REPUBLIQUEALGERIENNEDEMOCRATIQUEETPOPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière: ***Télécommunications***

Spécialité: ***Système de télécommunication***

Étude et analyse des performances d'une antenne plasma à l'aide du logiciel CST

Présenté par :

BOUZIANE MHAMED

SAIDOUNE Mohamed

Proposé et Dirigé par :

Dr Mohamed NASR EDDINE TEMMAR

Dr Ziane KECHIDI

Promotion 2021

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 encadreurs monsieur Mohamed Nasr EddineTEMMAR et monsieur Ziane KECHIDI , pour leurs 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 remercîments 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 voudrons 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 gratitudes 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.

MHAMED/Mohamed

Sommaire

Liste des figures I

Liste des tableaux V

Liste des symboles VI

Liste des abréviations VIII

Résumé : IX

Introduction générale : 1

Chapitre I Généralité sur Plasma 1

I.1. Définition d'un plasma : 3

I.2. Plasma dans la nature 3

I.3. Plasmas artificiels : 3

I.4. Classification des plasmas : 4

I.5. Propagation des ondes électromagnétiques dans les plasmas: 5

I.6. Production de plasma : 5

I.7. Photoionisation : 6

I.8. Décharge électrique : 6

I.9. Paramètres physiques des plasmas 7

I.10. Modèle de Drude et Permittivité complexe du plasma 8

I.11. Antenne plasma : 9

I.12. Conclusion : 11

Chapitre II Principes fondamentaux des antennes 12

II.1. Introduction : 12

II.2. Les antennes : 12

II.2.1. L'antenne d'émission : 12

II.2.2. L'antenne de réception : 12

II.2.3. L'antenne isotrope : 13

II.3. Caractéristiques des antennes : 14

II.3.1. Bande passante et facteur de qualité : 14

II.3.2. Impédance d'entrée : 15

II.3.3. Le rapport d'onde stationnaire (ROS) : 15

II.3.4. Le coefficient de réflexion ($\mathbf{S}_{11}$) : 16

II.3.5. Directivité : 16

II.3.6. Gain de l'antenne : 16

II.3.7. Efficacité de rayonnement : 17

II.3.8. Diagramme de rayonnement :.....17
II.3.9. Les Régions du champ :.....18
II.4. Types d'antennes :.....19
II.4.1. Antennes filaires :.....20
II.4.2. Antennes plasma :.....21
II.5. Conclusion :.....22
Chapitre III Simulation d'antenne plasma par logiciel CS.....23
III.1. Introduction :.....23
III.2. Présentation de l'outil de simulation CST :.....23
III.2.1. Description du logiciel de simulation CST Studio Suite :.....23
III.3. Définition de dipôle :.....23
III.4. Antenne simple :.....24
III.5. Dipôle avec tube plasma :.....26
III.5.1. Un tube Plasma éteint :.....26
III.5.2. Un tube Plasma allumés :.....29
III.6. Tout le tube plasmas éteints:.....41
III.7. Tous les tube plasma allumés:.....44
III.8. Trois tube plasma éteints et les autres allumés :.....47
III.9. Dipôle avec tube plasma éteints et le prochain allumés:.....50
III.10. Dipôle avec trois tube plasma allumés et les autres éteints:.....53
III.11. Conclusion :.....58
Conclusion générale.....59
Bibliographies:..... XI

Liste des figures

Figure 1: Différentiation des plasmas en fonction de la densité électronique ne, l'énergie électronique kTe et la longueur de Debye λ_D.....4
Figure 2: Photographies des parties basses de l'antenne plasma fabriquée 10
Figure 3: Photo de l'antenne plasma dans la base compacte SATIMO (H rayonnante = 77 mm) 11
Figure 4: Rayonnement d'une antenne isotrope 13
Figure 5: Bande passante et coefficient de réflexion 14
Figure 6 : Diagramme de rayonnement classique d'une antenne directive 18
Figure 7 : Régions du champ d'une antenne 19
Figure 8: Antenne dipôle, circulaire, hélice.....20
Figure 9: Dipôles verticaux d'un émetteur FM 20
Figure 10: Antenne plasma fabriquée 21
Figure 11: Système de couplage. (a) Vue de coupe. (b) Vue de dessous 21
Figure 12: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz).....24
Figure 13: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) 24
Figure 14: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) 25
Figure 15: Production et émission des ondes électromagnétique dans de dipôle 25
Figure 16: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques.....26
Figure 17: Les cordonnés polaires de Farfield directivité.(A): Farfield directivité Abs (Theta=90),(B): Farfield directivité Abs (Phi=90) 26
Figure 18: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) 27
Figure 19: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) 27
Figure 20: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) 28
Figure 21: Production et émission des ondes électromagnétique dans cas de dipôle et un tube plasma éteint.....28
Figure 22: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma éteint 29
Figure 23: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma éteint. (A): Farfield directivité Abs (Theta=90),(B): Farfield directivité Abs (Phi=0).....29
Figure 24: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm.....30
Figure 25: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm.....30
Figure 26: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas plasma allumé et rayon de20mm.....31
Figure 27: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 20mm.....31
Figure 28: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 20mm.....32

Figure 29: 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) 32
Figure 30: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 12mm.....33
Figure 31: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm.....33
Figure 32: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de12mm.....34
Figure 33: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm.....34
Figure 34: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 12mm.....35
Figure35: 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) 35
Figure 36: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=30mm.....36
Figure 37: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé sur la distance a=30mm.....36
Figure 38: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=30mm.....37
Figure 39: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance a=30mm.....37
Figure 40: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance a=30mm.....38
Figure 41: Les cordonnés polaires de directivité dans cas plasma allumé sur la distance a=30mm(A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=0) 38
Figure 42: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=120mm.....39
Figure 43: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de plasma allumé sur la distance a=120mm 39
Figure 44: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=120mm.....40
Figure 45: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance a=120mm.....40
Figure 46: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance a=120mm.....41
Figure 47: 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) 41
Figure 48: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints.....42
Figure 49: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints 42
Figure 50: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints.....43

Figure 51: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas éteints ...43
Figure 52: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas éteints ...44
Figure 53: 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) ...44
Figure 54: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés ...45
Figure 55: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés ...45
Figure 56: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés ...46
Figure 57: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas allumés ...46
Figure 58: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas allumés ...47
Figure 59: Les cordonné polaires de directivité dans cas de 8 plasmas allumés (A): Farfield directivité Abs (Theta=90), (B): Farfield directivité Abs (Phi=90) ...47
Figure 60: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés ...48
Figure 61: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés ...48
Figure 62: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés ...49
Figure 63: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés ...49
Figure 64: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois plasmas éteints et les autres allumés ...50
Figure 65: 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) ...50
Figure 66: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés ...51
Figure 67: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés ...51
Figure 68: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés ...52
Figure 69: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés ...52
Figure 70: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de tube plasma éteints et le prochain allumés ...53
Figure 71: 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) ...53
Figure 72: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas trois tube plasma allumés et les autres éteints ...54

Figure 73: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints 54
Figure 74: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints 55
Figure 75: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas des trois tube plasma allumés et les autres éteints 55
Figure 76: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints 56
Figure 77: 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) 56

Liste des tableaux

Tableau 1:Les resultats des simulations des tous les cas 57

Liste des symboles

K : La constante de Boltzman

Φ : Angle phi

Θ : Angle thêta

λ: Longueur d'onde

ω : La pulsation

E : Champs électrique

B : Champs magnétique

α : Degré d'ionisation

α_i :Taux d'ionisation

e : Électrons

m : La masse

t : Temps

v : Vitesse

$\mu 0$: Perméabilité dans le vide

Q : Facteur de qualité

R : La résistance.

X : La réactance

L : Inductance

C : Condensateur

$\mathbf{S}_{11}$: Le coefficient de réflexion de l'antenne

Z_c : Impédance caractéristique

D (θ, $\boldsymbol{\varphi}$) : La directivité

P (θ, $\boldsymbol{\varphi}$) : La puissance rayonnée

G (θ, $\boldsymbol{\varphi}$) : Le gain

P0 : La densité de puissance rayonnée moyenne (W/m2) de l'antenne isotrope

ne : Nombre des électrons
ni : Nombre des ions

N : La densité des particules neutres

T : Température

λ_D : Longueur de debey

ϵ_0 : Permittivité dans le vide

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

DC : Courant continue

RF : Fréquence radio

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 محاكاة الكمبيوتر CST". للقيام بذلك، نبدأ بهوائي بسيط (ثنائي القطب) ثم ندرس هوائي بلازما يتكون من مجموعة من الأنابيب المملوءة ببلازما الأرجوان. لكل دراسة ، نقوم بتغيير عدد هذه الأنابيب ومعاييرها ومقارنة أدائها مع ثنائي القطب المعدني المرجعي. تظهر النتائج المتحصل عليها أن خصائص الهوائي تتأثر بالتغير في معلماتها. تؤدي هذه النتائج إلى زيادة أو

نقصان في كسب واتجاهية هذا الهوائي. أفضل تكوين تم الحصول عليه هو أنه يتكون من ثلاثة أنابيب بلازما مطفأة وخمسة أخرى قيد التشغيل مما يؤدي إلى أداء وكفاءة جيدة.

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

Introduction générale :

L'histoire de télécommunication est marquée par de nombreux progrès technologiques. Durant ces dernières décennies, ce domaine a connaissait un développement spectaculaire, ce qui conduit à la multiplication du nombre de systèmes électroniques et des antennes dans un même appareil. L'essor des technologies conduisant au passage des communications filaires aux communications sans fil, offre aujourd'hui de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications.

Les antennes jouent un rôle majeur dans la transmission et la réception d'informations sous forme d'ondes électromagnétiques, et leurs conceptions géométriques et physiques varient en fonction de leurs applications, de la fréquence et des sources d'informations. Par conséquent, on trouve de nombreux types 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).

La dernière catégorie de ces antennes est l'antenne plasma, qui s'est avérée très efficace pour la transmission et la réception des informations. L'objectif principal de ce travail de projet de fin d'étude consiste à étudier et analyser les performances d'une antenne plasma à l'aide du logiciel CST. Le concept de cette antenne repose sur des plasmas froids hors-équilibre comme élément de reconfigurabilité et possèdent des propriétés électromagnétiques intéressantes. Ces plasmas de décharges présentent une permittivité complexe dont la partie réelle peut être négative ou entre zéro et un. Cette grandeur dépend de la pression du gaz, de la densité d'électrons et de la fréquence de l'onde électromagnétique avec laquelle il interagit déjà développée par le model de Drude. Aussi, Ils se comportent comme des résonateurs à permittivités diélectriques négatives présentant des résonances plasmoniques de surface aux fréquences microondes.

Introduction générale

Ce mémoire est réparti en trois chapitres. Nous décrivons le contenu des trois chapitres suivants ci-après.

Le premier chapitre est consacré à la définition du l'état plasma ainsi que présence dans la nature, en technologie et dans les laboratoires de recherche. Nous avons parlé sur l'interaction et la propagation des ondes l'électromagnétique dans le plasma.

Dans le deuxième chapitre, nous avons discuté le rôle des antennes, leurs caractéristiques et leurs types. Nous avons essayé d'expliquer certains types de ces antennes avec lesquelles nous avons basé notre étude et analyse dans notre mémoire.

Dans le troisième chapitre, nous avons proposé une antenne simple (dipôle métallique classique) et dix antennes plasma qui se diffèrent par le nombre de leurs tubes à plasma, le diamètre de chaque tube et leurs distances par rapport au dipôle, puis nous avons simulé chaque type séparément en utilisant le logiciel commerciale de simulation CST pour connaître les performances et l'efficacité de chacune d'elles. Et enfin, on termine, notre mémoire par une conclusion générale qui illustre les principaux résultats de la simulation liés à l'efficacité de l'antenne plasma et les avantages qu'elle a ajoutés dans le domaine des communications sans fils.

Chapitre I

Généralité sur Plasma

I.1. Définition d'un plasma :

En physique, un plasma est un milieu électriquement conducteur dans lequel il y a un nombre à peu près égal de particules chargées positivement et négativement, produit lorsque les atomes d'un gaz deviennent ionisés. On l'appelle le quatrième état de la matière, et se distinct des états solide, liquide et gazeux. C'est gaz ionisés, globalement neutre et présente un comportement collectif. Il est constitué par des électrons, d'ions et de particules neutres. Dans le cas d'un plasma à basse pression, hors équilibre et non magnétisé, sa permittivité relative complexe est donnée par le modèle de Drude. En général, le plasma se comporte comme un matériau conducteur et cette propriété peut disparaître lorsque le plasma n'est plus allumé par une source d'excitation. 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 plasma comprend plus de 99% de l'univers visible. Dans le ciel nocturne, le plasma brille sous la forme d'étoiles, de nébuleuses et même d'aurores qui ondulent parfois au-dessus du pôle nord [4], 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, les flammes de haute température et la foudre. Le soleil est une boule de plasma de 1,5 million de kilomètres chauffée par des réactions de fusion nucléaire. L'espace est un milieu contenant du plasma dans lequel nos signaux d'ondes électromagnétiques se propagent.

I.3. Plasmas artificiels :

Les plasmas sont actuellement presque omniprésents sur terre sous forme artificiel. On les trouve dans les écrans plasmas, y compris les écrans de télévision, les tubes fluorescents et les enseignes souvent à base du gaz néon le long des rues de nos villes et des propulseurs ioniques, la zone électrique d'une lampe à arc, le soudage avec une torche à plasma et arcs produits par les bobines Tesla, le plasma utilisé dans la fabrication de dispositifs à semi-conducteurs, les plasma produits par laser dans un réacteur à fusion

inertiel et les plasmas confinés par des champs magnétiques pour la production de l'énergie électrique en utilisant l'énergie libérée dans réactions de fusion thermonucléaire contrôlée [4].

I.4. Classification des plasmas :

Les différents types de plasma sont souvent groupés en fonction de leur énergie, leur température et leur densité électronique. On distingue les plasmas chauds (dits aussi plasmas de fusion) des plasmas froids ou plasmas des décharges électriques. Selon l'ordre de la grandeur du degré d'ionisation du plasma, on distingue les plasmas fortement ou totalement ionisés et les plasmas faiblement ou partiellement ionisés. Dans un plasma totalement ionisé, supposé avoir une ionisation de 100 % du gaz plasmagène, 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].

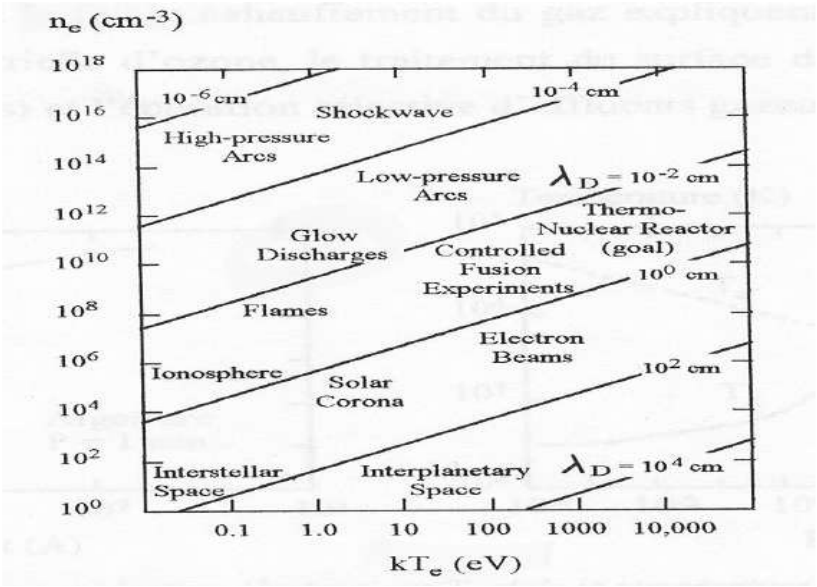


Figure 1: Différentiation des plasmas en fonction de la densité électronique ne, l'énergie électronique kTe et la longueur de Debye λ_D[22].

I.5. Propagation des ondes électromagnétiques dans les plasmas:

La propagation des ondes électromagnétiques dans les plasmas 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. Par exemple l'étude des instabilités, des phénomènes de transport ou de la turbulence passe par une compréhension des modes de propagation. D'autre part, la transmission d'informations entre un émetteur et un récepteur à travers un plasma est assurée par les ondes. Par exemple la réflexion de certaines ondes radio sur le plasma ionosphérique leurs permettent une propagation sur de grandes distances, ou que les signaux GPS sont retardés en traversant l'ionosphère, etc [3].

I.6. Production de plasma :

Pour créer un plasma, il faut ioniser suffisamment un matériau pour que la densité des particules ionisées soit importante et que la fréquence du plasma correspondante dépasse largement les taux de collisions avec les neutres. La dernière condition est importante pour s'assurer que les particules neutres ne contrôlent pas la dynamique du système. Dans tous les cas, arracher un électron d'un atome prend généralement plus d'énergie que de rompre des liaisons chimiques. 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. C'est l'état « plasma » dont ce terme a été attribué à Irvine Langmuir pour décrire la région d'une décharge électrique dans un tube à 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, sont électriquement neutre.

Un plasma peut être produit en augmentant la température d'un milieu matériel 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. 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 du pair 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].On pense que les plasmas photoionisés sont régulièrement associés à des objets astrophysiques alimentés par accrétion, où le champ de rayonnement est suffisamment intense pour que les taux de photoexcitation et d'ionisation soient élevés par rapport aux taux d'excitation et d'ionisation par collision électronique.

