noter que le diagramme de rayonnement n'a de sens que si l'onde est sphérique. La fonction de rayonnement caractéristique (θ, φ) , qui varie entre 0 et 1 selon la direction, est tracée dans le diagramme de rayonnement. Ceci peut être représenté sous diverses formes (Figure 7). En général, le diagramme de rayonnement de l'antenne est représenté dans les plans horizontal ($\theta = 90^\circ$) et vertical ($\varphi = \text{constant}$), ou dans les plans E et H [16].

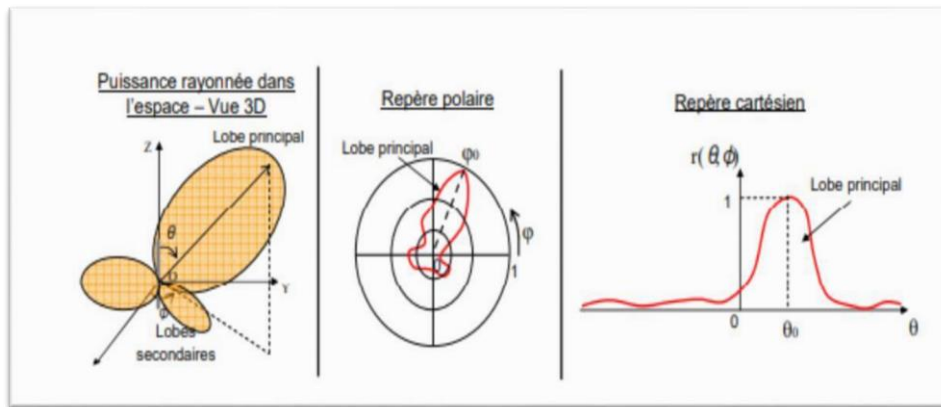


Figure 5 : Diagramme de rayonnement classique d'une antenne directive.[16]

II.3.9. Les Régions du champ :

L'espace autour de l'antenne est généralement divisé en trois régions :

Champ proche réactif : Aussi appelée région de Rayleigh, elle est définie comme la région directement autour de l'antenne où règne le champ réactif. Pour la majorité des antennes, cette région s'étend de la surface de l'antenne jusqu'à $R < 0,62 D (D^3/\lambda)^{1/2}$.

Où **D** est la dimension d'antenne la plus importante. La région de rayonnement en champ proche également appelée région de Fresnel est définie comme la région intermédiaire entre la région proche réactive et la région en champ lointain où le champ actif rayonnant prédomine.

Région de champ lointain : Elle s'appelle la région de Fraunhofer et est connue sous le nom de région.

Où une antenne dont la distribution angulaire du champ est essentiellement indépendante de la distance à l'antenne. Elle est généralement prise à une distance supérieure à. Si D est grand devant

$$p/|\gamma| R > |\gamma| D^2 / \lambda \quad (2.9) \lambda$$

Où est la constante de propagation du milieu. Dans cette région, les composantes de champ sont principalement transversales (TEM par rapport à la direction radiale) et la distribution angulaire est pratiquement indépendante de la distance radiale.

En savoir plus sur ce texte source vous devez indiquer le texte source pour obtenir des informations supplémentaires. [17]

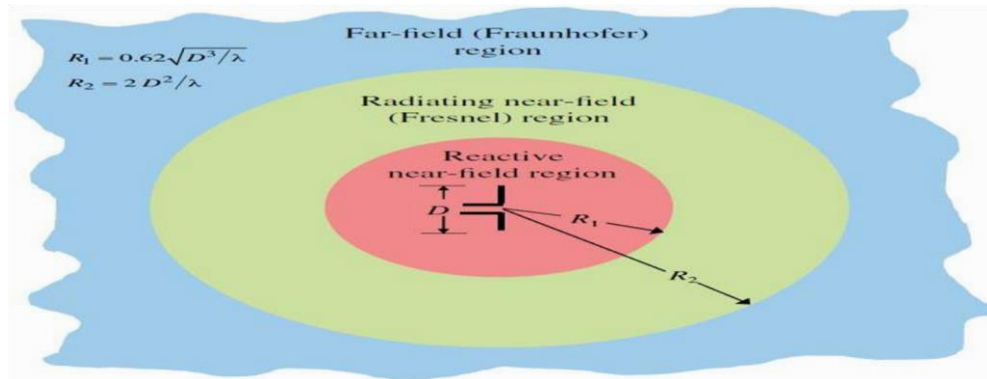


Figure 6 : Régions du champ d'une antenne.[16]

II.4. Types d'antennes :

Une antenne est dite idéale si elle rayonne toute la puissance qui lui est délivrée par la ligne de transmission, dans une ou plusieurs des directions souhaitées. En pratique, ces largeurs idéales ne peuvent pas être atteintes mais peuvent être approchées avec précision. Il existe une variété d'antennes et chaque type peut prendre une forme pour obtenir la caractéristique de rayonnement souhaitée pour une application particulière.

Nous verrons les grandes familles d'antennes à l'origine de toutes les structures rayonnantes :

- Antennes filaires (bipolaires, monopolaires, yagi).
- Antennes à ouverture (demi ou quart d'onde).
- Antennes collantes (planaires).
- Antennes à fente (cornet).
- Antennes réfléchissantes (paraboloïdes)[10].

II.4.1. Antennes filaires :

Ce sont les antennes les plus courantes puisqu'on les voit partout : sur les toits, les avions, les voitures...etc. Il existe une variété de formes : droite (bipolaire), en boucle :

Ovale rectangulaire, hélice...etc[10].

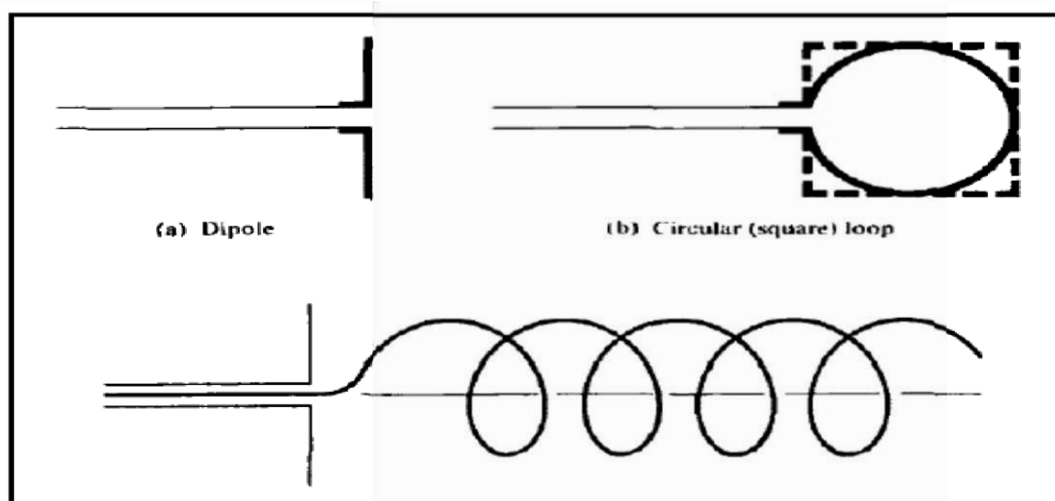


Figure 7: Antenne dipôle, circulaire, hélice[10]

Le dipôle est l'antenne standard dans les communications radio et est largement utilisé tel quel ou en combinaison avec d'autres conducteurs pour former une antenne Yagi.

La longueur totale du dipôle est d'une demi-longueur d'onde (Figure 8).



Figure 8: Dipôles verticaux d'un émetteur FM [10]

II.4.2. Antennes plasma :

Cette partie concerne la réalisation d'antennes à plasma utilisant un tube fluorescent comme élément rayonnant. Deux types d'antennes (monopole et dipôle) ont été réalisés (voir Figure 9) et leurs performances ont été évaluées sur plusieurs fréquences.



Figure 9: Antenne plasma fabriquée.[18]

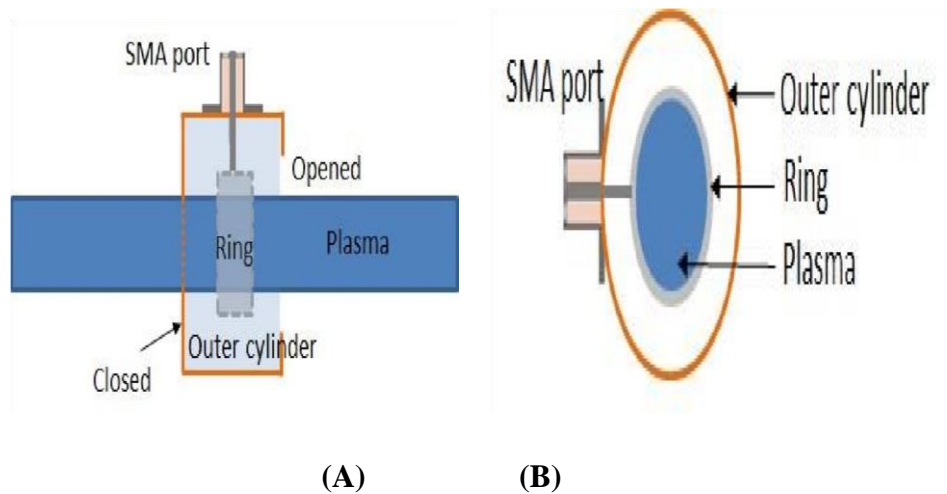


Figure 10: Système de couplage. (a) Vue de coupe. (b) Vue de dessous.[18]

Les antennes sont constituées d'un tube fluorescent électromagnétique couplé à un système d'excitation de Foucault. Ce dernier est constitué d'une bague entourant le tube et d'un cylindre entourant la bague. Le cylindre est fixé par le bas et s'ouvre par le haut, permettant la création d'un champ électrique le long de la lampe. Le système de couplage est présent dans (Figure 10).

A notre connaissance, ces systèmes d'antennes constitués de lampes à plasma sont parmi les premiers à être pleinement étudiés, c'est-à-dire en obtenant des diagrammes de rayonnement et des gains satisfaisants[18].

II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous sommes concentrés sur les rôles de l'antenne, puis avons également introduit ses principaux paramètres distinctifs tels que la bande passante et le facteur de qualité, ainsi que l'impédance d'entrée, la directivité et le gain. Nous avons conclu ce chapitre avec les types d'antenne (filaire, plasma).

Chapitre III

Simulation d'antenne plasma par logiciel CST

III.1. Introduction :

Avec l'avancement technologique et l'arrivée d'ordinateur suffisamment puissant, des logiciels de simulation ont envahis le marché avec une certaine diversité de méthodes numériques exploitées par ces derniers. Le choix du logiciel de simulation dépend donc de la problématique à résoudre. Dans ce dernier chapitre nous proposons de simuler des antennes plasmas en utilisant un logiciel de simulation électromagnétique tridimensionnelle, CST Microwave Studio.[19]

III.2. Présentation de l'outil de simulation CST :

III.2.1. Description du logiciel de simulation CST Studio Suite :

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

CST Microwave Studio est un logiciel de simulation électromagnétique de structure

Passives en 3 dimensions basé sur la résolution des équations de Maxwell suivant la technique des équations intégrales.

Cette méthode numérique offre une discrétisation de l'espace permettant la description directement en 3D de tous les composants des systèmes décrits, ce qui lui permet d'être appliqué à de nombreux problèmes électromagnétiques allant de la statique aux hyperfréquences en analyses temporelle et fréquentielle [19].

III.3. Définition de dipôle :

Un dipôle électrique traite de la séparation des charges positives et négatives trouvées dans tout système électromagnétique. Un exemple simple de ce système est une paire de charges électriques de magnitude égale mais de signe opposé séparées par une distance généralement faible. (Un dipôle électrique permanent s'appelle un électret). [20, 21]

III.4. Antenne simple :

Pour crée cette antenne on prend un morceau de cuivre cylindrique sa longueur $l=\lambda+gap$ et rayon $\lambda/100$, $\lambda=59.96$ mm, $gap=l/40$ On passage un courant d'ampérage $I=1A$, le voltage $V=1v$ et impédance $R=50 \Omega$

On remarque à travers la figure (11) que de [3 - 4.32] GHz, S_{11} diminue de [-18-0] dB et après fréquence de résonance (4.32 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 100% sur la bande passante [3.97-4.8].

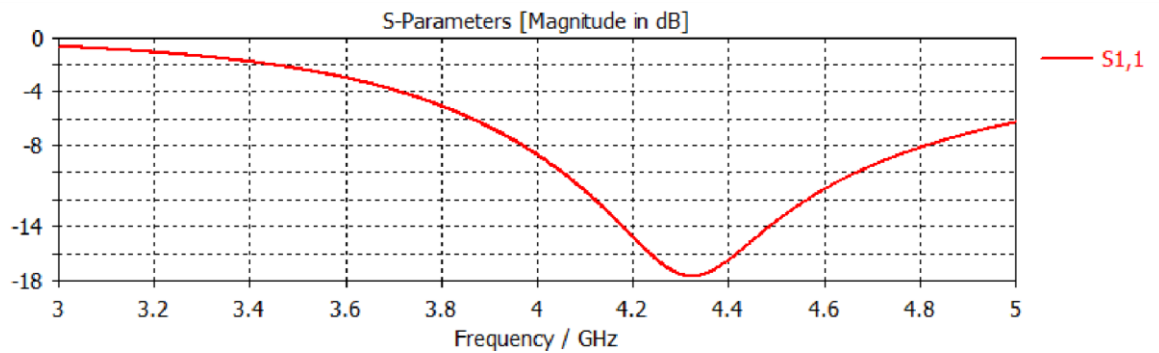


Figure 11: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz)

De figure (12) Le VSWR diminue de [26-1.3] dans intervalle de fréquence [3-4.32] GHz, après la fréquence de résonance, il y a un légèrement en croissance.

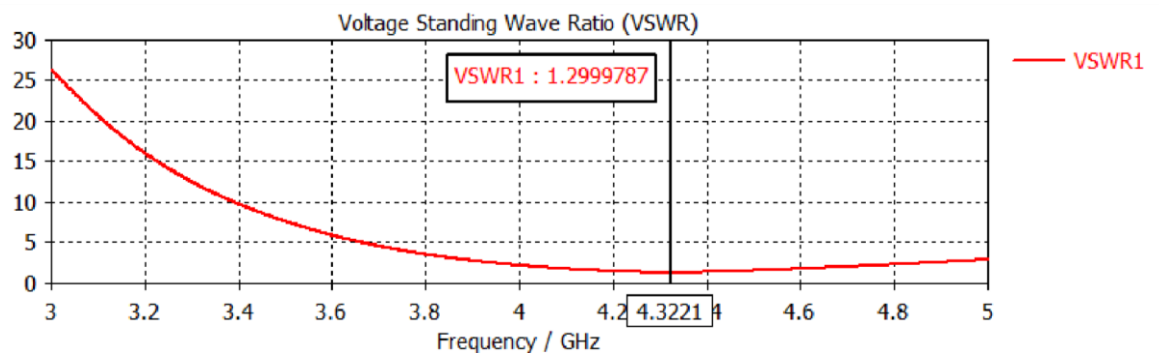


Figure 12: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz)

Il y a une augmentation rapide de gain, le gain max égale 2.25 dB sur l'intervalle de fréquence [397-4.8] GHz comme la figure(13) suivant :

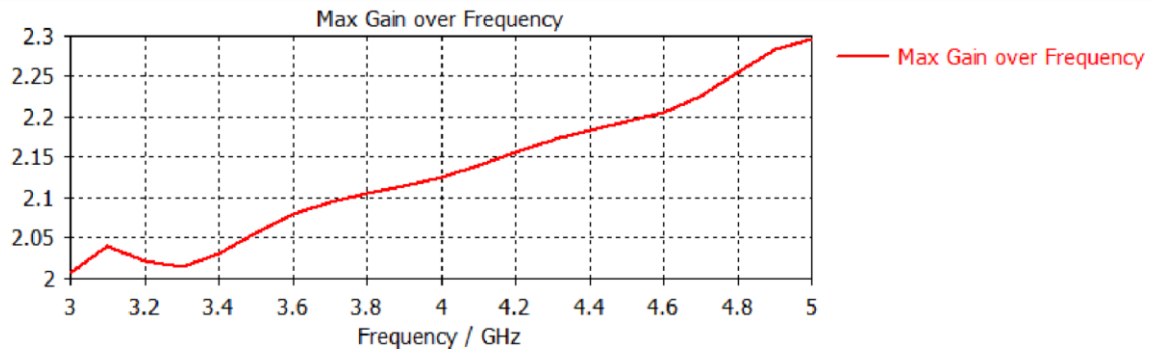


Figure 13: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz)

Le figure (14) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans tous les directions de plan (x, y) par une intensité maximum de 58124 v/m.

