

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département d'Electronique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : Télécommunication

Spécialité : Systèmes des télécommunications

Par

- **BENNENNI Sidali**
- **FANDI Idir**

Intitulé

*Conception et Simulation d'une antenne dipôle log-périodique pour le
transfert de puissance sans fil sur une ultra large bande*

Soutenu le : 29/05/2024

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>Mme. MEGUELLATI Sabrina</i>	<i>MAA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. BOUTTOUT Farid</i>	<i>Prof</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. BEHIH Mohamed</i>	<i>MAA</i>	<i>Co-Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M. HAFDI Zakaria</i>	<i>MAB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2023/2024

Remerciement

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu " الله " Tout Puissant de nous Avoir donné le courage, la patience, la volonté et la santé pour mener à bien ce modeste travail.

Toute notre gratitude et remerciements pour notre encadreur M. BOUTTOUT et M. MOHAMED BEHIIH, pour avoir proposé ce sujet passionnant, pour son expertise et pour tout le soutien et les conseils qu'il nous a apportés tout au long de notre travail.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté et évalué ce travail.

Nous remercions également sincèrement tous les enseignants Pour leur aide à nous encadrer et à nous éduquer tout au long de notre parcours académique.

Nous tenons à remercier toutes nos familles, en particulier nos parents qui nous ont soutenus et conseillés tout au long de notre travail.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin Dans le développement de ce travail

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail a mes chers parents qui toujours m'aider et m'encourager ,mes sœurs et mes frères ,mes enseignants et mes collègues, et ainsi tous mes amis.

J'espère que notre travail vous satisfait et qui sera la hauteur.

BENNENNI SIDALI

Je remercie DIEU le clément, le miséricordieux. Gloire à Allah que maître le monde. La prière de Dieu soit sur son prophète Mohammed sur sa famille et tous ses compagnons Je dédie mon travail : A mon père et ma mère et mes frères qui ont été passionnés par mon parcours scolaire et ne M'ont pas oublié dans leurs prières, A tous ,ma famille mes proches et amis.

FANDI IDIR

LISTE DES MATIERES

I.Introduction générale :	1
Chapitre I : généralités sur les antennes.	
I.1 Introduction :	2
I.2 Définition d'une antenne :	2
I.3 paramètres et caractéristiques de l'antenne :	3
➤ I.3.1 Bande passante fréquentielle :	3
➤ I.3.2. Diagramme de rayonnement :	3
➤ I.3.3. Directivité et gain :	4
I.4 Autres paramètres :	5
I.5 Différents types d'antenne et applications :	7
I.6 antennes log-périodiques (LPDA) [5] :	10
I.6.1 Antenne circulaire log-périodique [8] :	11
I.6.2 Antenne log-périodique trapézoïdale [8]:	11
I.7 CONCLUSION :	12
Chapitre II :le transfert de puissance sans fil(WPT) :	
II.1 Introduction au transfert de puissance sans fil (WPT) :	13
II.2 Définition et principe du transfert de puissance sans fil :	13
II.3: Classification des technologies WPT :	14
II.4Le transfert radiatif (Fonctionnement en champ lointain) :	15
II.5 Les technologies non radiatives :	16
II.5.1 Transfert de puissance sans fil inductif (IPT) : Chargement inductif utilise induction magnétique entre deux bobines ou antennes inductives. [18].	16
II.5.2 Le chargement capacitif :	16
II.5.3Le chargement par résonance magnétique :	17
II.6 L'application des systèmes WPT :	18
II.7 Objectifs de l'utilisation de transfert de puissance sans fil :	19
II.8 Conclusion :	19
Chapitre III : Conception et simulation d'un système de transfert de puissance sans fil pour les applications de télécommunication.	
III.1 Introduction :	20
III.2. Considération pour la conception et la simulation :	20
III.3. Structure d'antennes réseau dipôle périodique imprimée (PLPDA) :	20
III.4. PLPDA OPTIMISATIONS :	24
III.5. Résultats de simulation :	25
III.6. Transfert de puissance sans fil :	30
III.7. Comparaison entre les deux scénarios :	33

III.8.CONCLUSION :	34
Conclusion Générale.....	35
Bibliographié :	36

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 01

Figure 1.1. Rayonnement d'une antenne	2
Figure 1.2. Circuit équivalent de l'antenne.....	5
Figure 1.3. Exemple de polarisation.....	6
Figure 1.4. Antenne dipolaire.....	7
Figure 1.5. Boucle magnétique.....	7
Figure 1.6. Antenne cornet	8
Figure 1.7. Réseau de fentes.....	8
Figure 1.8. Antenne à réflecteur parabolique.....	8
Figure 1.9. Antenne à réflecteur parabolique.....	9
Figure 1.10. Antenne plaquée	9
Figure 1.11. Antenne plaquée avec alimentation à couplage électromagnétique.....	9
Figure 1.12. Antenne log-périodiques circulaire	10
Figure 1.13. Antenne log-périodique trapézoïdale	11

CHAPITRE 02

Figure 2.1. Principe du transfert de puissance sans fil.....	12
Figure 2.2. Le Diagramme générique d'un système WPT.....	13
Figure 2.3. Classification du transfert d'énergie sans fil.....	14
Figure 2.4. Illustration d'un couplage magnétique inductif entre deux bobines.....	15
Figure 2.5. Illustration d'un couplage magnétique résonant entre deux bobines à l'aide d'un condensateur accordé à la fréquence de résonance.....	16
Figure 2.6. Applications du système de transfert d'énergie sans fil (WPT).....	17

CHAPITRE 03

Figure 3.1. Graphique de Carrel pour déterminer le gain du facteur d'échelle par rapport à la courbe de facteurs d'espacement.....	21
Figure 3.2. Géométrie de base de PLPDA.....	23
Figure 3.3. Modèle Cad de PLPDA en HFSS.....	23
Figure 3.4. Coefficient de réflexion S_{11} de l'antenne dipôle.....	26
Figure 3.5. Diagramme de rayonnement 2d ($\phi=0$).....	27
Figure 3.6. Diagramme de rayonnement 2d ($\phi=90$).....	28
Figure 3.7. Diagramme de rayonnement 3d de gain en puissance de l'antenne dipôle.....	29
Figure 3.8. VSWR de l'antenne dipôle.....	27
Figure 3.9. Structure de première scénario en HFSS.....	28
Figure 3.10. Coefficient de réflexion S_{11}	28

Figure 3.11. Coefficient de réflexion d'antenne dipôle (récepteur) dans le système WPT.....	29
Figure 3.12. Les coefficients de transmissions S12 et S21.....	29
Figure 3.13. Structure de deuxième scénario en HFSS.....	30
Figure 3.14. Coefficient de réflexion S11	30
Figure 3.15. Coefficient de réflexion S22.....	31
Figure 3.16. Les Coefficients de transmissions S12 et S21.....	31

Liste Des Tableaux :

Tableau 01 : Résumé des principales technologies de transfert d'énergie sans fil.....	1
Tableau 02 : Dimensions de la conception proposée de l'antenne LPDA.....	24
Tableau 03 : Les buts de l'optimisation.....	25

Table des abréviations

WPT: Wireless Power Transfer.

LPDA : antennes log-périodiques

ABW : Bande Passante Absolu

FBW :Bande Passante Fractionnaire .

ULB : Ultra Large Bande.

3D : Trois Dimensions.

Bfrac : Bande Relative .

ROS :Le rapport d'onde Stationnaire .

RFID :Identification Radio Fréquence.

IPT :Transfert de Puissance Sans Fil Inductif .

DC : Direct Courant.

AC :Alternative Courant.

LED :Light Emitting Diodes.

GPS :Global Positioning System.

BP :Bande Passante.

VSWR: Voltage Standing Wave Ratio.

TRF: Trust Region Reflective Algorithme.

dB : Décibels.

HFSS: High Frequency Structure Simulator.

ROS :Le Rapport d'onde Stationnaire.

Notation :

θ : le flux magnétique.

ψ : le flux électrique.

f_c : fréquence centrale .

f_H : fréquence supérieure de la bande de fréquences .

f_L : fréquence inférieure de la bande de fréquences.

D : la directive des antennes .

U : Intensité de rayonnement.

U_0 : l'intensité du rayonnement d'une source isotrope.

e_{rad} : l'efficacité de rayonnement.

P_{in} : : Puissance totale d'entrée (acceptée).

P_{in} : la puissance rayonnée totale .

G_0 : le gain maximal .

D0 : la directivité maximale.

V_e : la tension entre .

I_e : le courant d'alimentation de l'antenne.

Z_e : L'impédance d'entrée .

F_S : fréquences limites supérieures.

F_i : fréquences limites inférieures .

R_r : Résistance liée à son rayonnement.

R_p : Résistance liée aux pertes de l'antenne.

L_{DEV} : La dimension maximale de l'émetteur de puissance.

λ : La longueur d'onde.

τ : facteur d'échelle.

σ : l'espacement.

B_s : la bande passante de la structure.

l_n : longueur.

w_n : largeur .

w_{feed} : ligne d'alimentation .

(θ) : l'angle d'élévation.

(φ) : l'angle d'azimut .

S11 : Le coefficient de réflexion (pour l'antenne émetteur) .

S22 : Le coefficient de réflexion (pour l'antenne récepteur).

S12, S21 : Coefficient de transmission .

Résumé

Nous proposons une antenne à array dipolique logperiodique (LPDA) imprimée à 12 dipoles (PLPDA) pour les applications de compatibilité électromagnétique de bande L (CEM). L'antenne proposée est conçue pour fonctionner dans la plage de fréquence de 0,8 GHz à 2,5 GHz. La conception d'antenne proposée est le résultat d'une optimisation effectuée à l'aide de l'algorithme Trusted Region Framework (TRF). Les faibles valeurs du paramètre S (S_{11}) de la conception optimisée de l'antenne PLPDA suggèrent une bonne correspondance. L'antenne fournit également un gain réalisé satisfaisant entre 4,5 dBi et 6,3 dBi ainsi que de bonnes caractéristiques directionnelles dans sa gamme de fréquences de fonctionnement.

Mots-clés: antennes CEM, bande L, array dipole log-périodique, PLPDA, antennes imprimées, antenne log-periodique imprimée, TRF, optimisation des cadres régionaux de confiance.

Abstract

We propose a 12-dipole printed log-periodic dipole array antenna (PLPDA) for L-band electromagnetic compatibility (CEM) applications. The antenna proposed is designed to operate in the frequency range of 0.8 GHz to 2.5 GHz. The proposed antenna design is the result of optimization performed using the Trusted Region Framework (TRF) algorithm. The low values of the S-parameter (S_{11}) of the optimized PLPDA antenna design suggest good matching. The antenna also provides satisfactory realized gain between 4.5 dBi to 6.3 dBi along with good directional characteristics in its operating frequency range.

Keywords : CEM antennas, L-band, log-periodic dipole array, PLPDA, printed antennas, printed log-periodic antennas, TRF, Trusted region framework optimization.

ملخص

يقترح هذا النص تصميم هوائي جديد باستخدام مصفوفة ثنائي قطب مطبوعة ودورية اللوغاريتم (PLPDA) مكونة من 12 ثنائي قطب. هذا الهوائي مصمم لتطبيقات التوافق الكهرومغناطيسي (CEM) التي تعمل في نطاق تردد L، والذي يتراوح بين 0.8 غيغاهرتز إلى 2.5 غيغاهرتز. تم التوصل إلى تصميم هذا الهوائي باستخدام خوارزمية إطار المنطقة الموثوقة (TRF) لتحسين أدائه. تشير قيم معامل S المنخفضة (S_{11}) في تصميم هوائي PLPDA إلى مطابقة معاوقة جيدة، مما يعني كفاءة عالية في نقل الطاقة بين الهوائي والجهاز المتصل. بالإضافة إلى ذلك، يوفر الهوائي كسبًا محققًا يعتبر مرضيًا ويتراوح بين 4.5 ديسيبل إلى 6.3 ديسيبل. يشير الكسب إلى قدرة الهوائي على تركيز موجة إشارته في اتجاه معين، وتدل

هذه القيم على أن الهوائي يوفر إشعاعًا اتجاهيًا متوسطًا. كما يتمتع الهوائي بخصائص اتجاهية جيدة عبر نطاق تردد التشغيل بأكمله، مما يعني أنه يصدر أو يستقبل الإشارات بشكل فعال في اتجاه محدد.

كلمات مفتاحية: هوائيات CEM نطاق L مصفوفة ثنائي قطب دورية اللوغاريتم PLPDA هوائيات مطبوعة هوائيات مطبوعة دورية اللوغاريتم TRF تحسين إطار المنطقة الموثوقة

*Introduction
générale*

I.Introduction générale :

Aujourd'hui, la plupart des domaines des télécommunications sont couverts par les réseaux sans fil, que ce soit dans la conception ou dans les technologies de fabrication des composants et des circuits radiofréquences et hyperfréquences.

