

### **III.1. Introduction**

Les systèmes de télécommunications utilisés, permettant généralement l'échange d'informations dans différents milieux naturels, peuvent être décomposés en deux parties :

Une partie servant au traitement des signaux électriques contenant les informations à transmettre et une seconde partie permet la transformation de ces signaux électriques en ondes électromagnétique rayonnées dans l'espace. Cette dernière fonction est réalisée par des Dispositifs appelés « antennes ».

Dans ce chapitre, nous avons donné un bref aperçu sur le développement théorique des Fractales, en mettant en évidence leurs propriétés fondamentales, les différentes structures géométriques et en exposant leurs nombreuses applications.

L'objectif de notre étude est de tirer part des caractéristiques et des avantages des antennes de formes fractales pour les applications RFID. Notre but s'est orienté vers la conception et la simulation de quelques antennes fractales appliquées dans les systèmes de télécommunications. Nous allons étudier et traiter le Problème de l'adaptation de l'antenne et la puce caractérisé par une impédance complexe.

L'élaboration de ce travail nous a permis de découvrir beaucoup d'avantages dans l'utilisation des antennes fractales dans des applications RFID.

### **III.2. Historique**

Le concept de géométrie fractale a été introduit pour la première fois par le mathématicien Français Benoît Mandelbrot dans la première édition de son livre « les Objets fractals : forme hasard et dimension » paru en 1975. Ce dernier s'est inspiré des travaux effectués par plusieurs mathématiciens du siècle dernier ou du début du siècle : l'ensemble de Cantor, décrit par Georg Cantor en 1872, les courbes de Peano et de Hilbert, imaginées par Giuseppe Peano en 1890 et David Hilbert en 1891, les fonctions de Weierstrass, décrites par Karl Weierstrass en 1815, la courbe de Koch, décrite par Helge Von Koch en 1904, le tapis et le tamis de Sierpinski imaginés par Waclaw Sierpinski en 1916, ou l'ensemble de Julia décrit Par Gaston Julia en 1918.

### III.3. Pourquoi le choix de structures dont la géométrie est fractal ?

Il existe deux raisons pour lesquelles il est intéressant de concevoir des antennes dont la géométrie est fractale.

La première raison est que l'on s'attend à ce qu'une antenne auto similaire (c'est-à-dire, Une antenne qui contient plusieurs copies d'elle-même à différentes échelles) fonctionne de façon identique pour plusieurs longueurs d'onde différentes. Dans ce cas, les paramètres du Rayonnement de l'antenne sont similaires pour plusieurs bandes de fréquence.

La deuxième raison est que les propriétés d'occupation de l'espace de certaines formes fractales (caractérisées par la dimension fractale) devraient permettre à de petites antennes de forme fractale de mieux tirer avantage du petit espace l'entourant. Pour des structures fractales « repliées » sur elles-mêmes, c'est peut-être le moyen le plus efficace pour augmenter le périmètre d'une aire donnée (prenons l'exemple de l'île de Koch dont le périmètre tend vers l'infini avec une aire comprise dans le cercle circonscrit au triangle initiateur). On sait que le périmètre d'un cadre d'antenne est le facteur le plus important pour la détermination de sa fréquence de résonance, or une antenne à géométrie fractale de périmètre donné occupe moins de surface qu'un cadre d'antenne carré comparable. On peut donc réaliser des antennes plus petites.

### III.4. Définition des fractals

Le terme fractal vient à partir de l'adjectif latin 'fractus' se dit d'une figure géométrique ou d'un objet naturel qui présente la même irrégularité à toutes les échelles, qui signifie irrégulier ou brisé.

Un objet fractal doit combiner les caractéristiques suivantes :

- ❖ Ses parties ont la même forme ou structure que le tout, que ce soit à une échelle différente ou légèrement déformées.
- ❖ Sa forme est, soit extrêmement irrégulière, soit extrêmement interrompue ou fragmentée, quelle que soit l'échelle d'examen.

Ces formes fractales, générées d'une façon itérative, peuvent être déterministes ou aléatoires :

- ❖ Déterministe : si les paramètres de la fractale sont gardés constants à chaque itération. Les principaux exemples sont : la courbe de Koch, le tamis et le tapis de Sierpinski, l'ensemble de Julia, l'ensemble de Mandelbrot, etc....
- ❖ Aléatoire : Ce sont des objets pour lesquels il n'existe pas de procédure bien déterminée d'obtention de formes, et dont les caractéristiques géométriques sont le fait

du hasard. Ces derniers sont les plus utilisées dans la pratique, et peuvent servir à décrire de nombreux objets extrêmement irréguliers du monde réel, comme les distributions des galaxies, la structure des nuages et des rivières, les montagnes, etc...