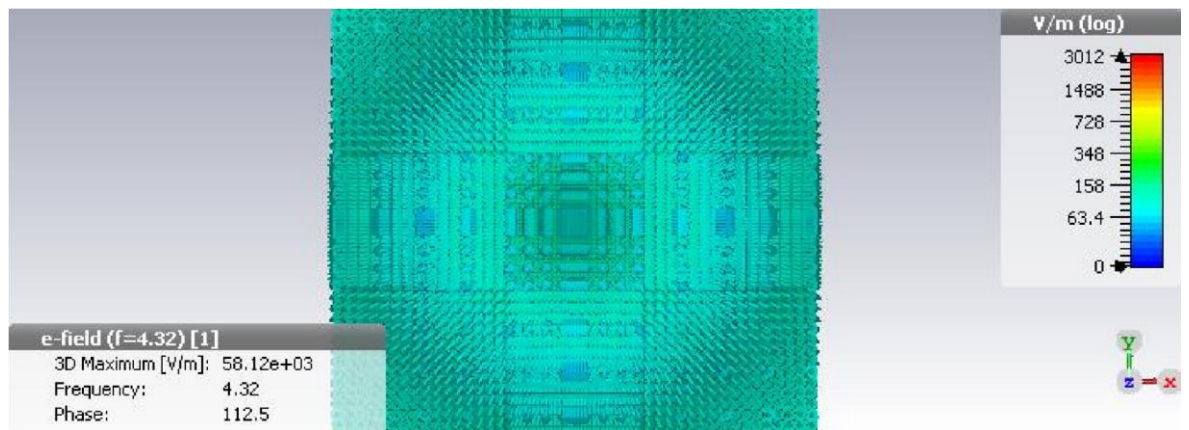


Figure 14: Production et émission des ondes électromagnétique dans de dipôle

La modélisation dans la figure(15) montre en 3D que les ondes propagent selon le plan (x, y), mais selon l'axe Z ne trouve pas une diffusion des ondes électromagnétique.

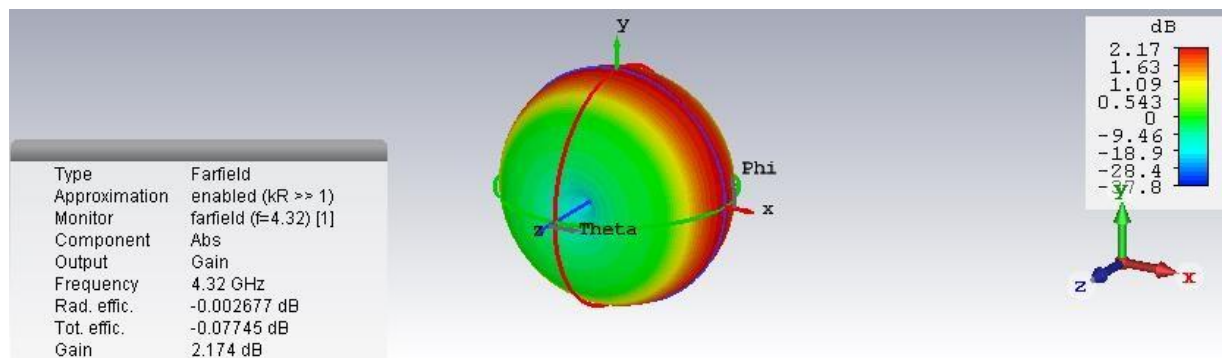


Figure 15: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques

L'angle dans Farfield directivité abs ($\theta=90^\circ$) (figure 16.A) est 360° et dans Fairfield directivité abs ($\Phi=90^\circ$) (figure 16.B) en trouve deux angles chaque angle égale 180° .

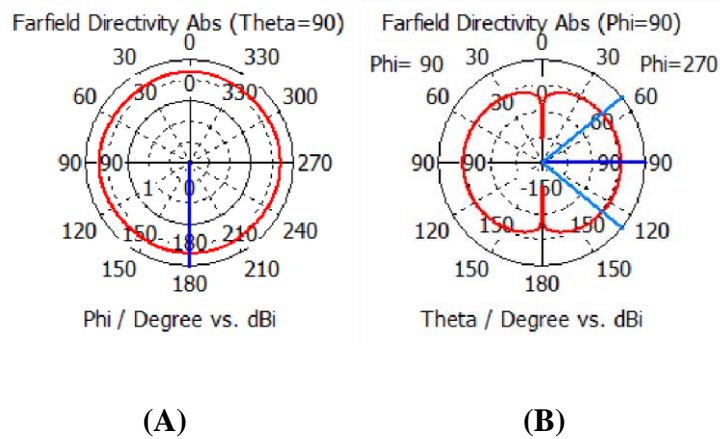


Figure 16: Les cordonnés polaires de Farfield directivité.(A): Farfield directivité Abs (Theta=90),(B): Farfield directivité Abs (Phi=90)

Extraction : il ya un bon gain et radiation dans tout le plan (x, y).

III.5. Dipôle avec tube plasma :

III.5.1. Un tube Plasma éteint :

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec un tube plasma cylindrique éteint a une longueur et un rayon .

A travers le figure (17) dans l'intervalle [3-4.31] GHz, S_{11} diminue de [-16-0] dB et après la fréquence de résonance (4.31 GHz) il a augmenté progressivement cette antenne a une efficacité 100% sur la bande passante [3.97-4.8].

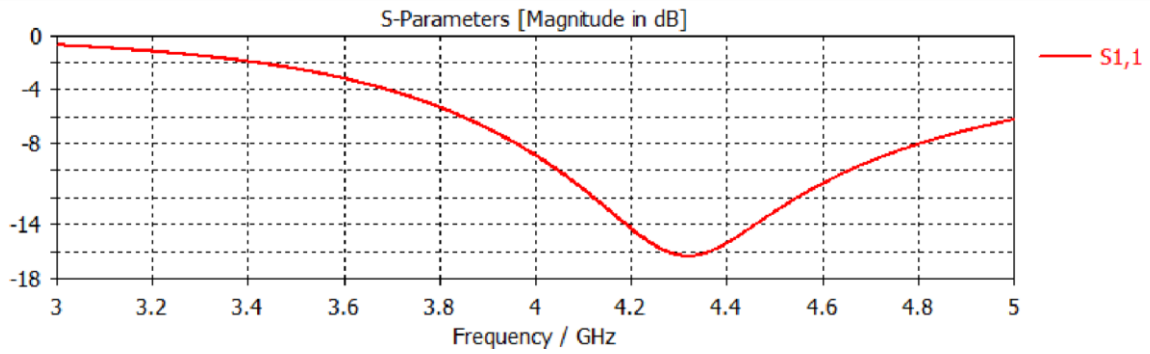


Figure 17: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz)

Dans la figure(18) le VSWR diminue de [25-1.36] dans intervalle de fréquence [3-4.32] GHz, après la fréquence de résonance, il y a un légèrement en croissance.

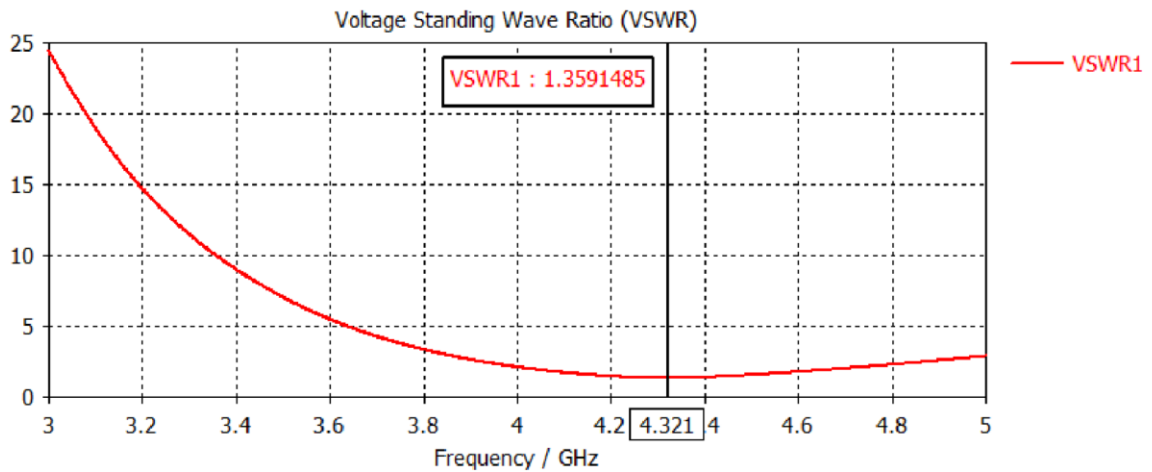


Figure 18: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz)

Il y a une augmentation de gain, le gain max égale 2.4 dB sur l'intervalle de fréquence [3.97-4.8] GHz comme la figure(19) suivant :

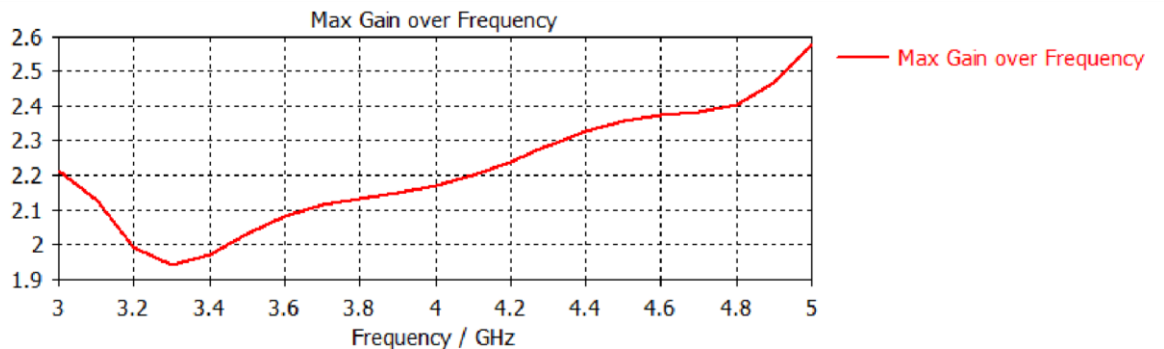


Figure 19: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz)

Ce figure (20) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions de plan (x, y) par une intensité de 38941 v/m.

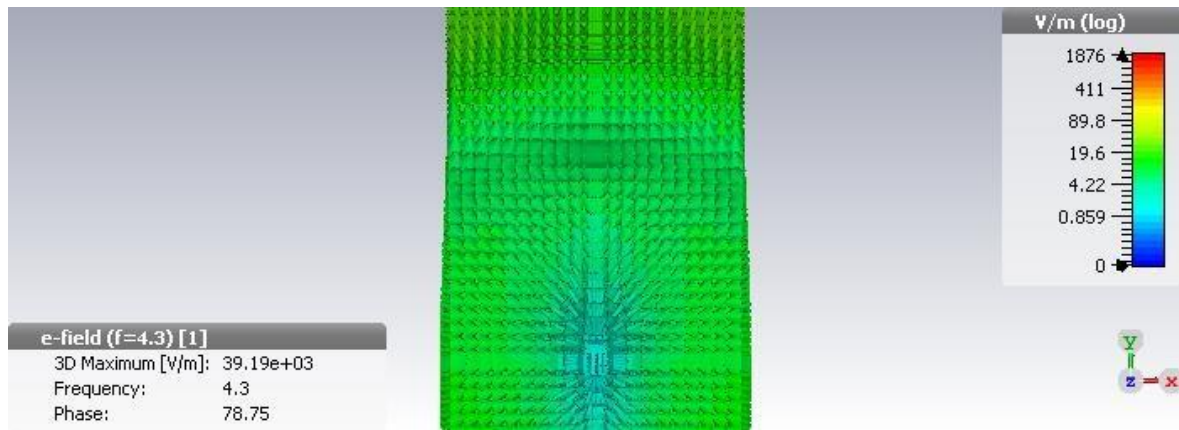


Figure 20: Production et émission des ondes électromagnétique dans cas de dipôle et un tube plasma éteint

Le figure (21) c'est la modélisation qui montre en 3D que les ondes propagent dans tout l'espace du plan (x, y), contre l'axe Z il n'y a pas une propagation des ondes.

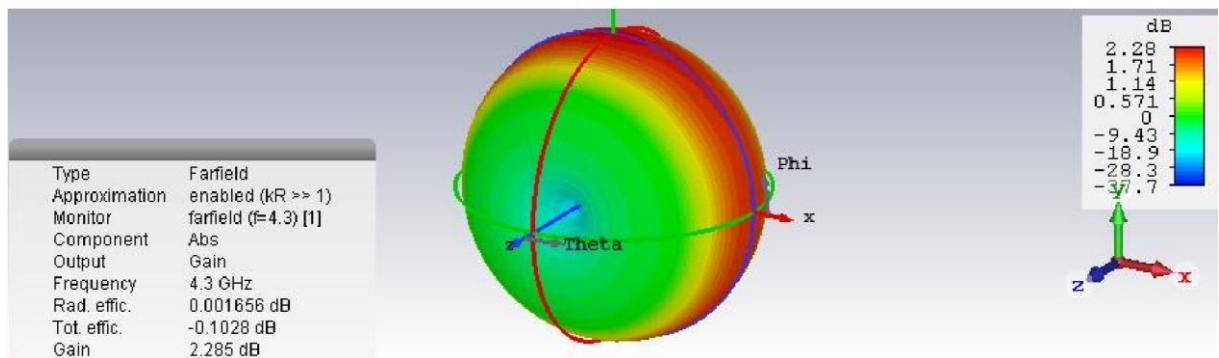


Figure 21: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma éteint

La radiation dans Fairfield directivité abs ($\theta = 90^\circ$) (figure 22.A) est un angle $=360$, et $^\circ$ dans Fairfield directivité abs ($\Phi = 0^\circ$) (figure 22.B) forme deux angles égaux et similaires chaque angle contient une bonne radiation de (60 -120) $^\circ$.

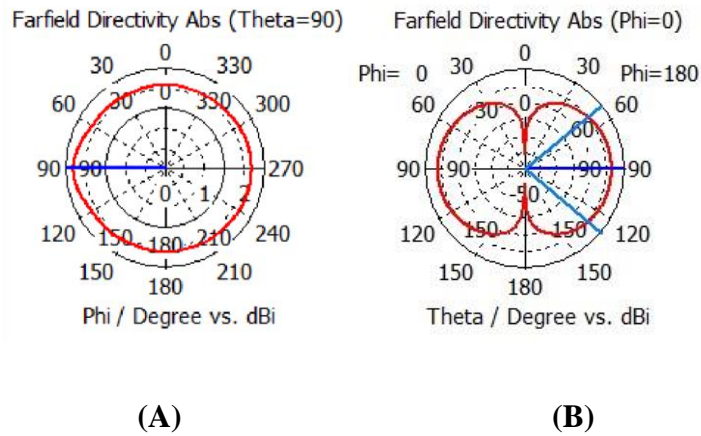


Figure 22: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma éteint. (A): Farfield directivité Abs (Theta=90),(B): Farfield directivité Abs (Phi=0)

Extraction : la valeur de gain dans le cas plasma éteint et dipôle presque la même.

III.5.2. Un tube Plasma allumés :

III.5.2.1. Cas de rayon=20mm :

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec un tube plasma cylindrique allumé a une longueur $4*\lambda$ et un rayon 20mm

A travers le figure (23) que de [3-4.26] GHz, S_{11} diminue de [0--19] dB et après fréquence de résonance (4.26 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 98.65% sur la bande passante [4-4.6].