La physique du transfert de puissance sans fil (WPT) a été découverte et a évolué au XIXe siècle. Cependant, en plus de certains travaux révolutionnaires de scientifiques et de technologues, comme Nikola Tesla, il n'a pas trouvé d'application généralisée dans notre vie quotidienne jusqu'à très récemment. Aujourd'hui, le WPT est une technique importante qui trouve rapidement des applications dans de nouveaux domaines, de l'électronique grand public aux dispositifs médicaux et aux véhicules électriques. Actuellement, des défis subsistent, et il existe encore des améliorations possibles dans de nombreuses conceptions existantes et nouvelles.

L'objectif de ce mémoire est de faire la conception, la simulation d'une antenne à réseau dipolaire log périodique imprimée à 12 dipôles (PLPDA) pour les applications de compatibilité électromagnétique (CEM) en bande L. Pour cela, notre travail est réparti comme suivant :

Le premier chapitre de cette mémoire, est consacré à une étude les caractéristiques des antennes et ces paramètres, et ainsi ces types, les antennes LPDA est aussi présentée.

Le deuxième chapitre discutera la technique de transfert de puissance sans fil par définition de cette technique et en mentionnant également les différentes technologies utilisées avec ces types, ainsi l'application des systèmes WPT, et en fin l'Objectif d'utilisation.

Pour le troisième chapitre, nous présentons, les différentes étapes suivies pour simuler le transfert de puissance en utilisant un d'une antenne à réseau dipolaire log périodique imprimée à 12 dipôles (PLPDA)) pour les applications de CEM en bande L. Les résultats obtenus de simulation sont représentés et discutés. A la fin, une conclusion générale résume les principaux résultats.

*Chapitre I :
généralités sur les
antennes*

I.1 Introduction :

La transmission ou la réception du signal des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère terrestre ou dans l'espace nécessite l'utilisation d'une antenne. Ils sont présents dans tous les systèmes de communication sans fil (radio, télévision, téléphone portable, etc.).

Le premier chapitre de nos travaux vise à présenter le cas général des antennes et Ses propriétés électromagnétiques, telles que le diagramme de rayonnement, l'impédance Entrée, gain directionnel, directivité, angle d'ouverture demi-puissance, efficacité...etc.

I.2 Définition d'une antenne :

Plus précisément, l'appareil fonctionne en recevant des signaux via une ligne de transmission et en les transformant en ondes électromagnétiques, qui sont ensuite émises dans l'environnement lorsque l'antenne est en mode transmission. A l'inverse, en mode réception, il capte uniquement les ondes électromagnétiques.

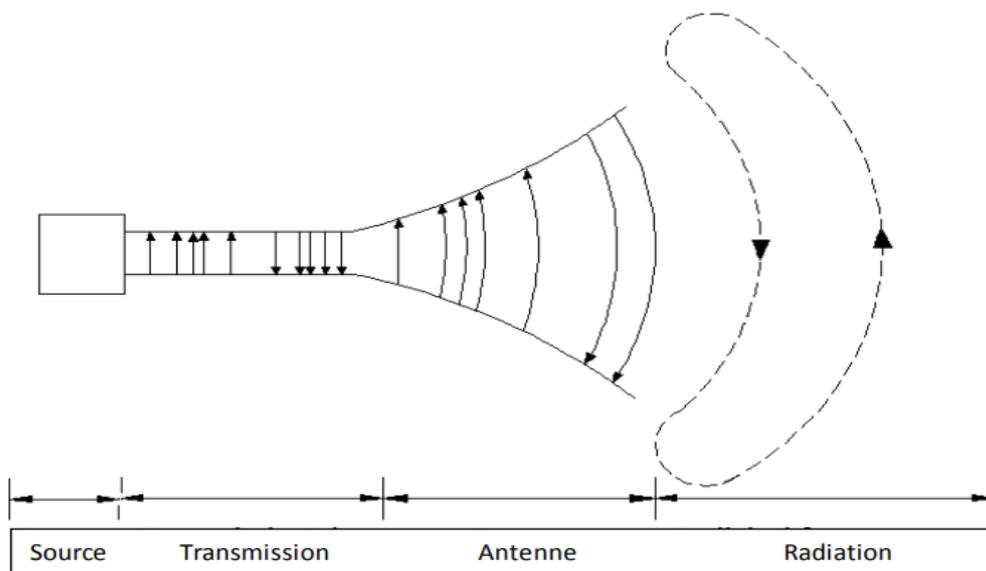


FIGURE1.1- RAYONNEMENT D'UNE ANTENNE [1].

Dans un système de communication, l'antenne sert à concentrer l'énergie du rayonnement dans une direction spécifique tout en la minimisant ou en l'éliminant dans d'autres directions, en fonction des fréquences impliquées. L'exigence spécifique dicte la forme d'une antenne. C'est la raison pour laquelle la conception des antennes peut varier, prenant différentes formes telles que l'ouverture, le patch, les réflecteurs, les lentilles ou les ensembles d'éléments[2].

I.3 paramètres et caractéristiques de l'antenne :

Divers paramètres sont utilisés pour décrire les caractéristiques et les performances des antennes, notamment le diagramme de rayonnement, l'impédance d'entrée, le coefficient de réflexion, la directivité, le gain, l'efficacité, etc.

➤ I.3.1 Bande passante fréquentielle :

La bande passante de fréquence est conçue pour s'adapter certaines capacités et la gamme de fréquences dans laquelle leurs performances sont exposées (les deux extrémités de la fréquence centrale sont représentées...).

Les caractéristiques de l'antenne se rapprochent de celles de la fréquence primaire.

Souvent, les communications sans fil utilisent une antenne dont les exigences sont absolues.

Il existe deux manières d'exprimer la bande passante de fréquence : ABW absolu et bande passante fractionnaire (FBW).

La largeur de bande relative *Bfrac* se définit comme suit [3] :

$$f_c = \frac{f_L + f_H}{2} \quad (1)$$

$$Bfrac = 2 \times \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} = \frac{BW}{f_c} \quad (2)$$

Où f_c : fréquence centrale ;

f_H : fréquence supérieure de la bande de fréquences ;

f_L : fréquence inférieure de la bande de fréquences.

Suivant cette définition de Taylor, un signal ULB doit donc occuper une largeur de bande $BW = f_H - f_L$ supérieure ou égale à 25% par rapport à sa fréquence centrale.

➤ I.3.2. Diagramme de rayonnement

rayonnement, la distribution de la puissance rayonnée en la région de champ lointain, est en d'un diagramme à deux ou trois dimensions (2D ou 3D) et peut être élaborée en plusieurs dimensions. Trois modèles de rayonnement sont : isotrope, un rayonnement égal dans toutes les directions, et directionnel, une antenne capable de rayonner ou recevoir les ondes électromagnétiques de plus efficace qualité dans certaines directions.

➤ I.3.3. Directivité et gain

La directivité est la concentration du rayonnement de l'antenne dans certaines directions de l'espace. Elle est déterminée par le rapport entre l'intensité du rayonnement dans une direction donnée et celle d'une source isotrope. La formule de la directivité est $Prad = 4\pi$ [3].

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{Prad} \quad (3)$$

La directivité de l'antenne détermine sa valeur maximale, D_0 .

L'antenne G est impactée par sa direction et son rayonnement e_{rad} .

La formule du gain est :

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{Prad} \quad (4)$$

$$G = e_{rad} D \quad (5)$$

Le gain d'une antenne est évalué quantitativement dans une direction.

$$G = \frac{\text{Intensité_de_Rayonnement}}{\text{Puissance_Totale_En_Entrée}} = 4\pi \left(\frac{U(\theta, \varphi)}{P_{in}} \right) \quad (6)$$

La proportion entre le gain de puissance dans une direction spécifique et celui de l'antenne de référence.

$$G = 4\pi \left(\frac{U(\theta, \varphi)}{\text{Source Isotropique sans perte}} \right) \quad (7)$$

Afin d'augmenter la puissance, la direction utilisée est celle du rayonnement maximal. On peut écrire le gain de la manière suivante, avec η , En raison de l'efficacité du rayonnement, $p_{in} = \eta Prad$, $Prad$ la puissance rayonnée totale :

$$G = 4\pi \eta \left(\frac{U(\theta, \varphi)}{Prad} \right) = \eta D(\theta, \varphi) \quad (8)$$

L'efficacité de rayonnement e_{rad} est définie comme le rapport entre la puissance fournie à la résistance de rayonnement R_r , sur la puissance fournie à R_r , et R_L . Ainsi, l'efficacité du rayonnement e_{rad} peut être écrite comme :

$$e_{rad} = \frac{\frac{1}{2}|I|^2 R_r}{\frac{1}{2}|I|^2 R_r + \frac{1}{2}|I|^2 R_L} = \frac{R_L}{R_r + R_L} \quad (9)$$

La Figure 1.2 montre le circuit équivalent de l'antenne, où R_r , R_L , L et C représentent

respectivement la résistance de rayonnement, la résistance de perte, l'inductance et la capacité.

De même, le gain maximal G_0 est lié avec la directivité maximale D_0 par :

$$G_0 = e_{rad} D_0 \quad (10)$$

I.4

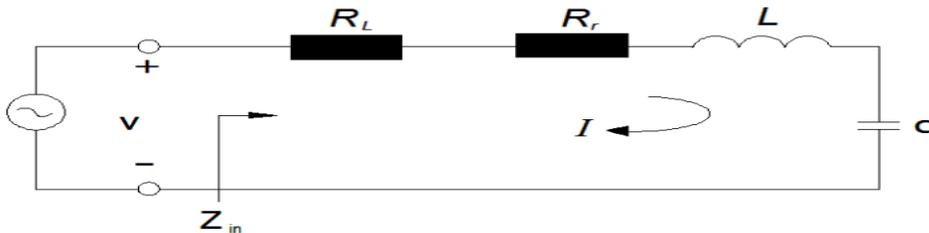


FIGURE1.2 : CIRCUIT EQUIVALENT DE L'ANTENNE.

Autres paramètres

➤ **Puissance rayonnée** : force à travers une sphère infinie. [5]:

$$\vec{P} = \frac{1}{2} Re(\vec{E} \times \vec{H}^*) \quad (11)$$

La puissance rayonnée à travers une sphère de rayon infini est donnée par :

$$W = \lim_{r \rightarrow \infty} \oint \hat{n} \langle p \rangle d_s \quad (12)$$

Avec \hat{n} Il s'agit d'un vecteur normal à c quel point de la sphère.

L'intensité de rayonnement a pour expression :

$$K(\theta, \varphi) = \frac{dW}{d\Omega} \quad \text{Avec } d\Omega, \text{ unité d'angle solide}$$

La puissance totale rayonnée est définie par :

$$W = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} K(\theta, \varphi) d\Omega \quad (13)$$

➤ **Directivité** : Antenne dirige son rayonnement dans différentes directions de l'espace sous la formule :

$$D = \frac{K(\theta, \varphi)}{\frac{1}{4} \iint K(\theta, \varphi) d\Omega} \quad (14)$$

➤ **Polarisation** :

Le champ électrique indique la polarisation du champ électromagnétique d'une antenne. Si la direction reste constante, la polarisation est rectiligne.

Sinon, elle peut être circulaire ou elliptique. La polarisation du champ électrique \vec{E} indique la polarisation du champ électromagnétique émis par une antenne. Si la direction reste constante, la polarisation est rectiligne. Sinon, elle peut être circulaire ou elliptique. Dans cette situation, la polarisation du champ rayonné sera donc circulaire ou elliptique (voir la Figure 1.3).

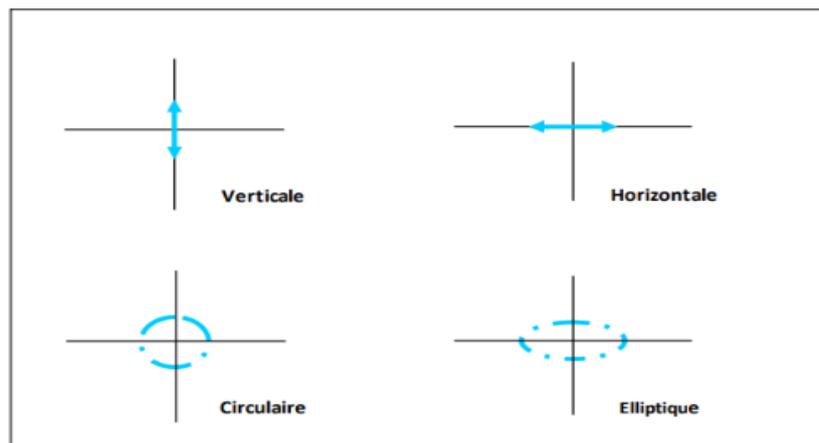


FIGURE 1.3- EXEMPLE DE POLARISATION

➤ **Impédance d'entrée :**

Prenons une antenne dont les bornes d'entrée A et B peuvent être définies.

Prenons V_e comme la tension entre les bornes A et B et I_e ainsi que le courant d'alimentation de l'antenne.

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

$$Z_e = \frac{V_e}{I_e} \quad (15)$$

➤ **Bande d'utilisation :**

La bande d'utilisation est définie par le ROS maximal admissible, limité par la désadaptation de l'antenne.

Diagramme de rayonnement dépend de la fréquence pour les antennes résonnantes comme dipôles et antennes microbande avec faibles bandes d'utilisation. La largeur de bande est donc:

$$B (\%) = 100 * \frac{F_s - F_i}{F_c} \quad (16)$$

Le diagramme de rayonnement des antennes dépend de leur fréquence et de leurs limites supérieures et inférieures.