I.8. Décharge électrique :

Un gaz soumis à un champ électrique et donc à la force de Coulomb, ce qui accélère les électrons libres à des énergies suffisamment élevées, les particules chargées vont entrer en collision [5]. Avec les espèces chimiques environnantes. On distingue alors les collisions élastiques des collisions inélastiques. Dans les chocs élastiques, les atomes conservent la même structure interne. Par contre, dans les chocs inélastiques, l'énergie interne des particules change. L'énergie de la particule incidente, dans ce cas, est suffisante pour que la particule heurtée passe à un niveau excité plus haut ou soit ionisée. Les chocs inélastiques sont donc la source d'un nombre important de réaction physico-chimiques qui vont alors modifier les propriétés macroscopiques du gaz. On distingue alors les phénomènes ionisants: l'excitation, l'ionisation, la recombinaison et le détachement. Les champs électriques radiofréquence, micro-onde permettent aussi de produire des plasmas. Les décharges RF fonctionnent typiquement sur la plage de fréquence $f = 1 - 100MHz$, classiquement13.56MHz. Les longueurs d'onde correspondantes ($\lambda = 300 - 3cm$) sont grandes devant les dimensions du réacteur plasma. Pour les micro-ondes, la longueur d'onde la plus utilisée est12.24cm correspondant à la fréquence $f = 2.45GHz$. Cette

longueur d'onde est grossièrement de l'ordre de grandeur des dimensions d'un réacteur micro-ondes classique. Pour des fréquences plus petites, les ions accélérés par le champ, se déplacent en direction des électrodes et produisent des électrons secondaires, de façon similaire à une décharge DC. En augmentant la fréquence, les ions et par la suite les électrons ne peuvent plus atteindre la surface des électrodes pendant la phase d'accélération [23].

I.9. Paramètres physiques des plasmas

Les plasmas n'ont pas les mêmes caractéristiques physico-chimiques et peuvent être ainsi classifiés en fonction de certains paramètres qui sont essentiellement :

- Densité électronique: La densité électronique n_e est le nombre d'électrons libres par unités de volume (cm^3).

- Taux d'ionisation: Le taux d'ionisations αi représente le rapport de la densité des électrons libre mesure la densité des particules totales n_e + N, où N est la densité des particules neutres par unité de volume. Le taux d'ionisation est alors donné par :

$\alpha i = n_e/(n_e+N)$

-Température électronique: T_e est la température électronique qui correspond à la température absolue en Kelvin (°K) des électrons. On utilise aussi parfois l'énergie électronique kT_e (en électron-volt eV) avec k la constante de Boltzman, sachant que 1 $kT_e \approx 1{,}4 \times 10^4$ K.

- Libre parcours moyen : Le libre parcours moyen λ correspond à la distance moyenne parcourue par une particule chargée entre deux collisions. Il dépend de la vitesse des particules, ainsi que de la probabilité de collision.

- Longueur de Debye : La longueur de Debye λ_d définit la longueur à partir de la quelle le champ électrique Coulombien issue d'une particule chargée est neutralisé par un ensemble de particules de signe opposées dans le volume environnant. Elle est donnée par la relation suivante $\lambda_d = \sqrt{\frac{\epsilon_0 \, KTe}{n_e \, e^2}}$.

Avec ε_o la permittivité du vide ($8{,}84 \times 10^{-12}$ F/m) et e la charge élémentaire d'un électron ($1{,}6 \times 10^{-19}$ C).

I.10. Modèle de Drude et Permittivité complexe du plasma

Le modèle de Drude permet d'exprimer la permittivité relative complexe du plasma. A partir de ce modèle, on déduit un comportement conducteur ou diélectrique du plasma. Il applique classiquement l'équation de la quantité de mouvement aux particules chargées. En considérant les collisions nécessaires pour générer le plasma et l'accélération des particules chargées dues au champ électrique, l'équation de la quantité de mouvement appliquée aux électrons au sein du plasma en présence d'un champ électrique E donne l'équation :

$$\frac{\vec{v_e}}{t} = -\frac{e}{m_e}\vec{E} - \vec{v_e} \qquad (1.1)$$

Avec v_e la vitesse de dérive des électrons. la fréquence de collisions entre électrons et neutres (en collisions/seconde) s'apparente a une force de frottement qui ralentit les électrons.

En se plaçant en régime harmonique, l'équation (1.1) admet comme solution :

$$\vec{v_e} = -\frac{e}{m_e}\frac{1}{+j\omega}\vec{E} \qquad (1.2)$$

Considérons une densité de courant électronique J = $-en_c v_e$.

$$\vec{J} = \frac{n_e e^2}{m_e}\frac{1}{+j\omega}\vec{E} \qquad (1.3)$$

Avec $\omega^2_{pe} = \frac{e^2 n_e}{\epsilon_0 m_e}$, on déduit :

$$\vec{J} = \frac{\epsilon_0 \omega^2_{pe}}{+j\omega}\vec{E} \qquad (1.4)$$

On peut exprimer ce courant en fonction d'une conductivité complexe = +J " et on définit Ainsi une conductivité complexe du plasma selon les équations (1.5) et (1.6).

$$\vec{J} = \vec{E} = (+j')\vec{E} = \left(\epsilon_0 \frac{(\omega_{pe}/\omega)^2}{1+(/\omega)^2} - j\epsilon_0 \frac{\omega_{pe}^2/\omega}{1+(/\omega)^2}\right)\vec{E} \quad (1.5)$$

Avec :

$$= \frac{\epsilon_0 \omega_{pe}^2}{+j\omega} = \epsilon_0 \omega \left[\frac{\omega_{pe}^2}{2+\omega^2} - -j\frac{\omega_{pe}^2}{2+\omega^2}\right]$$
$$= \frac{\epsilon_0 \omega_{pe}^2}{2+\omega^2} = \frac{\epsilon_0 \left(-\frac{pe}{1}\right)^2}{1+(/\omega)^2} \quad (1.6)$$
$$'' = -\frac{\epsilon_0 \omega_{pe}^2 \omega}{2+\omega^2} = -\frac{\epsilon_0 \left(\frac{pe}{1+(/\omega)^2}\right)^2}{1+(/\omega)^2}$$

On réinjecte l'expression de cette densité de courant dans l'équation de Maxwell-Ampère pour le plasma ($H=J+ j\omega\epsilon_0 E$). on peut réécrire cette équation en regroupant les termes portes par E. on définit une permittivité complexe ϵ du plasma comme dans l'équation (1.8) [23].

$$\vec{H} = \vec{J} + j\omega\epsilon_0\vec{E}$$
$$= \vec{E} + j\omega\epsilon_0\vec{E}$$
$$= j\omega\epsilon_0\left(1 + \frac{1}{j\omega\epsilon_0}\right)\vec{E}$$
$$= j\omega\epsilon_0\left(1 + \frac{+j}{j\omega\epsilon_0}\right)\vec{E} \quad (1.7)$$
$$= j\omega\epsilon_0\left(1 + \frac{''}{\omega\epsilon_0} - j\frac{1}{\omega\epsilon_0}\right)\vec{E}$$
$$= j\omega\epsilon_0(\epsilon - j'')\vec{E} = j\omega\epsilon\vec{E}$$

$$\epsilon = 1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega^2(1-j-)}$$
$$\epsilon' = 1 - \frac{(\omega_{pe}/\omega)^2}{1+(/\omega)^2} \quad (1.8).$$
$$\epsilon'' = \frac{(\omega_{pe}/\omega)^2(/\omega)}{1+(/\omega)^2}$$

I.11. 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(2), la figure (2, 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 (2, b), il s'agit d'une antenne plasma avec un rayonnement H = 35,7 mm [1].

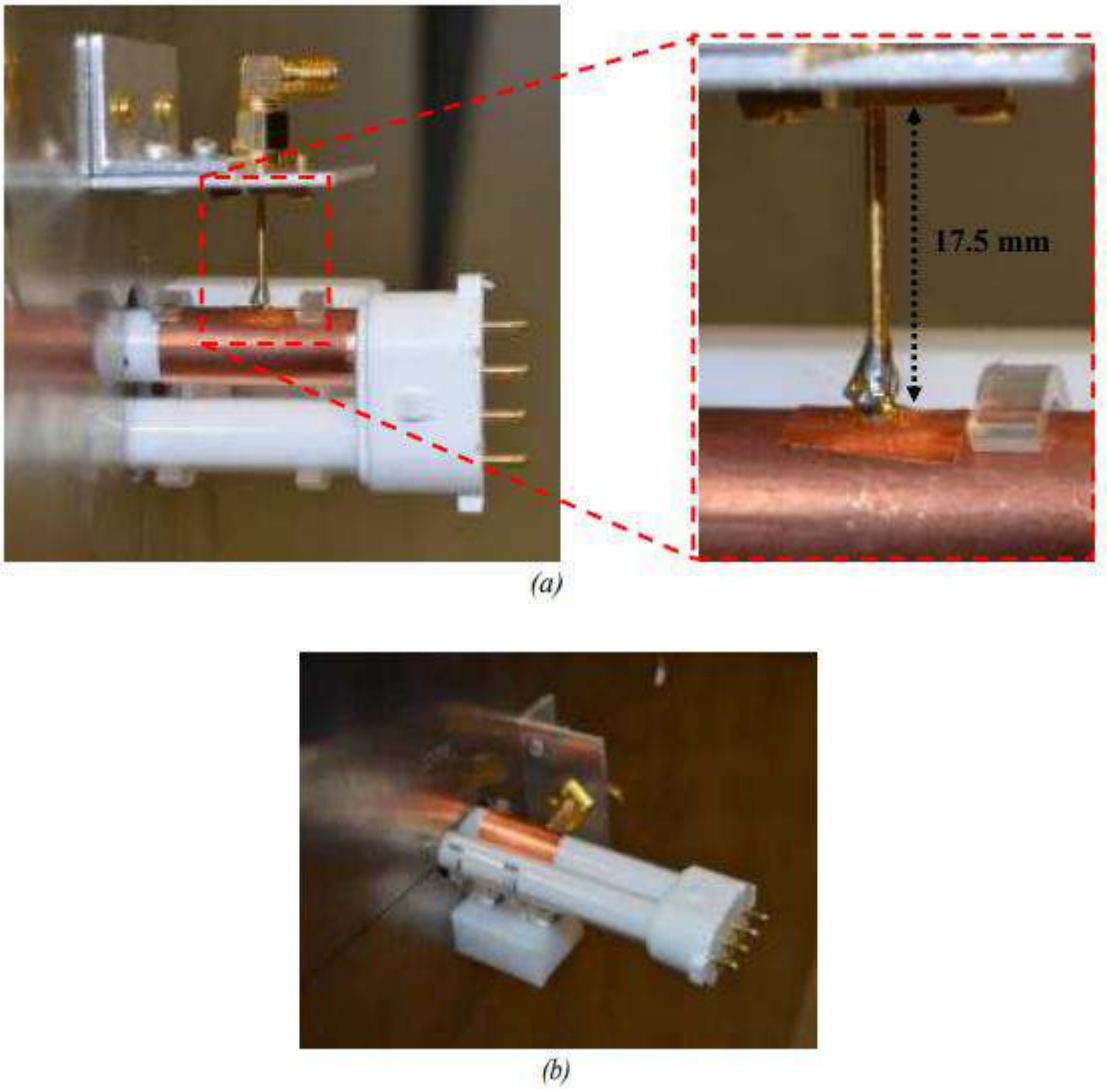


Figure 2: Photographies des parties basses de l'antenne plasma fabriquée [1].

Sur la figure (3) 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 (3b) montre l'antenne lorsque le plasma est ionisé [1].



Figure 3: 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].

I.12. 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 connaissaient 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 en peut dit 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 (4) [8].

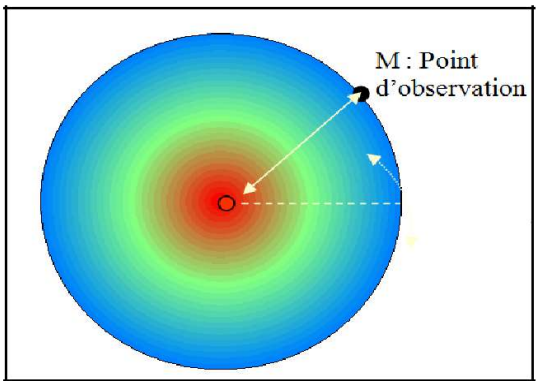


Figure 4: Rayonnement d'une antenne isotrope [8].

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 (5) [11].

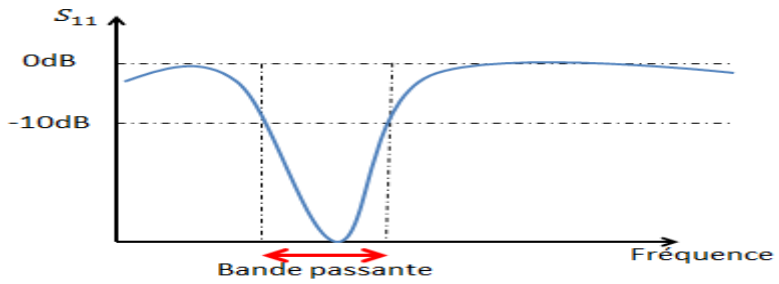


Figure 5: Bande passante et coefficient de réflexion [11].

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).

$$Q = \frac{f_{Res}}{BW} \Rightarrow \frac{1}{Q} = \frac{R_{ant}}{2\pi f_{Res.}\, L\, ant} \qquad (2.1)$$

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 (f2) est au moins le double de la fréquence inférieure (f1) [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 75Ω) ou en donnant le niveau du coefficient de réflexion (Γ)[12].

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.

-ω = 2πf [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 réfléchie 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***ohm.***

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

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

Le coefficient de réflexion permet de connaître la qualité de la climatisation. 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 (θ, ***φ***) d'une antenne dans une direction donnée (θ, ***φ***) est le rapport de la puissance rayonnée dans une direction donnée P (θ, ***φ***) 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 (θ, ***φ***) d'une antenne unidirectionnelle (θ, ***φ***) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée P (θ, ***φ***) 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 (θ_0, $\boldsymbol{\varphi}_0$). Cette caractéristique détermine la capacité de l'antenne à focaliser la puissance rayonnée dans une direction spécifique.

On notera:

P (θ, $\boldsymbol{\varphi}$) : 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]

$$G(\theta,\varphi) = \frac{P(\theta,\varphi)}{P0} \quad (2.6)$$

II.3.7. Efficacité de rayonnement :

Le rendement de rayonnement total, et de l'antenne est utilisé pour calculer les pertes à l'entrée $\boldsymbol{e_t}$ 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.$\boldsymbol{e_t}$ 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 6). En général, le diagramme de rayonnement de l'antenne est représenté dans les plans horizontal (θ = 90°) et vertical (φ = constant), ou dans les plans E et H [16].

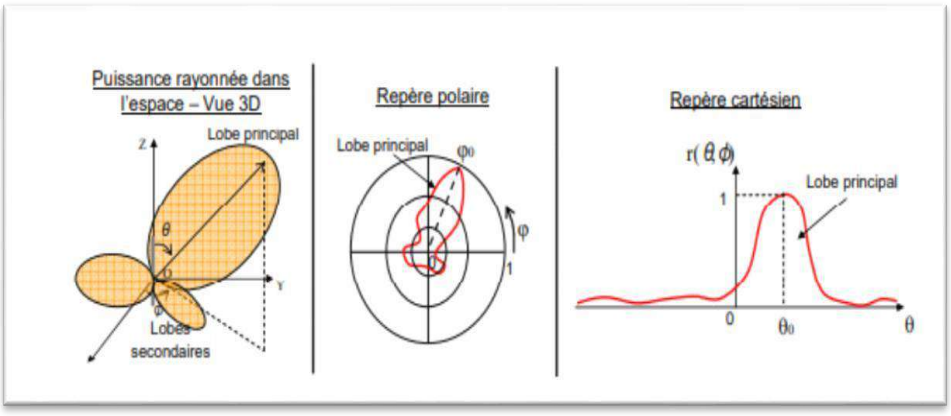


Figure 6 : Diagramme de rayonnement classique d'une antenne directive [16].

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/λ).

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 :

$$p/|\gamma|R>|\gamma|D^2/\pi \qquad (2.9)$$

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].

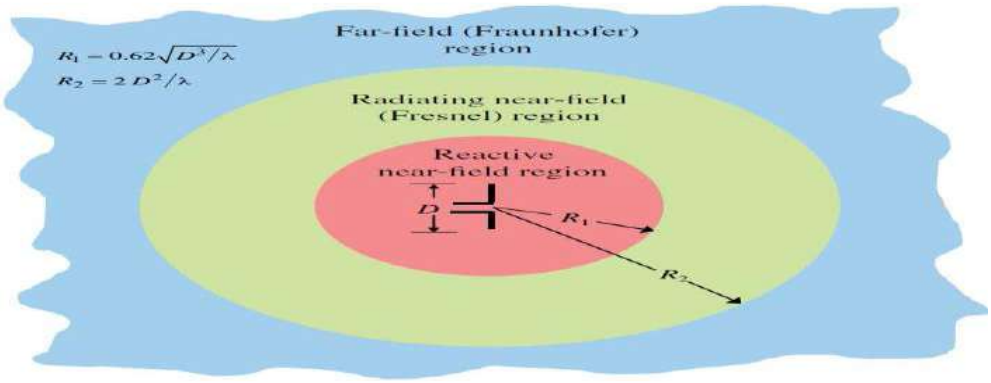


Figure 7 : Régions du champ d'une antenne [16].

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].