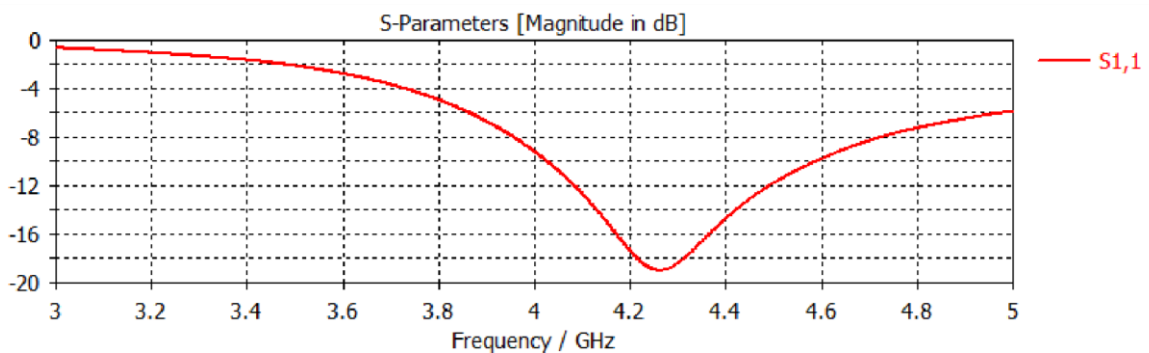


Figure 23: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm

Le VSWR diminue de [26-1.25] dans intervalle de fréquence [3-4.26] GHz, après la fréquence de résonance, il ya un légèrement en croissance comme la figure (24)

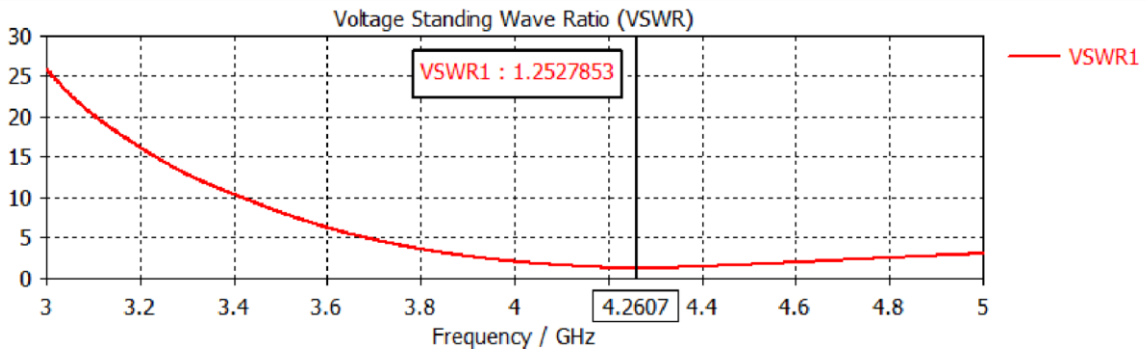


Figure 24: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm

Il y a une atténuation de gain, le gain max égale 5.45 dB sur l'intervalle de fréquence [4-4.6] GHz comme la figure(25) suivant :

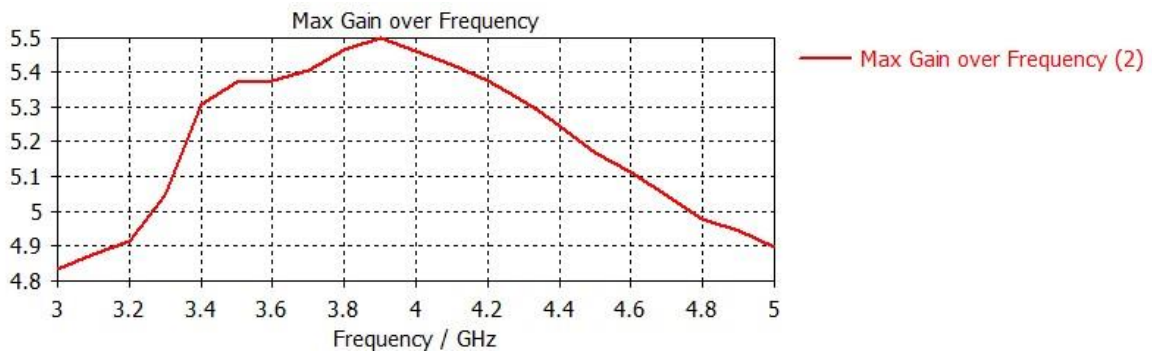


Figure 25: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm

La figure (26) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions, mais il y a une réflexion au niveau de tube plasma par une intensité maximum de 41679 v/m.

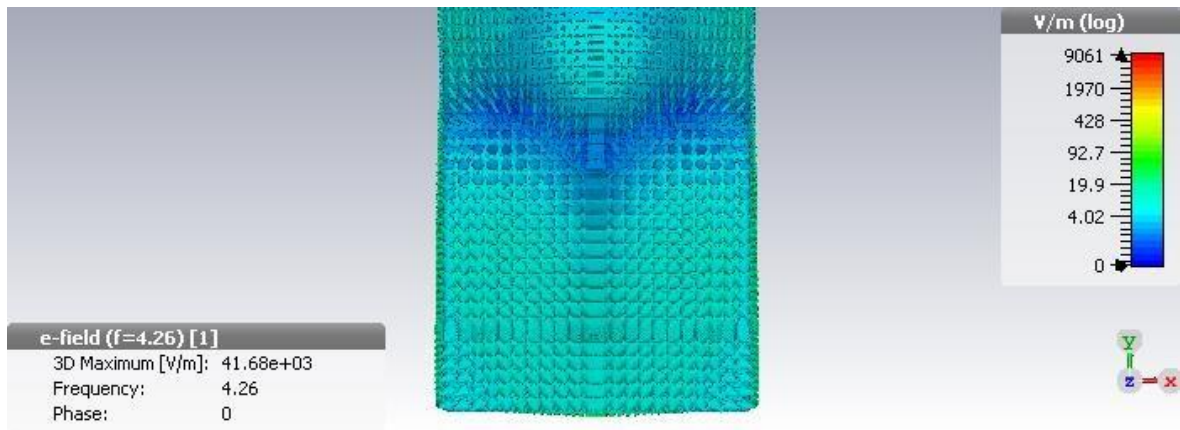


Figure 26: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 20mm

La modélisation en 3D montre que les ondes propagent dans trois angles de plan (x, y) avec rien des ondes selon l'axe Z comme la figure(27).

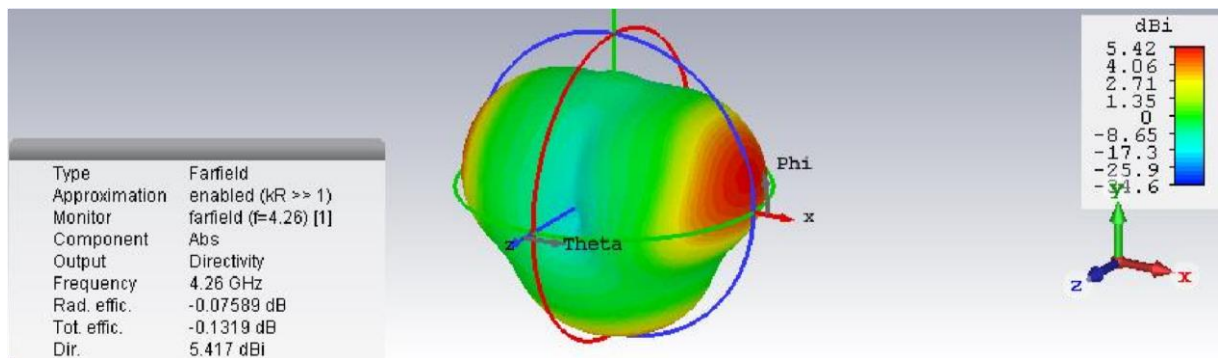


Figure 27: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 20mm

Si on fixe ($\theta=90^\circ$) (figure 28.A) on observe trois angles la 1^{ère} 120° et la 2^{ème}, 3^{ème} sont égaux et similaires (90°), si $\phi=0^\circ$ (figure 28.B) on remarque deux angles égaux et similaires (120°).

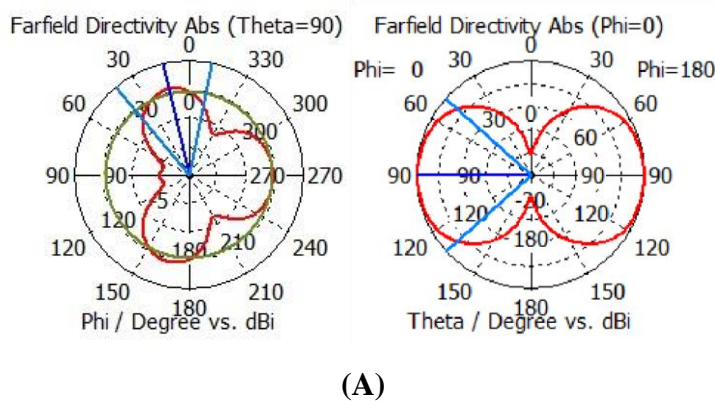


Figure 28: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma allumé et rayon de

20mm (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)

Extraction : la valeur de gain est augmentée par rapport celle de plasma off.

III.5.2.2. Cas de rayon=12mm :

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec un tube plasma cylindrique allumé a une longueur $4*\lambda$ et un rayon 12mm.

A travers la figure (29) de [3-4.28] GHz, S11 diminue de [-15-0] dB et après fréquence de résonance (4.28 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 99.48% sur la bande passante [3.93-4.8].

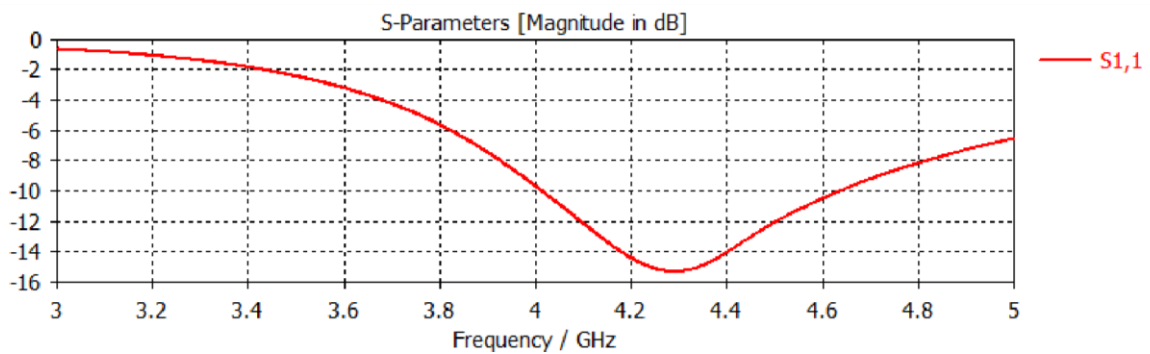


Figure 29: Variation de paramètre S₁₁ (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 12mm

Le VSWR diminue de [26-1.41] dans intervalle de fréquence [3-4.28] GHz, après la fréquence de résonance, il y a un légèrement en croissance comme la figure(30).

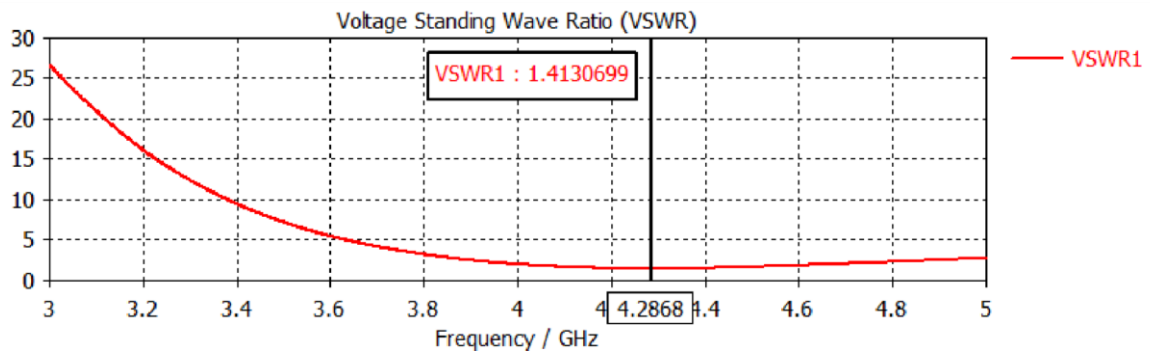


Figure 30: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm

Il y a une faible atténuation de gain de [3.93-4.2] GHz, puis une augmentation, le gain max égale 4.38 dB sur l'intervalle de fréquence [3.93-4.8] GHz comme la figure(31) suivant :

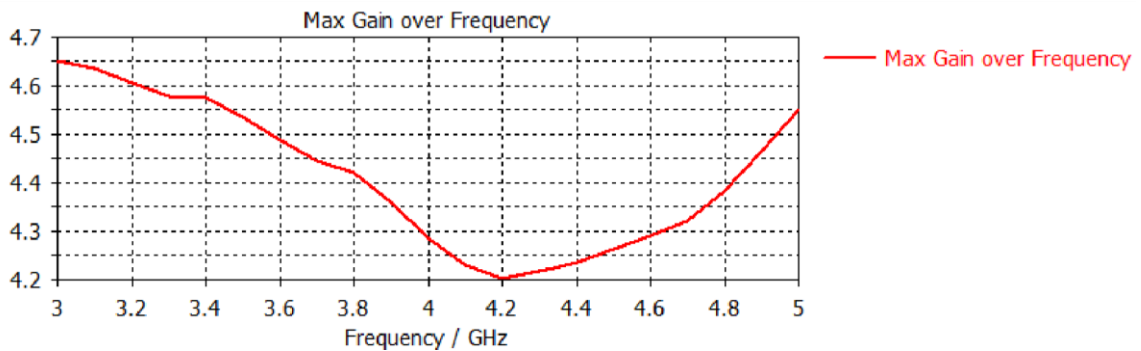


Figure 31: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 12mm

Cette figure (32) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions, mais il y a une réflexion au niveau de tube plasma par une intensité de radiation maximum de 38799 v/m.

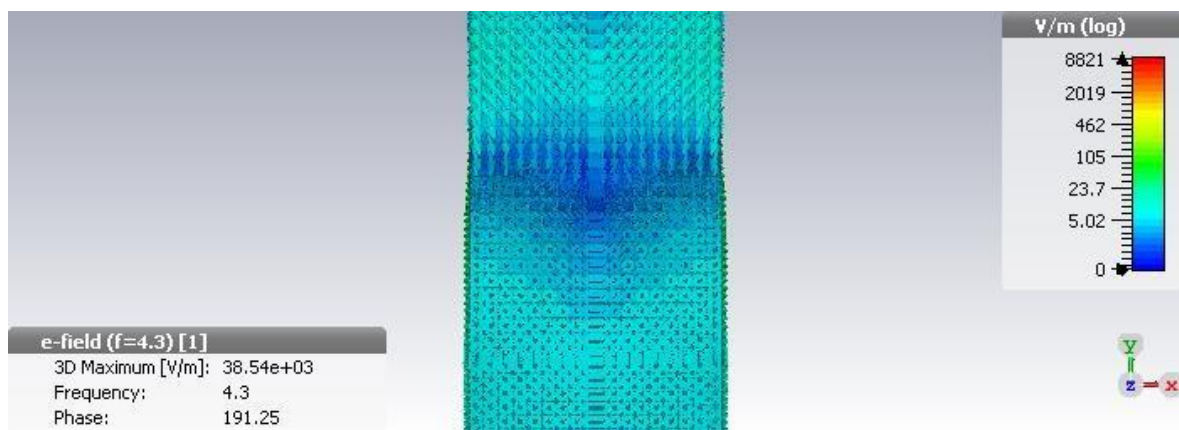


Figure 32: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm

La modélisation montre que les ondes se propagent dans trois angles de plan (x, y) différents de l'axe Z on note rien des ondes figure (33).

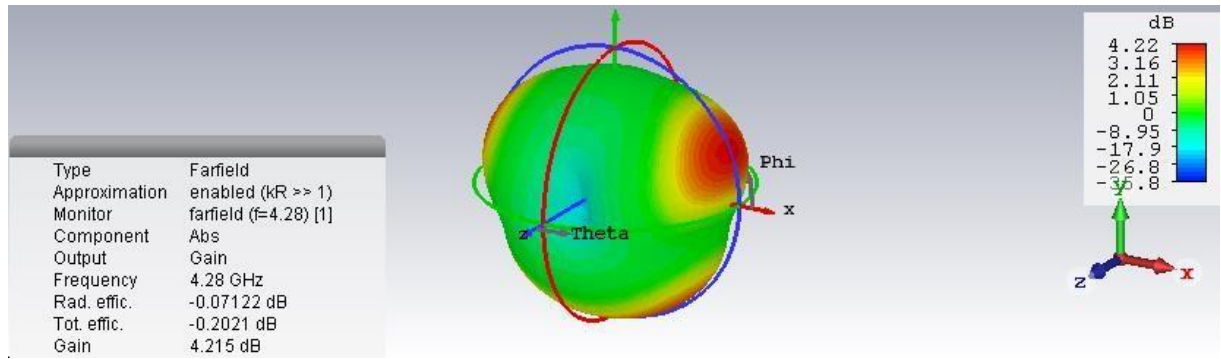


Figure 33: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 12mm

Si $\Phi=0^\circ$ (figure 34.A) on note deux angles égaux et similaires (120°), si $\theta=90^\circ$ (figure 34.B) on remarque trois angles la 1^{ère} est grande, égale 120° et la 2^{ème}, 3^{ème} sont égaux et similaires (60°).

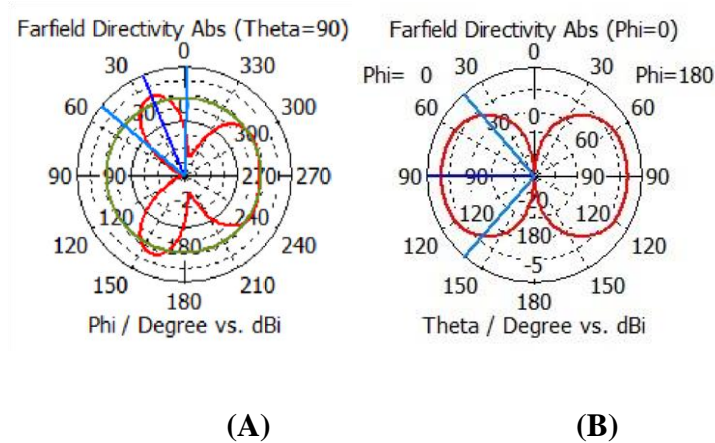


Figure34: Les cordonné polaires de directivité dans cas plasma allumé et rayon de 12mm(A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)

Extraction : la valeur de gain quand le rayon red=20mm est diminué par rapport le rayon=12mm.