➤ **Rendement :**

Le rendement est le rapport entre l'énergie rayonnée par une antenne et celle que lui fournit l'alimentation. Elle est exprimée par :

$$\eta = \frac{Rr}{Rr+Rp} \quad (17)$$

Rr : Résistance liée à son rayonnement

Rp : Résistance liée aux pertes de l'antenne.

I.5 Différents types d'antenne et applications :

Pour comprendre la transition de la puissance guidée à la puissance rayonnée, voici quelques antennes couramment utilisées, classées par date de naissance.

En Conclusion, Classification des antennes basé sur la source rayonnante (courant électrique ou surface avec champ électrique)[4].

- **Antenne dipolaire :** L'antenne dipolaire comporte deux fils courts alignés reliés par une ligne bifilaire proche (figure 1.4). Sur scène, phrase connectée autre générateur fréquence et impédance. Réception : ligne bifilaire connectée récepteur. La ligne bifilaire a des courants de sens inverse qui se neutralisent. Les courants variables génèrent l'onde électromagnétique, qui se propage autour de l'axe du dipôle symétrique. Pas de rayonnement dans la direction du fil, impossible de parler de rayonnement isotrope.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (18)$$

Antennes similaires avec fils rayonnants plus longs, utilisées pour talkies-walkies, etc. [4].

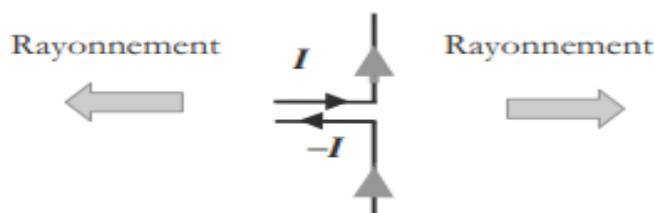


FIGURE 1.4-ANTENNE DIPOLAIRE

- **Boucle magnétique** : Boucle magnétique : fil conducteur en forme de retour.(voir figure 1.5). Ainsi, Boucle connectée, bifilaire. Rayonnement maximal dans le plan de la boucle, propagation radiale[4].Utilisation répandue des boucles magnétiques dans la radio et RFID.

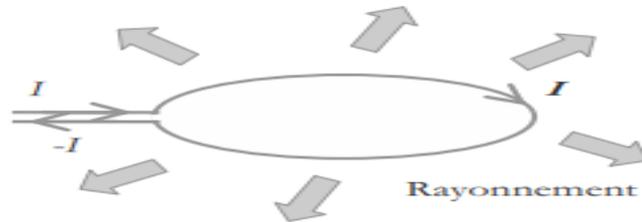


FIGURE 1.5- BOUCLE MAGNETIQUE.

- **Antenne cornet** :Guide d'onde rectangulaire: transmission remarquable à haute fréquence; utilisé en hyperfréquences.

Antenne cornet: transforme puissance guidée en puissance rayonnée.(voir figure 1.6)Guide d'onde à espace libre: principe similaire au cornet acoustique[4].Les

Changements de formes : linéaires, exponentielles. Le rayonnement est plus directif

dans le guide d'onde, avec pertes faibles et capacité à supporter de la puissance. Les antennes cornets le convertissent en onde rayonnée, utilisées dans différents systèmes[4].

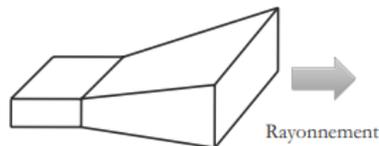


FIGURE 1.6-ANTENNE CORNET.

- **Réseau de fente** : Rayonnement possible avec guide d'onde. (fig. 1.7).Rayonnement perpendiculaire au plan troué du guide pour localiser le rayonnement dans les tunnels [7].

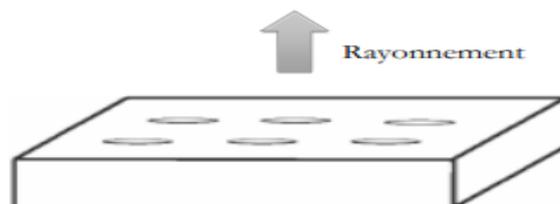


FIGURE1.7-RESEAU DE FENTE.

➤ **Antenne à réflecteur parabolique :**

Antenne réflecteur métallique parabolique pour émission (figure 1.8). L'onde est envoyée du centre de la parabole vers le réflecteur parabolique, qui réfléchit les rayons de manière parallèle. Ces antennes sont utilisées pour recevoir des signaux satellites, notamment pour la télévision, et sont protégées par un radôme des intempéries. [4].

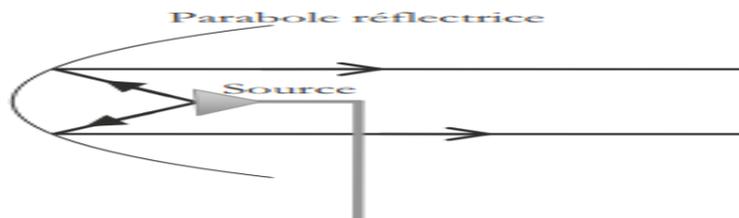


FIGURE 1.8 – ANTENNE A REFLECTEUR PARABOLIQUE.

➤ **Antennes de type Cassegrain :**

Montage Cassegrain avec réflecteur principal et secondaire pour antennes (figure 1.9). Cette appellation est issue du télescope du même nom qui fonctionne sur le même principe. Rayons sont réfléchis par réflecteurs hyperbolique et principal parabolique, conservant les propriétés de l'antenne parabolique. Moins de parasites et meilleure qualité de signal grâce à une distance plus courte entre la source et l'électronique.

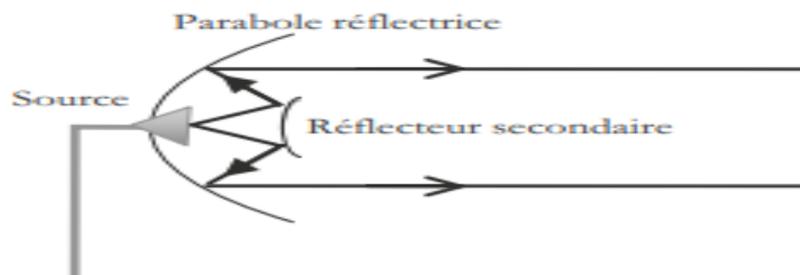


FIGURE 1.9 – ANTENNE A REFLECTEUR PARABOLIQUE TYPE CASSEGRAIN.

➤ **Antennes plaquées :**

L'antenne plaquée est une nouvelle forme d'antenne, composée d'un diélectrique avec un plan de masse métallique[4].

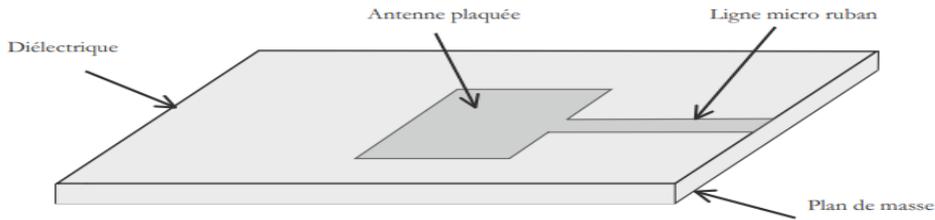


FIGURE 1.10-ANTENNE PLAQUEE.

Certaines antennes offrent la possibilité de répartir la charge, et peuvent adopter différentes formes pour une grande flexibilité dans la conception. De plus, les antennes à alimentation par couplage (figure 1.11) utilisent un diélectrique supérieur comme écran pour éviter les perturbations du rayonnement électromagnétique.[4].

➤ **Les antennes actives :**

Les avancées permettent de lier un circuit actif aux antennes et de créer des appareils complexes avec des fonctionnalités électroniques complémentaires.[4].

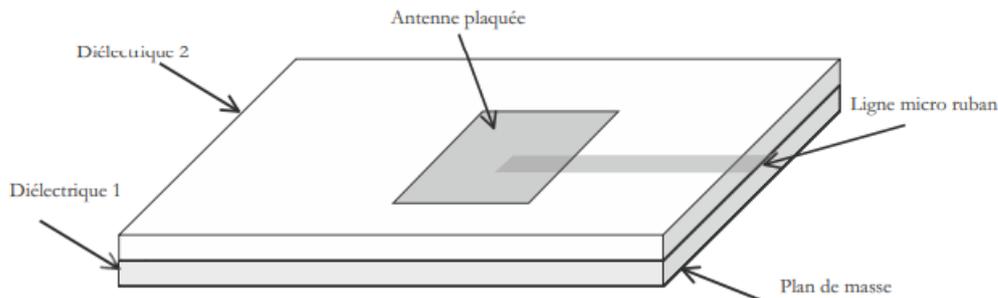


Figure 1.11 – Antenne plaquée avec alimentation à couplage électromagnétique.

Les antennes actives ont diverses utilisations : commutation, déphasage, amplification, agilité en fréquence, etc. Les antennes actives intégrées sont préférées à celles avec composants reportés[4].

I.6 antennes log-périodiques (LPDA) [5] :

Duhamel et Isabel ont développé les antennes log-périodique pour la première fois en 1959 [6]. Ces antennes sont formées par la combinaison de plusieurs éléments montés simultanément. La dimension du plus petit brin limite la fréquence haute de l'antenne, tandis que celle du plus grand brin limite la fréquence basse [7]. Il est important de souligner que ce genre d'antennes qui se rapproche d'une structure fractale offre une large plage de fréquences. En théorie, il est possible de concevoir une multitude de structures périodiques. Dans la suite,

nous exposerons brièvement quelques catégories de ces antennes : log-périodique de forme circulaire, trapézoïdale.

I.6.1 Antenne circulaire log-périodique [8] :

La figure (1.12) illustre un exemple d'antenne log-périodique de type circulaire. La bande passante de cette antenne peut atteindre plusieurs octaves et présenter un diagramme de rayonnement bidirectionnel.



FIGURE 1.12 ANTENNE LOG-PERIODIQUES CIRCULAIRE [9].

I.6.2 Antenne log-périodique trapézoïdale [8]:

L'antenne log-périodique de forme trapézoïdale (figure 1.13) est un autre exemple d'antenne log-périodique dont tous les bords présentent un profil plat plutôt qu'incurvé. Cette antenne, étant plus facile à construire que la précédente, est plus couramment utilisée que l'antenne de forme circulaire. Elle possède exactement les mêmes caractéristiques : diagramme de rayonnement bidirectionnel, bande passante de plusieurs octaves et une polarisation linéaire.

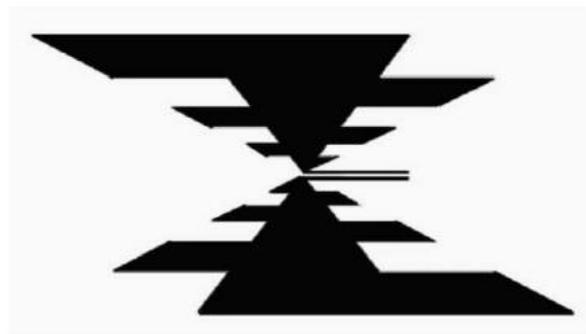


Figure1.13 Antenne log-périodique trapézoïdale [9].

I.7 CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons décrit brièvement quelque généralité sur les antennes en donnant leur caractéristique et paramètre important ainsi ces rôles.

Ensuite, nous cité les différents types des antennes et ces applications. Surtout l'antenne LPDA ce qui est la base du transfert de l'énergie sans fil que nous allons expliquer dans le prochain chapitre.

Chapitre II :

*le transfert de puissance sans fil
(Wireless Power Transfert WPT).*

II.1 Introduction au transfert de puissance sans fil (WPT) :

Le transfert de puissance sans fil WPT est une technologie prometteuse qui utilise les agents de transmission de l'onde électromagnétique et du photon. Cette technologie peut être utilisée dans divers domaines tels que les téléphones intelligents, les ordinateurs portatifs, les dispositifs médicaux implantés dans le corps humain, les différents points de connexion des réseaux corporels sans fil, et bien d'autres encore. Dans ce chapitre, nous allons examiner la typologie des réseaux sans fil et leur domaine d'application, en se concentrant sur l'antenne log-périodique en raison de son importance pour le transfert de puissance sans fil. Nous examinerons également les diverses technologies et systèmes associés qui ont été mis en avant pour le WPT. On mentionnera les bénéfices et les désavantages de chaque eau, ainsi que les inconvénients.

II.2 Définition et principe du transfert de puissance sans fil :

Le WPT est le processus de transmission de l'énergie électrique d'une source «émetteur" à une charge "récepteur" sans utiliser de conducteur ou de fil.

Le WPT est un domaine large qui englobe de multiples applications utilisant diverses techniques et méthodes et différentes gammes [10]

La figure (2.1) présente le principe du transformateur de puissance. Le lien entre la source et la charge est formé de deux bobines, dont la première est un émetteur de puissance et l'autre est un récepteur.