### III.4.1. Propriétés des structures fractales

Propriétés des structures fractales	Conséquence
Autosimilarité fractale	Antennes multi bandes
Occupation de l'espace due aux formes très accidentées.	Petites antennes.

**Tableau III.1** : Propriétés des structures fractales et leur conséquence

### III.5.Principaux avantages

- ❖ Surface occupée très réduite : la compacité résulte du caractère irrégulier des formes Fractales.
- ❖ Résonances multiples : le caractère multi-bande vient du caractère d'autosimilarité.
- ❖ Gain très important dans certain cas.

### III.6.Principaux inconvénients

- ❖ Gain faible dans d'autres cas.
- ❖ Réalisation très difficile liée à la complexité des formes.
- ❖ Plus faible bande passante que les antennes spirales.
- ❖ Difficulté de contrôler la polarisation.

### III.7.Les types d'antennes fractales

#### III.7.1. L'antenne de Sierpinski

Le triangle de Sierpinski est une structure auto-similaire et cette propriété géométrique à toute échelle laisse supposer un fonctionnement identique à de multiples fréquences.



**Figure III.1** : Trois premières itérations du triangle de Sierpinski

### III.7.2.L'antenne de Minkowski

L'antenne de Minkowski est l'une des antennes dont la géométrie fractale a la forme d'une boucle. Ces formes ont la particularité d'avoir un Périmètre très important comparé à celui des antennes classiques, et qui tend vers l'infini.

Lorsqu'on augmente le nombre d'itération tout en restant confiné dans un espace réduit. D'où Leur intérêt pour la conception des antennes cadres résonnantes car le fait d'accroître le Périmètre avec les fractales permet d'élever l'impédance d'entrée de l'antenne, ce qui est très avantageux du point de vue de l'adaptation d'impédance entre les lignes de transmission et les antennes cadres réduites. Ce type d'antenne a été étudié par N. Cohen comme dipôle et Courbe, aussi il a été utilisé pour la conception des réseaux d'antennes par Gian Vittorio.

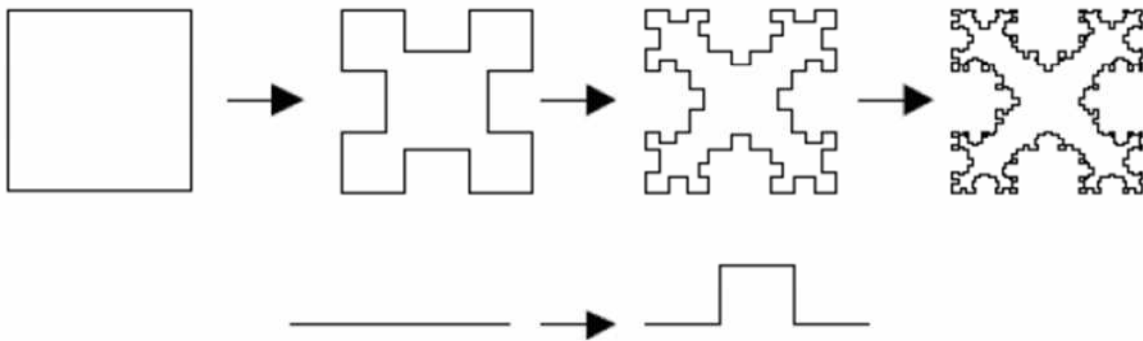


Figure III. 2 : Génération de la fractale de Minkowski

### III.7.3.L'antenne de l'arbre fractal

Les arbres fractals, sont des géométries inspirées de la nature.



Figure III. 3 : Trois premières itérations d'un arbre fractal



### III.7.4. L'antenne de Hilbert

Ces antennes sont des antennes fractales dont la géométrie est basée sur la fractale de Hilbert.

Aujourd'hui deux pôles principaux mènent les axes de recherches dans le domaine des Antennes fractales :

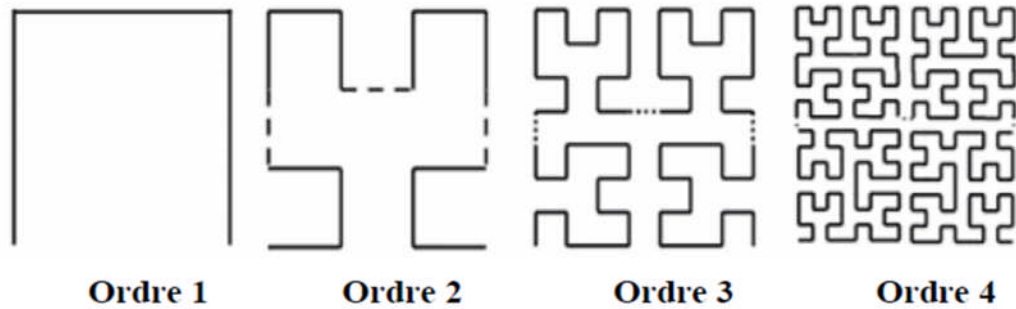


Figure III. 4 : Génération de la courbe de Hilbert

### III.7.5.L'antenne de Koch

Cette antenne a fait l'objet de plusieurs recherches où dans les articles, les auteurs ont étudiés les propriétés et les performances de ce monopôle par rapport au monopôle classique.