III.5.2.3. Tube plasma allumés et a=30 mm :

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec un tube plasma allumé cylindrique a une longueur $4*\lambda$ et loin de dipôle par 30mm

On remarque à travers la figure(35) que de [3-4.32] GHz, S_{11} diminue de [-13--1] dB et après la fréquence de résonance (4.32 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 97.98 % sur la bande passante [4.1-4.81].

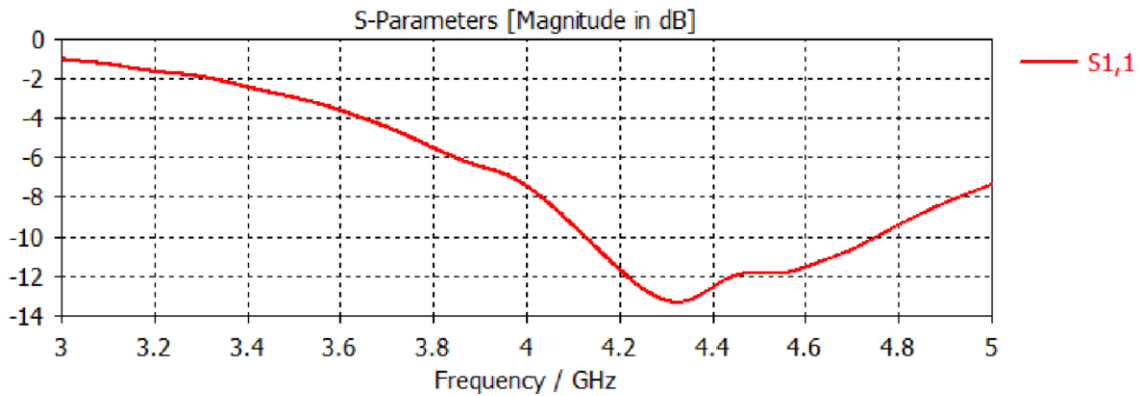


Figure 35: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$

Le VSWR diminue de [18-1.9] dans intervalle de fréquence [3-4.32] GHz, après la fréquence de résonance (4.32 GHz), il y a un légèrement en croissance (figure 36).

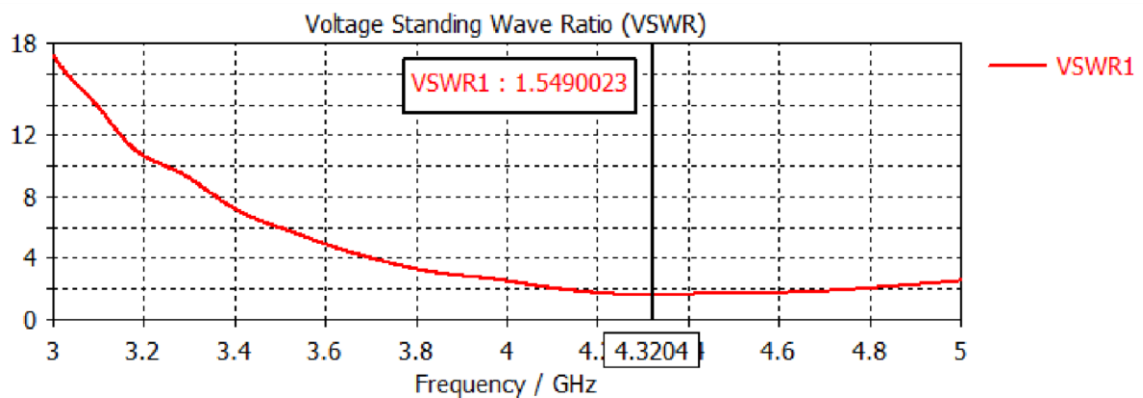


Figure 36: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=30\text{mm}$

Le gain max égale 4.95 dB sur l'intervalle de fréquence [4-4.81] GHz comme la figure(37) suivant :

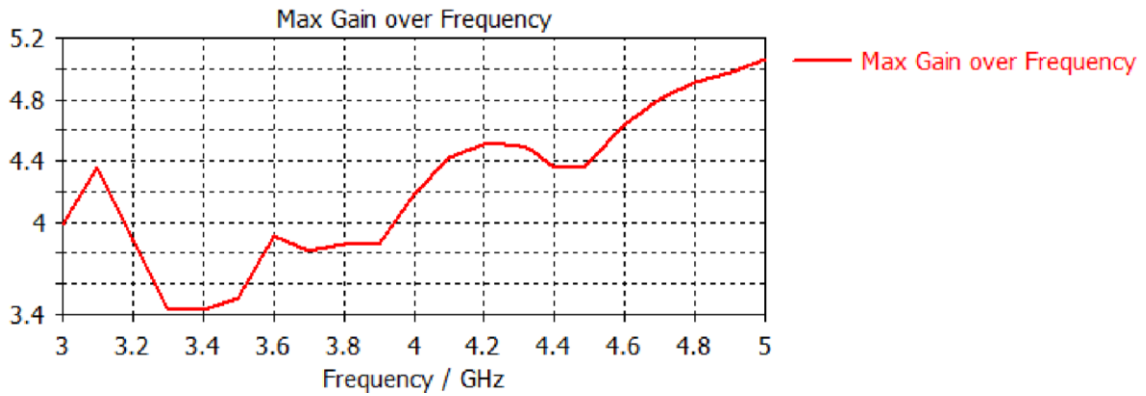


Figure 37: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=30mm

Cette figure (38) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions, mais il y a une réflexion au niveau de tube plasma très rapide car le tube plasma très proche de dipôle par une intensité de radiation max de 36444 v/m.

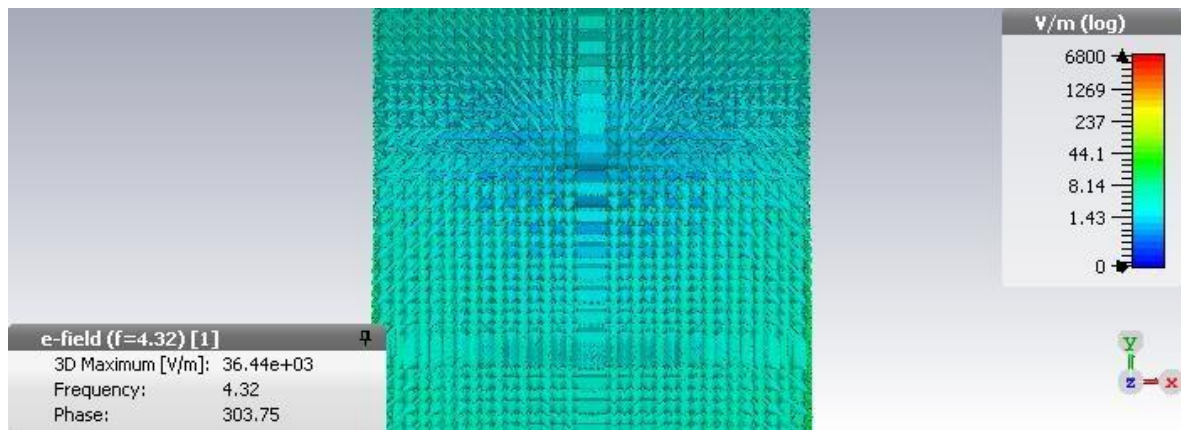


Figure 38: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance a=30mm

La modélisation montre en 3D que les ondes propagent dans deux angles de l'espace déferent, mais ne trouve pas les ondes au sens de l'axe Z. (figure 39)

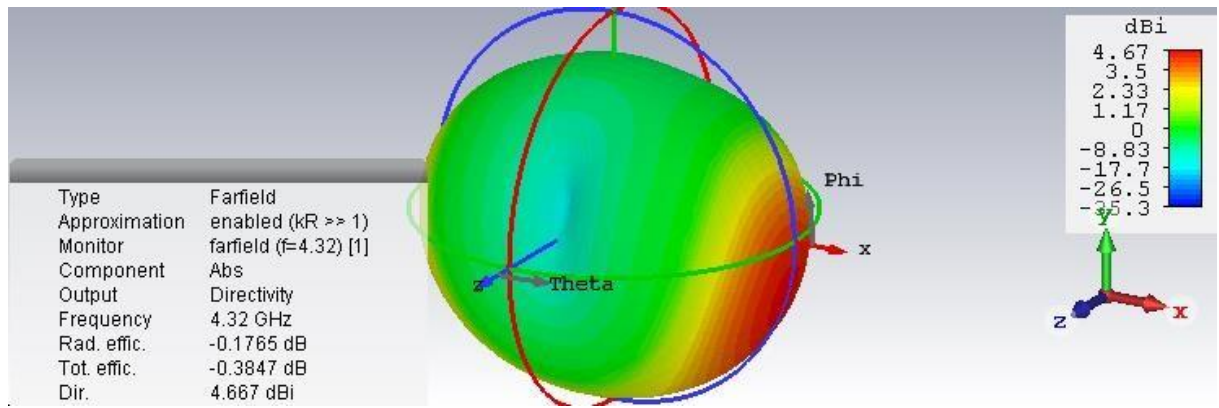


Figure 39: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance a=30mm

On observe à travers la figure(40) que si $\Phi=0^\circ$ il y a deux angles égaux et similaires (90°), si $\theta=90^\circ$ il y a un seul angle égal 300° .

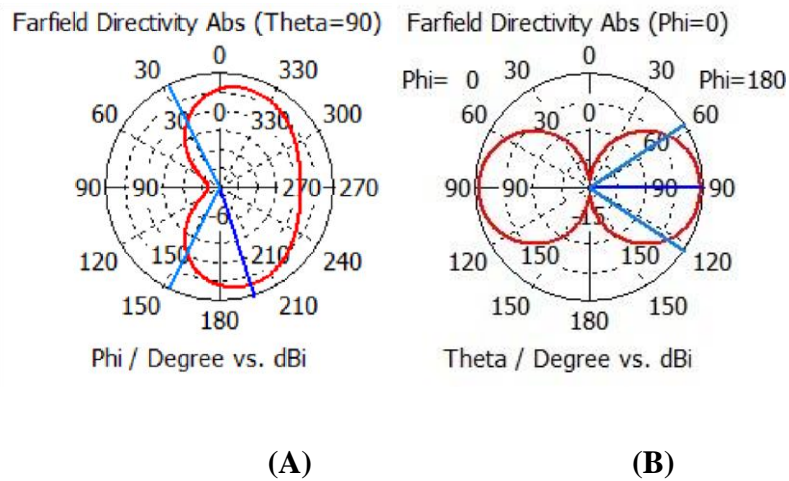


Figure 40: Les cordonnées polaires de directivité dans cas plasma allumé sur la distance a=30mm(A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)

Extraction : la valeur de gain quand le distance de tube plasma a=30mm est augmenté par rapport le cas précédant (rayon=12mm).

III.5.2.4. Un tube plasma allumés et a=120mm :

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec un tube plasma allumé cylindrique a une longueur $4*\lambda$ et loin de dipôle par 120mm

On remarque à travers la figure(41) que de [3-4.31] GHz, S_{11} diminue de [-16.5-0] dB et après fréquence de résonance (4.32 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 99.53% sur la bande passante [3.97-4.8].

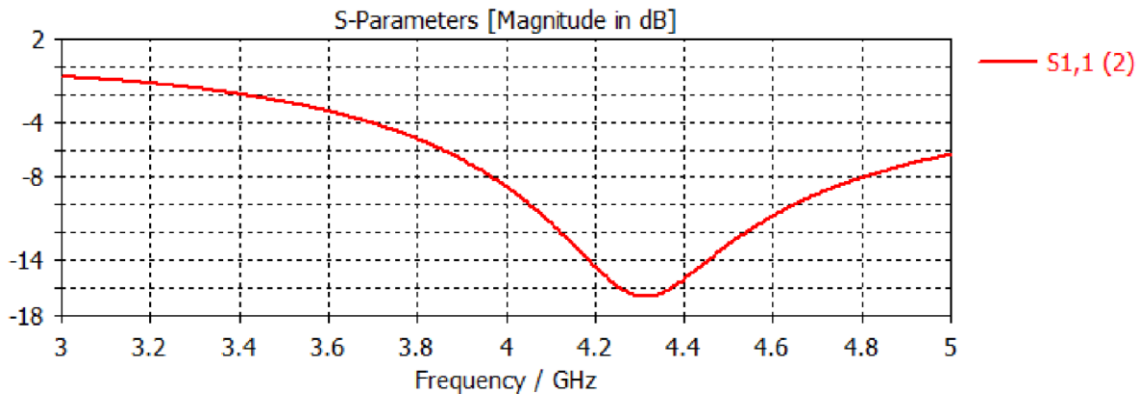


Figure 41: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$

Le VSWR diminue de [25-2] dans intervalle de fréquence [3-4.32] GHz, après la fréquence de résonance (4.32 GHz), il y a un légèrement en croissance. (Figure42)

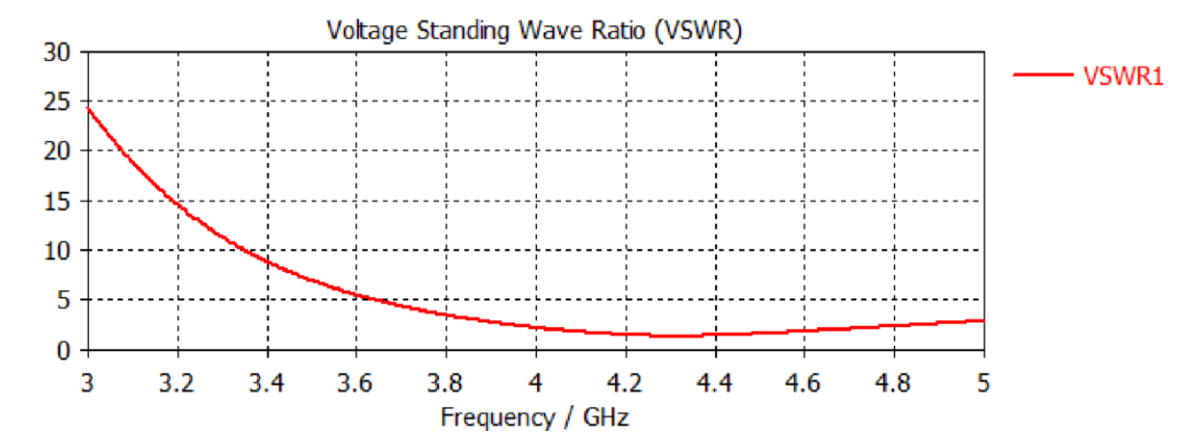


Figure 42: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$

Le gain max égale 3.88 dB sur l'intervalle de fréquence [3.97-4.8] GHz comme la figure(43) suivant :

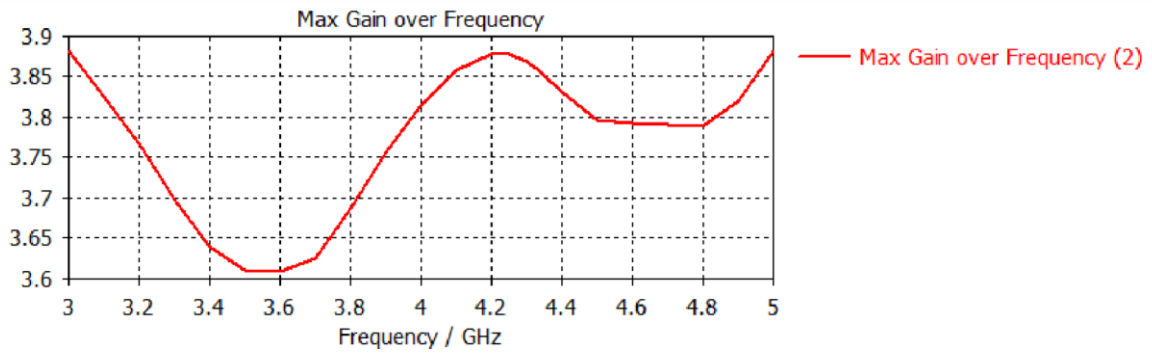


Figure 43: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$

Le figure (44) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions, mais il y a une réflexion au niveau de tube plasma lente car le tube plasma loin de dipôle, il a une intensité de radiation max de 49008 v/m .