Une tension alternative alimente le circuit primaire, et le courant alternatif qui circule dans l'enroulement primaire "bobine émettrice" génère un champ magnétique. La tension sur la bobine réceptrice sera produite par ce même champ. Cette tension peut servir à différentes fins.

Enrichir la charge. Le transfert de puissance dépend de différents facteurs tels que le coefficient de couplage K entre les deux bobines, leur coefficient de qualité Q , la forme des bobines et l'angle entre elles [11].

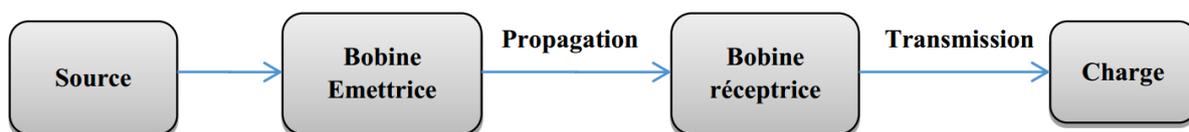


FIGURE 2.1-PRINCIPE DU TRANSFERT DE PUISSANCE SANS FIL.

II.3: Classification des technologies WPT :

Le transfert de puissance sans fil utilise des ondes électromagnétiques, tandis que la collecte d'énergie utilise ces ondes pour transférer des informations et acquérir de l'électricité. Les techniques de collecte d'énergie sont limitées par les exigences de transfert d'informations absentes dans le WPT.

La figure (2.2) illustre le diagramme générique d'un système WPT. La dimension maximale de l'émetteur de puissance (l'antenne) est L_{DEV} . L'émetteur et le récepteur sont séparés d'une distance, généralement appelée l'écart. Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par leur longueur d'onde λ ou leur fréquence f .

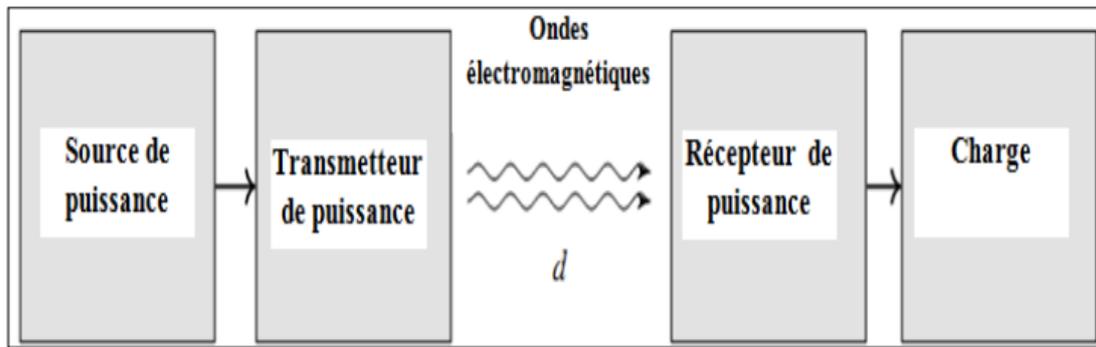


FIGURE 2.2- LE DIAGRAMME GÉNÉRIQUE D'UN SYSTÈME WPT

Les équations de Maxwell simplifient le comportement des ondes électromagnétiques.

• **Opération à proximité du terrain ou propagation non radiative.** Trois conditions doivent être remplies pour fonctionner dans ce genre de scénario. Ce sont :

1. La taille de l'élément émetteur, appelé L_{DEV} , est beaucoup plus petite que la longueur d'onde λ .
2. La distance entre l'émetteur d'énergie et le récepteur est beaucoup plus petite que la longueur d'onde λ .
3. La distance entre l'émetteur et le récepteur est beaucoup plus petite que $2 \cdot (L_{DEV}^2) / \lambda$.

• **Opération à longue distance ou propagation radiative.** Ceci est basé sur le champ électrique de l'onde électromagnétique. Dans ce cas, les conditions sont :

1. La distance entre l'émetteur d'énergie et le récepteur est supérieure à la longueur d'onde λ .
 2. La taille de l'élément émetteur L_{DEV} est plus de 10 fois plus grande que la longueur d'onde λ .
- Dans chaque scénario, il existe un groupe de technologies WPT comme présenté dans le graphique ci-dessous. Il y a l'induction, la résonance et le transfert de puissance sans fil capacitif pour l'opération à proximité, les WPT à micro-ondes ou optiques pour les grandes échelles, et les Systèmes de Résonance Magnétique (Strongly Coupled) pour l'opération intermédiaire.

Ces technologies WPT doivent être correctement analysées pour les systèmes électriques (Figure 2.3).

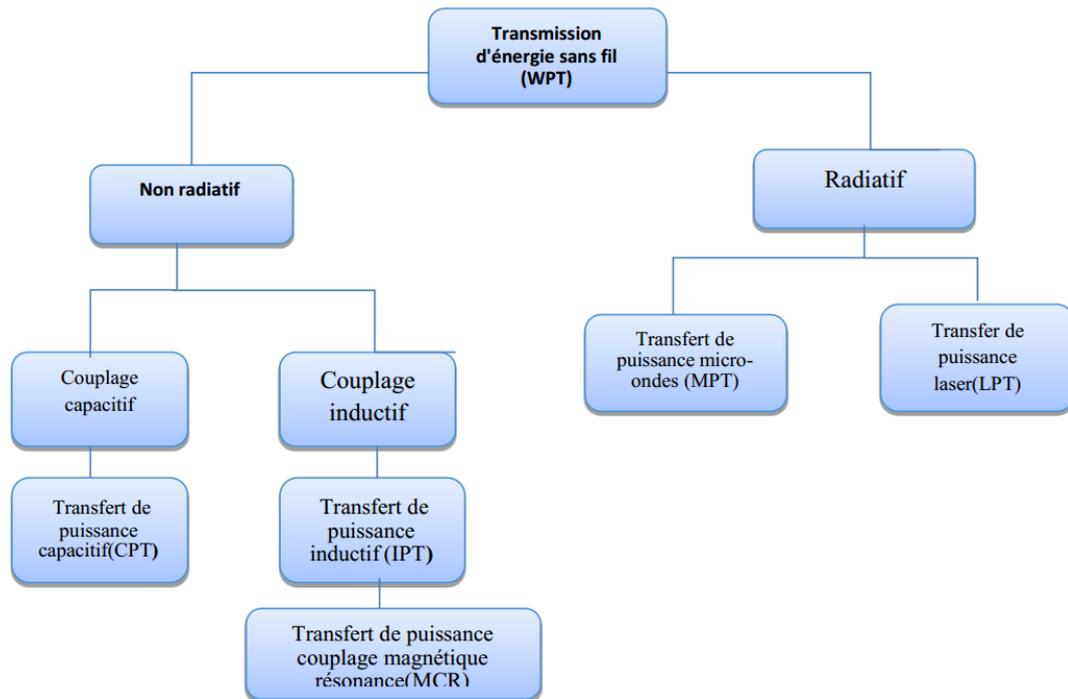


FIGURE 2.3-CLASSIFICATION DU TRANSFERT D'ENERGIE SANS FIL [12].

II.4 Le transfert radiatif (Fonctionnement en champ lointain) :

En champ lointain, le transfert d'énergie est effectué en utilisant des ondes électromagnétiques à des fréquences élevées, généralement de 300 MHz à 300 GHz [13]. Différentes fréquences peuvent être utilisées, mais les problèmes de sécurité limitent l'utilisation des infrarouges et des rayons X. Les systèmes fonctionnent généralement en mode point à point avec visibilité directe entre les antennes émettrice et réceptrice. La puissance AC est convertie en puissance DC puis en DC-RF avec un magnétron. L'antenne émettrice diffuse la puissance RF et une antenne réceptrice la convertit en puissance DC pour alimenter la batterie. L'efficacité du système dépend de la puissance reçue par l'antenne réceptrice et de l'impédance entre l'antenne et le redresseur [14].

Émission RF: isotrope ou directive (beamforming) pour meilleure efficacité énergétique [15]. Transmission énergétique longue distance compatible communication existante [16]. Respect des réglementations sur l'exposition électromagnétique [17]. La technologie laser concentre le rayonnement pour une puissance élevée, mais s'atténue rapidement dans l'atmosphère.

II.5 Les technologies non radiatives :

II.5.1 Transfert de puissance sans fil inductif (IPT) :

Chargement inductif utilise induction magnétique entre deux bobines ou antennes inductives. [18].

Transfert d'énergie inductif entre bobines lorsqu'une émet un champ magnétique puissant, près d'une autre, comme illustré dans la Figure (2.4). Le couplage magnétique des bobines crée un flux qui génère une tension. Cette tension induit un courant dans la bobine réceptrice, qui alimente la batterie d'une machine électronique une fois équilibrée. [19].

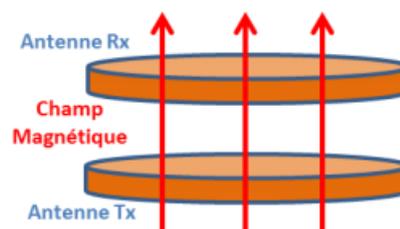


FIGURE 2.4-ILLUSTRATION D'UN COUPLAGE MAGNETIQUE INDUCTIF ENTRE DEUX BOBINES.

Les systèmes de transfert d'énergie par couplage inductif sont utilisés à une fréquence de 50 à 500 kHz avec une distance de séparation de quelques millimètres à quelques centimètres. Cependant, l'éloignement des antennes réduit le couplage magnétique, ce qui diminue l'efficacité énergétique ou la puissance disponible pour recharger une batterie. Malgré cela, le couplage magnétique inductif peut fournir suffisamment de puissance pour recharger des véhicules électriques par exemple de manière sécurisée et efficace lorsque les antennes sont proches. [20]

II.5.2 Le chargement capacitif :

Le couplage capacitif repose sur l'utilisation du champ électrique produit entre deux plaques électriquement conductrices.[21].L'effet capacitif produit une charge électrique qui peut alimenter la batterie d'un appareil électronique situé à proximité[22]. La technologie a deux inconvénients majeurs: le besoin de grandes surfaces, incompatibles avec les appareils électroniques portables, et le risque de parasites et d'incompatibilité électromagnétique avec d'autres appareils proches, pouvant également représenter un danger pour le corps humain en cas d'exposition prolongée[20].

II.5.3 Le chargement par résonance magnétique :

Chargement par résonance magnétique: similaire au couplage magnétique inductif.[23]. comme le montre la Figure (2.5) Fonctionnement avec courant élevé pour transmission puissance élevée.[24].

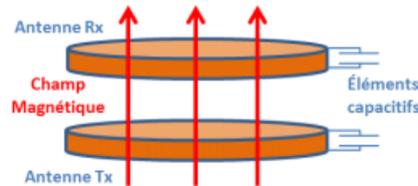


FIGURE 2.5- ILLUSTRATION D'UN COUPLAGE MAGNETIQUE RESONANT ENTRE DEUX BOBINES A L'AIDE D'UN CONDENSATEUR ACCORDE A LA FREQUENCE DE RESONANCE.

Les systèmes de couplage magnétique résonant utilisent une fréquence de 5 à 15 MHz et une distance de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres entre l'émetteur et le récepteur. Ils offrent une meilleure qualité d'antenne que le couplage magnétique inductif, permettant une efficacité énergétique adéquate même avec une plus grande distance entre les antennes. Un seul émetteur peut recharger plusieurs récepteurs simultanément sans alignement parfait. Cependant, il est nécessaire de prendre en compte l'adaptation d'impédance et les interactions entre les récepteurs. Le parasitage des autres appareils électroniques est également aussi réduit. Le MIT a démontré la faisabilité de la technologie Witricity en atteignant une efficacité énergétique de 40% avec une distance de plus de deux mètres, pouvant être augmentée à 90% avec une distance d'un mètre. Cependant, les systèmes résonants sont limités à une seule fréquence et la conception d'un émetteur compatible avec tous les récepteurs reste complexe.

Les principales technologies de transfert d'énergie sans fil sont résumées avec leurs avantages et inconvénients dans le tableau ci-dessous.

Technologies de transfert d'énergie sans fil	Avantages	Inconvénients	Distance de chargement
Rayonnement RF	<ul style="list-style-type: none"> puissances transférées importantes, possibilité d'être adapté avec les systèmes de télécommunications RF, distances de transmission élevées 	<ul style="list-style-type: none"> niveaux d'exposition potentiellement dangereux pour le corps humain, nécessité pour les antennes Tx et Rx d'être alignées, systèmes complexes pour les fortes puissances ou les distances de transmission élevées 	plusieurs dizaines de mètres à plusieurs kilomètres
Couplage magnétique inductif	<ul style="list-style-type: none"> complexité des systèmes faible, interactions avec le corps humain faibles 	<ul style="list-style-type: none"> distances de transmission faibles, dégagement de chaleur, nécessité pour les antennes Tx et Rx d'être alignées 	de quelques millimètres à quelques centimètres
Couplage magnétique résonant	<ul style="list-style-type: none"> possibilité de charger plusieurs récepteurs en même temps, efficacité énergétique élevée même si les antennes Tx et Rx ne sont pas alignées, complexité des systèmes moyenne 	<ul style="list-style-type: none"> systèmes potentiellement complexes, distances de transmission limitées niveaux d'exposition potentiellement dangereux pour le corps humain, 	de quelques centimètres à quelques mètres

TABEAU 1: RESUME DES PRINCIPALES TECHNOLOGIES DE TRANSFERT D'ENERGIE SANS FIL[24].