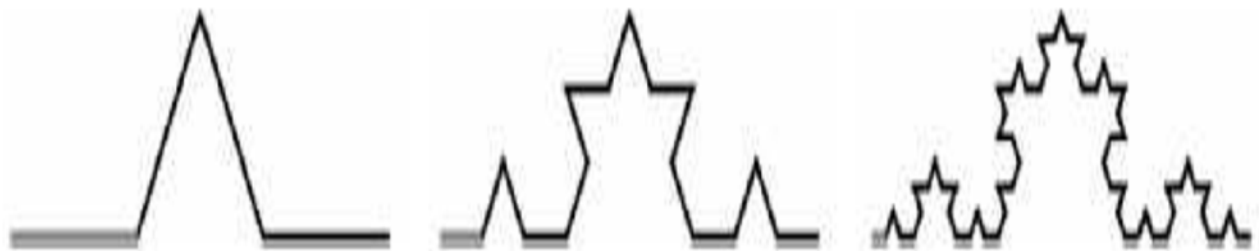


Figure III.5 : Trois premières itérations de la courbe de Koch

## III.8. Les surfaces fractales

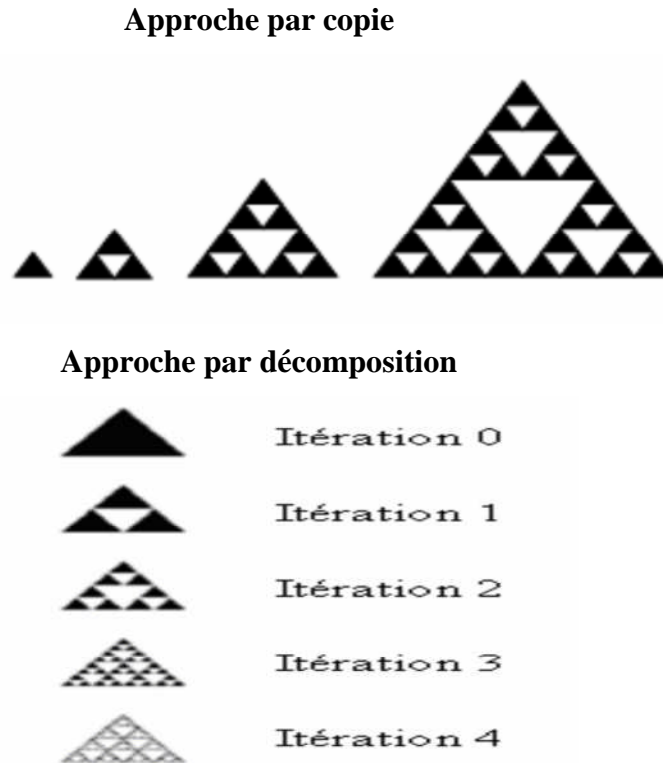
### III.8.1. Le triangle de Sierpinski « Sierpinski Gasket »

La fractale de Sierpinski apparue en 1915 est l'une des formes fractales les plus utilisées. Elle est baptisée du nom de Waclaw Sierpinski, le mathématicien polonais qui l'a intensivement étudié.

La génération du triangle se base sur deux méthodes à savoir : l'approche copie multiple, ou l'approche de décomposition. Dans la première, on commence par un petit triangle. Deux copies supplémentaires de ce triangle de la même taille sont produites et collées au triangle original. Ce processus peut être répété  $n$  fois,  $n$ 'étant l'ordre de l'itération fractale. Dans l'approche de décomposition, on commence par un grand triangle entourant la géométrie entière. Les points médians des côtés sont joints ensemble, et un espace creux au

milieu est créé. Ce processus divise le triangle original à trois versions réduites du plus grand triangle. Le même processus de division peut être réalisé sur chacune des copies.