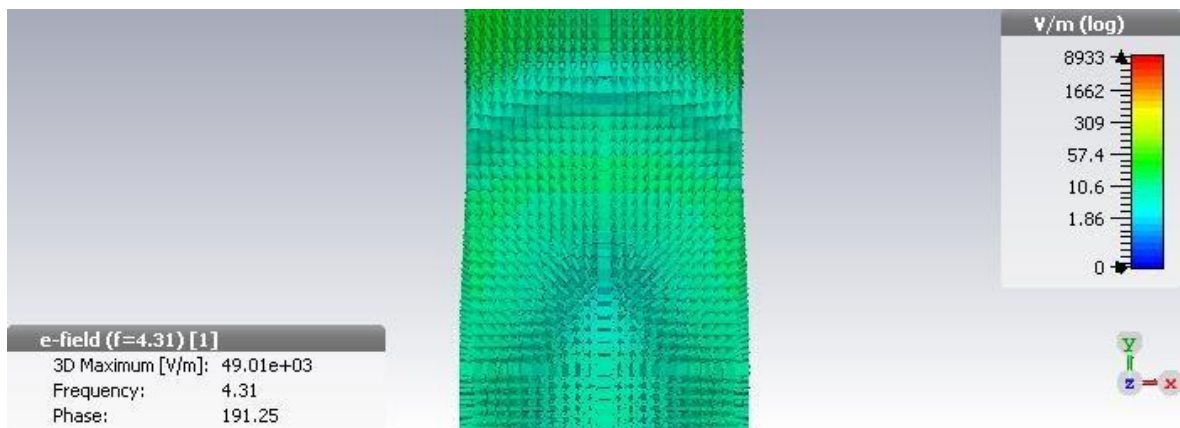


Figure 44: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance $a=120\text{mm}$

La modélisation montre que les ondes propagent dans plusieurs angles de plan (x, y), contre l'axe Z rien. (Figure 45)

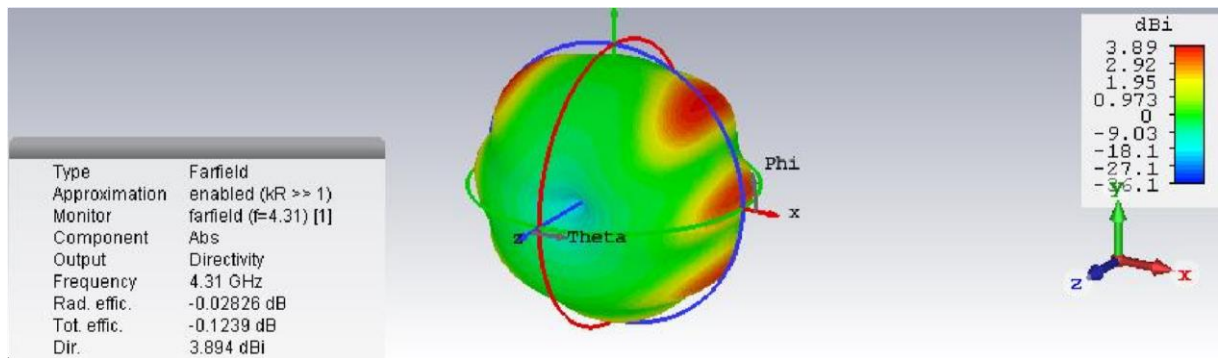


Figure 45: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance a=120mm

A travers le figure (46) on va voir si $\Phi=90^\circ$ (figure 46.A) il a deux angles presque égaux et similaires (120°), si $\theta=90^\circ$ (figure 46.B) il y a sept angles on distingue trois angles les plus claires la 1^{ère} est la grande (60°), la 2^{ème} et 3^{ème} égaux et similaires (30°).

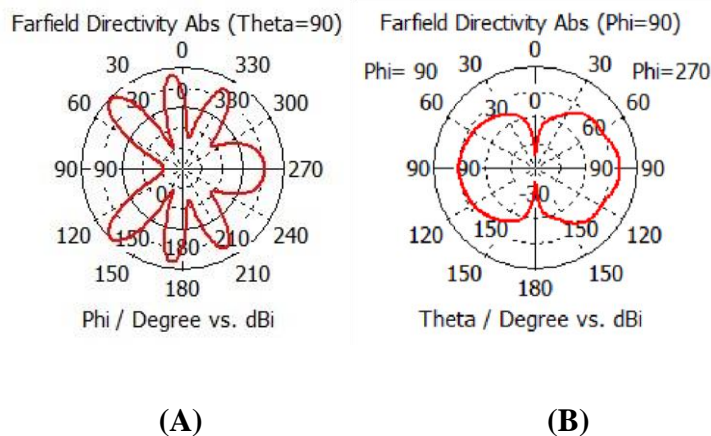


Figure 46: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma allumé sur la distance a=120mm(A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)

Extraction : la valeur de gain quand le distance de tube plasma a=120mm est augmenté par rapport le cas précédant (la distance a=30mm).

III.6. Tout le tube plasmas éteints:

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec 8 tubes plasmas éteints cylindriques ont même longueur égale $4*\lambda$ et même rayon égale 20mm.

On remarque à travers la figure(47) que de [3-4.3] GHz, S_{11} diminue de [-16.5-0] dB et après fréquence de résonance (4.32 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 100 % sur la bande passante [4-4.6].

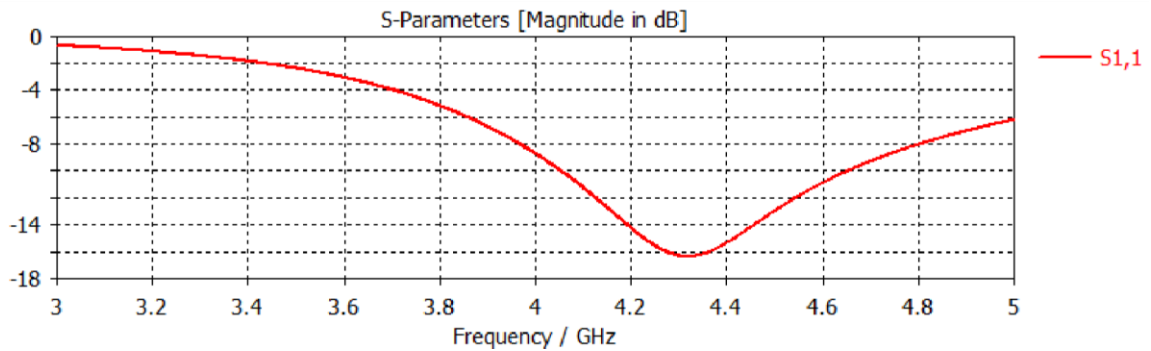


Figure 47: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints

Le VSWR diminue de [25-2] dans intervalle de fréquence [3-4.3] GHz, après la fréquence de résonance, il y a un légèrement en croissance. (Figure48)

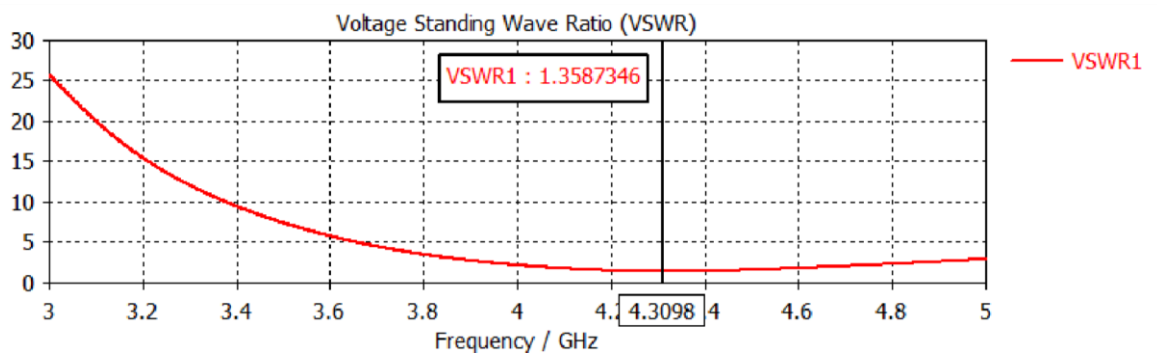


Figure 48: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints

Le gain max égale 2.2 dB sur l'intervalle de fréquence [4.1-4.6] GHz comme la figure(49) suivant :

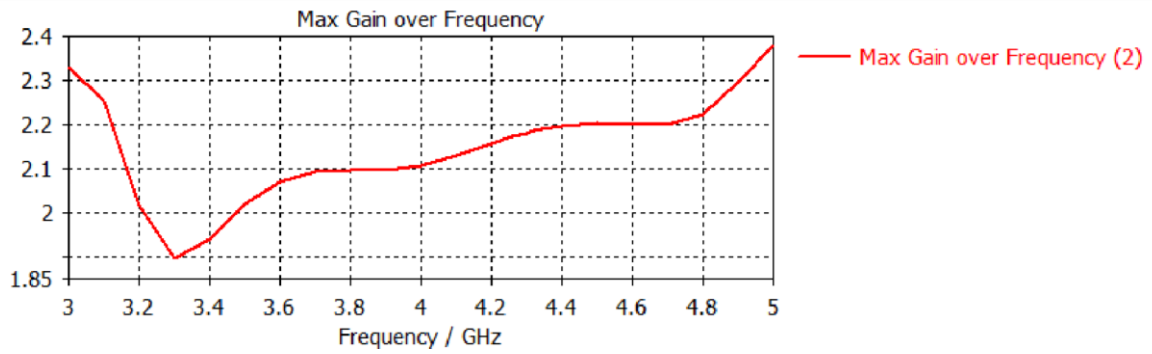


Figure 49: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints

Le figure (50) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions de plan (x, y), il a une intensité de radiation maximum de 39809 v/m.

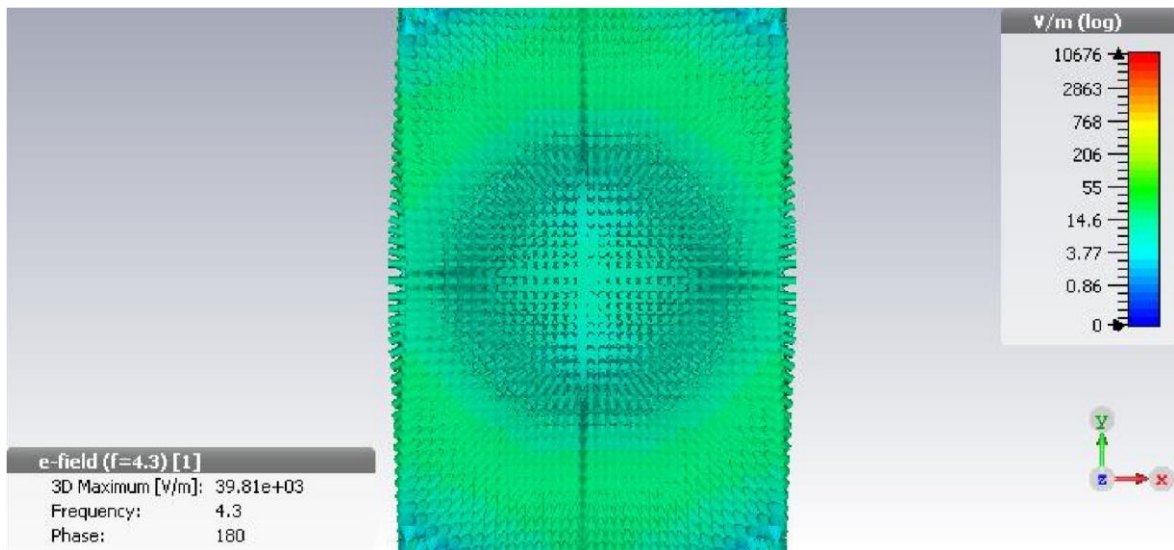


Figure 50: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas éteints

La modélisation montre que les ondes propagent dans tout l'espace, mais plus les pôles sont éloignés, plus la quantité d'ondes électromagnétiques est importante, et vice versa. (Figure 51)

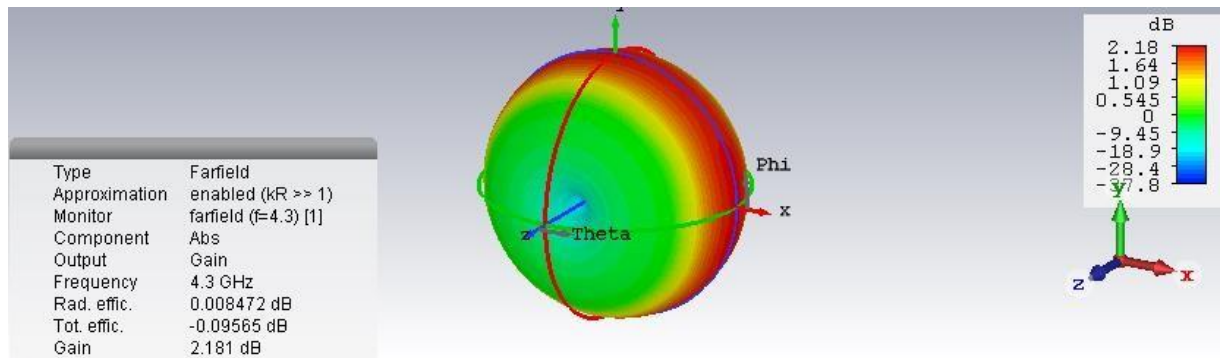


Figure 51: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas éteints

La radiation dans Farfield directivité abs ($\theta=90^\circ$) (figure 52.A) est un angle $=360^\circ$, et dans Farfield directivité abs ($\Phi=0^\circ$) (figure 52.B) forme deux angles égaux et similaires (180°) chaque angle contient une bon radiation de ($60^\circ - 120^\circ$).

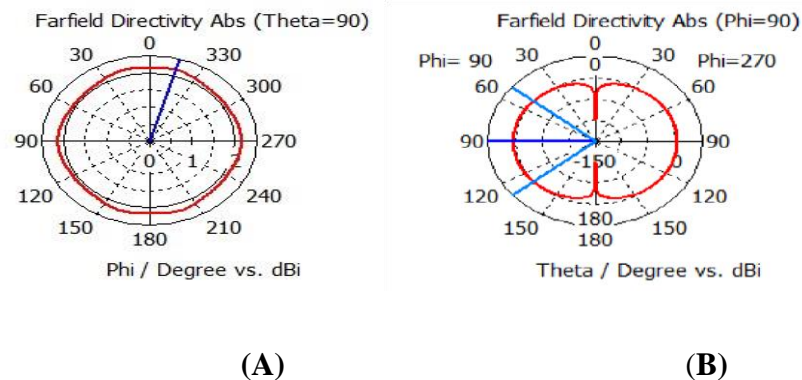


Figure 52: Les cordonné polaires des Fairfield gain et directivité dans cas de 8 plasma éteints (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)

Excitation : la valeur de gain de 8 plasmas off important par rapport cas de distance $d'a=120\text{mm}$

III.7. Tous les tube plasma allumés:

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec 8 tubes plasmas allumés cylindriques ont même longueur égale $4*\lambda$ et un rayon 20mm

A travers le figure (53) que de [3-3.25] GHz, S11 diminue de [-14-0] dB et après fréquence de résonance (4.32 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 30.83% sur la bande passante [3.1-3.4].

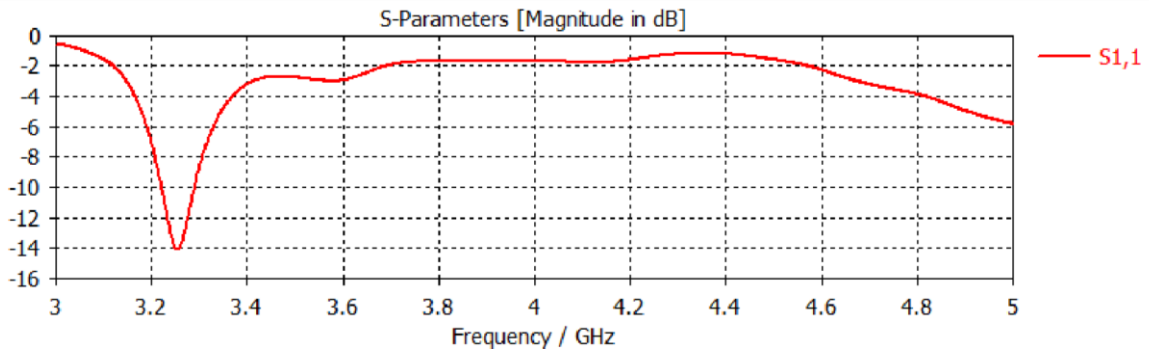


Figure 53: Variation de paramètre S11 (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés

Le VSWR diminue de [30-2] dans intervalle de fréquence [3-3.25] GHz, après la fréquence de résonance, il y a un légèrement en croissance. (Figure54)

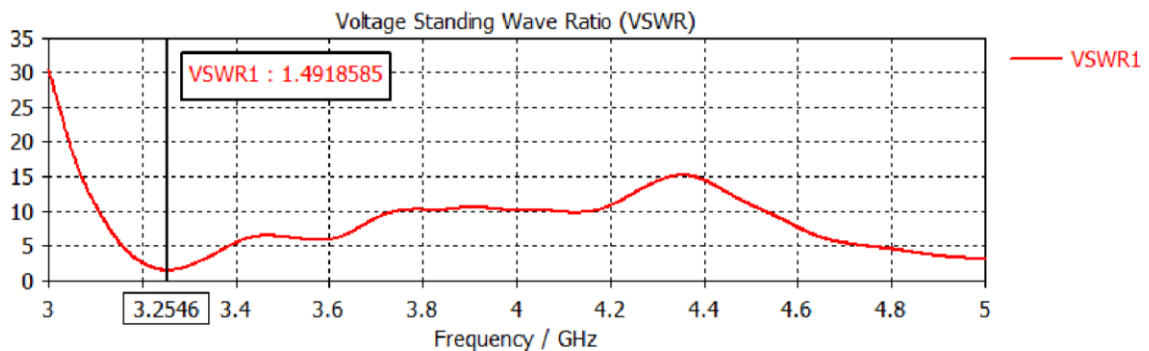


Figure 54: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés

Le gain max égale 1.4 dB sur l'intervalle de fréquence [3.15-3.4] GHz comme la figure(55) suivant :

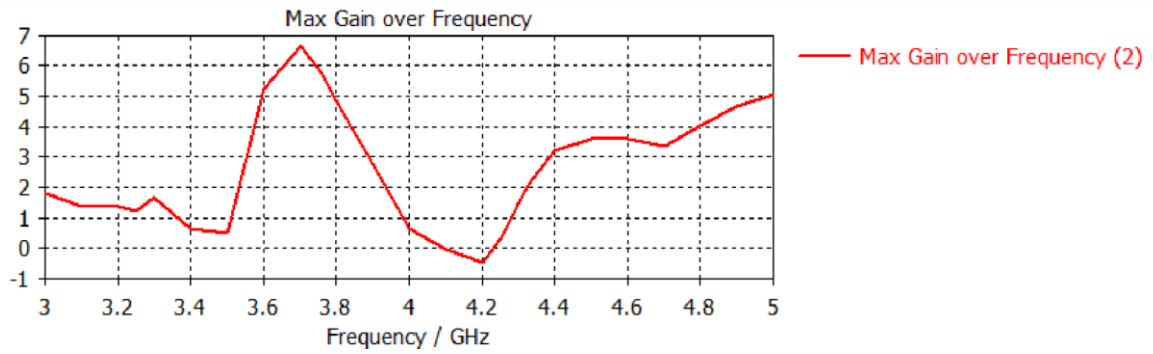


Figure 55: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés

Le figure (56) montre que la radiation des ondes presque rien, car les tube plasma joue un rôle d'obstacle, ne permet pas la diffusion des ondes électromagnétiques, L'intensité max de radiation est 79414 v/m.