II.6 L'application des systèmes WPT :

Le transfert d'énergie sans fil est essentiel dans les domaines des transports, de la santé et de l'électronique grand public. Il est utilisé dans les véhicules électriques, les dispositifs médicaux implantables et les téléviseurs à LED pour charger les appareils portables. De plus, il est utilisé dans les éclairages à LED, la défense militaire et les applications spatiales.



FIGURE 2.6-APPLICATIONS DU SYSTEME DE TRANSFERT D'ENERGIE SANS FIL (WPT)[26].

Le transfert d'énergie par induction magnétique a de nombreuses applications dans les secteurs mobiles, du transport et médicaux.

II.7 Objectifs de l'utilisation de transfert de puissance sans fil :

Les domaines d'application de la technique de transfert d'énergie sans fil comprennent les applications biomédicales (implant médical) ou industrielles (téléphone mobile), entre autres. Bien sûr, il est employé avec différents buts tels que :

- 1- Enlevez le câble (économisez de l'énergie) et substituez les piles (protégez la nature contre la pollution).
- 2- Améliorer la stabilité des dispositifs électroniques en évitant les soucis liés aux connecteurs et aux câbles.
- 3- Éviter les difficultés associées au système électrique, comme l'interconnexion des conducteurs.
- 4- Minimisez les dépenses en alimentant différents périphériques à partir d'une seule source de résonance.

En matière médicale, cela permet d'éviter une intervention chirurgicale et de diminuer les dangers pour la santé du patient [25].

II.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté les différentes notions de base de transfert de puissance sans fil : définitions, les différentes techniques de transmission d'énergie sans fil, et les différents domaines d'applications de transmission d'énergie sans fil. Il convient de noter que le transfert de puissance sans fil (WPT) est une technologie transformatrice qui permet la transmission d'électricité sans connexion physique, offrant une solution pratique et efficace pour les appareils de recharge dans diverses industries. Il vise à fournir une énergie suffisante, à assurer la sécurité, à améliorer l'efficacité et à optimiser les conceptions pour des applications spécifiques. Au fur et à mesure que la recherche progresse, le potentiel d'applications novatrices et d'améliorations de l'efficacité, de la sécurité et des normes réglementaires continue de croître, ce qui fait du WPT un rôle de plus en plus important dans notre monde sans fil.

*Chapitre III : Conception et
simulation d'un système de transfert de
puissance sans fil pour les applications de
télécommunication*

III.1 Introduction :

Dans les deux premiers chapitres, nous avons vu que les antennes sont distinguées par plusieurs paramètres et caractéristiques, et elles ont plusieurs formes géométriques.

Par ailleurs, en plus de la transmission de données, le WPT d'une source à un destinataire est la tendance des systèmes de télécommunication modernes. Pour les applications de CEM, la puissance nécessaire pour le fonctionnement des antennes .

Ce chapitre est consacré à la conception, la simulation d'un système de transfert de puissance sans fil pour deux antennes réseau dipôle périodique imprimée (PLPDA). Le logiciel Full Wave HFSS v.21 a été utilisé pour faire la simulation et la représentation des résultats obtenus.

III.2.Considération pour la conception et la simulation :

Afin de concevoir, simuler, et réaliser un système de WPT, L'antenne proposé est conçue pour fonctionner dans la gamme de fréquences de 0,8GHz à 2,5 GHz.

l'énergie électromagnétique générée par une antenne LPDA sera reçue par une autre antenne réceptrice puis convertie à un courant DC pour alimenter une charge (dispositifs médicaux, Smart Swatch, routeur, etc.)

- a. **La source :** la bande de fréquence (0.8GHz-2.5GHz) est une bande utilisée par plusieurs systèmes de télécommunication pour le raccordement sans fil par exemple : les réseaux Wifi, les fours à micro-ondes, Radios sans fil, Drones, Ouvre-portes de garage Pour notre travail, une source d'alimentation est prévue d'être utilisé comme source de l'énergie électromagnétique.
- b. **Le canal de transmission :** c'est-à-dire le lien entre une source d'alimentation et notre système WPT, ce lien est l'espace libre. Comme pour la transmission de données, le transfert de puissance sans fil nécessite d'assurer la réception (par l'antenne réceptrice) du maximum possible de la puissance électromagnétique rayonné par la source. Pour cela, les deux antennes émettrice (du point d'accès Wifi), et réceptrice (du notre système WPT) sont en visibilité directe.
- c. **Le dispositif récepteur et le système WPT :** notre système WPT (antennes réseau dipôle périodique imprimée) a pour le but d'être utilisé dans les applications de Télécommunication a pour la transmission d'énergie sans fil. Notre antenne est composée sur deux antenne LPDA (émetteur-récepteur) a une distance.

III.3. Structure d'antennes réseau dipôle périodique imprimée (PLPDA)

Il existe différents paramètres du PLPDA qui doivent être pris en considération lors de la conception de l'antenne. Les paramètres les plus importants pour la conception PLPDA sont la longueur des dipôles et l'espace entre eux. Ces deux paramètres dépendent du facteur d'échelle (τ) et de l'espacement (σ). Une conception LPDA commence par déterminer la valeur de σ et τ , en supposant que l'antenne est dans l'espace libre. La valeur du facteur d'échelle et de l'espacement pourrait être déterminée à travers le graphique introduit par Carrel dans[27] :

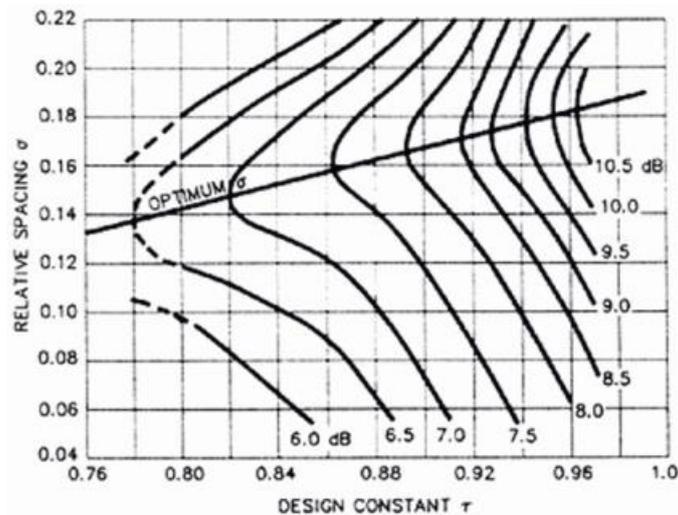


FIGURE 3.1-GRAPHIQUE DE CARREL POUR DETERMINER LE GAIN DU FACTEUR D'ECHELLE PAR RAPPORT A LA COURBE DE FACTEURS D'ESPACEMENT[27].

Les valeurs optimales pour τ et σ peuvent être déterminées en utilisant les points d'intersection obtenus sur la ligne (G). En outre, le nombre de dipôles N requis pour l'antenne, peut être évalué en résolvant l'expression suivante [27]:

$$N = 1 + \left\lceil \frac{\log Bs}{\log \frac{1}{\tau}} \right\rceil \quad (3.1)$$

où, B_s est la bande passante de la structure qui peut être calculée comme:

$$B_s = \left[\frac{f_{sup}}{f_{inf}} \right] \cdot B_{ar} \quad (3.2)$$

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7 (1 - \tau)^2 \left[\frac{4\sigma}{1-\tau} \right] \quad (3.3)$$

La bande passante B_{ar} correspond à la région active du PLPDA.

Étant donné que la performance de l'antenne à la plus basse fréquence (f inférieure) est influencée par la longueur du plus long élément, cette valeur est remplacée dans (3.4) :

$$L_1 = \left[\frac{c}{f_{inf}} \right] \quad (3.4)$$

où c 'est la vitesse de la lumière. Les longueurs des dipôles consécutives peuvent être déterminées par :

$$L_{n+1} = \tau \cdot L_n \quad (3.5)$$

L'espace entre le plus long dipôle et son dipôle consécutif peut être calculé par :

$$s_1 - s_2 = \left[\frac{L_1 - L_2}{2} \right] \cdot \left[\frac{4\sigma}{1 - \tau} \right] \quad (3.6)$$

$$S_{n+1} = \tau \cdot s_n \quad (3.7)$$

La conception d'antenne d'un LPDA dans des conditions d'espace libre est calculée en utilisant les équations (3.1) à (3.7) mentionnées précédemment.

Cependant, il est possible que la conception de l'antenne évolue dans le cas du PLPDA car il est nécessaire de prendre en considération la constante diélectrique du substrat lors de la conception de l'antenne. Une géométrie de base de PLPDA avec n -dipôles est présentée dans la figure(3.2) , qui est calculée en utilisant les équations (3.1) à (3.7), en prenant en considération l'influence de la constante diélectrique du substrat[27].

Il s'agit d'un PLPDA à 12 dipôles en cuivre qui fonctionne à une fréquence de 0,8 GHz à 2,5 GHz. L'antenne mesure 150mm×160mm×1mm (longueur x largeur x hauteur). La distribution des dipôles de la PLPDA suggérée est de manière à ce que la largeur des cinq dipôles courtes à l'extrémité avant de l'antenne soit constante ($w_{12} = w_{11} = w_{10} = w_9 = w_8 \dots$), tandis que les dipôles restants ont une largeur variable jusqu'au dipôle le plus long. Du plus court dipôle à l'extrémité avant de l'antenne jusqu'au plus long dipôle au fond arrière, la longueur des dipôles continue d'augmenter. La proposition d'antenne est imprimée sur le substrat FR4 (avec une constante diélectrique de 4,3) et d'une épaisseur de 1 mm. La ligne d'alimentation a une largeur de 1 mm et est imprimée sur les deux faces du substrat afin d'alimenter les dipôles, ce qui permet une inversion de phase de 180 degrés[27].

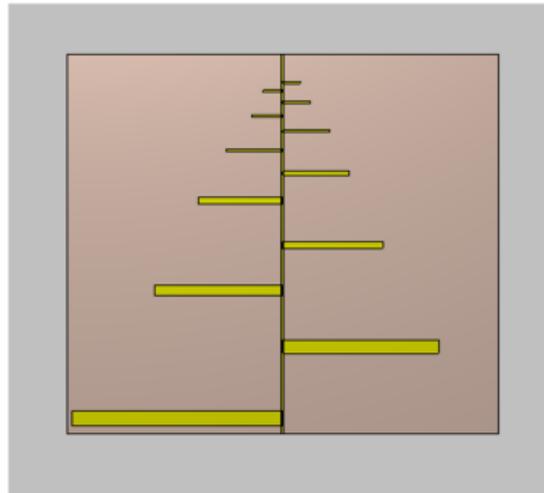


FIGURE 3.2-GEOMETRIE DE BASE DE PLPDA[27].

Généralement, un connecteur SMA est connecté à la ligne d'alimentation à l'extrémité avant de l'antenne, afin de fournir l'excitation. Les performances de la conception proposée changent si le matériau du substrat ou l'épaisseur du substrat est modifiée. La figure (3.3) montre le modèle de conception assistée par ordinateur (CAD) du PLPDA proposé en HFSS.

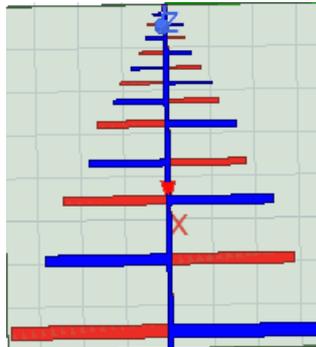


FIGURE 3.3-MODELE CAD DE PLPDA EN HFSS.

Le tableau 2 présente les dimensions de la conception optimisée proposée. L'optimisation du plan d'antennes initial calculé à partir des équations (3.1) à (3.7) permet d'obtenir les dimensions de la conception d'antenne proposée en utilisant l'algorithme TRF en HFSS.

Les dipôles ont une longueur de (l_n) et une largeur de (w_n). espace entre les dipôles ($s_{n-1} - s_n$), largeur de la ligne d'alimentation (w_{feed}) sont les paramètres qui ont été pris en considération pour l'optimisation. Les objectifs d'optimisation avec les poids respectifs sont énumérés dans le tableau 3.

Dipôles (n)	Longueur de dipôles (l_n) en mm	Largeur des dipôles (w_n) en mm	Espacement ($s_{n-1} - S_n$) en mm
1	156.3	5.8	3.3
2	115.8	5.3	28.5
3	94.9	3.8	23.0
4	74.1	2.8	18.3
5	62.2	2.7	17.5
6	49.3	1.5	11.3
7	41.9	1.0	9.2
8	34.8	0.9	7.5
9	22.8	0.9	5.7
10	20.5	0.9	5.5
11	14.6	0.9	4.3
12	12.8	0.9	3.5

TABLEAU 2-DIMENSIONS DE LA CONCEPTION PROPOSEE DE L'ANTENNE PLPDA[27].

dans le tableau 2, $(s_{n-1} - S_n)$ est la distance entre le plus long dipôle et le bord du substrat. Les dimensions du substrat sont $150\text{mm} \times 160\text{mm} \times 1\text{mm}$. La largeur de l'alimentation (w_{feed}) est de 1 mm.