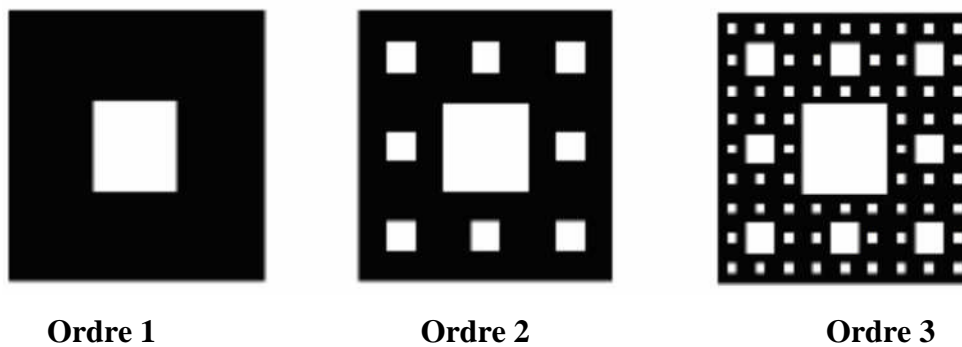
La géométrie représentée sur la figure III.6 illustre le processus de génération du triangle de sierpinski par les deux approches.



**Figure III. 6: Génération du triangle de Sierpinski par les deux approches.**

### III.8.2. Le tapis de Sierpinski « Sierpinski Capet »

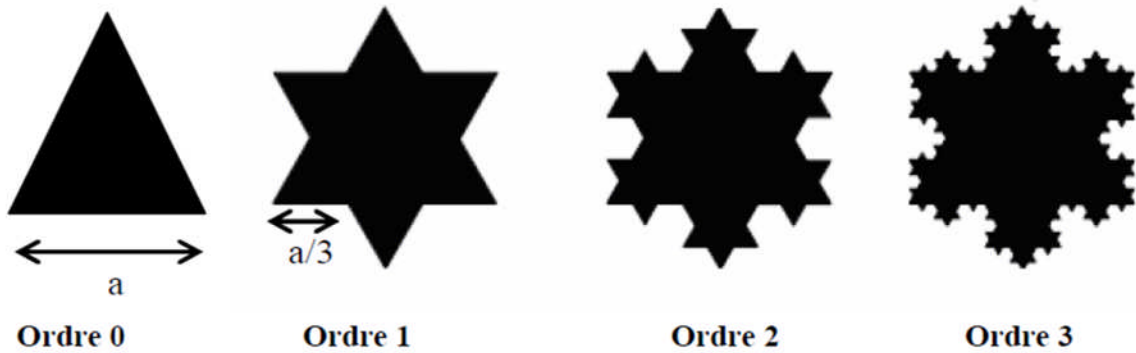
On obtient généralement ce « tapis » en partant d'un carré. On le subdivise en 9 carrés de même taille et on supprime le carré central. On répète l'opération sur les huit carrés restants et ainsi de suite.



**Figure III. 7 : Génération de la géométrie du tapis de Sierpinski**

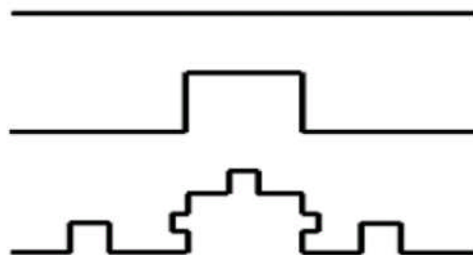
### III.8.3 .l'étoile de Koch

Cette forme s'obtient à partir d'un triangle équilatéral au lieu d'un segment de droite en Opérant les modifications par l'orientation des triangles vers l'extérieur. Ainsi, lorsqu'on Accole trois courbes de Koch aux sommets d'un triangle équilatéral on obtient l'étoile de Koch (Koch Island) comme le montre la figure III.8.



**Figure III. 8 : Etoile de Koch.**

La forme du segment au milieu peut prendre deux configurations ; le triangle ou le carré et on aura la courbe de Koch « triadique » ou la courbe de Koch « quadrique ».



**Figure III. 9: Courbe de Koch « quadrique»**

### III.9. Applications de la géométrie fractale

Depuis la contribution de Mandelbrot, les fractales sont devenues une véritable notoriété, ils sont tout d'abord utilisés pour décrire les objets irréguliers qui existent dans la nature (géométrie d'une côte, arbres, plantes,...) mais à nos jours les possibilités qu'offrent les Fractales dans les avancées mathématiques, physiques, et technologiques sont nombreuses :

La compréhension, le calcul et le traitement de certains phénomènes aléatoires qui N'obéissent pas aux lois statistiques classiques comme les bruits parasites dans les circuits Électroniques.

En informatique, la compression de fichiers (images, sons) utilise ces propriétés bien Utiles pour gagner de la place. Incontestablement un domaine qui a fait l'objet de nombreuses

Études est la compression d'images par la technique des IFS qui repose sur la détection de la Récurrence des motifs, et tend à la suppression de la redondance d'informations dans l'image.