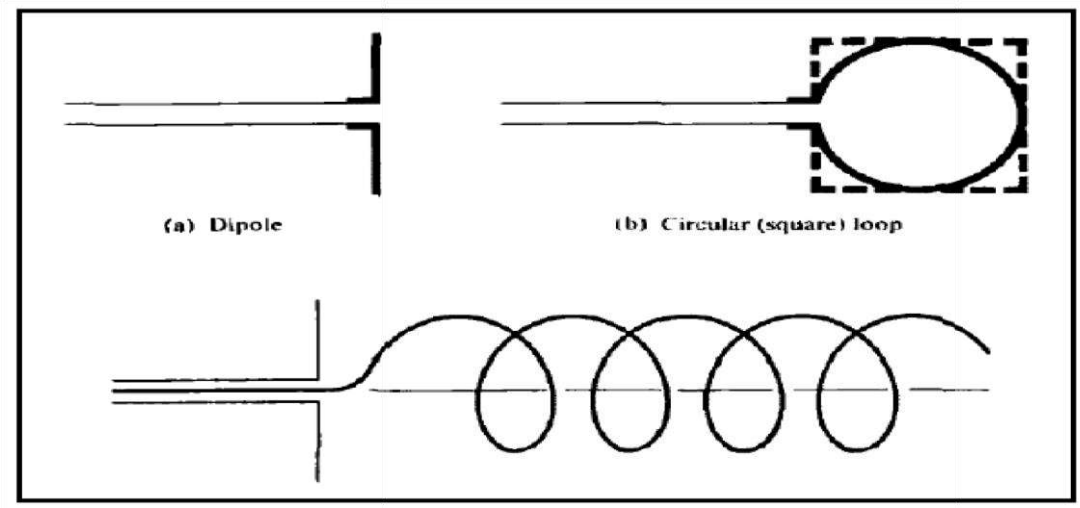


Figure 8: Antenne dipôle, circulaire, hélice[10]

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 9).



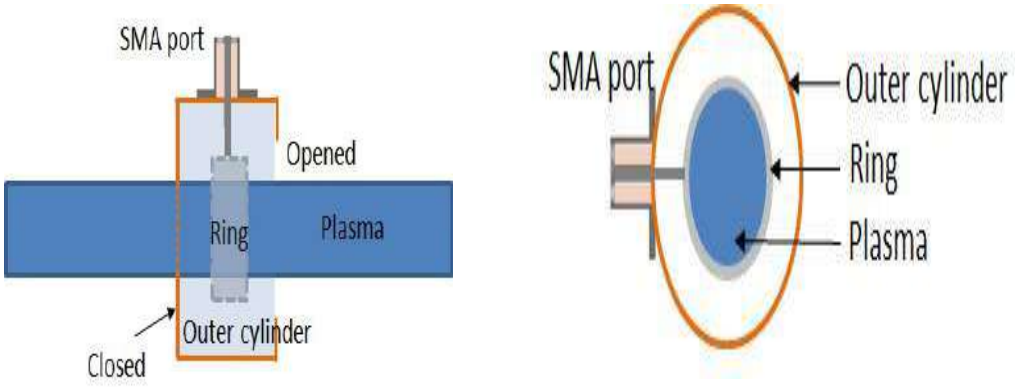
Figure 9: Dipôles verticaux d'un émetteur FM [10].

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 10) et leurs performances ont été évaluées sur plusieurs fréquences.



Figure 10: Antenne plasma fabriquée [18].



(A) **(B)**

Figure 11: 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 11).

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'arrivé 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**=**λ**+**g**ap et rayon **λ**/100, **λ**=59.96 mm, gap=l/40 On passage un courant d'ampérage I=1*A*, le voltage V=1v et impédance R=50 Ω.

On remarque à travers la figure (12) 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].

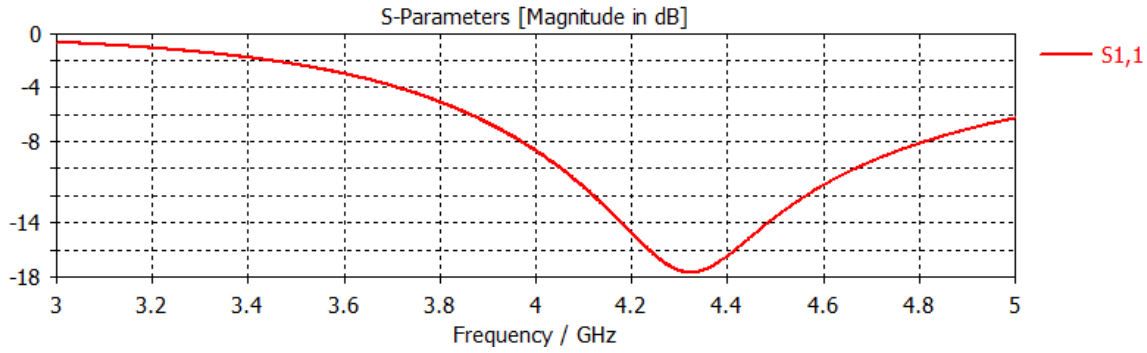


Figure 12: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz)

De figure (13) 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.

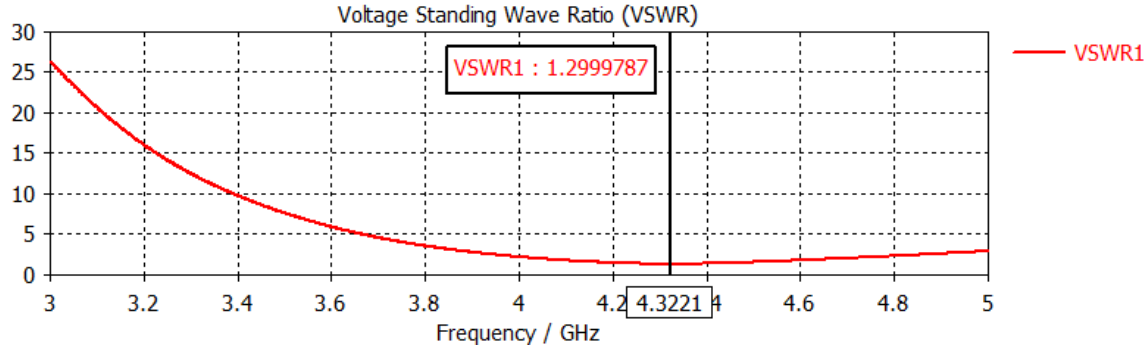


Figure 13: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz)

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(14) suivant :

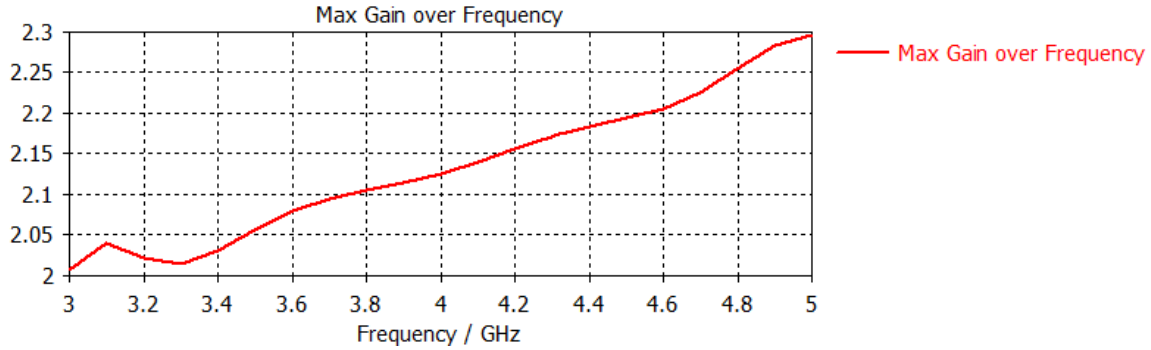


Figure 14: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz)

Le figure (15) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans tous les directions de plan (x, y) par une intensité maximum de 58124 v/m.

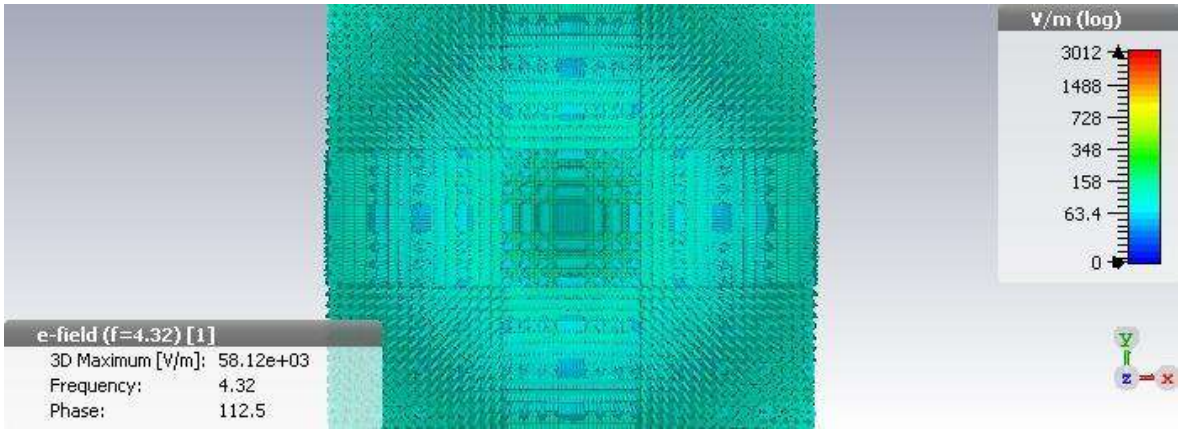


Figure 15: Production et émission des ondes électromagnétique dans de dipôle

La modélisation dans la figure(16) 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.

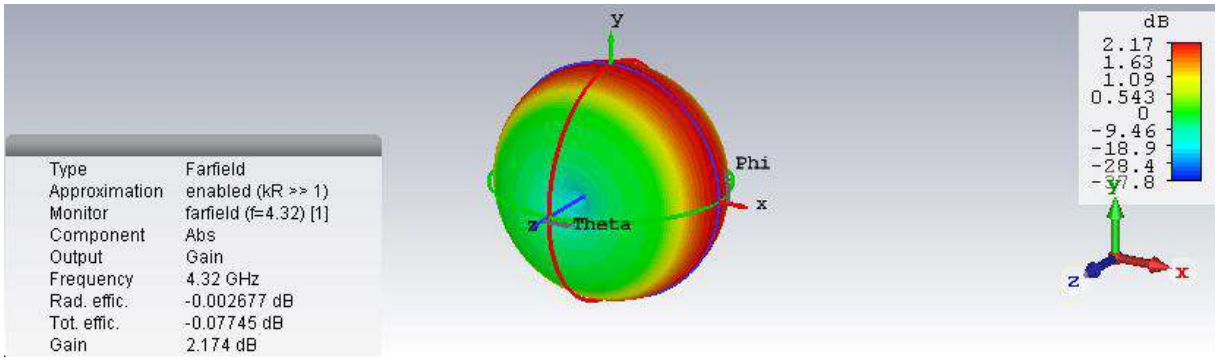
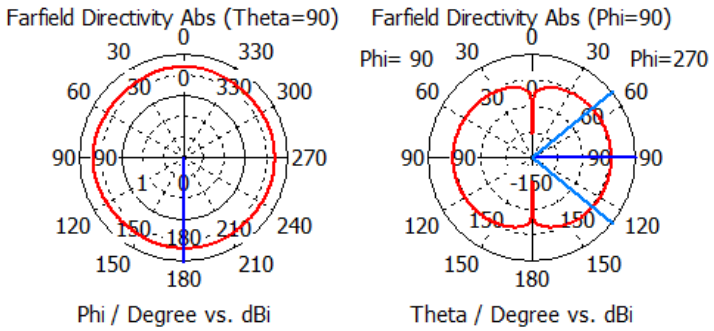


Figure 16: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques

L'angle dans Farfield directivité abs (θ=90̊) (figure 17.A) est 360̊ et dans Fairfield directivité abs (Φ=90̊) (figure 17.B) en trouve deux angles chaque angle égale 180̊.



(A) **(B)**

Figure 17: 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 (18) 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].

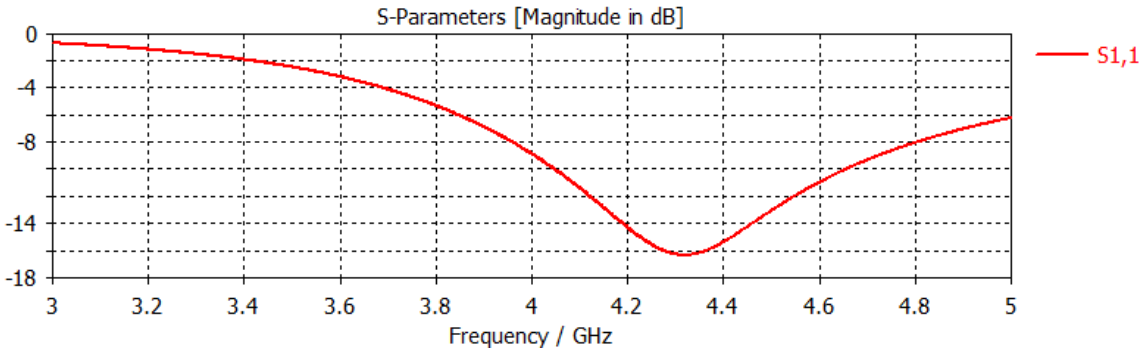


Figure 18: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz)

Dans la figure(19) 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.

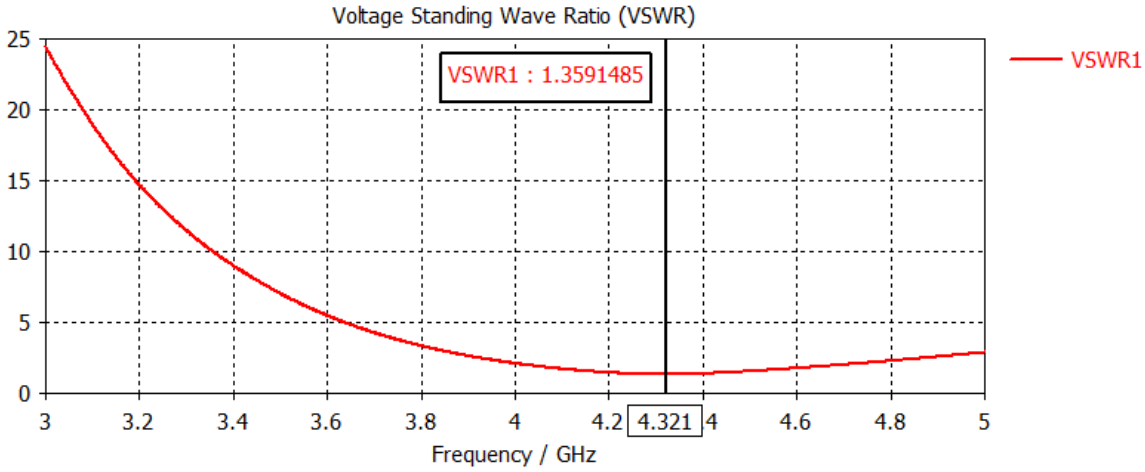


Figure 19: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz)

Il y a une augmentation de gain, le gain max égale 2.4 dB sur l'intervalle de fréquence [397-4.8] GHz comme la figure(20) suivant :

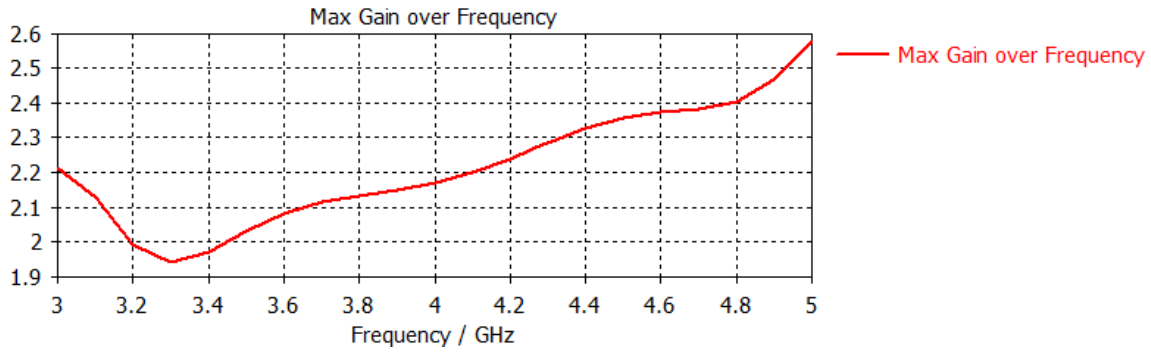


Figure 20: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz)

Ce figure (21) montre que les ondes électromagnétiques se propagent dans toutes les directions de plan (x, y) par une intensité de 38941 v/m.