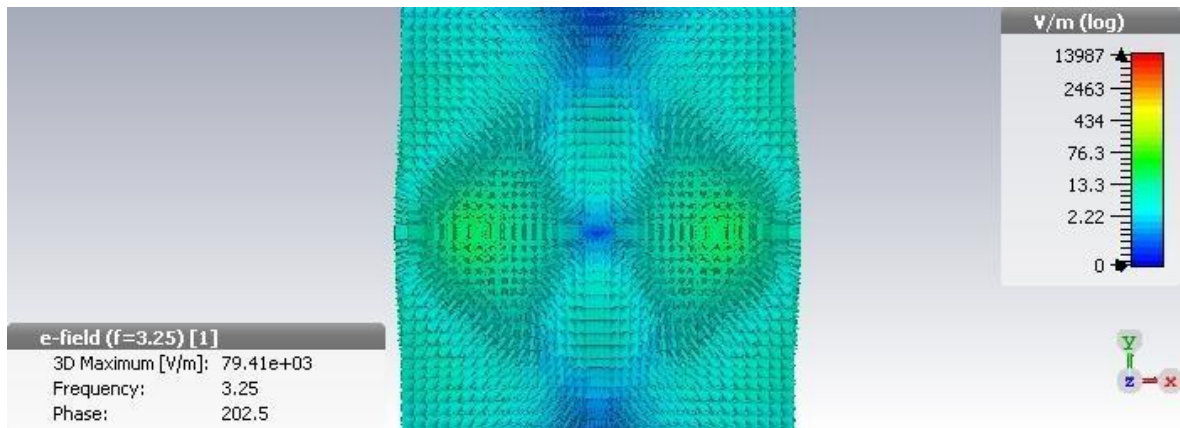


Figure 56: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas allumés

La modélisation montre que les ondes propagent dans deux angles de l'espace de plan (x, y) selon l'axe X. (Figure 57)

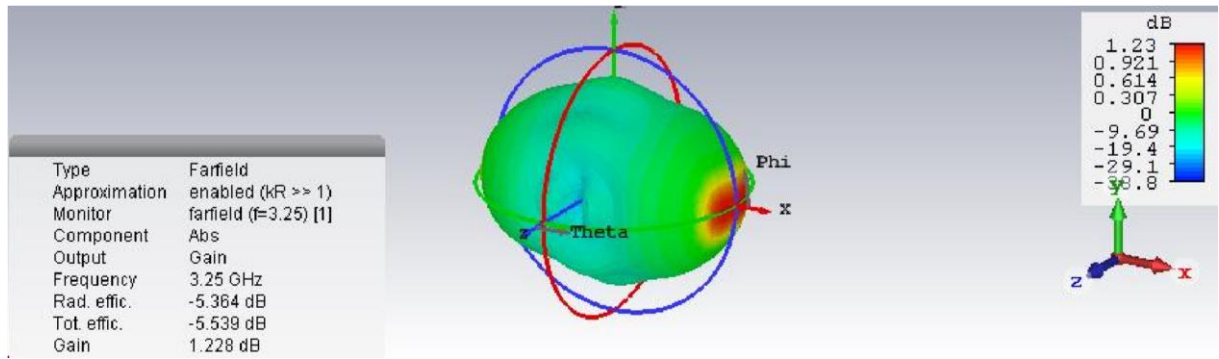


Figure 57: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas allumés

Si $\theta=90^\circ$ (figure 58.A) la directivité montre deux angles égaux et similaires (60°), si $\Phi=90^\circ$ (figure 60.B) on obtient deux angles égaux et similaires (180°).

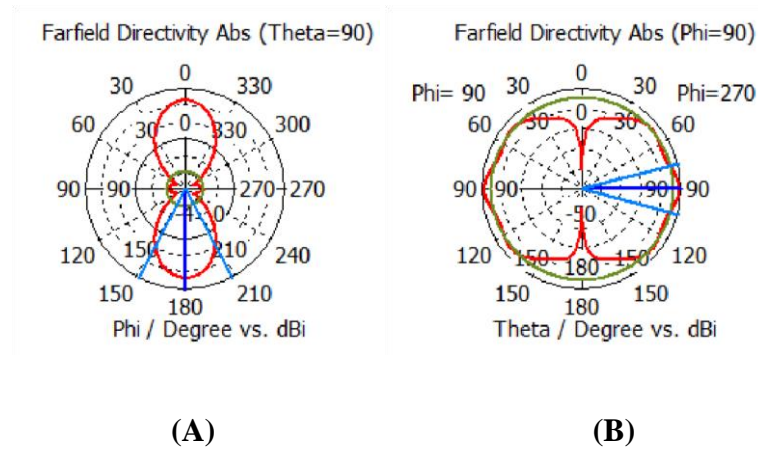


Figure 58: Les cordonné polaires de directivité dans cas de 8 plasmas allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)

Excitation : la valeur de gain important par rapport le gain dans le cas précédant.

III.8. Trois tube plasma éteints et les autres allumés :

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec 3 tubes plasmas éteints et 5 tubes plasmas allumés cylindriques ont même longueur égale $4*\lambda$ et un rayon 20mm.

A travers le figure 59) que de [3-5.03] GHz, S_{11} diminue de [-27-0] dB et après fréquence de résonance (5.03 GHz) il a augmenté progressivement, cette antenne a une efficacité presque 89.31 % sur la bande passante [4.6-5.2].

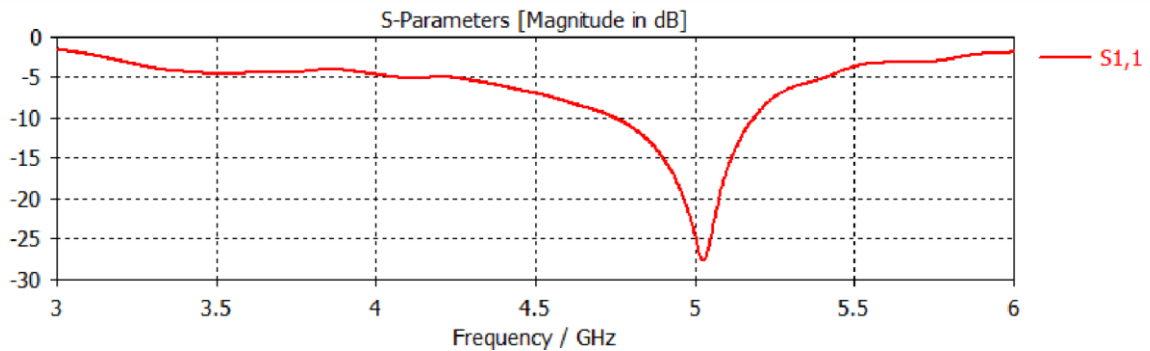


Figure 59: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

Le VSWR diminue de [11-1] dans intervalle de fréquence [3-5.03] GHz, après la fréquence de résonance, il y a une croissance jusqu'à 9 dB chez 6 GHz. (Figure 60)

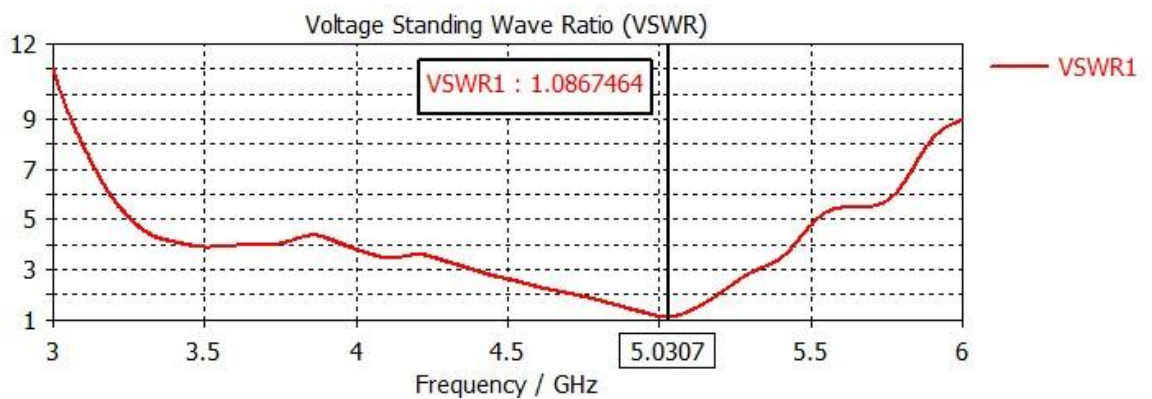


Figure 60: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

Le gain max égale 4.8 dB sur l'intervalle de fréquence [4.65-5.21] GHz comme la figure(61) suivant :

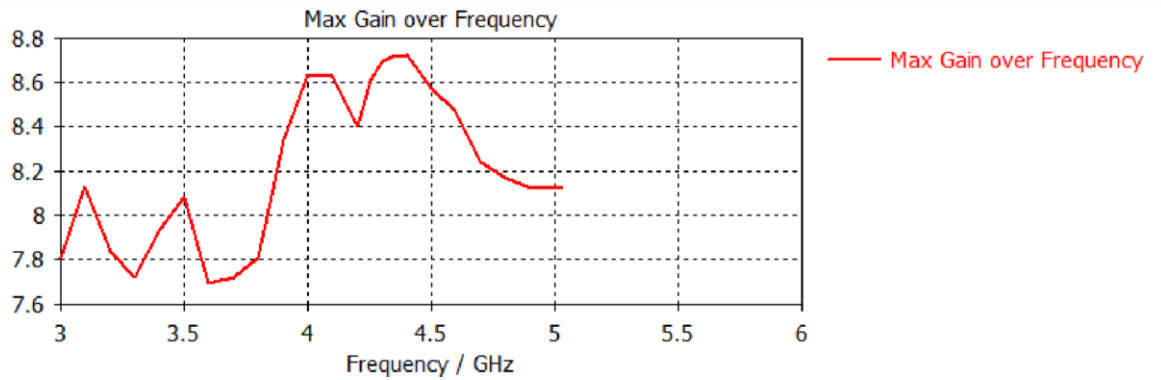


Figure 61: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

Le figure (62) montre que la radiation des ondes presque rien, car les tube plasma joue un rôle d'obstacle, ne permet pas la diffusion des ondes électromagnétiques, L'intensité max de radiation est 38804 v/m.

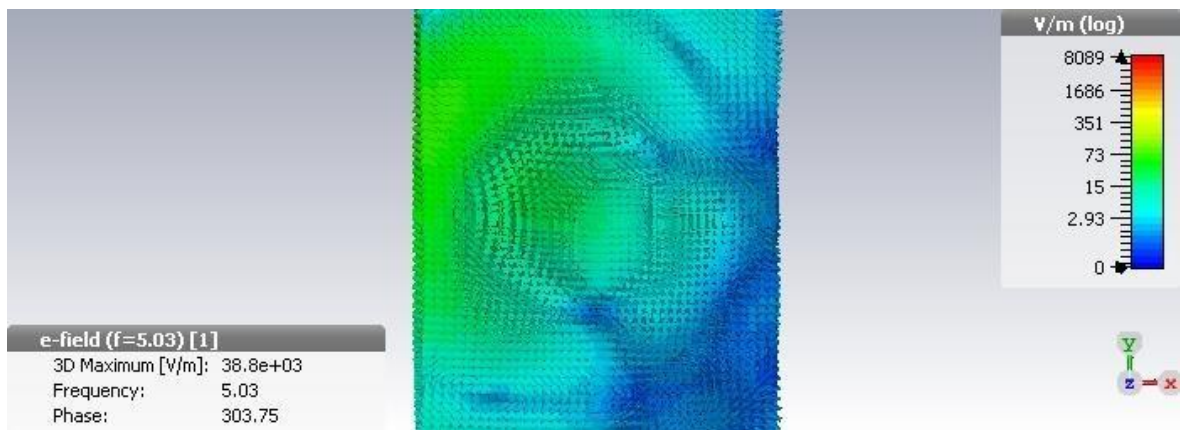


Figure 62: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

La modélisation montre que les ondes propagent dans deux angles de l'espace de plan (x, y) selon l'axe X et il est absence selon l'axe Z. (figure 63)

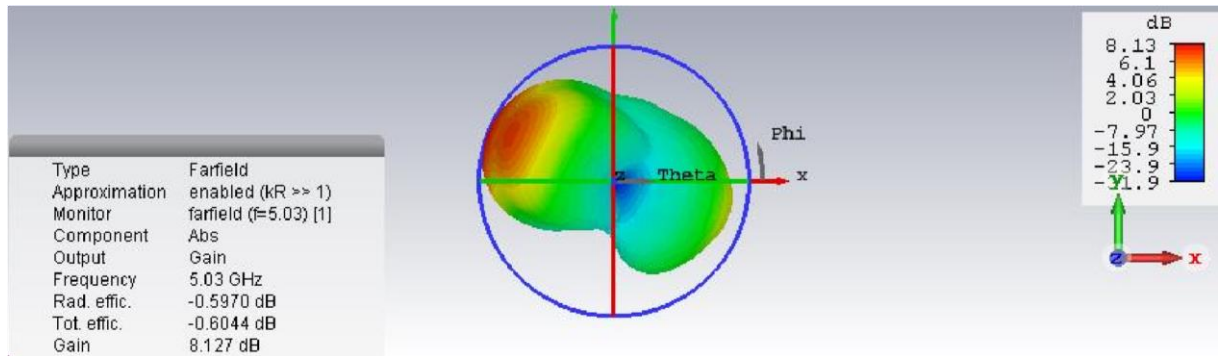
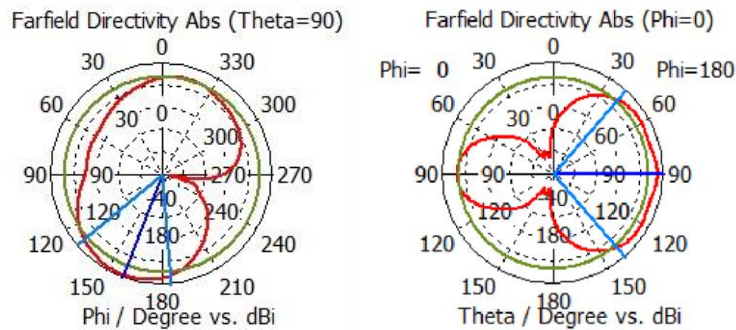


Figure 63: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

La directivité si $\Phi=0^\circ$ (figure 64.A) on résulte deux angles la 1^{ère} égale 180° et la 2^{ème} égale 60° , si $\theta=90^\circ$ (figure 64.B) on remarque un seul angle égal 300° .



(A) (B)

Figure 64: Les cordonné polaires de directivité dans cas de trois plasmas éteints et les autres allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0)

Extraction : cette antenne meilleure que l'antenne précédant car le 1^{er} à un bon gain

III.9. Dipôle avec tube plasma éteints et le prochain allumés:

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec 4 tubes plasmas éteints et 4 tubes plasmas allumés monter tube par tube cylindriques ont même longueur égale $4*\lambda$ et un rayon 20mm.

A travers le figure (65) que de [3-4.7] GHz, S_{11} diminue de [-17-0] dB et après fréquence de résonance (5.03 GHz) il a augmenté progressivement jusqu'à -2 dB chez 6 GHz, cette antenne a une efficacité presque 94.82% sur la bande passante [4.3-5.2].