Il est possible d'utiliser aussi cette notion en infographie pour créer des paysages Réalistes ou pour rendre les mouvements plus véridiques. Les fractales servent ainsi à créer Des images fixes ou des vidéos sur un ordinateur. En 1987, le mathématicien Michael F. Barnsley montra en effet qu'on pouvait obtenir une approximation de photographies Numérisées à l'aide des fractales. Par ce procédé, il est possible de stocker des images en Utilisant un nombre minimal de données. Ce processus est utilisé dans de nombreuses Applications multimédias.

Un autre domaine d'application est l'utilisation des formes fractales dans la conception d'antennes où certaines de ces géométries ont été particulièrement utiles en diminuant la taille de l'antenne, alors que d'autres visent à implanter des caractéristiques multi-bandes. Et pourquoi les antennes fractales sont-elles plus performantes ? Cohen et Hohlfeld ont démontré que pour qu'une antenne fonctionne aussi bien à toutes les fréquences, elle doit être symétrique en un point et auto-similaire, donc fractale !

En médecine, on réalise des simulations de réseaux sanguins et neuronaux. On utilise aussi l'approche fractale en géophysique, où un grand nombre de statistiques possède des propriétés d'autosimilarité : c'est le cas des inondations, des tremblements de terre... mais on peut aussi modéliser le relief terrestre et mesurer la longueur ou étudier la forme des côtes.

En biologie, le dépistage du cancer du sein se fait en observant le noyau des cellules. La grosseur, la forme, la régularité et la présence de vides dans la chromatine sont autant de Critères permettant de juger de la malignité d'une cellule.

En géologie, les fractales sont utilisées pour la recherche de nappes de pétrole. A cet Effet, les prospecteurs sondent les sols et reçoivent ainsi des signaux contenant énormément De données. Les méthodes fractales permettent de décrire l'irrégularité de ces signaux et Ainsi, les caractériser et les synthétiser. Grâce à cette analyse de variabilité et de texture, ils Ont un bon indice des endroits où se trouve le pétrole.

En finance, le graphe représentant le cours d'un actif en bourse est de nature fractale Car la rentabilité périodique possède une invariance d'échelle. Ainsi, pour obtenir la volatilité D'un titre sur un an, les acteurs du marché multiplient sa volatilité sur un mois par un certain Coefficient.

### **III.10. Antennes RFID**

Selon les différentes fonctions du système RFID, des antennes RFID peuvent être divisées en deux catégories: l'antenne de l'étiquette (Tag) et l'antenne du lecteur. L'antenne de l'étiquette transmet l'onde porteuse de l'information stockée dans la balise, la taille de l'étiquette doit être suffisamment petite, et même l'antenne doit être de petite taille. Dans la plupart des cas, l'antenne de l'étiquette doit avoir un rayonnement omnidirectionnel ou une couverture hémisphérique.

En général, l'impédance de la puce de l'étiquette, et l'antenne doit réaliser le match conjugué avec la puce de l'étiquette directement, afin de fournir la puissance maximale à la puce de l'étiquette. Dans les applications courantes, l'antenne de l'étiquette doit être facile à fabriquer pour la production de masse.

Un tag RFID passif est composé d'une micro puce directement connectée à une antenne. L'adaptation en impédance entre la puce (chip) et l'antenne est un des éléments essentiel dans le design d'un tag RFID. Pour des performances optimales à la fréquence de fonctionnement de l'application visée, il est nécessaire de se rapprocher de cette adaptation en impédance entre la puce et l'antenne, sachant que l'impédance d'une micro puce est non linéaire et qu'elle dépend de la fréquence et de la puissance d'entrée. L'impédance des puces RFID est complexe.

L'antenne doit être adaptée à la valeur conjuguée de cette impédance. Parfois, nous disposons de modèle mathématique permettant de déterminer l'impédance d'entrée d'une antenne comme dans le cas des antennes patches ou des antennes dipôles. Cependant ce n'est pas toujours le cas, lorsque nous nous intéressons à des antennes moins usuelles. Une façon de faire peut consister à réaliser, en simulation, une étude paramétrique afin de déterminer le comportement de l'impédance complexe d'entrée en fonction de la géométrie de l'antenne. Cela permet d'extraire des variables ayant un effet prédominant sur la partie réelle ou imaginaire de l'impédance d'entrée et de pouvoir faire l'adaptation.

### **III.11. Que sont ces « tags RFID » ?**

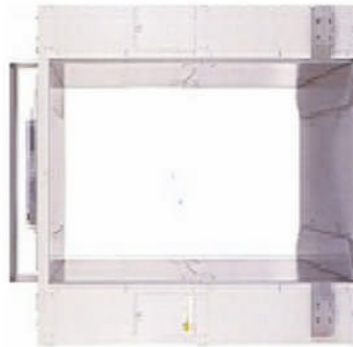
Les tags RFID, parfois appelés « étiquettes intelligentes » ou « étiquettes RFID », constituent une technologie qui est appelée RFID, si nous laissons faire, à remplacer les codes-barres que nous trouvons sur chaque produit.