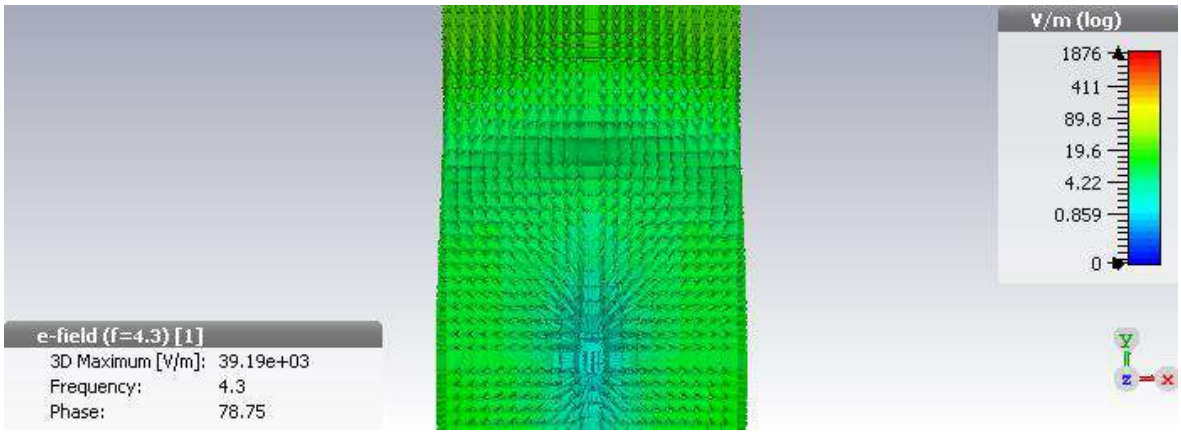


Figure 21: Production et émission des ondes électromagnétique dans cas de dipôle et un tube plasma éteint

Le figure (22) 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.

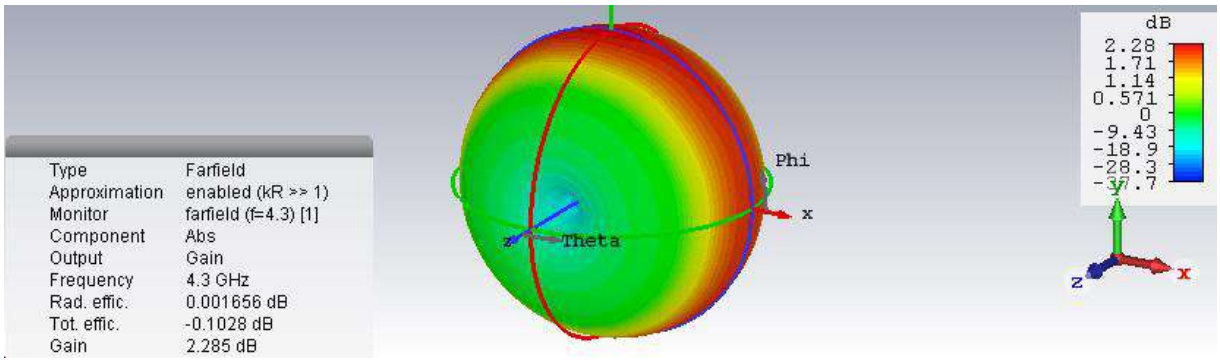
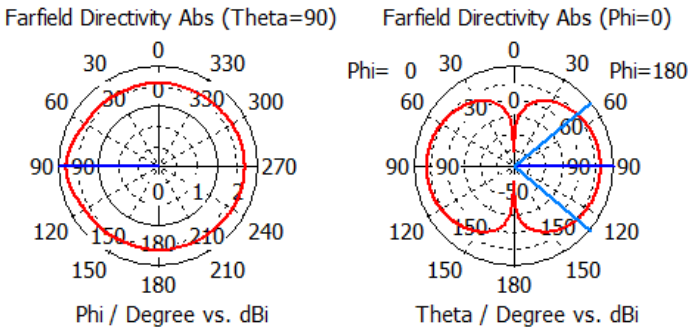


Figure 22: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma éteint

La radiation dans Fairfield directivité abs (θ =90̊) (figure 23.A) est un angle =360̊, et dans Fairfield directivité abs (Φ =0̊) (figure 23.B) forme deux angles égaux et similaires chaque angle contient une bonne radiation de (60 -120)˚.



(A) **(B)**

Figure 23: 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*λ et un rayon 20mm

A travers le figure (24) 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].

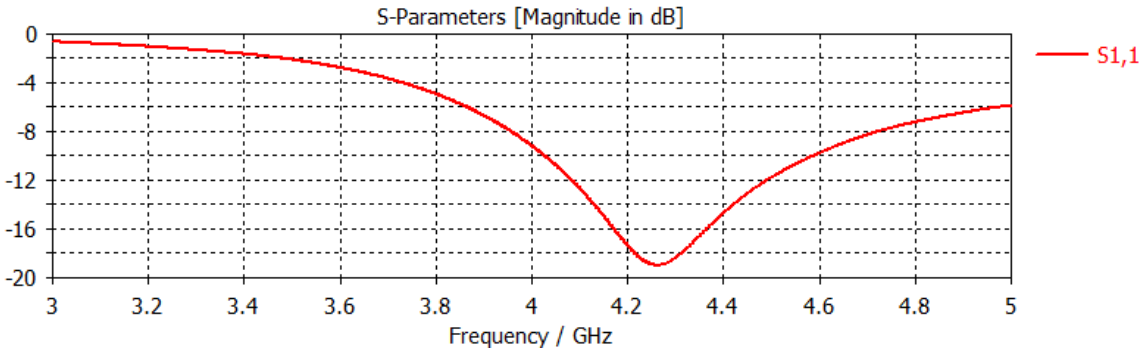


Figure 24: Contraste de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm

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 (25).

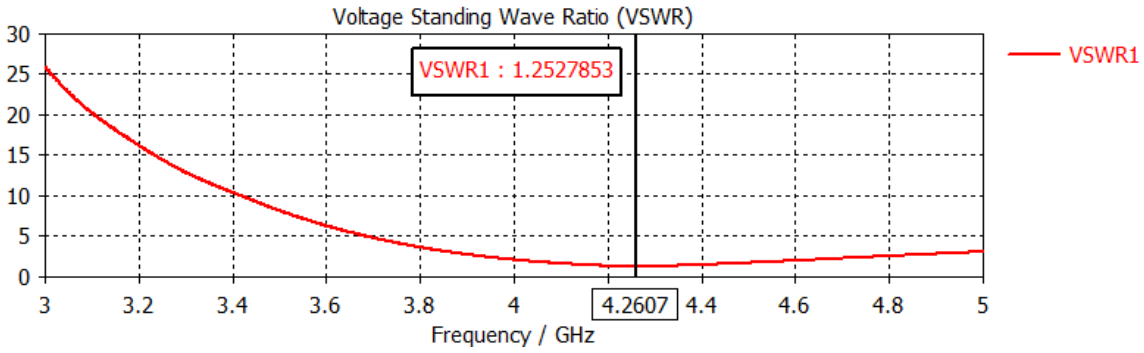


Figure 25: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 20mm

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(26) suivant :

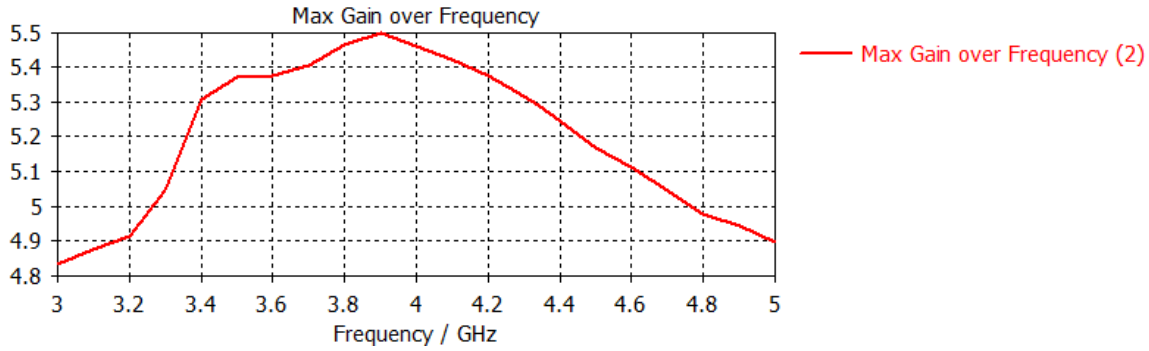


Figure 26: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas plasma allumé et rayon de20mm

La figure (27) 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.

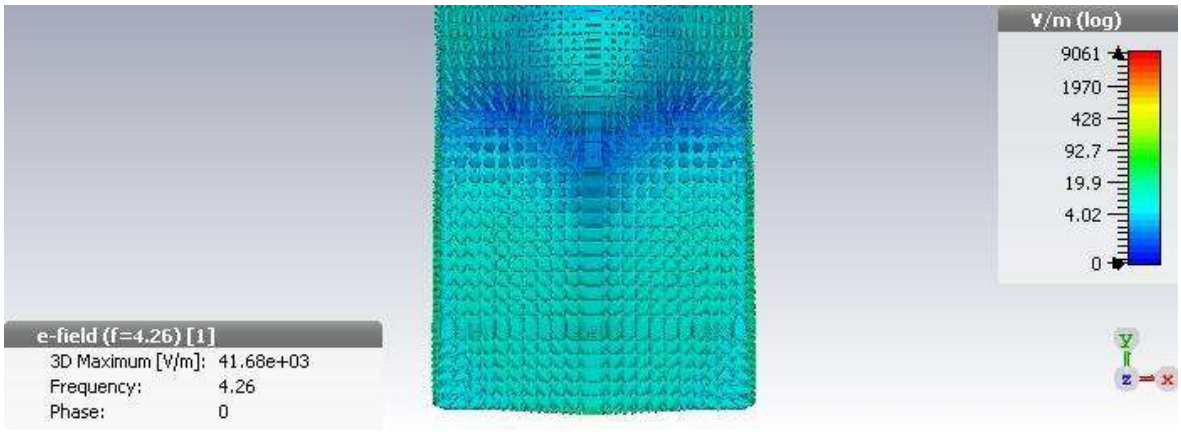


Figure 27: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 20mm

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(28).

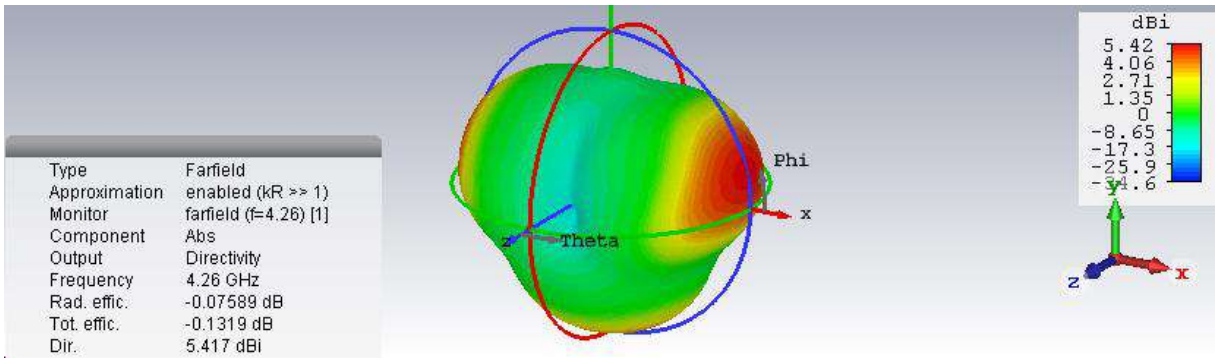
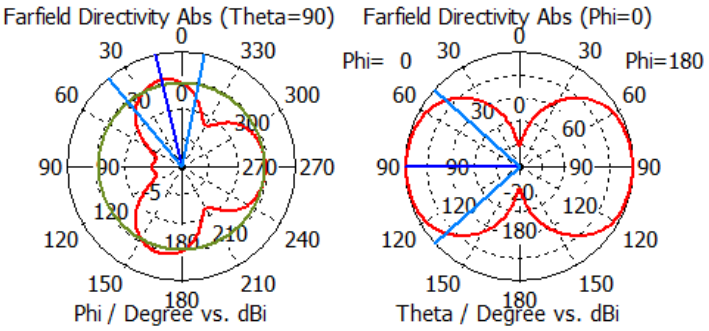


Figure 28: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 20mm

Si on fixe (θ=90̊) (figure 29.A) on observe trois angles la 1ère 120̊ et la 2ème, 3ème sont égaux et similaires (90̊), si phi=0̊ (figure 29.B) on remarque deux angles égaux et similaires (120̊).



(A) **(B)**

Figure 29: 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 éteint.

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 longueur4*λ et un rayon 12mm.

A travers la figure (30) 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].

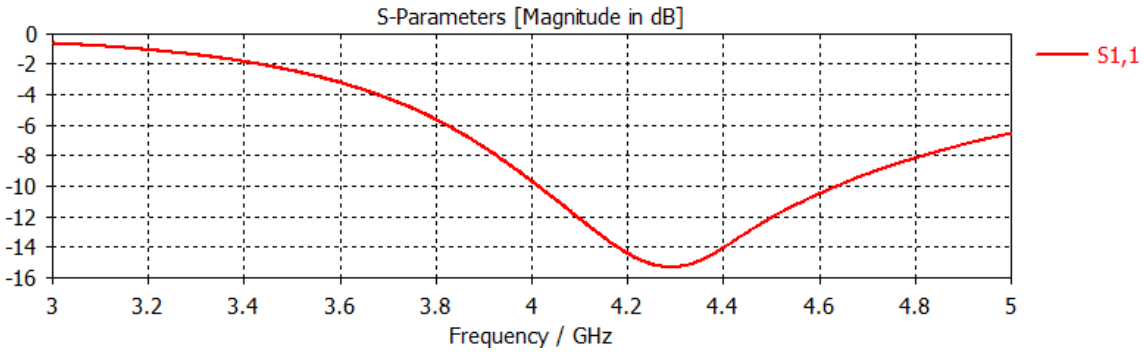


Figure 30: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de 12mm

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(31).

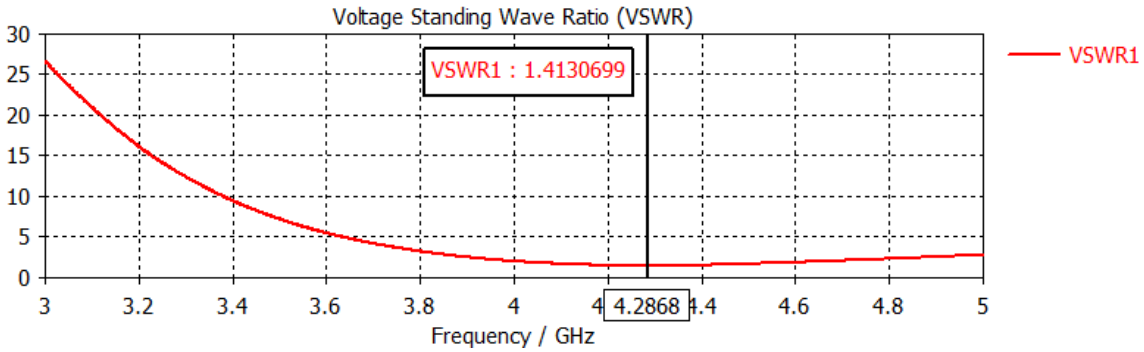


Figure 31: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm

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(32) suivant :

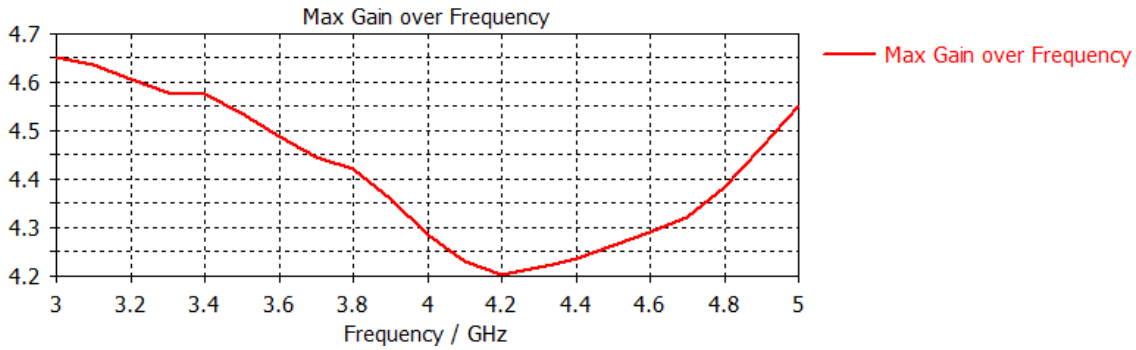


Figure 32: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé et rayon de12mm

Cette figure (33) 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.

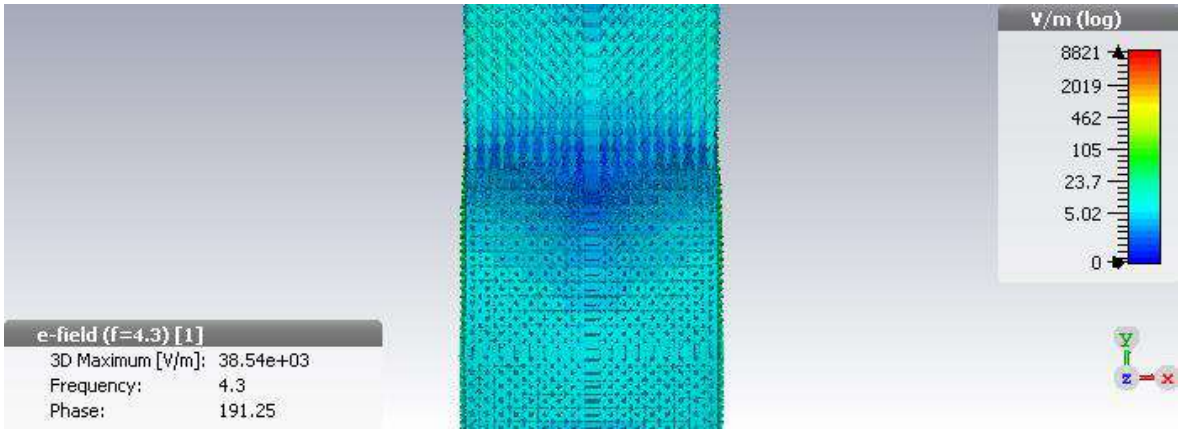


Figure 33: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé et rayon de 12mm

La modélisation montre que les ondes propagent dans trois angles de plan (x, y) déférent de l'axe Z on note rien des ondes figure (34).