III.4. PLPDA OPTIMISATIONS :

Une conception d'une antenne PLPDA à 12 dipôles, dont les dimensions ont été calculées en utilisant les équations (3.1) à (3.7) et, qui a été optimisé en utilisant l'algorithme TRF pour obtenir une meilleure performance de l'antenne. Le modèle de la calculé PLPDA conception a été développé et simulé dans HFSS, suivi de l'optimisation. La simulation était réalisé dans le domaine du temps avec une précision de -10 dB. Le modèle a utilisé le maillage hexahédral. la simulation a été effectuée dans des conditions de frontière ouverte avec un niveau de réflexion estimé à 0.0001 et un minimum distance à la structure définie comme un quart de la longueur d'onde à 800 MHz. L'alimentation de l'antenne a été fournie à l'aide d'un port de guide d'ondes d'excitation attaché à l'extrémité avant de l'antenne.

La conception initiale calculée de l'antenne était optimisée obtenu en utilisant l'algorithme TRF, qui a produit un niveau de fitness ,fonction à l'aide des objectifs d'amélioration et les poids des paramètres mentionnés dans le tableau 3 , Le rôle de l'algorithme TRF consiste à déterminer la meilleure valeur de la fonction de conditionnement physique. L'algorithme TRF a été mis en place de telle manière que le les valeurs du paramètre de conception ont été autorisées à varier de 20% Au maximum. Les paramètres qui ont été pris en considération pour l'optimisation étaient: la longueur des dipôles (l_n), la largeur des dipôles(w_n),l'espace entre les dipôles ($s_{n-1} - S_n$), et la largeur de la ligne d'alimentation (w_{feed})

Paramètre	Cible	Range (MHz)	Poids
S11	<-10 dB	800-1400	3.0
S11	<-10 dB	1450-1650	10.0
S11	<-10 dB	1700-2500	3.0
Gain réalisé	>3.5 dBi	800-2500	2.5

TABLEAU3-LES BUTS DE L'OPTIMISATION[27].

La valeur de la fonction de fitness de la conception calculée du PLPDA a été initialement de 15,8 mais elle s'est considérablement améliorée à 1,5 à la fin de l'optimisation.

III.5. Résultats de simulation :

a. Coefficient de réflexion :

Il s'agit du rapport entre l'onde incidente (transmise à l'antenne) et l'onde réfléchie en raison des interruptions entre le circuit et l'antenne. En utilisant le code S11, il permet de décrire comment l'antenne s'adapte au circuit qui la précède. Plus l'antenne est appropriée, plus elle est adaptée.

Cette valeur est basse. De cette manière, avec un coefficient de réflexion de -10 dB, 90 % de la puissance est transmise à l'antenne.

Dans notre simulation, le coefficient de réflexion (en dB) de l'antenne dipôle, que nous avons simulé en utilisant le logiciel de HFSS, est représenté par la figure (3.4) pour la plage de fréquence qui s'étende entre 0.8 et 2.5 GHz.

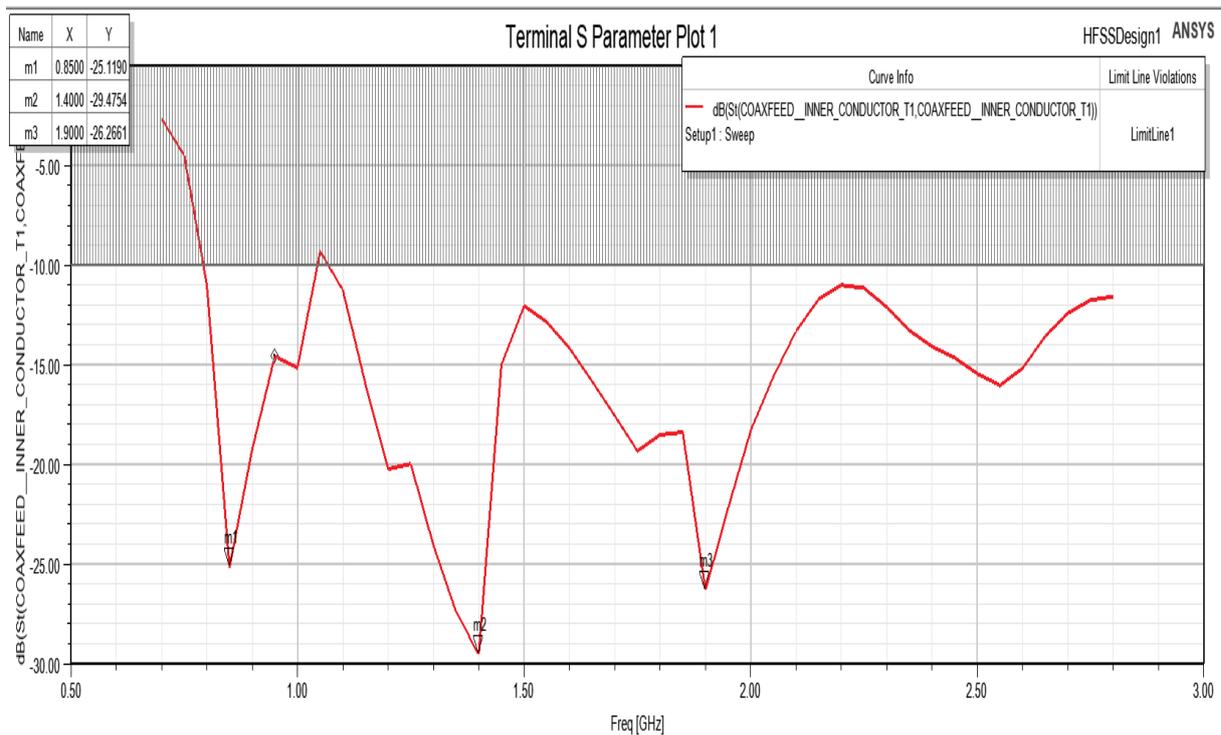


FIGURE 3.4. COEFFICIENT DE REFLEXION S11 DE L'ANTENNE DIPOLE.

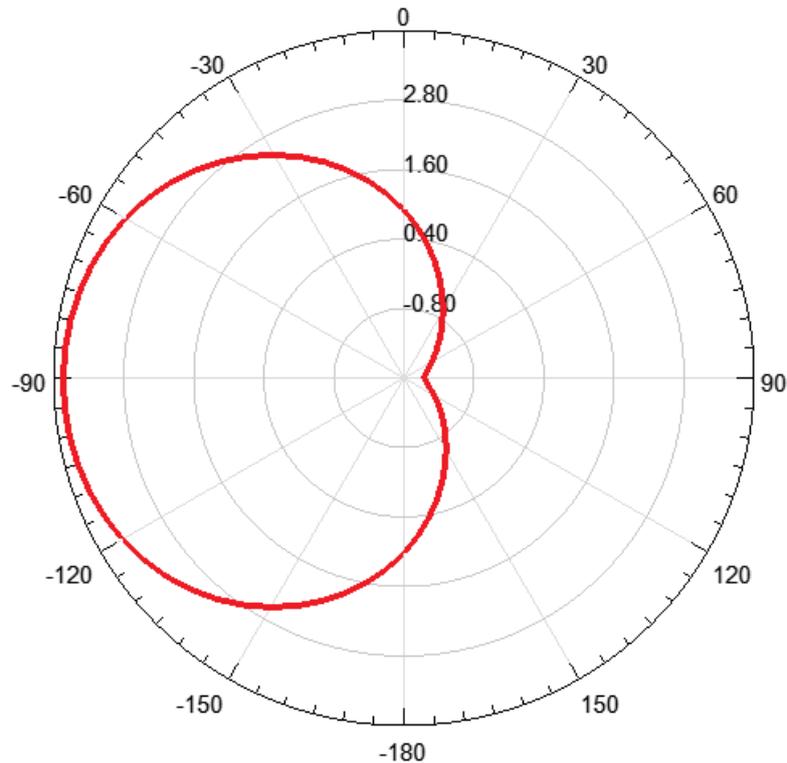
A la bande passante BP se déduit de la courbe du coefficient de réflexion simulée; pour un coefficient de réflexion inférieur à -10dB, ainsi, on obtient : $BP = [0.8-2.5] = 1.7$ GHz. Cette bande obtenue est large, ce qui permet de compenser l'effet de changement de l'espacement entre l'antenne et les appareils de télécommunication.

b. Diagramme du rayonnement du gain :

➤ Le diagramme de rayonnement 2D du gain

- Selon le plan $\phi=0$

La figure(3.5) montre le diagramme de rayonnement du gain dans le plan $\phi = 0^\circ$, la figure montre un diagramme de rayonnement bidirectionnel d'une antenne omnidirectionnelle. Le gain d'antenne est le plus élevé dans la direction zénithale (0 degrés), ce qui signifie que l'antenne émet le plus d'énergie vers cette direction. Le diagramme de rayonnement est symétrique par rapport à l'axe 90° , ce qui signifie que l'antenne émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions horizontales.

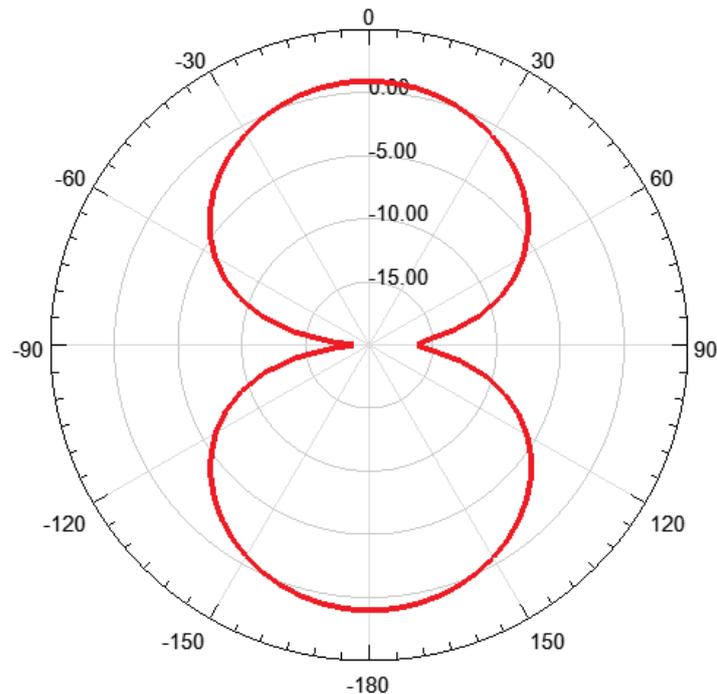


:

FIGURE 3.5-DIAGRAMME DE RAYONNEMENT SELON LE PLAN $\phi = 0$

- **Selon le plan $\phi = 90$**

La figure (3.6) montre le diagramme de rayonnement du gain dans le plan $\phi = 90^\circ$, la figure montre un diagramme de rayonnement bidirectionnel d'une antenne circulaire. le diagramme de rayonnement montre que l'antenne a un gain d'antenne omnidirectionnel, c'est-à-dire qu'elle émet des ondes radio dans toutes les directions avec une intensité relativement constante, le gain d'antenne est le plus élevé dans la direction zénithale (0 degrés).

FIGURE 3.6-DIAGRAMME DE RAYONNEMENT SELON LE PLAN $\phi=90$

➤ Le diagramme de rayonnement 3D du gain

Le diagramme de rayonnement 3D du gain en puissance à la fréquence 0.8-2.5 GHz est représenté par la figure (3.7) en forme circulaire. Le diagramme de rayonnement obtenu montre que le rayonnement est bidirectionnel, le gain d'antenne est le plus élevé dans la direction zénithale (0 degrés) ce qui signifie que l'antenne émet le plus d'énergie vers le haut.

Le diagramme de rayonnement est symétrique par rapport à l'axe zénithal, ce qui signifie que l'antenne émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions horizontales.

Le gain en puissance maximal obtenu est de 3.8dB. Un tel rayonnement est très favori pour les applications de télécommunications.

En résumé, une valeur de gain maximale de 3,8 dB indique que l'antenne est capable de focaliser son rayonnement dans une direction particulière, améliorant ainsi la portée, la réception et la réduction des interférences.