Ces étiquettes font partie de la technologie RFID (radio Frequency identification device, c.-à-d. « dispositif d'identification par radio fréquence »), tout comme les micro-puces

sous-cutanées. Elles sont constituées d'une micro-puce et d'une antenne. Les micro-puces les plus petites, telles la mu-chip ( $\mu$ -chip) , ne mesurent que quelques microns, et peuvent être même insérées entre 2 fines couches de papier.

Bien sûr, la puce contenue dans le tag possède une mémoire dans laquelle sont enregistrées de nombreuses données : date et lieu de fabrication, caractéristiques de l'objet, composition, numéro de série, prix, couleur, date de péremption etc.

Ces étiquettes RFID peuvent être actives ou passives. Les RFID passives ne sont activées que lorsqu'un scanner est passé au-dessus d'elles.



**Figure III.10.** Un portique destiné à scanner les tags RFID

Les RFID actives, au contraire possèdent une pile et émettent en permanence les informations qu'elles contiennent dans un rayon de quelques mètres. Actifs ou passifs, tous les tags RFID peuvent être lus par des scanners et portiques spécifiques. C'est là que réside le danger, car nous risquons finalement de nous balader avec un tas de ces petits « mouchards » sur nous, émettant en permanence à notre insu et incorporés dans nos vêtements. Et cela peut avoir de graves répercussions au niveau de la vie privée et des libertés ! Des appareils qui les repèrent ou les désactivent existent, certes.

Supposons que l'énergie RF capturé par l' tag peut être re- rayonnée dans l'espace totalement. Soit la puissance transmise par le lecteur être  $P$ , et le gain de l'antenne du lecteur soit  $G$  lecteur. La densité de puissance à distance  $R$  où la balise est placée peut être exprimée comme :

$$S_1 = \frac{G_{reader} P_{transmitted}}{4 * \pi R^2} \quad \text{III.1}$$

Où

$$P_{received}^{tag} = S_1 A_{TAG} \quad \text{III.2}$$

Ensuite, nous avons

$$A_{TAG} = \frac{G_{TAG} \lambda^2}{4\pi} \quad \text{III.3}$$

La puissance reçue par le mot-clé est calculée par

$$P_{received}^{tag} = \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_{reader} G_{TAG} P_{transmitted}^{reader} \quad \text{III.4}$$

La densité de puissance de l'onde de retour de l'étiquette à la position du lecteur est

$$S_2 = \frac{G_{tag} P_{received}^{TAG}}{4\pi R^2} \quad \text{III.5}$$

Ainsi, la puissance reçue par le lecteur est :

$$P_{back}^{reader} = S_2 A_{reader} = S_2 G_{reader} \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad \text{III.6}$$

Ou

$$P_{back}^{reader} = \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^4 G_{reader}^2 G_{tag}^2 P_{transmitted}^{reader} \quad \text{III.7}$$

Où G représente le gain de l'antenne de l'étiquette, et A l'ouverture équivalente de l'antenne de l'étiquette. Définir la puissance transmise équivalent :

$$P_{EIRP} = G_{reader} P_{transmitted} \quad \text{III.8}$$

Ou

$$P_{BACK}^{reader} = \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^4 G_{TAG}^2 G_{reader} P_{EIRP} \quad \text{III.9}$$

Notons que P est la puissance de seuil de la sensibilité. Ensuite, la lecture maximale gamme est exprimée en :

$$R = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt[4]{\frac{P_{transmitted}^{reader} G_{reader}^2 G_{tag}^2}{P_{sensitivity}^{reader}}} \quad \text{III.10}$$

Maintenant, nous analysons le système RFID en utilisant le principe du radar.

Supposons que la rétrodiffusion section de l'étiquette, y compris l'antenne et la puce, est  $\sigma_{tag}$ , la rétrodiffusion puissance de la balise est :

$$P_{BS} = S_1 \delta^{tag} = \frac{G_{reader} P_{transmitted}^{reader} \delta^{tag}}{4\pi R^2} \quad \text{III.11}$$

La densité de puissance de l'onde de retour de diffusion à la position du lecteur est

$$S_2 = \frac{P_{BS}}{4\pi R^2} = \frac{G_{reader} P_{transmitted}^{reader} \delta^{tag}}{(4\pi)^2 R^4} \quad \text{III.12}$$

On a aussi :

$$P_{back}^{reader} = S_2 A_{reader} = S_2 G_{reader} \frac{\lambda^2}{4\pi} = \frac{P_{transmitted}^{reader} G_{reader}^2 \delta^{tag} \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad \text{III.13}$$

En ajustant l'impédance variable de la puce en fonction des données stockées dans l'étiquette,  $\sigma_{tag}$  sera changé, puis l'onde de retour en provenance de l'étiquette et reçu par le lecteur sera modifiée de telle sorte que la modulation et la démodulation d'amplitude peuvent être réalisées. Ainsi, les informations d'étiquette peuvent être lues, et l'objet détecté par l'étiquette peut être identifiée.