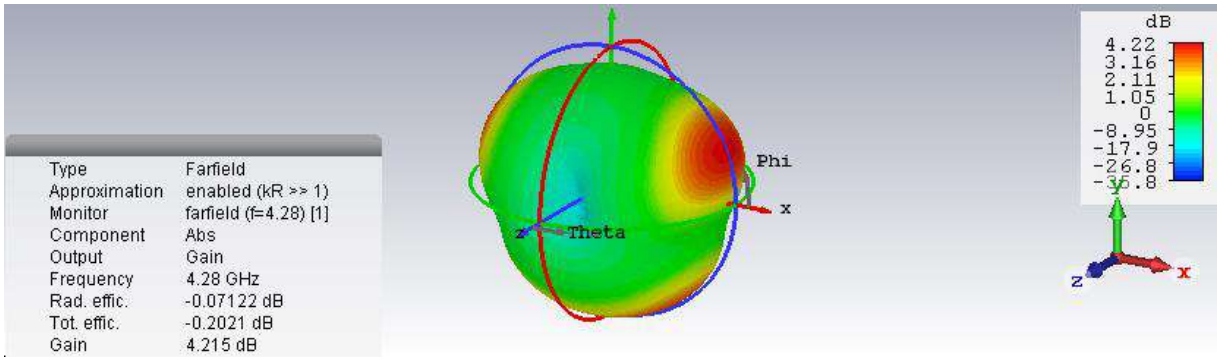
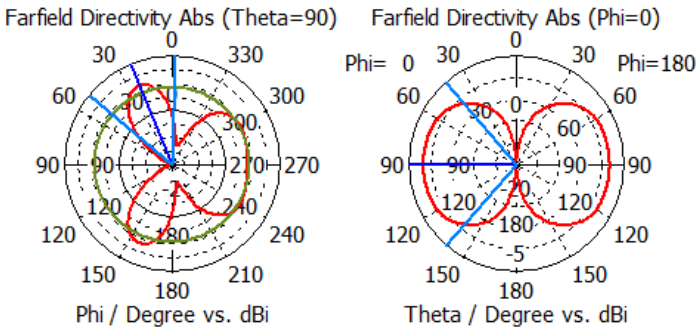


Figure 34: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé et rayon de 12mm

Si Φ=0̊ (figure 35.A) on note deux angles égaux et similaires (120̊), si θ=90̊ (figure 35.B) on remarque trois angles la 1ère est grande, égale 120̊ et la 2ème ,3ème sont égaux et similaires (60̊).



(A) **(B)**

Figure35: 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 longueur4*λ et loin de dipôle par 30mm

On remarque à travers la figure(36) 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 presque97.98 % sur la bande passante [4.1-4.81].

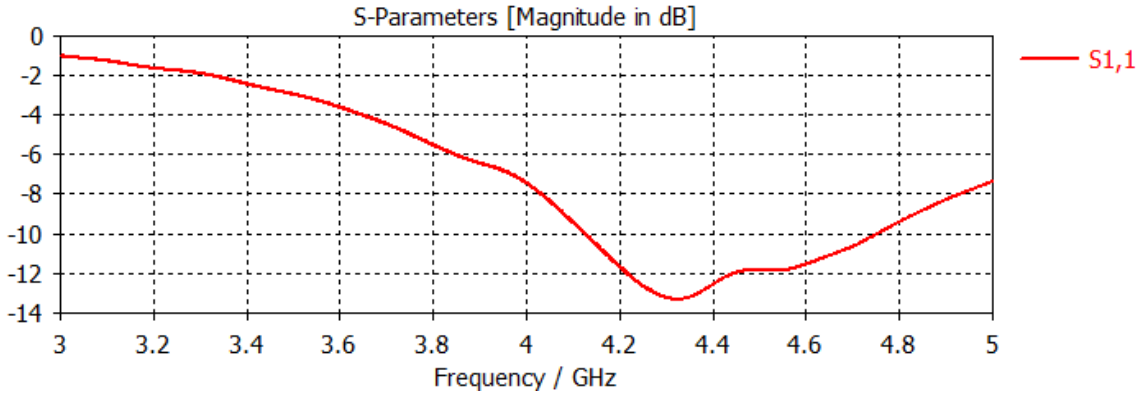


Figure 36: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=30mm

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 37).

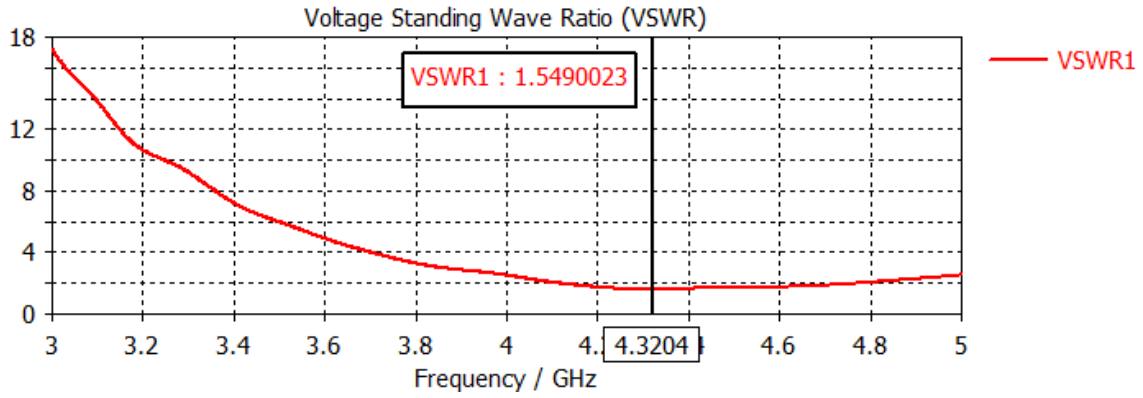


Figure 37: Variation de VSWR en fonction de fréquence (Hz) dans le cas de plasma allumé sur la distance a=30mm

Le gain max égale 4.95 dB sur l'intervalle de fréquence [4-4.81] GHz comme la figure(38) suivant :

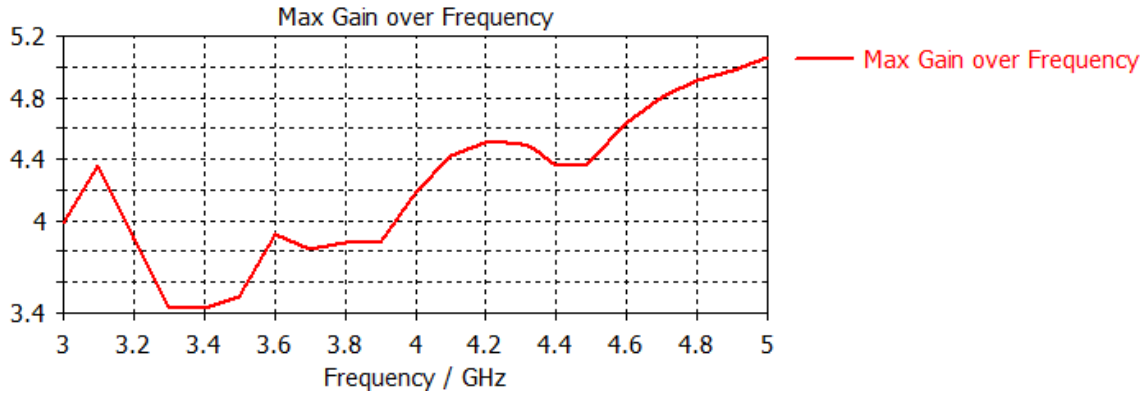


Figure 38: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=30mm

Cette figure (39) 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.

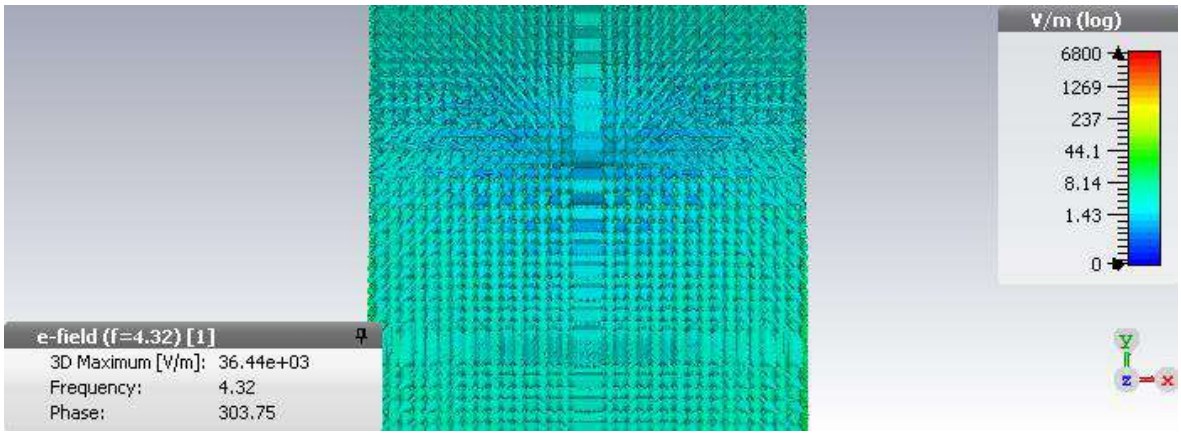


Figure 39: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance a=30mm

La modélisation montre en 3D que les ondes propagent dans deux angles de l'espace déférent, mais ne trouve pas les ondes au sens de l'axe Z (figure 40).

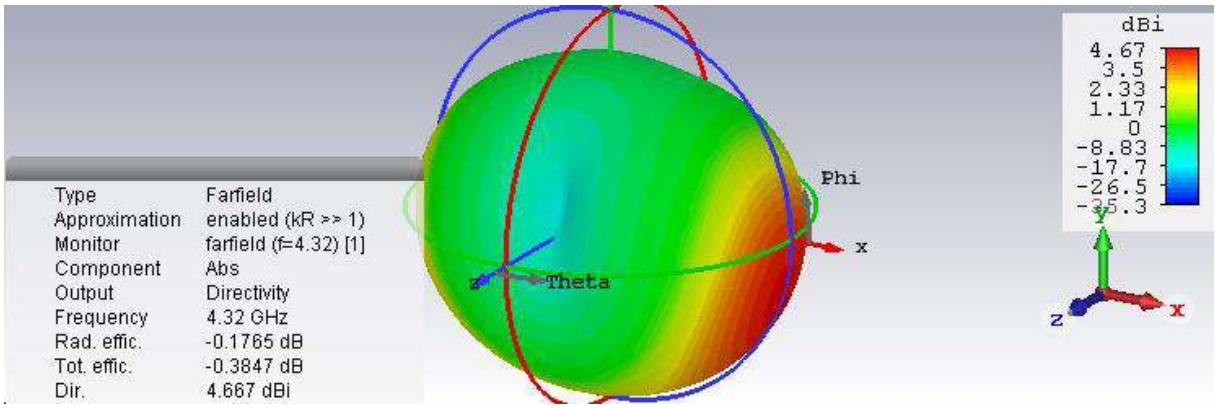
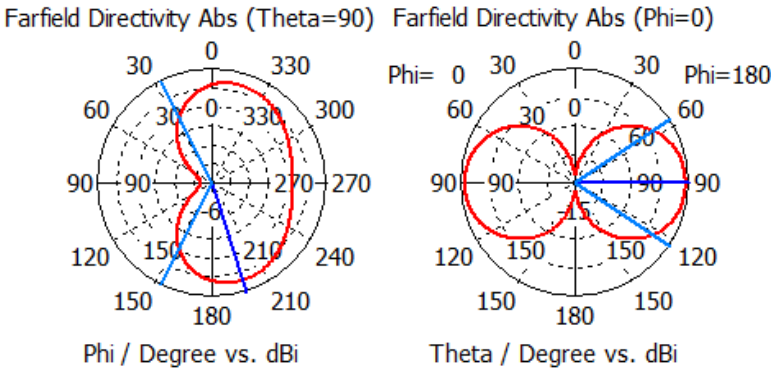


Figure 40: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance a=30mm

On observe à travers la figure(41) que si Φ=0̊ il y a deux angles égaux et similaires (90̊), si θ=90̊ il y a un seul angle égal 300̊.



(A) **(B)**

Figure 41: Les cordonnés 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*λ et loin de dipôle par 120mm.

On remarque à travers la figure(42) 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].

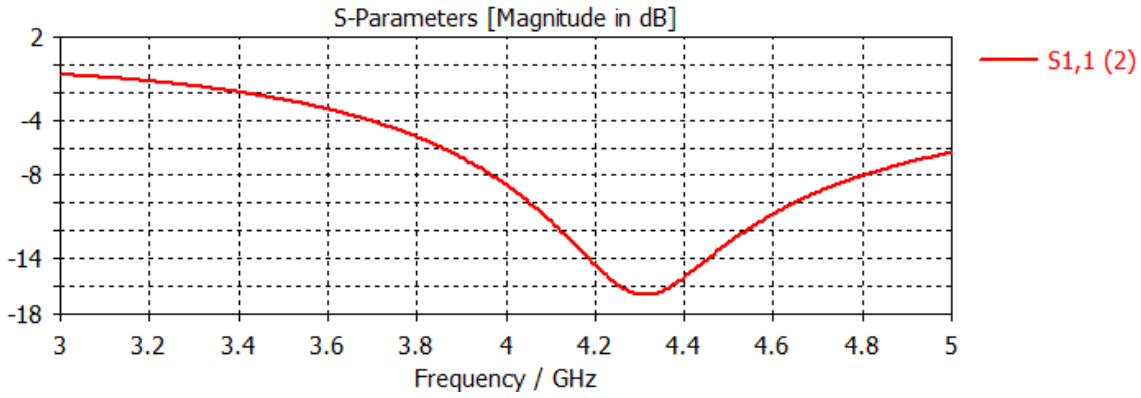


Figure 42: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=120mm

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 (Figure43).

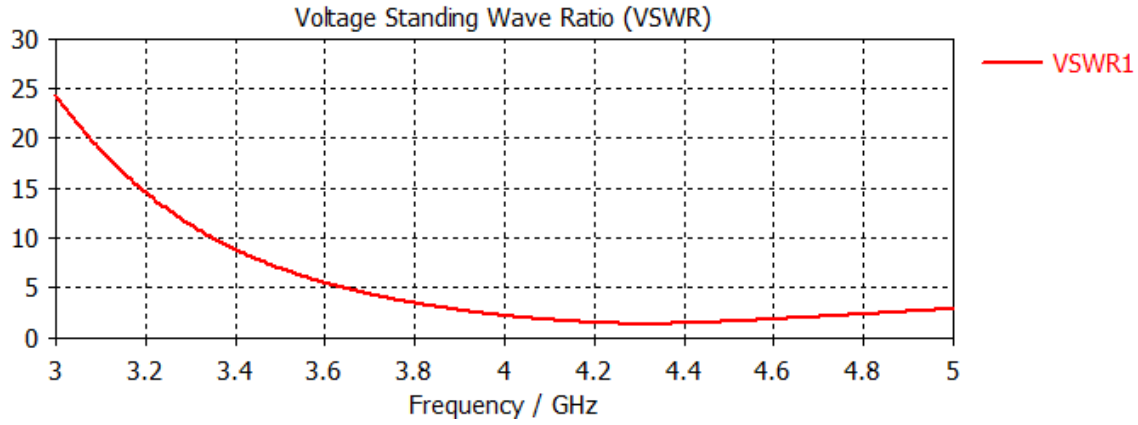


Figure 43: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de plasma allumé sur la distance a=120mm

Le gain max égale 3.88 dB sur l'intervalle de fréquence [3.97-4.8] GHz comme la figure(44) suivant :

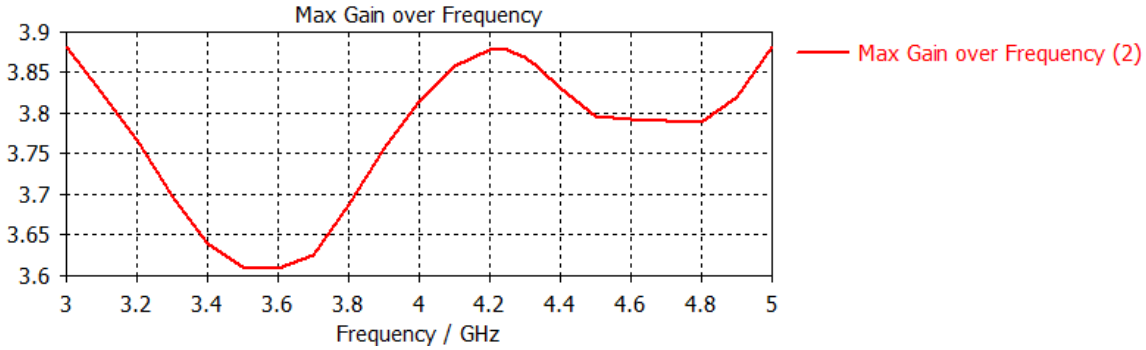


Figure 44: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas plasma allumé sur la distance a=120mm

Le figure (45) 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.