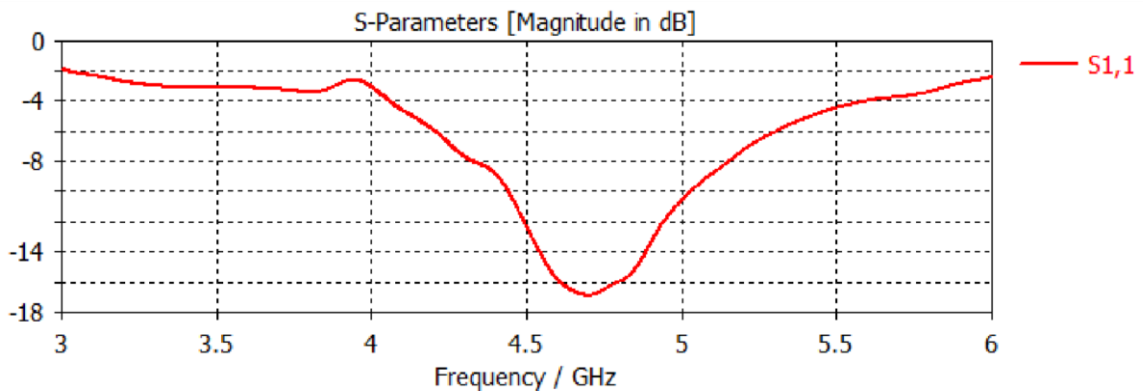


Figure 65: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

Le VSWR diminue de [9-0.3] dans intervalle de fréquence [3-4.7] GHz, après la fréquence de résonance, il y a une croissance jusqu'à 7 dB chez 6GHz. (Figure 66)

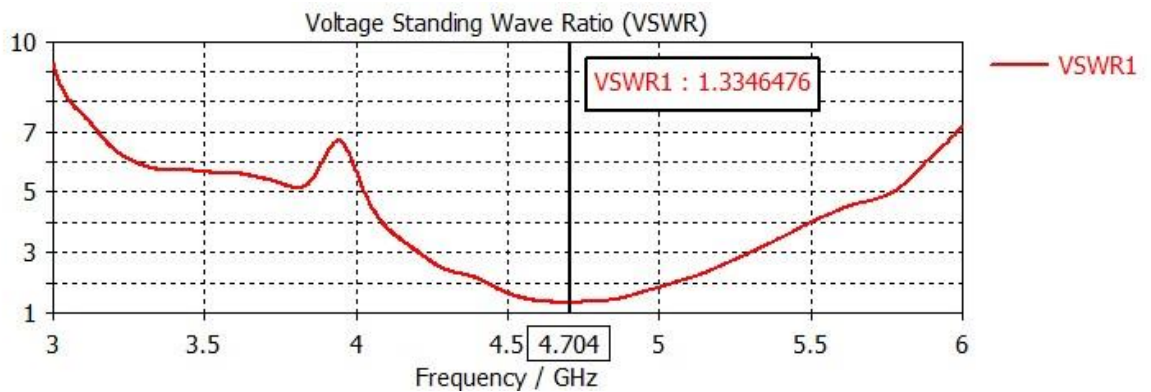


Figure 66: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

Le gain max égale 6.2 dB sur l'intervalle de fréquence [4.25-5.22] GHz comme la figure(67) suivant :

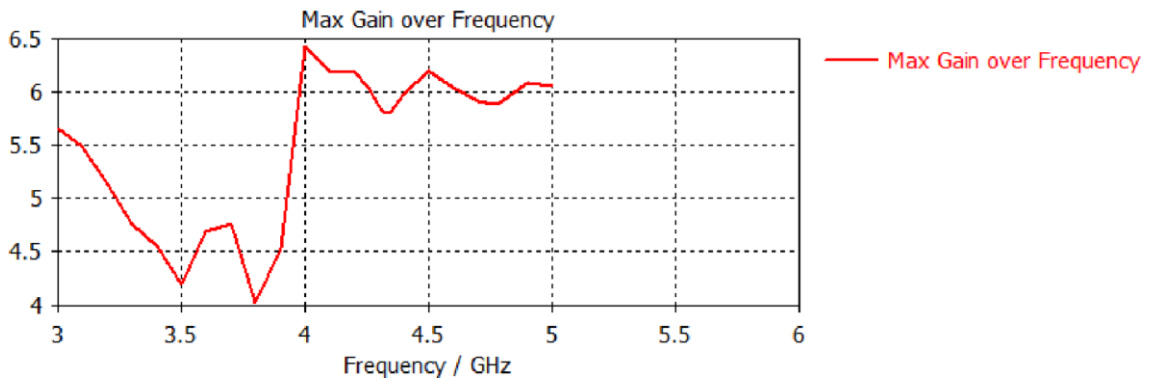


Figure 67: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

A travers le figure (68) on remarque que les ondes recueillies dans la coté droite plus que la côté gauche.

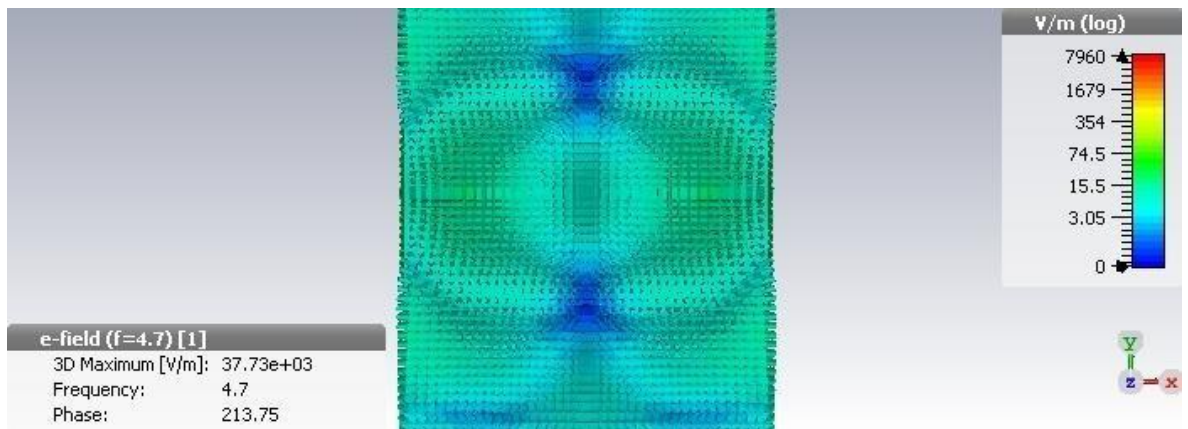


Figure 68: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

La radiation de patch montre qu'il y a deux angles au niveau de plan (x, y) par un gain égale 5.92 dB. (Figure 69)

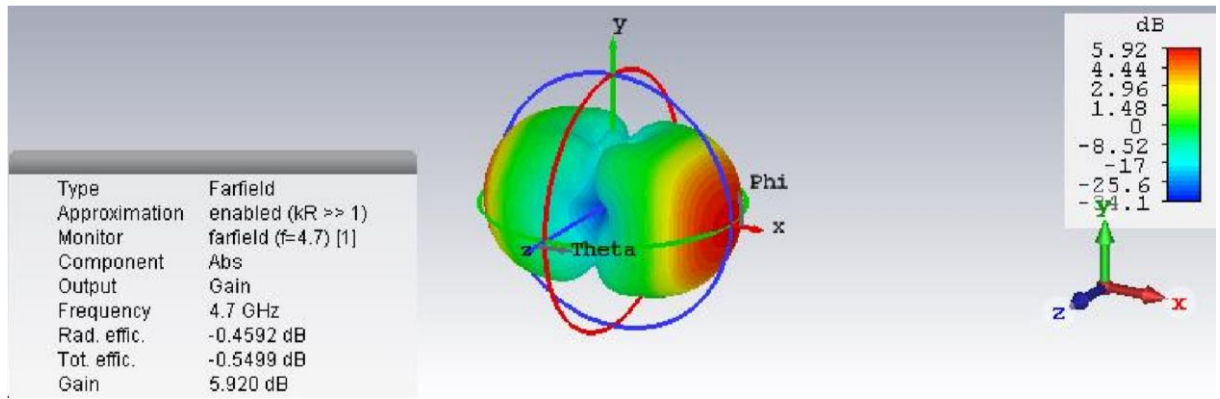


Figure 69: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

On remarque de la directivité si $\Phi=90^\circ$ (figure 70.A) on va voir deux angles égaux et similaires par une valeur égale 120° et si $\theta=90^\circ$ (figure 70.B) on note deux angles égaux et similaires (120°).

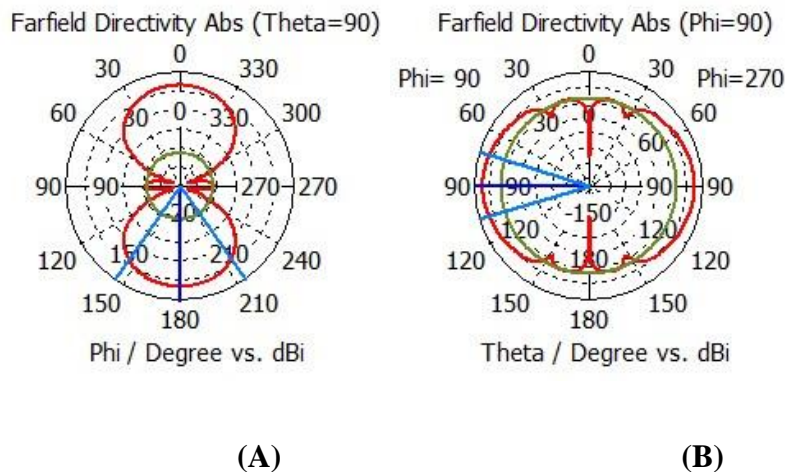


Figure 70: Les cordonné polaires de Farfield directivité dans cas de tube plasma éteints et la prochainone allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)

Extraction : l'antenne précédant meilleure que cette antenne au côté de gain et directivité.

III.10. Dipôle avec trois tube plasma allumés et les autres éteints:

Dans ce cas on utilise le dipôle précédant dans même caractéristique avec 5 tubes plasmas éteints et 3 tubes plasmas allumés cylindriques ont même longueur égale $4*\lambda$ et un rayon 20mm.

A travers le figure (71) que de [3-4.58] GHz, S_{11} diminue de [-13--1] dB et après fréquence de résonance (4.58 GHz) il a augmenté progressivement jusqu'à -2 .2 dB chez 6 GHz, cette antenne a une efficacité presque 96.5 % sur la bande passante [3.9-5.37].

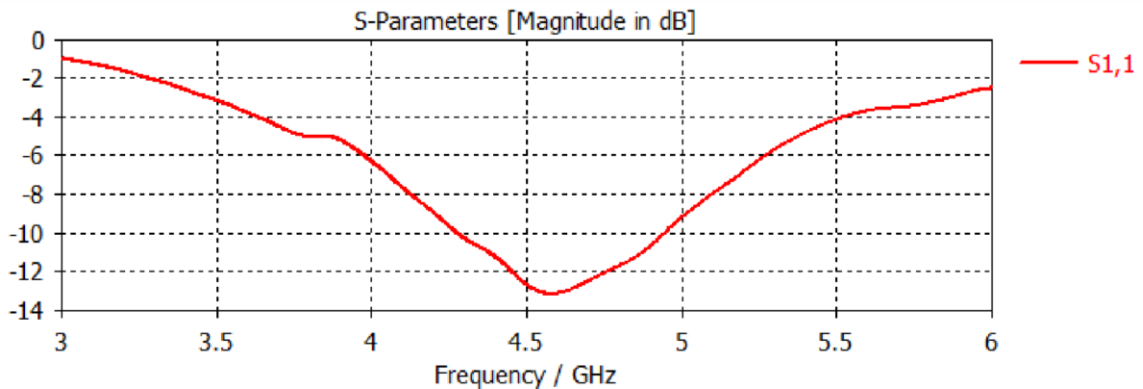


Figure 71: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas trois tube plasma allumés et les autres éteints

Le VSWR diminue de [18-2] dans intervalle de fréquence [3-4.58] GHz, après la fréquence de résonance, il y a une croissance jusqu'à 7 dB chez 6 GHz. (figure 72)

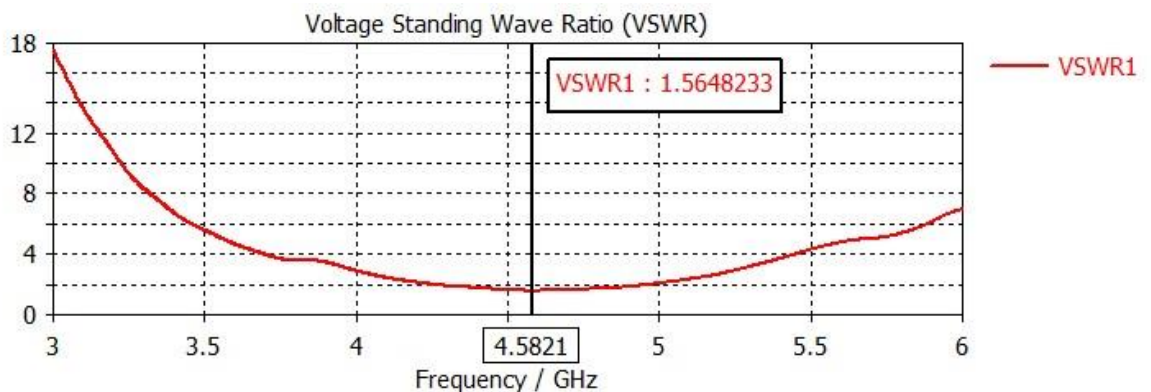


Figure 72: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints

Le gain max égale 5.5 dB sur l'intervalle de fréquence [3.88-5.36] GHz comme la figure(73) suivant :

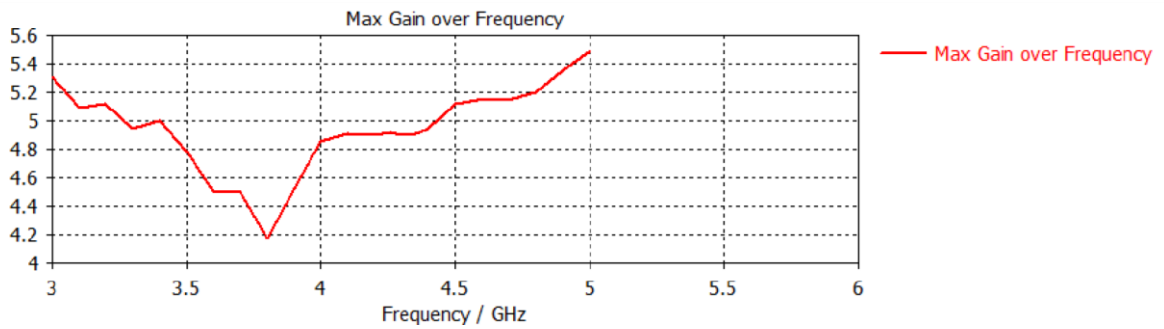


Figure 73: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints

De la figure (74) on observe que de côté de trois plasmas allumés les onde électromagnétique presque rien par contre la côté des les plasmas off il y a une quantité important des ondes, l'intensité maximum égale 36304 v/m.

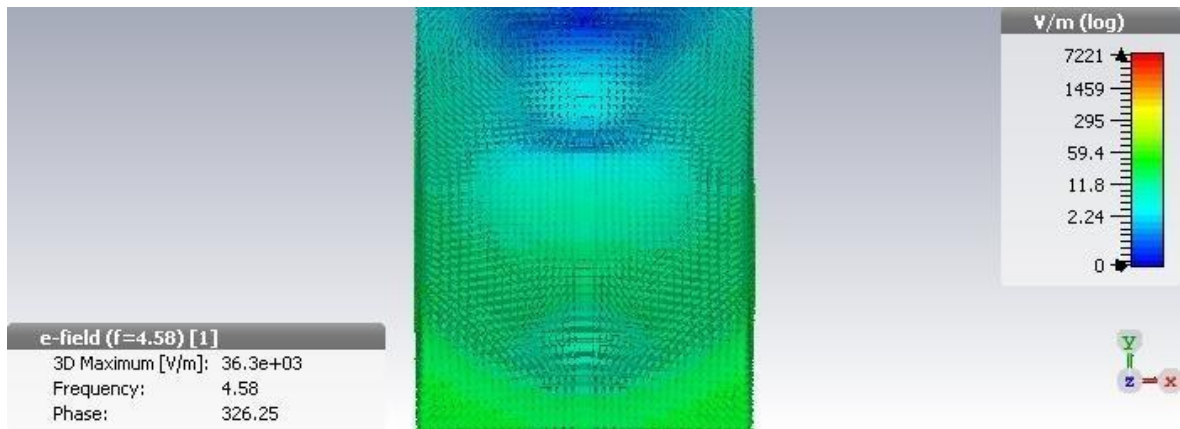


Figure 74: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas des trois tube plasma allumés et les autres éteints

La radiation de patch montre qu'il y a un angle au niveau de plan (x, y) par un gain égale 5.15 dB (figure 75).