En général, les fréquences de fonctionnement du système RFID normale basés sur la rétrodiffusion comprennent: 915MHz, 2,45 GHz, et 5,8 GHz, les longueurs d'onde correspondantes sont 0.328m, 0.122m et 0.051m. Il est évident que la portée de lecture maximale est directement proportionnelle à la longueur d'onde.. La perte de l'espace SL est définie comme :

$$SL = \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 \quad \text{III.14}$$

### III.12. Simulations sous le logiciel CST

Nous avons utilisé le logiciel de simulation CST microwave studio (Annexe N°1) afin de simuler les différentes structures d'antennes fractales.



### III.13. Conception d'antenne Mono Bande de base

La géométrie de l'antenne de base étudiée est présentée par la figure III .11, le patch est réalisé sur un substrat de type FR-4 (permittivité diélectrique  $\epsilon_r = 4.30$ , épaisseur  $h=1.6\text{mm}$ ). Cette antenne est alimentée par une ligne micro ruban 50 Ohm de largeur  $W_a = 0.5\text{mm}$ .

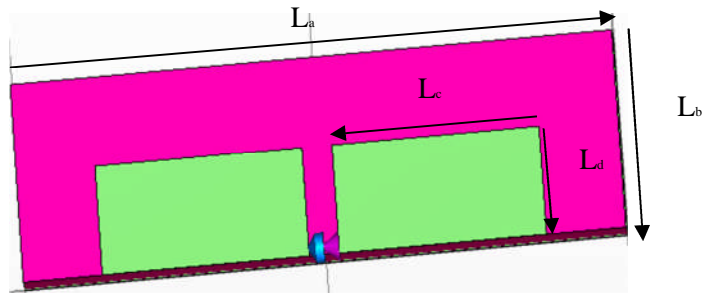


Figure III .11 : Géométrie de l'antenne mono bande de base.

Les différents paramètres de l'antenne sont détaillés dans le tableau III.1.

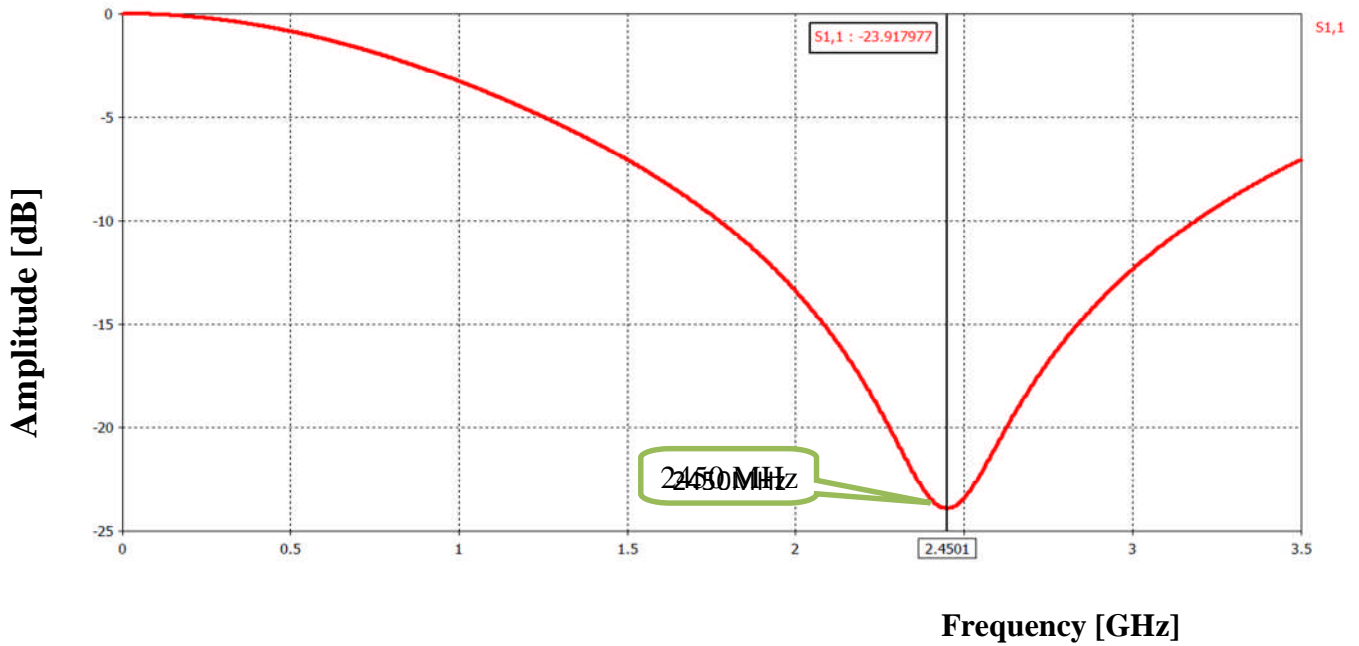
Dimensions		$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$
Mono bande GHz	2.45	40	14	6.15	13.25	1
	5.8	40	14	7.75	13.25	1
	2.4	40	14	6.75	13.25	1
	3.34	40	14	5	9	1
	1.35	40	25	23	13.25	1
	0.9	40	44	42.25	13.25	1
	0.86	40	47	46	13.25	1