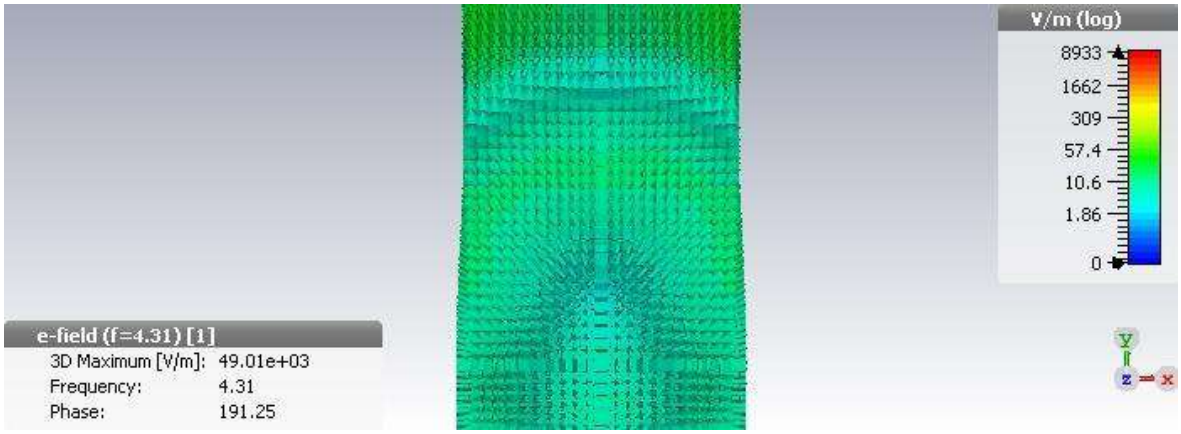


Figure 45: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de plasma allumé sur la distance a=120mm

La modélisation montre que les ondes propagent dans plusieurs angles de plan (x, y), contre l'axe Z rien (Figure 46).

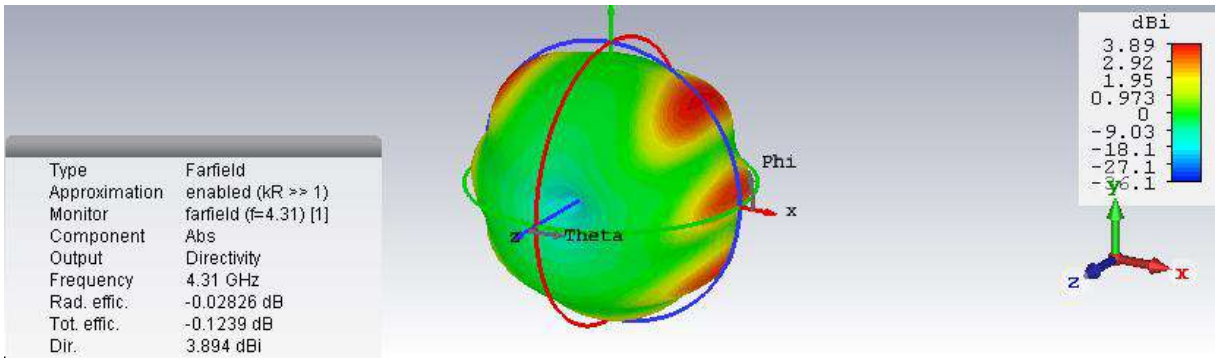
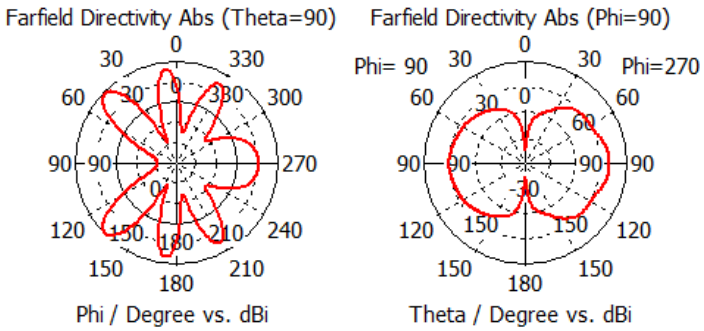


Figure 46: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de plasma allumé sur la distance a=120mm

A travers le figure (47) on va voir si Φ=90̊ (figure 47.A) il a deux angles presque égaux et similaires (120̊), si θ=90̊ (figure 47.B) il y a sept angles on distingue trois angles les plus claires la 1ère est la grande (60̊), la 2ème et 3ème égaux et similaires (30̊).



(A) **(B)**

Figure 47: 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*λ et même rayon égale 20mm.

On remarque à travers la figure(48) 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 presque100 % sur la bande passante [4-4.6].

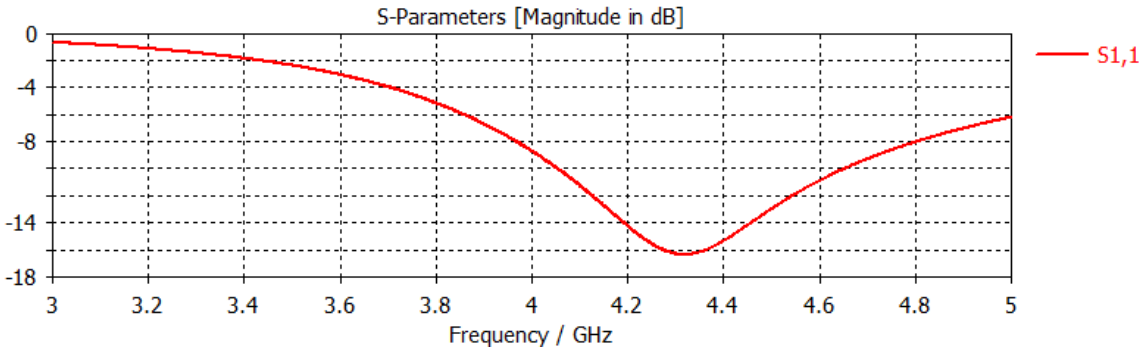


Figure 48: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints

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 (Figure49).

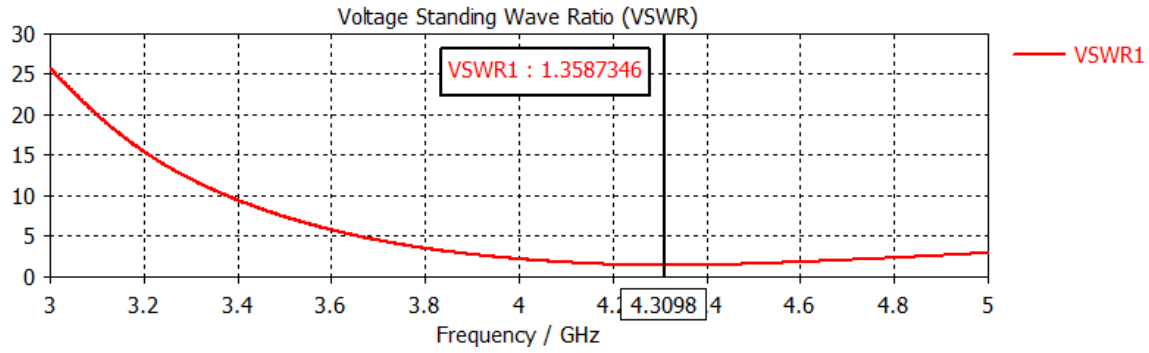


Figure 49: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints

Le gain max égale 2.2 dB sur l'intervalle de fréquence [4.1-4.6] GHz comme la figure(50) suivant :

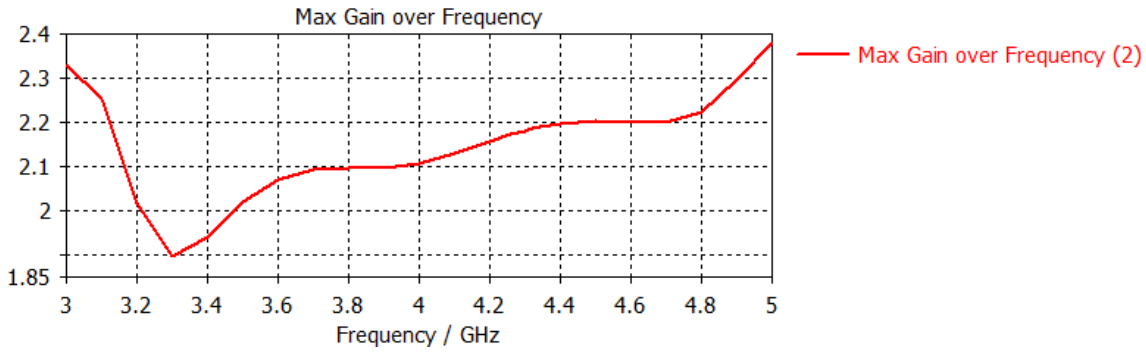


Figure 50: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas éteints

Le figure (51) 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.

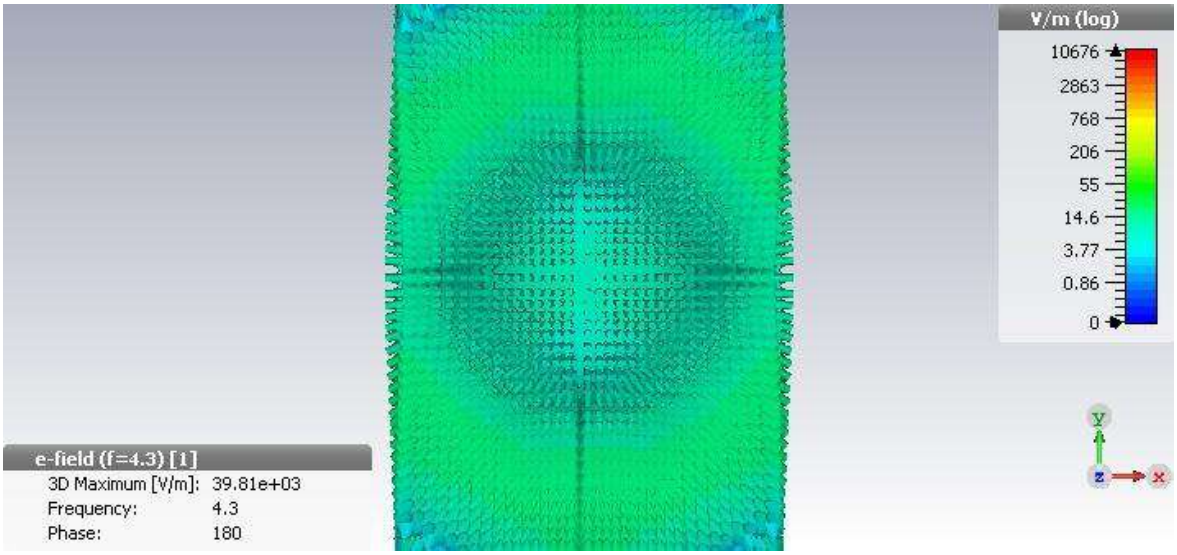


Figure 51: Présentation des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas éteints

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 52).

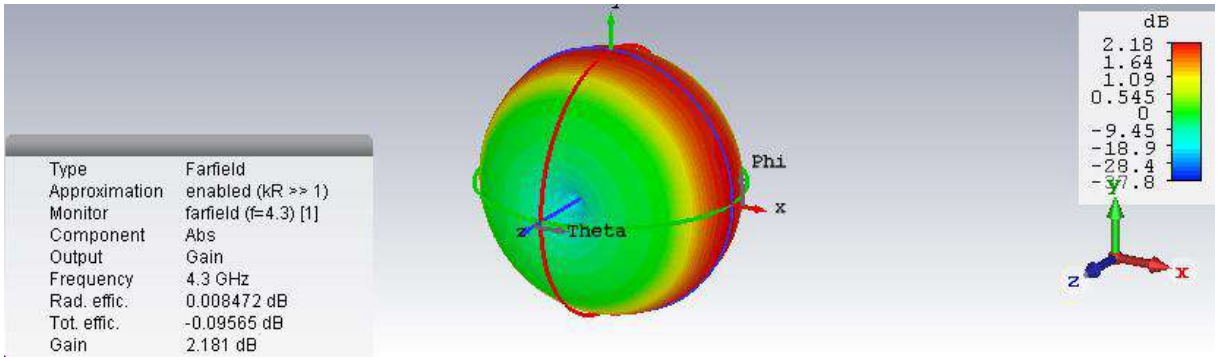
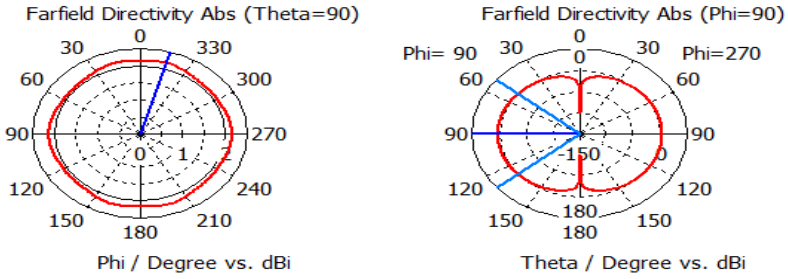


Figure 52: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas éteints

La radiation dans Farfield directivité abs (θ=90̊) (figure 53.A) est un angle =360̊, et dans Farfield directivité abs (Φ=0̊) (figure 53.B) forme deux angles égaux et similaires (180̊) chaque angle contient une bon radiation de (60̊ -120̊).



(A) **(B)**

Figure 53: 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=120mm.

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*λ et un rayon 20mm

A travers le figure (54) 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].

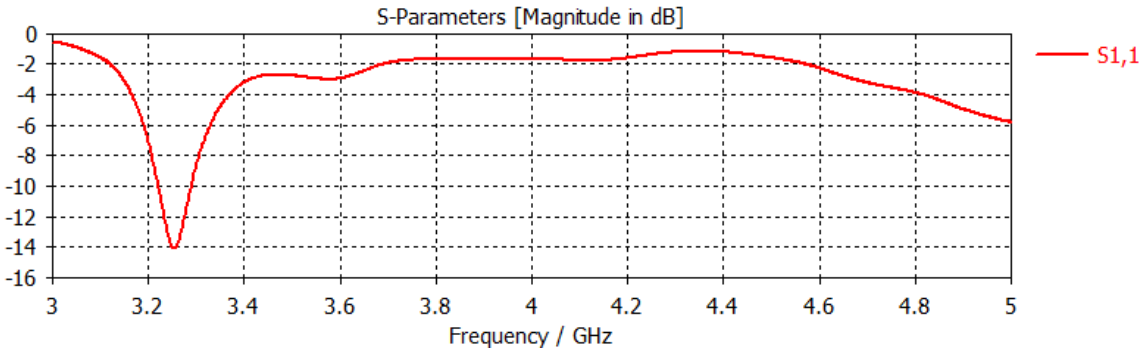


Figure 54: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés

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 (Figure55).

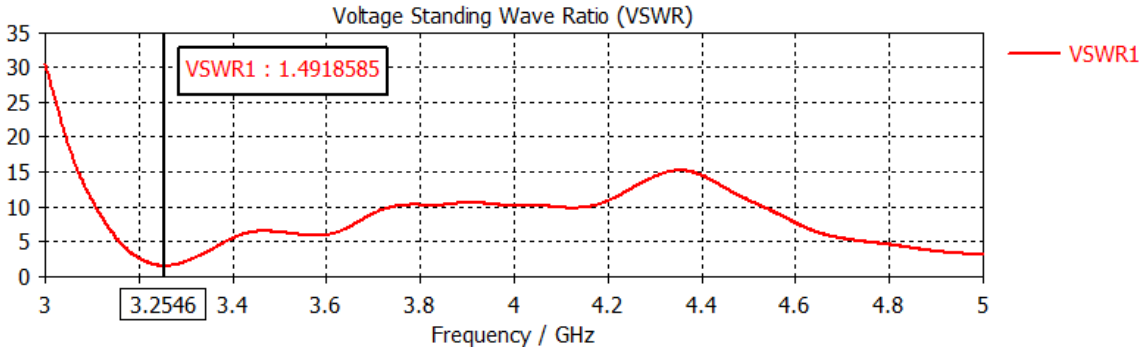


Figure 55: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés

Le gain max égale 1.4 dB sur l'intervalle de fréquence [3.15-3.4] GHz comme la figure(56) suivant :

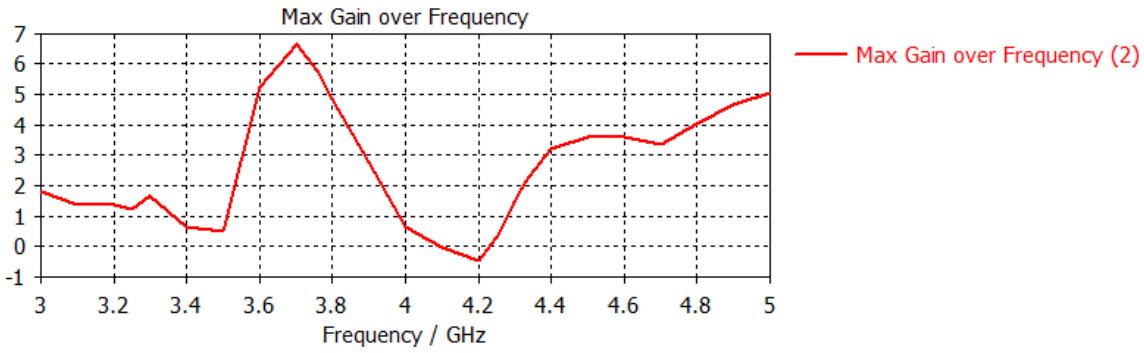


Figure 56: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de 8 plasmas allumés

Le figure (57) 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.