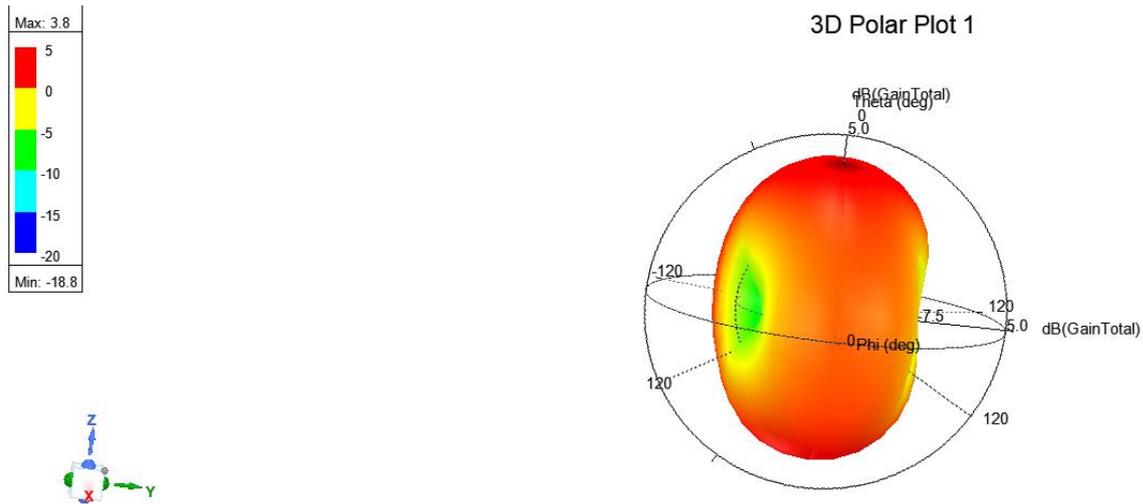


FIGURE 3.7-DIAGRAMME DE RAYONNEMENT 3D DE GAIN EN PUISSANCE DE L’ANTENNE DIPOLE.

c. Taux d’onde stationnaire VSWR

Le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), également appelé rapport d’onde stationnaire VSWR, est une mesure du niveau d’onde stationnaire sur une ligne d’alimentation. Plus le VSWR est élevé, moins l’adaptation est efficace. Le VSWR minimum égal à 1 est considéré comme une adaptation parfaite, tandis que pour $1 \leq \text{VSWR} < 2$, il y a une adaptation. Il n’est possible d’atteindre le transfert de puissance maximal que si l’impédance d’entrée de l’antenne est conforme à celle du générateur. La figure (3.8) illustre le résultat de la simulation concernant le VSWR.

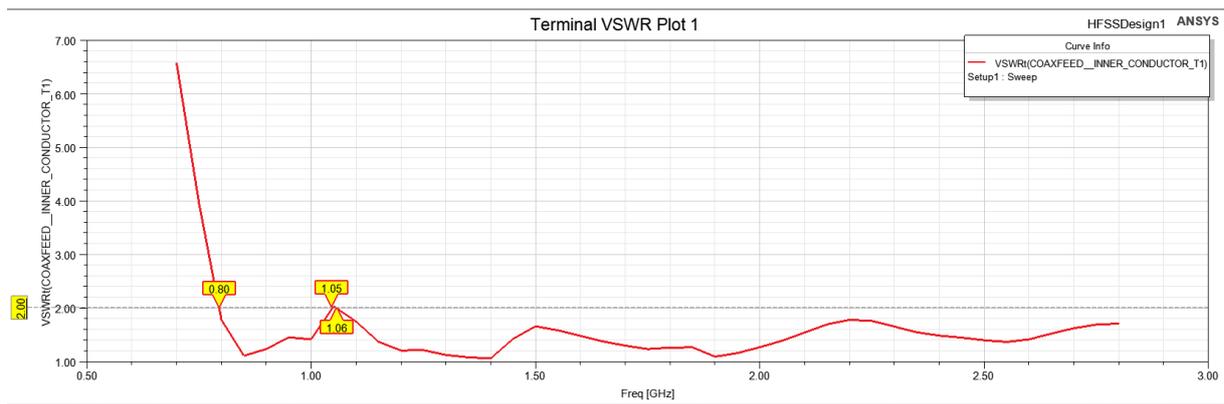


FIGURE 3.8-VSWR DE L’ANTENNE DIPOLE.

D’après cette figure, on constate qu’il y a trois fréquences correspondant à $\text{VSWR} = 2$: 0.8, 1.05 et 1.06 GHz. 0.8 jusqu’à 2.5 le rapport $1 < \text{VSWR} \leq 2$. Ces fréquences affirment encore que notre antenne est bien adaptée pour la bande qui s’étend entre ces deux fréquences d’extrêmes.

III.6. Transfert de puissance sans fil :

Pour simuler l'opération de transfert de puissance sans fil, en utilisant les deux antennes LPDA identiques (antenne émettrice qui génère des ondes électromagnétiques et un récepteur), Nous avons simulé deux modèles dans deux positions différentes.

- **première scenario:** On retire le récepteur à distance de 100 mm pour l'émetteur sur l'axe (X) et rotation de 95° sur l'axe (Y) figure(3.9).

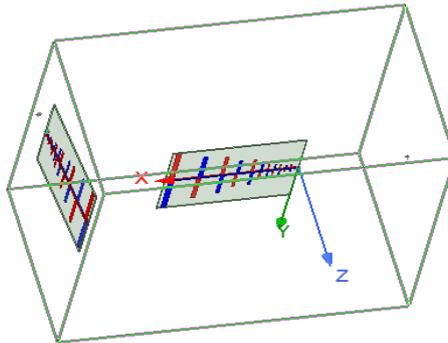


FIGURE 3.9-STRUCTURE DE PREMIERE SCENARIO EN HFSS.

1.Coefficient de réflexion:

- **Le coefficient de réflexion S11(pour l'antenne émetteur) :**

Le coefficient de réflexion de l'antenne émetteur est à nouveau, représenté par la figure(3.10),la figure montre qu'il Ya une perte de puissance dans certaine bandes ,Cette deuxième représentation est pour confirmer que la présence de l'antenne dipôle récepteur n'affecte pas beaucoup le fonctionnement de l'antenne émetteur.

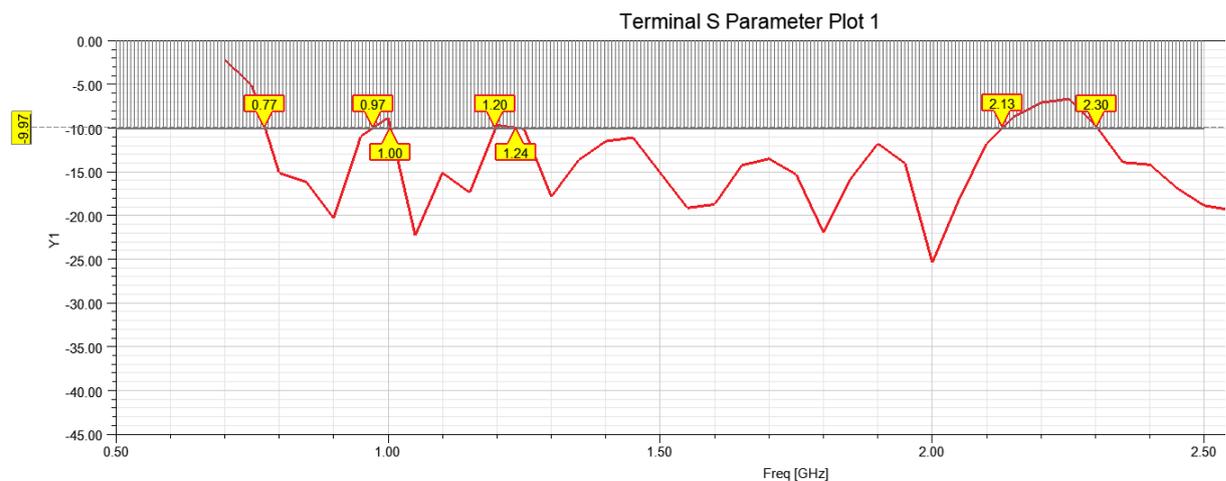


FIGURE 3.10- COEFFICIENT DE REFLEXION S11 .

- **Le coefficient de réflexion S_{22} (pour l'antenne récepteur) :**

La figure(3.11) représente le coefficient de réflexion (en dB) d'antenne dipôle réceptrice. Cette représentation couvre la bande de fréquences [0.78- 3] GHz.

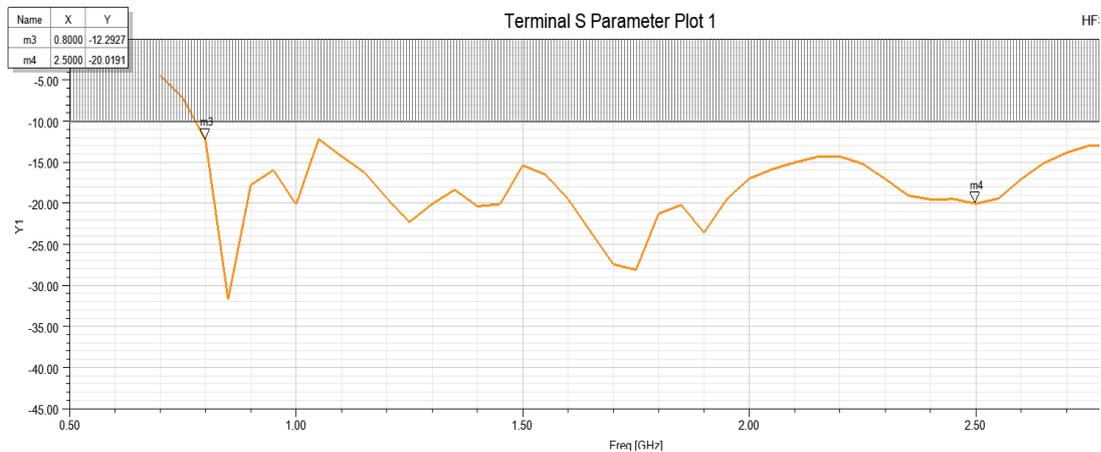


FIGURE 3.11- COEFFICIENT DE REFLEXION D'ANTENNE DIPOLE (RECEPTEUR) DANS LE SYSTEME.

La présence de la structure de l'antenne dipôle affecte d'une manière perceptible le fonctionnement de l'antenne dipôle réceptrice. Néanmoins, le coefficient de réflexion assez pratique, et la bande passante couvre la fréquence [0.8- 2.5] qui sera utilisée pour le WPT.

- **Coefficient de transmission (S_{12} , S_{21}) :**

La figure (3.12) présente le coefficient de transmission entre les deux antennes LPDA.

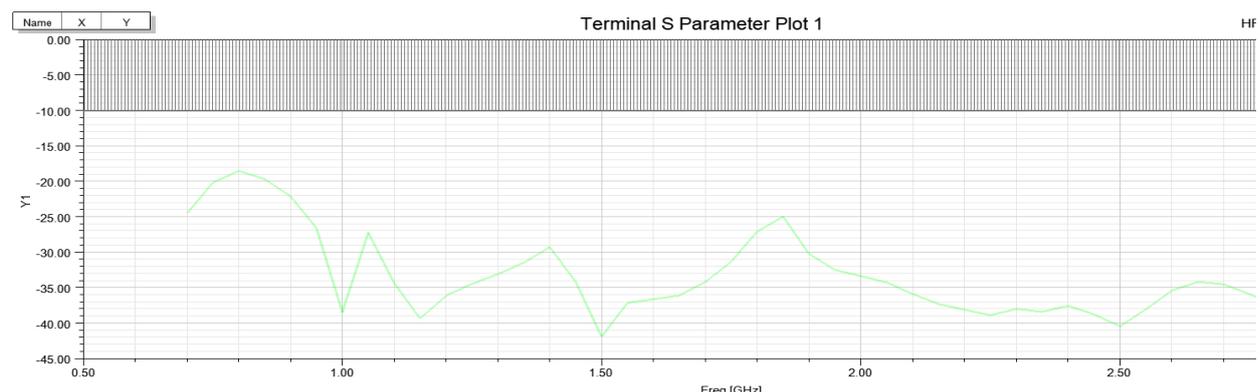


FIGURE 3.12-: LES COEFFICIENTS DE TRANSMISSIONS S_{12} ET S_{21} .

le coefficient de transmission obtenu est très pratique pour le WPT transfert à la bande de fréquence [0.8-2.5GHz], Donc l'antenne réceptrice conçue est capable de fournir l'énergie récupérée des ondes électromagnétique .

- **Deuxième scénario** : On retire le récepteur à distance de 100 mm pour l'émetteur sur l'axe (Z) figure (3.12).

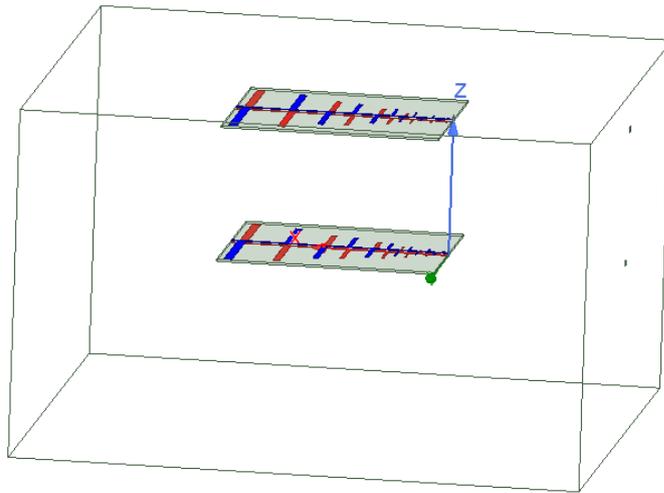


FIGURE 3.13-STRUCTURE DE DEUXIEME SCENARIO EN HFSS.