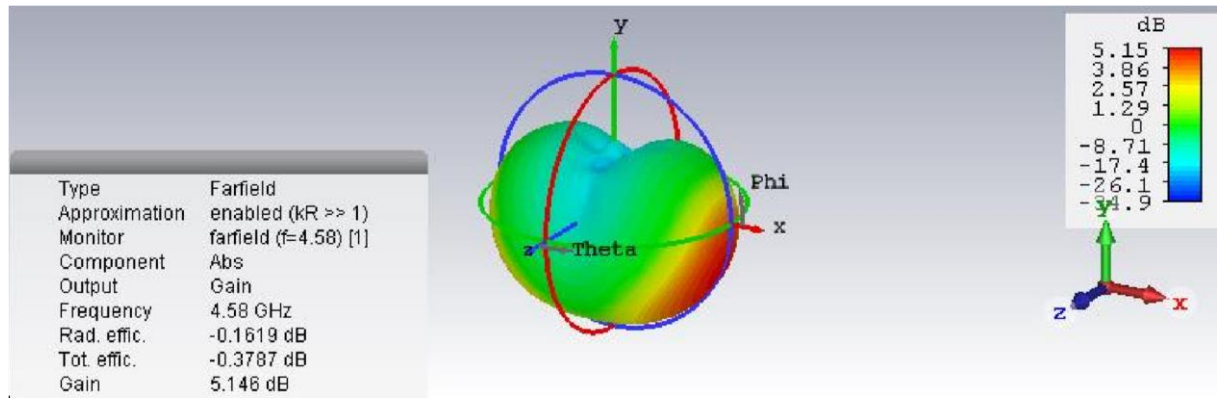


Figure 75: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints

On remarque de la directivité si $\Phi=0^\circ$ (figure 76.A) on va voir deux angles égaux et similaires par une valeur égale 120° et si $\theta=90^\circ$ (figure 76.B) on note un seul angle (300°).

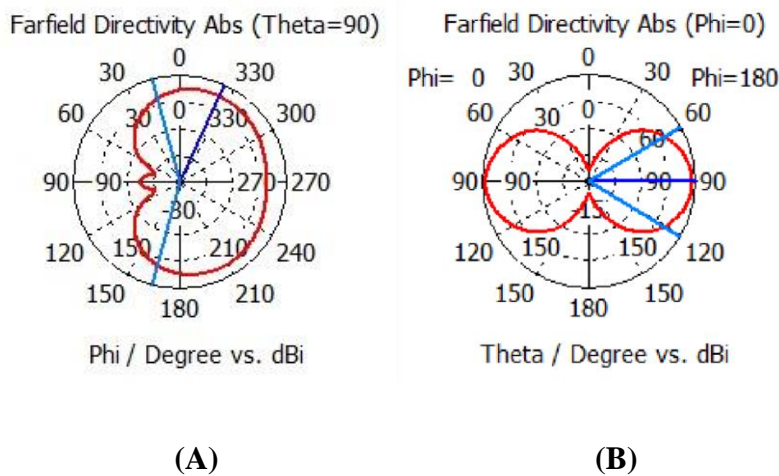


Figure 76: Les cordonné polaires des Fairfield directivité dans cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90)

Extraction : L'antenne précédant possède une bonne performance que dernière antenne.

Le tableau suivant représente les résultats généraux des simulations des antennes comme.

La fréquence de résonance, VSWR, S_{11} , bande passante, gain, efficacité et directivité, les résultats varie d'une antenne à l'autre, ça dépend le nombre de plasma et celle état (allumés / éteints), la distance de plasma a dipôle et le rayon de plasma.

Tableau 1: Les résultats des simulations des tous les cas

Antennes	Fréquence de résonance (GHz)	VSWR	S11 (dB)	efficacité (%)	Directivité (dB)	Bande passante (GHz)	Gain (dB)
Dipôle	4.32	1.3	-18	100	2.18	[3.97-4.8]	2.25
Dipôle avec 4.8] éteint	4.32	1.36	-16.3	100	2.29	[3.97-2.4 tube plasma	
Un tube Plasma allumé Rayon=20mm	4.26	1.25	-18.99	98.65	5.42	[4-4.6]	5.45
Un tube Plasma Rayon=12mm	4.28	1.4	-15.48	99.48	4.29	[3.93-4.38	
Tube plasma allumé et a=30 mm	4.32	1.55	-13	97.98	4.67	[4.1-4.81]	4.95
Tube plasma allumé et a=120 mm	4.31	1.34	-16.5	99.53	3.89	[3.97-4.8]	3.88
Tous les tubes plasma éteints	4.3	1.36	-16	100	2.17	[4.1-4.6]	2.2
Tous les tubes plasma allumés	3.25	1.49	-14	30.83	6.59	[3.15-3.4]	1.8
Trois tubes plasmas allumés et les autres éteints	4.58	1.56	-12	96.5	4.87	[3.88-5.36]	5.5
Dipôle avec	4.7	1.33	-17	94.82	6.38	[4.25-6.2	

tube 5.22] plasma éteints
 et le
 prochaine allumés

Trois tubes plasmas éteints et les autres allumés	5.03	1.09	-27.5	89.31	8.72	[4.65- 5.21]	8.4
--	------	------	-------	-------	------	-----------------	-----

III.11. Conclusion :

A travers les types des antennes que nous avons vu on résulte que l'antenne dans cas des trois plasmas éteints et les autres allumés c'est le meilleur cas car il a un bon gain (8.4 dB) et meilleure directivité.

Conclusion générale

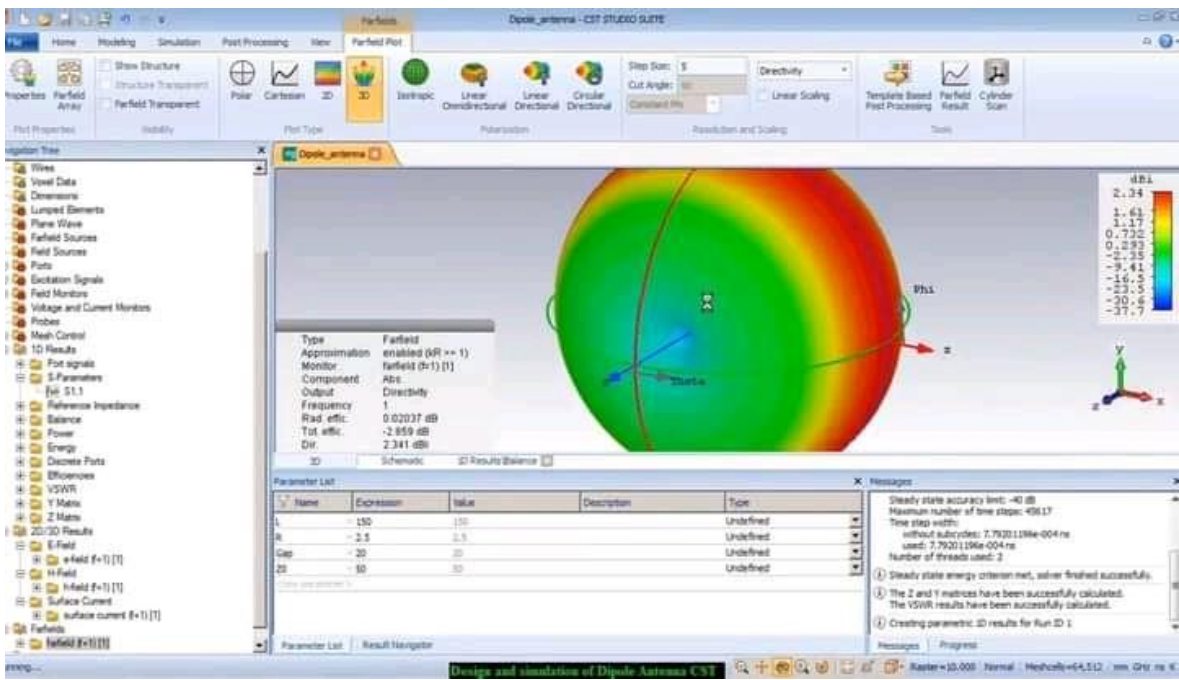
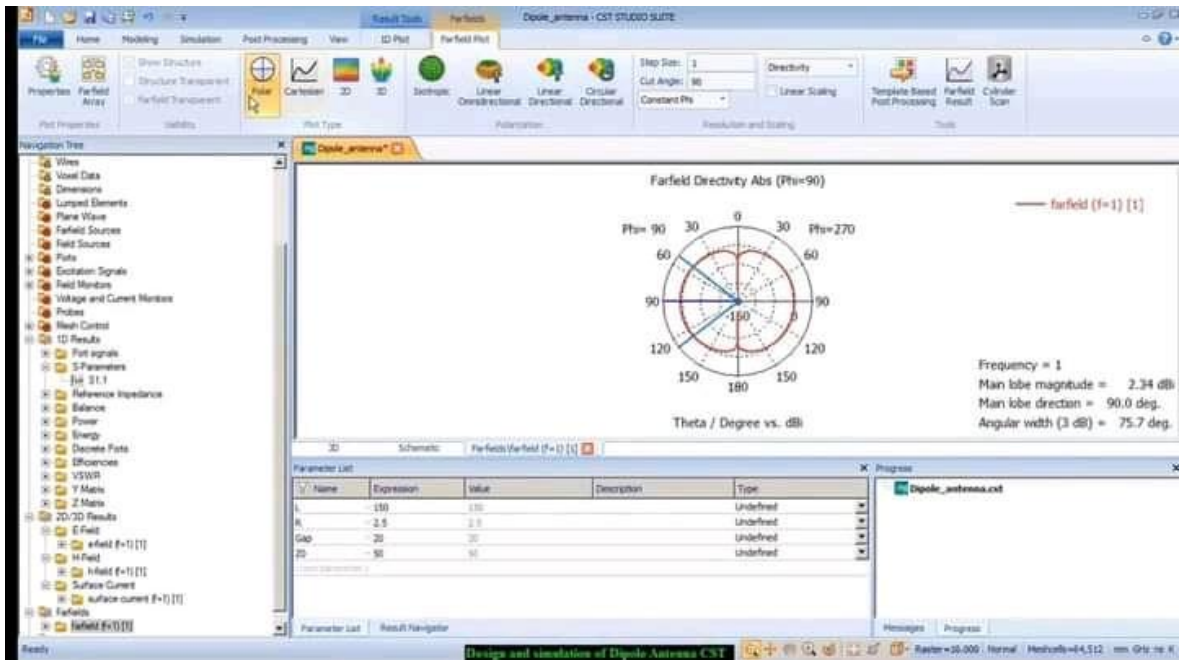
Enfin, Grâce à des simulations précédentes, nous avons constaté que l'antenne plasma est bien meilleure que l'antenne métallique, car elle augmente l'intensité et la portée du signal et réduit l'intensité d'absorption des ondes électromagnétiques, de sorte que le monde doit y aller et le développer pour le au profit de toute l'humanité.

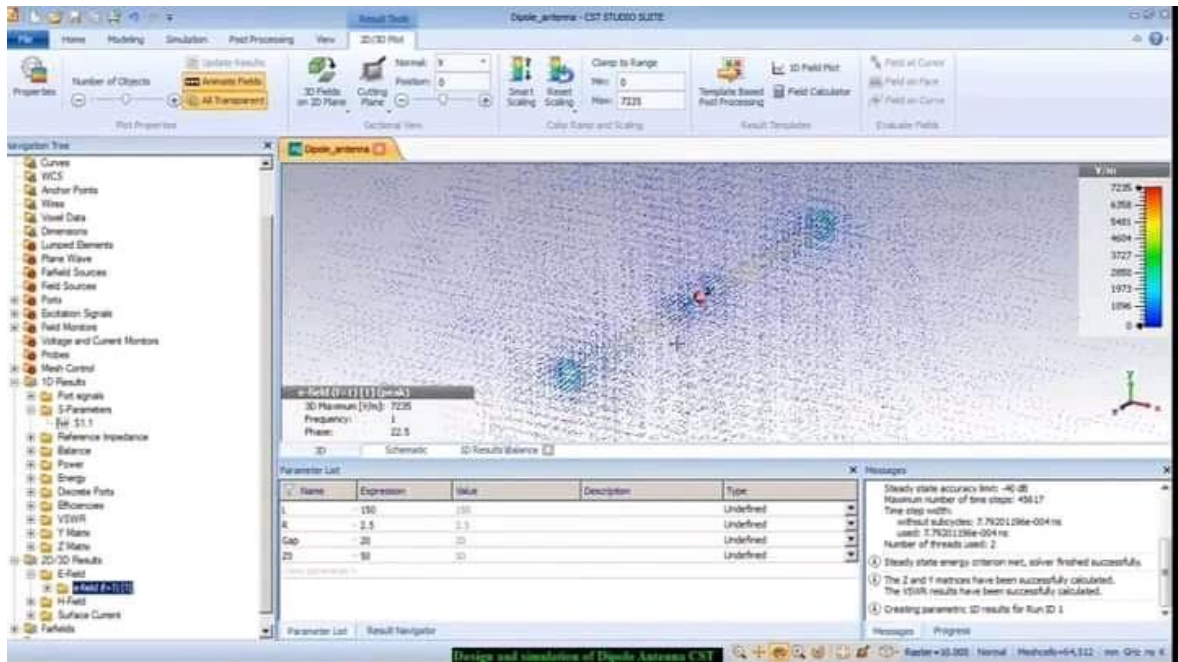
Bibliographies:

- [1] M. T. J. Tajudin, "Study and design of reconfigurable antennas using plasma medium," Université Rennes 1, 2014.
- [2] O. Lamia, "Simulations des antennes sous HFSS (High Frequency Structure Simulator)," Université Mouloud Mammeri, 2013.
- [3] A. Benomar, "Etude des Antennes à Résonateurs Diélectriques.: Application aux Réseaux de Télécommunications," Université de Limoges, 2015O. Picon,
- [4] D. J. C. Grenier, Département de génie électrique et de génie informatique, Université de Laval, Québec, été, "Antennes et propagation radio," 2012.
- [5] Z. J. M. d. f. d. é. p. P. l. o. d. d. d. m. a. Bachir, Université Echahid Hamma Lakhdar _ El oued, "Modélisation d'une antenne micro UNIVERSITE DE TUNIS EL MANAR, Tunisie, 2013.
- [6] K. Allabouche, "Etude, conception et caractérisation de nouvelles topologies d'Antennes à Résonateurs Diélectriques: Application aux nouveaux systèmes de communications sans fil," Université Côte d'Azur; Université Sidi Mohamed ben Abdellah (Fès, Maroc), 2017.
- [7] Z. J. M. d. f. d. é. p. P. l. o. d. d. d. m. a. Bachir, Université Echahid Hamma Lakhdar _ El oued, "Modélisation d'une antenne micro . ruban compacte," 2015.
- [8] A. Niang, "'Antennes miniatures et structures électromagnétiques avec circuits non-Foster," Thèse de doctorat de L'Université PARIS-SACLAY PREPAREE A "L'UNIVERSITE ..., 2017
- [9] H. Ragad, "Etude et conception de nouvelles topologies d'antennes à résonateur diélectrique dans les bandes UHF et SHF," UNIVERSITE DE NANTES; UNIVERSITE DE TUNIS EL MANAR, Tunisie, 2013.
- [10] I. Ben Trad, "Antennes agiles pour les télécommunications multistandards," Rennes, INSA, 2014.
- [11] A. Fridman and L. A. Kennedy, *Plasma physics and engineering*. CRC press, 2004.
- [12] M. J. B. U. P. Melzani, "Ondes dans un plasma dilué non magnétisé," vol. 993, pp. 425-441, 2017.

- [13] D. P. K. Karmakar, "BRIEF INTRODUCTION TO PLASMA," 26 July 2019.
- [14] J. A. Bittencourt, *Fundamentals of plasma physics*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [15] o. granier, "ondes dans les plasma ".
- [16] M. MEDDOUR, S. BENKEDDA, A. BELHEDRI, and B. MEKIMAH, "Etude et simulation d'une antenne microbande dans la bande WiFi 5 GHz," 2017.
- [17] Alexandre BOYER « Antennes » Support de cours énoncé de travaux dirigés institut national des sciences appliquées de Toulouse, 2011.
- [18] O. A. Barro, "Design and manufacturing reconfigurable antennas using plasma," Rennes 1, 2016.
- [19] Z. Ahmed, Polycopié de Cours Antennes, de la 1ère Master en Télécommunications, Septembre, 2018. chapitre 3
- [20] C. A. Brau, "Problèmes modernes en électrodynamique classique " 2004.
- [21] D. J. Griffiths, "Introduction à l'électrodynamique (3e éd.," 1999).
- [22] L. Cirio, C. Ripoll, G. Baudoin, J.-F. Bercher, and M. Villegas, *Les antennes: Théorie, conception et applications*. Dunod, 2009.

Les annexes





Design and simulation of Dipole Antenna CST