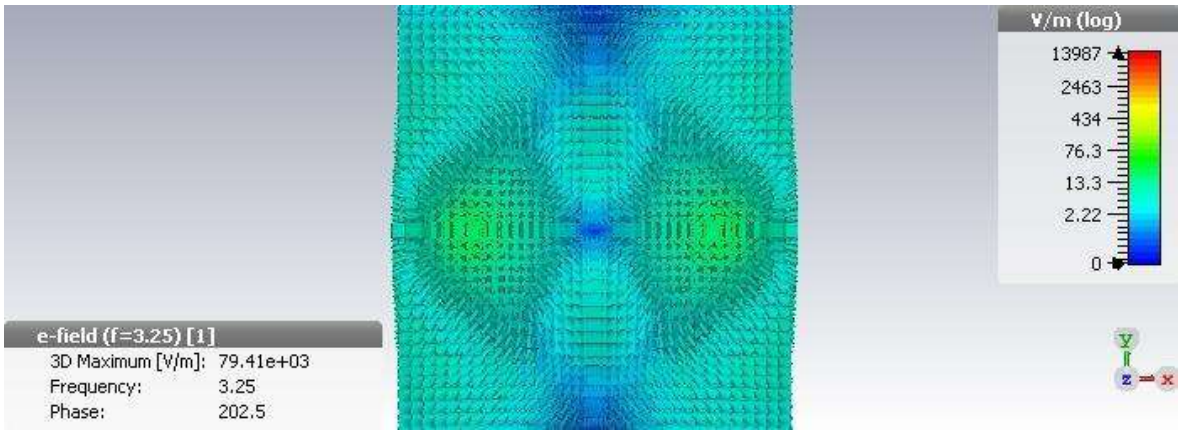


Figure 57: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de 8 plasmas allumés

La modélisation montre que les ondes propagent dans deux angles de l'espace de plan (x, y) selon l'axe X (Figure 58).

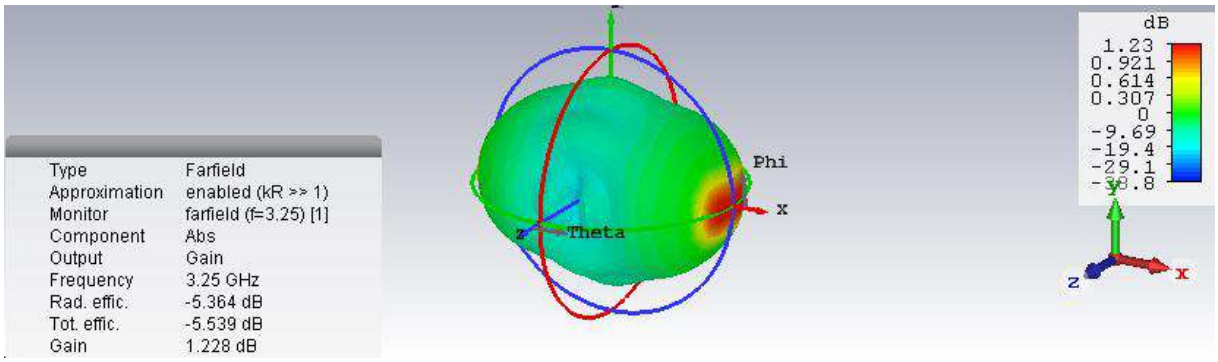
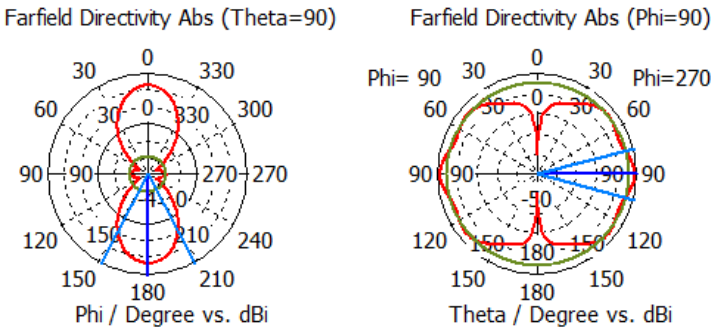


Figure 58: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de 8 plasmas allumés

Si θ=90̊ (figure 59.A) la directivité montre deux angles égaux et similaires (60̊), si Φ=90̊ (figure 59.B) on obtient deux angles égaux et similaires (180̊).



(A) **(B)**

Figure 59: 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*λ et un rayon 20mm.

A travers le figure (60) 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 presque89.31 % sur la bande passante [4.6-5.2].

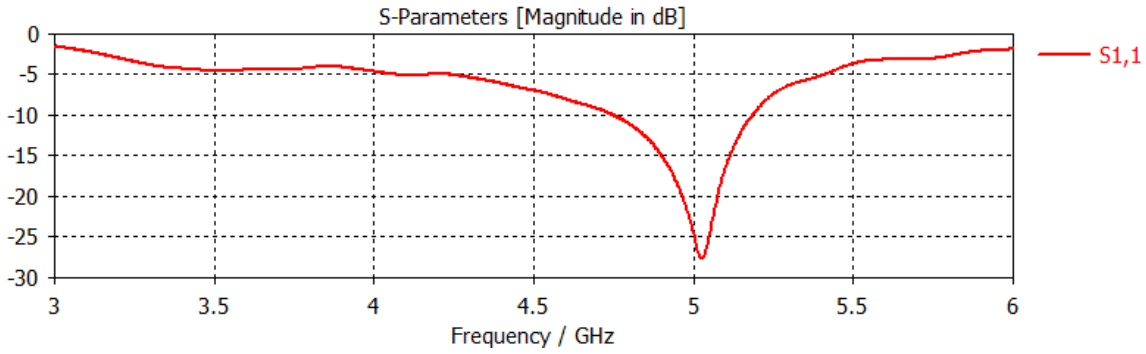


Figure 60: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

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 61).

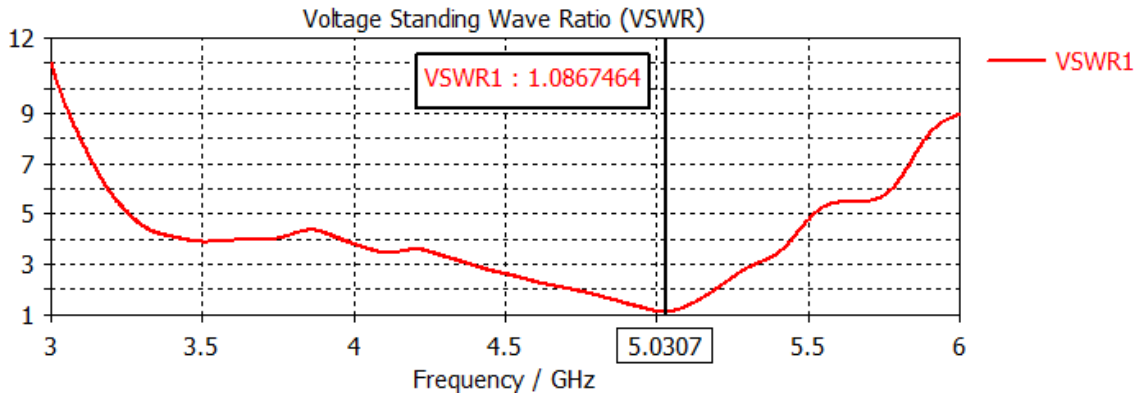


Figure 61: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

Le gain max égale 4.8 dB sur l'intervalle de fréquence [4.65-5.21] GHz comme la figure(62) suivant :

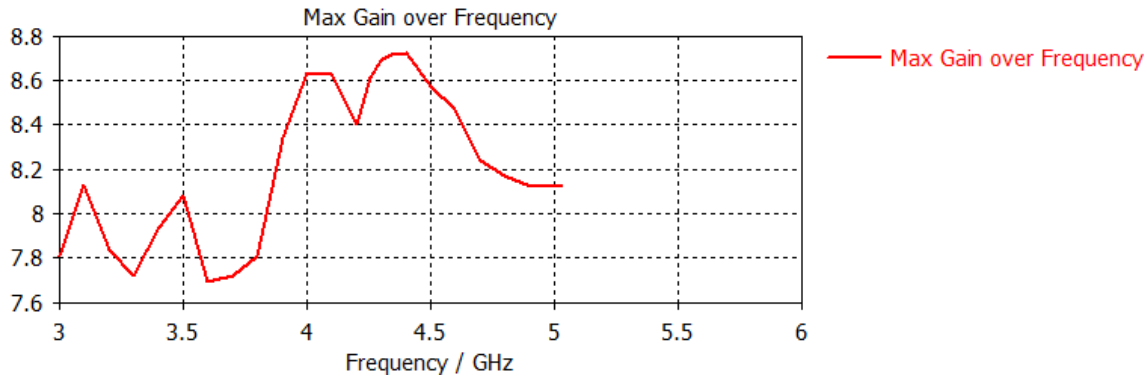


Figure 62: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

Le figure (63) 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.

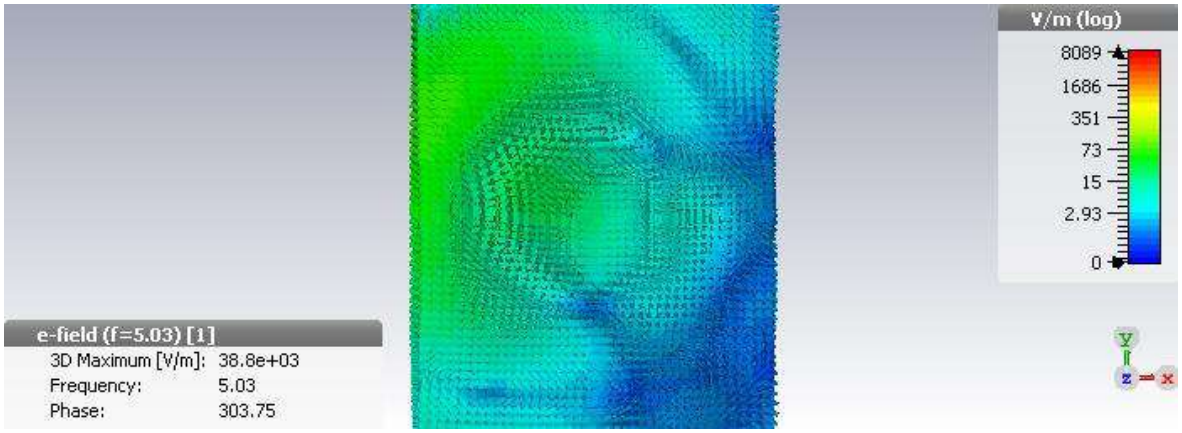


Figure 63: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

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 64).

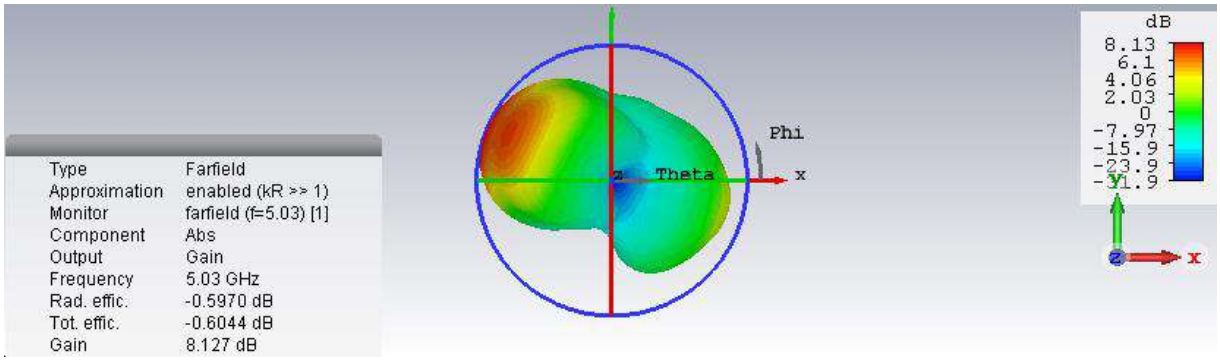
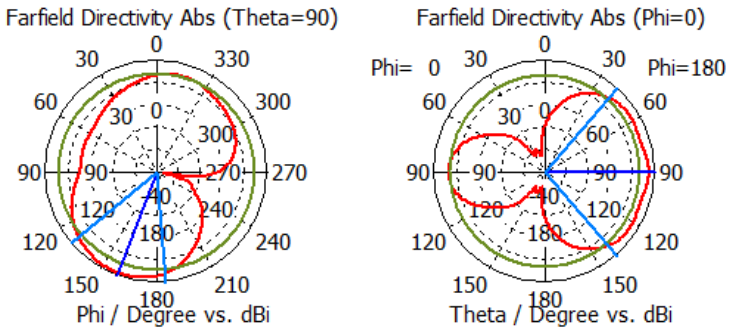


Figure 64: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois plasmas éteints et les autres allumés

La directivité si Φ=0̊ (figure 65.A) on résulte deux angles la 1ère égale 180̊ et la 2ème égale 60̊, si θ =90̊ (figure 65.B) on remarque un seul angle égal 300̊.



(A) **(B)**

Figure 65: 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 1er 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*λ et un rayon 20mm.

A travers le figure (66) 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].

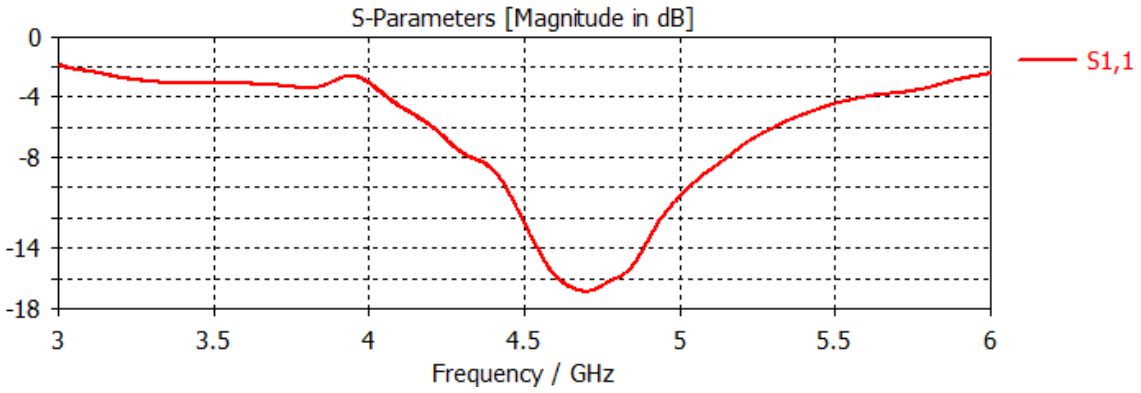


Figure 66: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

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 67).

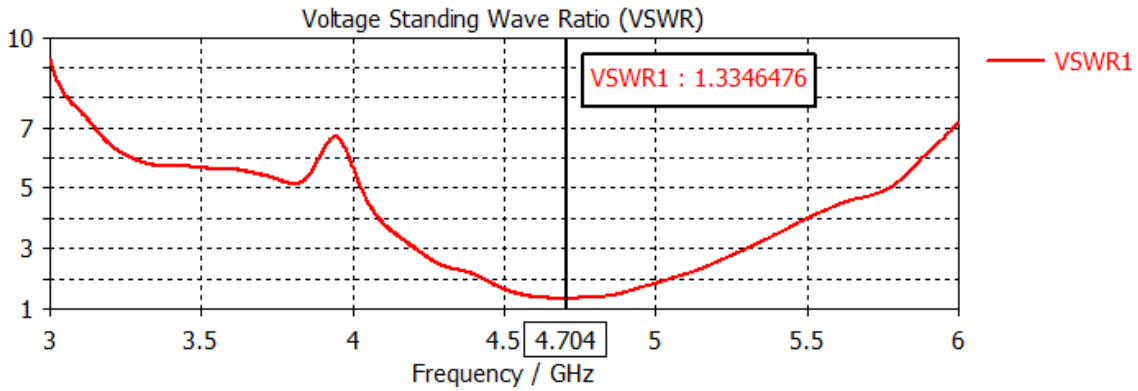


Figure 67: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

Le gain max égale 6.2 dB sur l'intervalle de fréquence [4.25-5.22] GHz comme la figure(68) suivant :

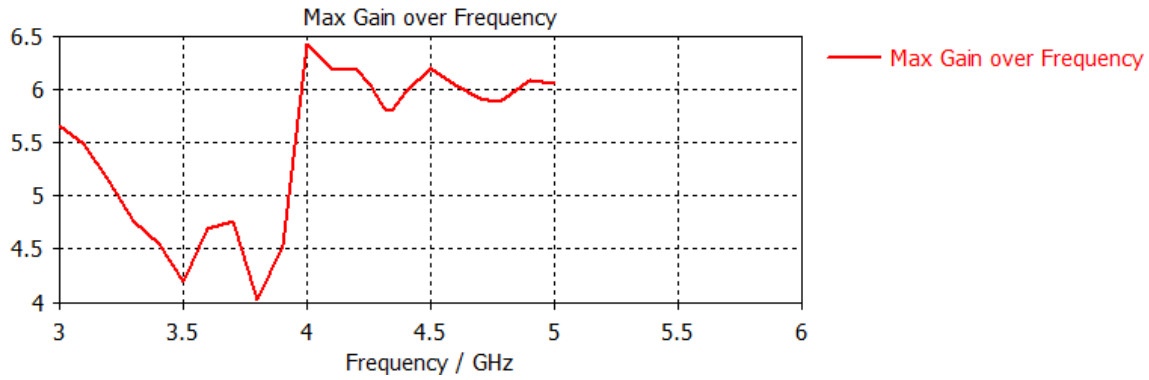


Figure 68: Variation de gain [dB] en fonction de fréquence [GHz] dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

A travers le figure (69) on remarque que les ondes recueillies dans la coté droite plus que la côté gauche.