- **Coefficient de réflexion S11:**

Le coefficient de réflexion de l'antenne émetteur est à nouveau, représenté par la figure (3.14), dans ce scénario on trouve presque le même résultat que le premier scénario avec une perte de puissance dans certaine bande [0.95-1.01GHz], [1.19-1.26GHz], [2.12-2.36GHz].

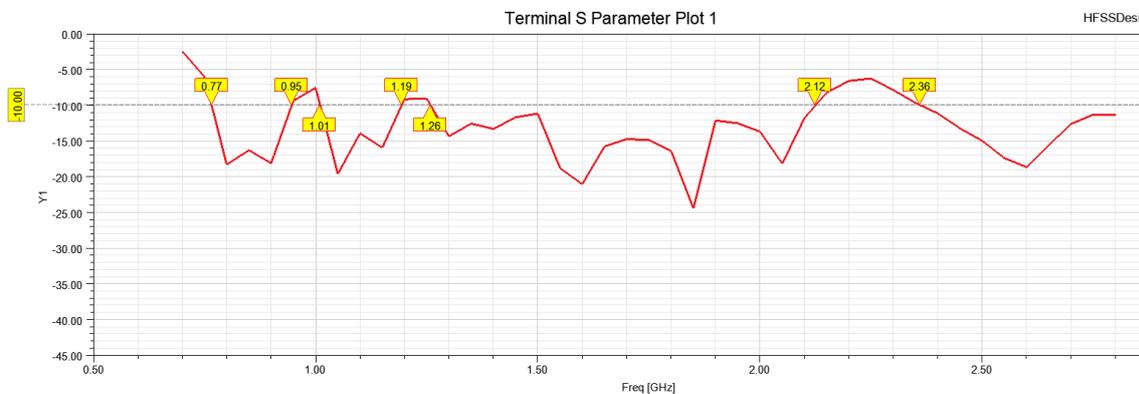


FIGURE 3.14- COEFFICIENT DE REFLEXION S11 .

2. Le coefficient de réflexion S22(pour l'antenne récepteur) :

La figure (3.15) représente le coefficient de réflexion (en dB) d'antenne dipôle réceptrice.

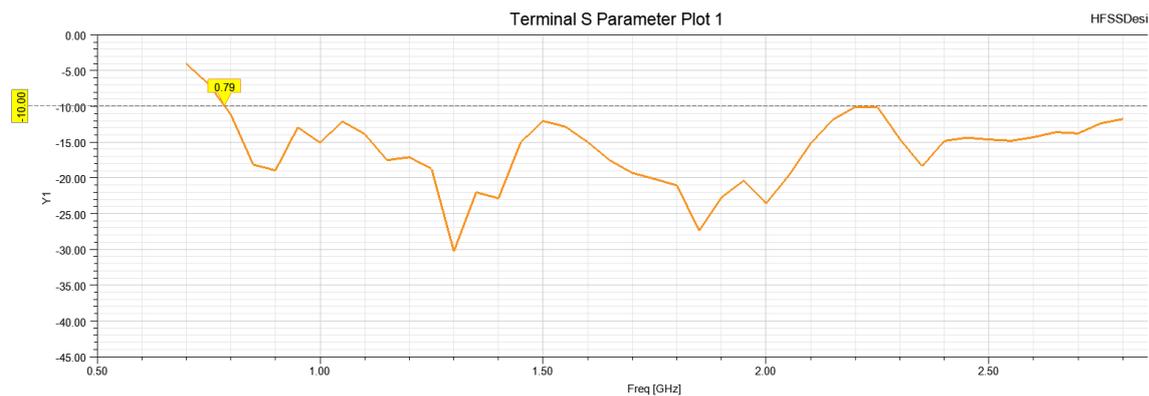


FIGURE 3.15-COEFFICIENT DE REFLEXION S22.

la présence de la structure de l'antenne dipôle affecte considérablement le fonctionnement de l'antenne dipôle de réception . Cependant , le coefficient de réflexion Très pratique , la bande passante couvre les fréquences pour lesquelles elle sera utilisée [0.8-2.5] .

3.Coefficient de transmission (S_{12} , S_{21}) :

Le coefficient de transmission obtenu est très utile pour le transfert de puissance sans fil dans la plage de fréquences de [0,8 à 2,5 GHz]. En tant que telle, la conception de l'antenne réceptrice est capable de fournir de l'énergie extraite des ondes électromagnétiques – et elle est pratique, comme mentionné précédemment.

La figure (3.16) présente le coefficient de transmission entre les deux antennes LPDA



FIGURE 3.16-LES COEFFICIENTS DE TRANSMISSIONS S12 ET S21.

III.7. Comparaison entre les deux scénarios :

Les deux scénarios sont très utiles pour la transmission électromagnétique parce qu'il couvrir la bande passante [0.8-2.5GHz],ainsi qu'il donne une meilleure résonance ce qui permet de compenser l'effet de changement de l'espacement entre l'antenne et les appareils de télécommunication, et ainsi la transmission efficace d'énergie en système WPT.

III.8.CONCLUSION :

Ce chapitre, a été consacré à la simulation, réalisation et résultats de la conception de l'antenne LPDA utilisé comme source des ondes électromagnétique pour le WPT. une deuxième antenne dipolaire identique assurer la transmission d'énergie. Le coefficient de réflexion (représenté par le S_{11}), le diagramme de rayonnement de gain, le VSWR, et bande passante ont été utilisés pour représenter et relever les performances des antennes LPDA. L'ensemble Les résultats de simulation obtenus ont été représentés et commentés, ils montrent que notre système WPT est pratique pour le transfert de puissance sans fil à la bande [0.8-2.5GHz] , présentent des coefficients de transmissions très pratique pour les applications comptabilité électromagnétiques (CEM) en bande L.

*Conclusion
Générale*

Conclusion Générale :

Ce projet de fin d'études a été consacré à la conception et la simulation d'une Conception optimale de l'antenne log-périodique imprimée pour les applications CEM en bande L. la première est la communication et la transmission de l'énergie sans fil, la deuxième est la puissance fournie pour le fonctionnement sur la bande de fréquences L, cette bande est utilisée par certaines applications électromagnétiques. Les ondes électromagnétiques représentent d'une solution prometteuse pour fournir de la puissance sans l'utilisation ni des fils ni des batteries transmettre de l'énergie sur de longues distances et pour alimenter des appareils qui ne peuvent pas être rechargés par contact. Cette technologie offre plusieurs avantages tels que Commodité, la sécurité, l'Étanchéité, Hygiène. Selon le système considéré, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour le WPT. Un mécanisme de WPT en utilisant les antennes a été simulé; deux antennes ont été simulées, deux antennes LPDA assurent la transmission de l'énergie sur la technologie WPT. L'énergie transportée par ces ondes sera utilisée par l'antenne LPDA pour fournir la puissance nécessaire pour la transmission. Un coefficient de transmission très pratique pour le WPT a été simulé. Le logiciel HFSS basé sur la méthode des éléments finis, et il permet d'obtenir des résultats de simulations très pratiques.

A la fin, nous espérons que ce modeste travail contribuera dans des futurs travaux dans le domaine des antennes et le transfert de puissance sans fil.

Bibliographié :

- [1] A. Kamil, « Conception d'une Antenne Patch Ultra-large bande (3.1 GHz-10.6 GHz) », Grade du Maitreès
- [2] Messaaoui, N, Lekcir ,H, « Conception d'une Interface graphique sous MATLAB en vue de l'étude d'une antenne cornet cornique», université de Biskra ,2021-2022,p3-4.sciences (M. SC), Université du Québec, 2011
- [3] Dr Michel C, Dr Nedili M, Dr, Denidini T, « Conception d'une antenne Patch Ultra Large Bande», Université du Québec<INRS>,2011.p9-14
- [4] Odile Picon, Laurent Cirio, Christian Ripoll, Geneviève Baudoin, Jean-François Bercher, «Les Antennes :Théorie, Conception et Application»,Paris,Dunod,2009 ISBN978-2-0-054245-1
- [5] C. A. Balanis, « Antenna theory analysis and design », John Wiley & Son, 3d Edition, 2005.
- [6] R. H. Duhamel and D. Isabell, « Broadband logarithmically periodic antenna structure », IRE international convention record, vol.5, part 1, pp 119-128, Mars 1957.
- [7] A. Chami, « Miniaturisation et intégration d'antennes imprimées pour systèmes Communication ULB pulses », thèse doctorat en science, université de Nice-sophia antipolis, 2011.
- [8] M. Bitchikh, « Les antennes Ultra Large Bande dans le domaine des communications mobiles », thèse de doctorat en électronique, école nationale polytechnique d'Alger, 2014.
- [9] Malfi & H. manal, « Antennes miniatures ultra large bande pour des applications sans fil », Université de Tlemcen 2014.
- [10] F. Liu, Y. Yang, D. Jiang, X. Ruan, and X. Chen, « Modeling and Optimization of Magnetically Coupled Resonant Wireless Power Transfer System with Varying Spatial Scales», IEEE Trans. Power Electron., 2017.[11] Y. Ben Fadhel, S. Ktata, K. Sedraoui, S. Rahmani, and K. Al-Haddad, « A modified Wireless Power Transfer System for Medical Implants Energies », vol. 12, no. 10, 2019.
- [12] M. B. Sidiku, E. M. Eronu and E. C. Ashigwuike, « A Review On Wireless Power Transfer: Concepts, Implémentations, Challenges, and Mitigation Schemes», Nigerian Journal of Technology, Vol. 39, No. 4, pp.1209, October. 2020.

- [13] X. Lu, P. Wang, D. Niyato, and Z. Han, "Resource Allocation in Wireless Networks with RF Energy Harvesting and Transfer," to appear in IEEE Network
- [14] S. Ladan, N. Ghassemi, A. Ghiotto, and K. Wu, "Highly Efficient Compact Rectenna for Wireless Energy Harvesting Application", IEEE Microwave Magazine, vol. 14, no. 1, pp. 117-122, Jan.2013.
- [15] R. Zhang and C. K. Ho, "MIMO Broadcasting for Simultaneous Wire-less Information and Power Transfer", IEEE transactions on Wireless Communications, vol. 12 , no. 5, pp. 1989-2001, May 25,2013
- [16] L. R. Varshney, "Transporting Information and Energy Simultaneously", in Proc. of IEEE International Symposium on Information Theory, Toronto, ON, July 2008]
- [17] Feng, G., Wang, Q., Yang, P., Zhang, J., Wang, Z., and Liu, F., "Diagnostic technology for Temporal-spatial distribution of far-field high power laser beam profile", 2011 International Conference on Electronics and Optoelectronics (ICEOE), vol. 2, pp. V2-30
- [18] G. A. Covic and J. T. Boys, "Inductive power transfer", Proc. IEEE, vol. 101, no. 6, pp. 1-14,2013
- [19] S. L. Ho, J. Wang, W. N. Fu, and M. Sun, "A Comparative Study Between Novel Witricity and Traditional Inductive Magnetic Coupling in Wireless Charging", IEEE Transactions on Magnetics, vol. 47, no. 5, pp. 1522-1525, May 2011.
- [20] Guillaume Vigneau, "étude et Modélisation d'un système de Transmission d'énergie par Couplage Inductif pour des systèmes électroniques dans l'environnement automobile », Doctorat de L'Université de Toulouse,2016.
- [21] M. Kline, I. Izyumin, B. Boser, and S. Sanders, "Capacitive Power Transfer for Contactless Charging," proceedings. IEEE Appl. Power Electronics. Conf. Expo., pp. 1398-1404, Fort Worth, TX, Mar. 2011.
- [22] H. Fnato , Y. Chiku and K. Harakawa, "Wireless power distribution with capacitive coupling excited by switched mode active negative capacitor", Proc. Int. Conf. Electr. Mach. Syst., pp. 117-122, 2010.
- [23] N. Shinohara, "Power Without Wires", IEEE Microwave Magazine, vol.12, no. 7, pp. S64-S73 Dec.2011.

- [24] A. Karalis, J. Joannopoulos, and M. Soljacic, “Efficient Wireless Non-Radiative Mid-range Energy Transfer”, *Ann. Phys.*, vol. 323, no. 1, pp.34-48, 2008.
- [25] A. Kurs, R. Moffatt, and M. Soljacic, “Simultaneous Mid-range Power Transfer to Multiple Devices”, *Appl. Phys. Letters.*, vol. 96, pp. 044102-1044102-3, Jan. 2010.
- [26] M. Badr, R. Somogyi-Csizmazia, P. Leslie, K. R. Delaney, and N. Dechev, “Design of a Wireless measurement system for use in Wireless power Transfer applications for Implants,” *Wirel. Power Transf.*, vol. 4, no. 1, pp. 21–32, Mar. 2017.
- [27] Keyur K. Mistry, Pavlos I. Lazaridis, Zaharias D. Zaharis, Thomas D. Xenos, Emmanouil N. Tziris, Ian A. Glover "An optimal design of printed log-periodic antenna for L-band CEM applications", *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility and IEEE Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (CEM/APCEM)*, page 2-4, 2018