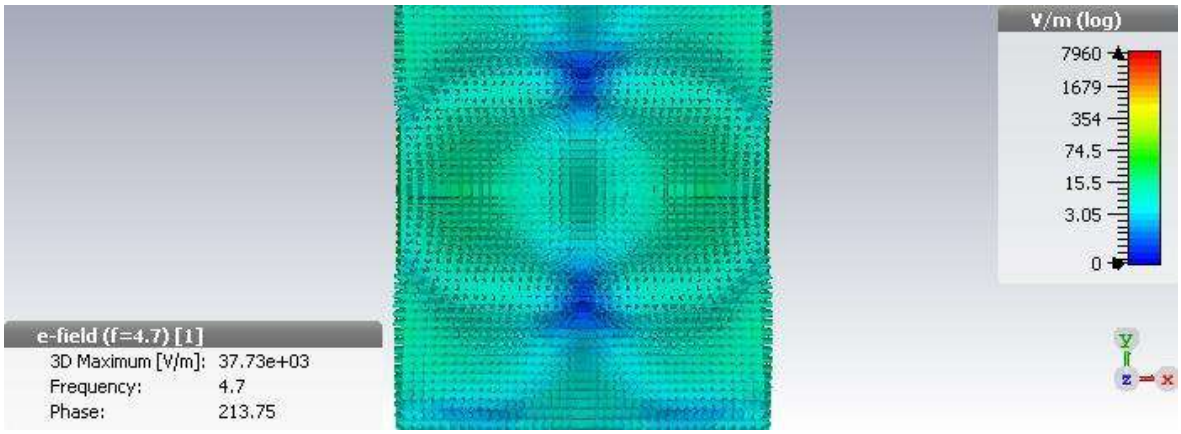


Figure 69: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

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 70).

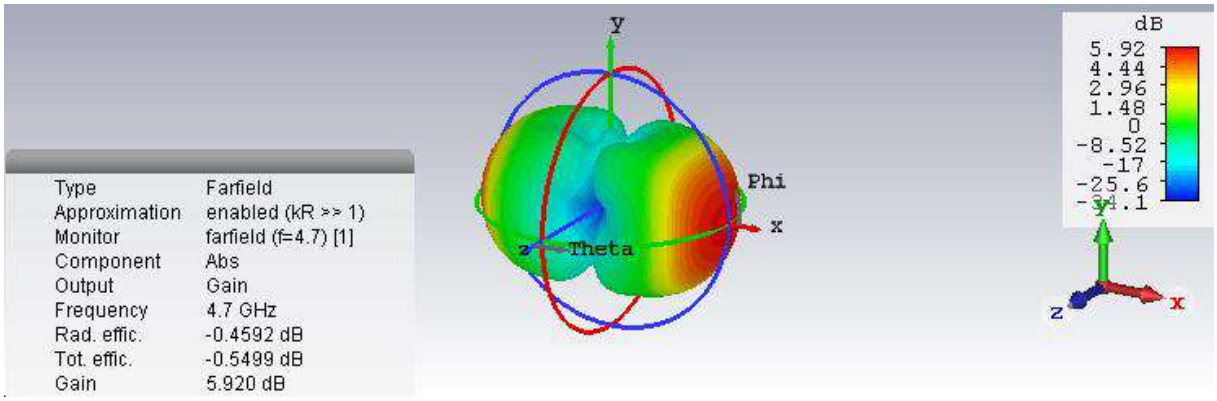
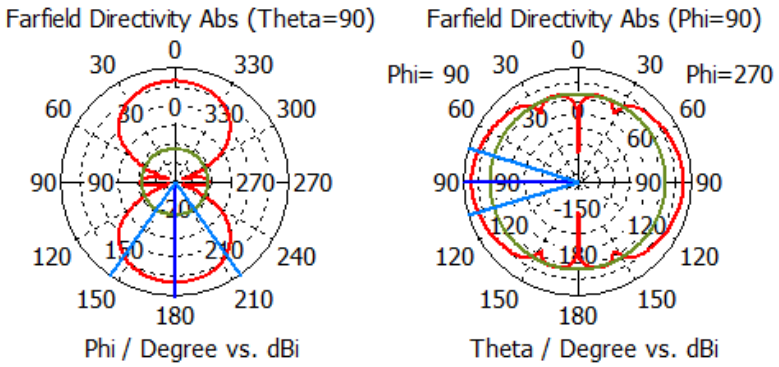


Figure 70: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de tube plasma éteints et le prochain allumés

On remarque de la directivité si Φ=90̊ (figure 71.A) on va voir deux angles égaux et similaires par une valeur égale 120̊ et si θ=90̊ (figure 70.B) on note deux angles égaux et similaires (120̊).



(A) **(B)**

Figure 71: 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*λ et un rayon 20mm.

A travers le figure (72) 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 presque96.5 % sur la bande passante [3.9-5.37].

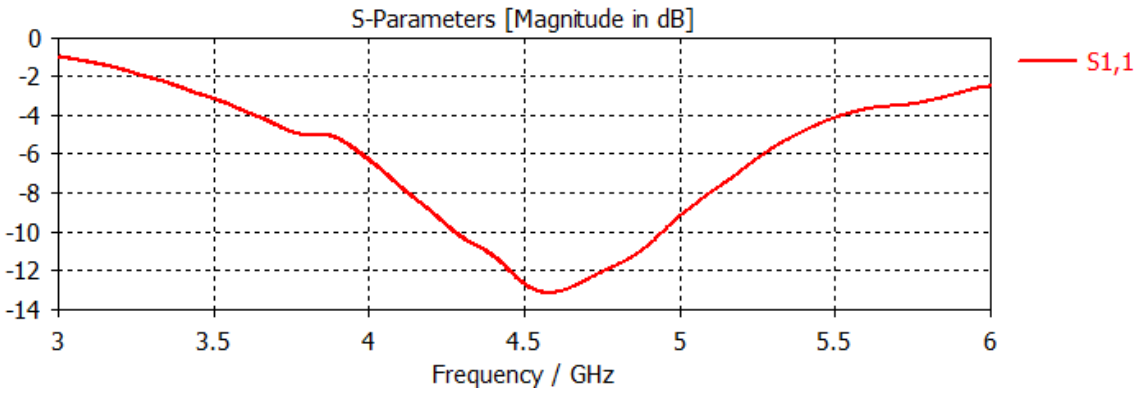


Figure 72: Variation de paramètre S_{11} (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas trois tube plasma allumés et les autres éteints

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 73).

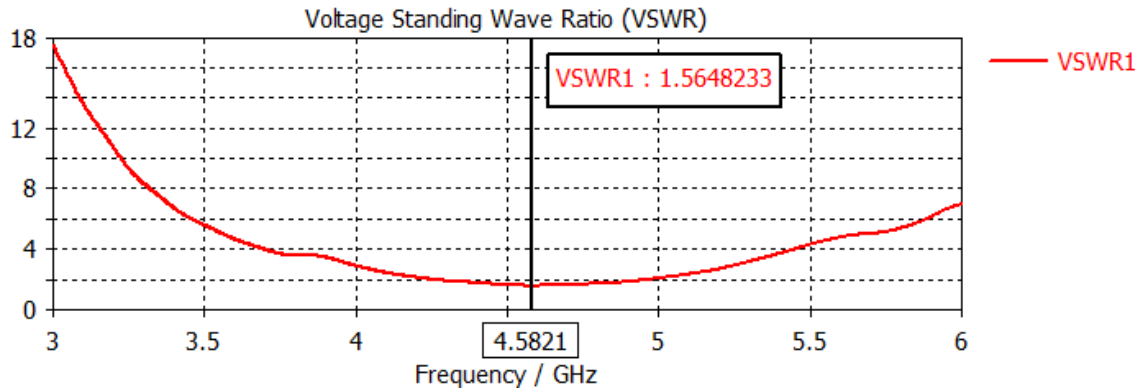


Figure 73: Variation de VSWR en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints

Le gain max égale 5.5 dB sur l'intervalle de fréquence [3.88-5.36] GHz comme la figure(74) suivant :

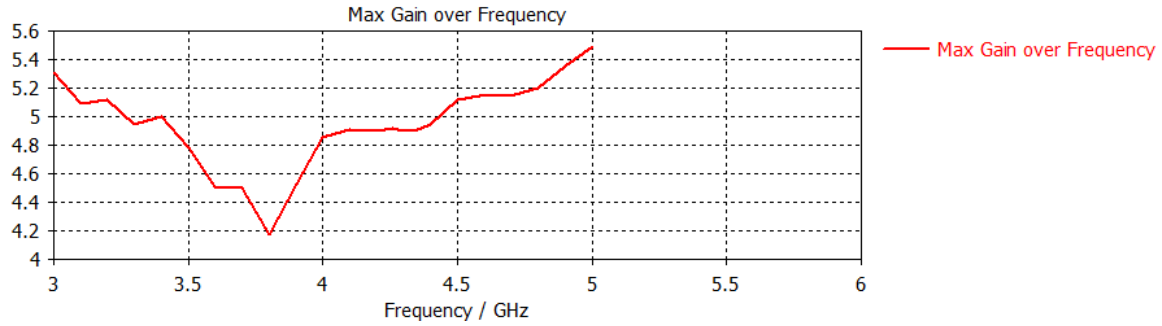


Figure 74: Variation de gain (dB) en fonction de fréquence (GHz) dans le cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints

De le figure (75) on observe que de coté de trois plasmas allumés les ondes électromagnétiques 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.

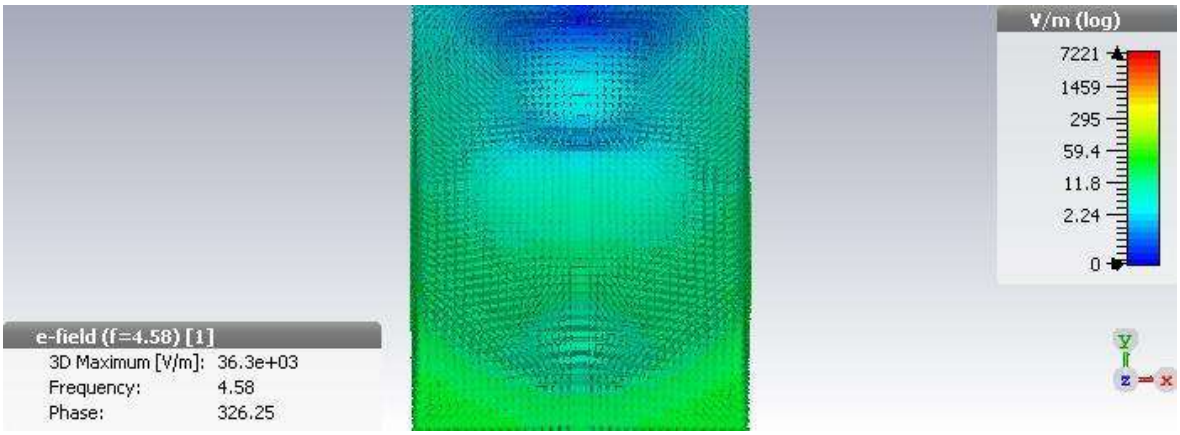


Figure 75: Production et émission des ondes électromagnétique en 2D dans le cas des trois tube plasma allumés et les autres éteints

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 76).

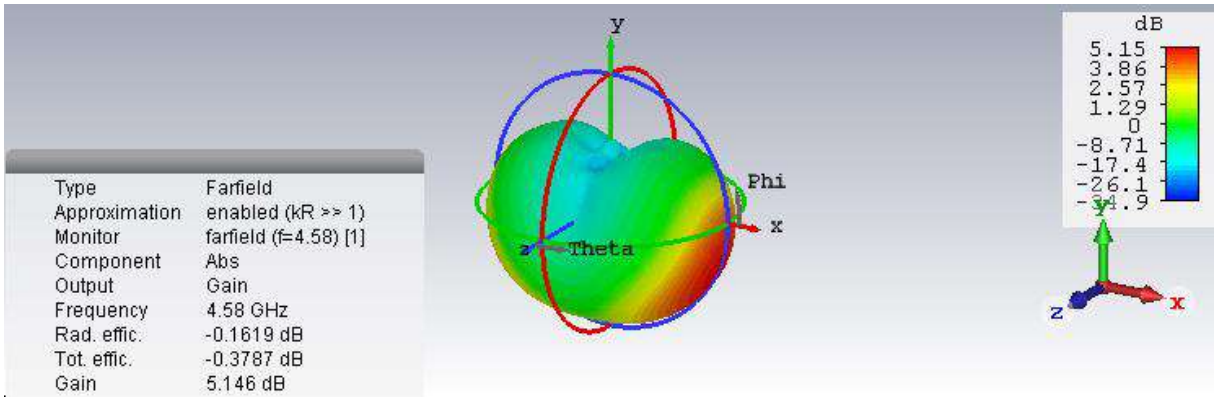
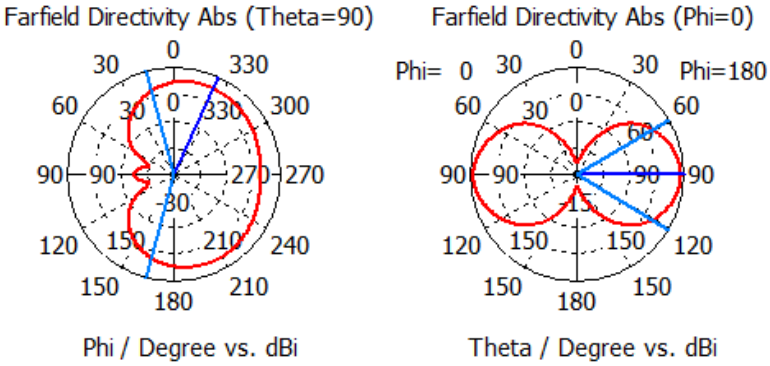


Figure 76: Modélisation de propagation des ondes électromagnétiques dans cas de trois tube plasma allumés et les autres éteints

On remarque de la directivité si Φ=0̊ (figure 77.A) on va voir deux angles égaux et similaires par une valeur égale 120̊ et si θ=90̊ (figure 77.B) on note un seul angle (300̊).



(A) **(B)**

Figure 77: 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 resultats 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 tube plasma éteint	**4.32**	**1.36**	**-16.3**	**100**	**2.29**	**[3.97-4.8]**	**2.4**
Un tube Plasma allumé Rayon=20mm	**4.26**	**1.25**	**-18.99**	**98.65**	**5.42**	**[4-4.6]**	**5.45**
Un tube Plasma allumé Rayon=12mm	**4.28**	**1.4**	**-15**	**99.48**	**4.29**	**[3.93-4.8]**	**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 tube plasma éteints et le prochaine allumés	**4.7**	**1.33**	**-17**	**94.82**	**6.38**	**[4.25-5.22]**	**6.2**
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] A. Fridman and L. A. Kennedy, *Plasma physics and engineering*. CRC press, 2004.

[3] M. J. B. U. P. Melzani, "Ondes dans un plasma dilué non magnétisé," vol. 993, pp. 425-441, 2017.

[4] D. P. K. Karmakar, "BRIEF INTRODUCTION TO PLASMA," 26 july 2019.

[5] J. A. Bittencourt, *Fundamentals of plasma physics*. Springer Science & Business Media, 2013.

[6] o. granier, "ondes dans les plasma ".

[7] M. MEDDOUR, S. BENKEDDA, A. BELHEDRI, and B. MEKIMAH, "Etude et simulation d'une antenne microbande dans la bande WiFi 5 GHz," 2017.

[8] D. J. C. Grenier, Département de génie électrique et de génie informatique, Université de Laval, Québec, été, "Antennes et propagation radio," 2012.

[9] O. Picon, L. Cirio, C. Ripoll, G. Baudoin, J.-F. Bercher, and M. Villegas, *Les antennes: Théorie, conception et applications*. Dunod, 2009.

[10] O. Lamia, "Simulations des antennes sous HFSS (High Frequency Structure Simulator)," Université Mouloud Mammeri, 2013.

[11] A. Benomar, "Etude des Antennes à Résonateurs Diélectriques.: Application aux Réseaux de Télécommunications," Université de Limoges, 2015.

[12] I. Ben Trad, "Antennes agiles pour les télécommunications multistandards," Rennes, INSA, 2014.

[13] A. Niang, "'Antennes miniatures et structures électromagnétiques avec circuits non-Foster," Thèse de doctorat de L'Université PARIS-SACLAY PREPAREE A "L'UNIVERSITE …, 2017.

[14] 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.

[15] 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.

[16] Alexandre BOYER « Antennes » Support de cours énoncé de travaux diriges institut national des sciences appliquées de Toulouse, 2011.

[17] O. A. Barro, "Design and manufacturing reconfigurable antennas using plasma," Rennes 1, 2016.

[18] Z. Ahmed, Polycopié de Cours Antennes, de la 1ère Master en Télécommunications, Septembre, 2018.

[19] 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.

[20] C. A. Brau, "Problèmes modernes en électrodynamique classique " 2004.

[21] D. J. Griffiths, "Introduction à l'électrodynamique (3e éd.," 1999).

[22] Labergue, Alexandre, Etude de décharges électriques dans l'air pour le développement d'actionneurs plasmas--Application au contrôle de décollements d'écoulements, Thèse de doctorat, 2005, Université de Poitiers.

[23] Chruszez, Olivier, Caractérisation de matériaux plasmas pour la conception de fonctions hyperfréquences, Thèse de doctorat 2015.