Tableau III. 1: Paramètre d'antenne fractale.

#### III.13.1. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=2450\text{MHz}$

Nous avons simulé l'antenne fractale à l'aide du logiciel CST, Les résultats obtenues pour la norme RFID opérant dans la fréquence de résonance  $f=2450\text{ MHz}$ .

La réflexion sur la source et le diagramme de directivité sont représentés respectivement sur les figures suivantes dans la gamme de fréquence [ 0-3.5 GHz ].

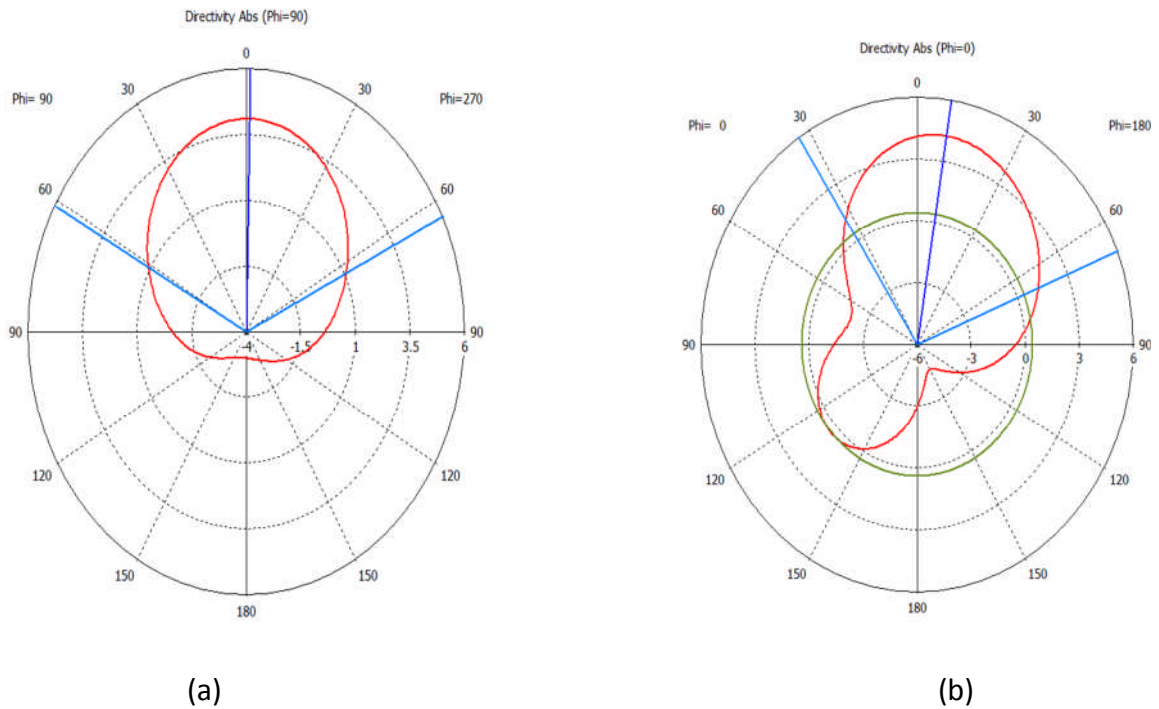


**Figure III. 12 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

D'après la figure III.12 nous constatons que la résonance de l'antenne est correctement prédite à 2.450 GHz avec un pic de -23 dB. Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans à la fréquence de 2450 MHz est représenté dans la figure III.13.

Les diagrammes de rayonnement sont généralement représentés dans deux plans orthogonaux "plan E et plan H", par rapport à la direction principale :

- Plan E : lieu des points de l'espace où le champ électrique rayonné est contenu dans ce plan.
- Plan H : lieu des points de l'espace où le champ magnétique rayonné est contenu dans ce plan.



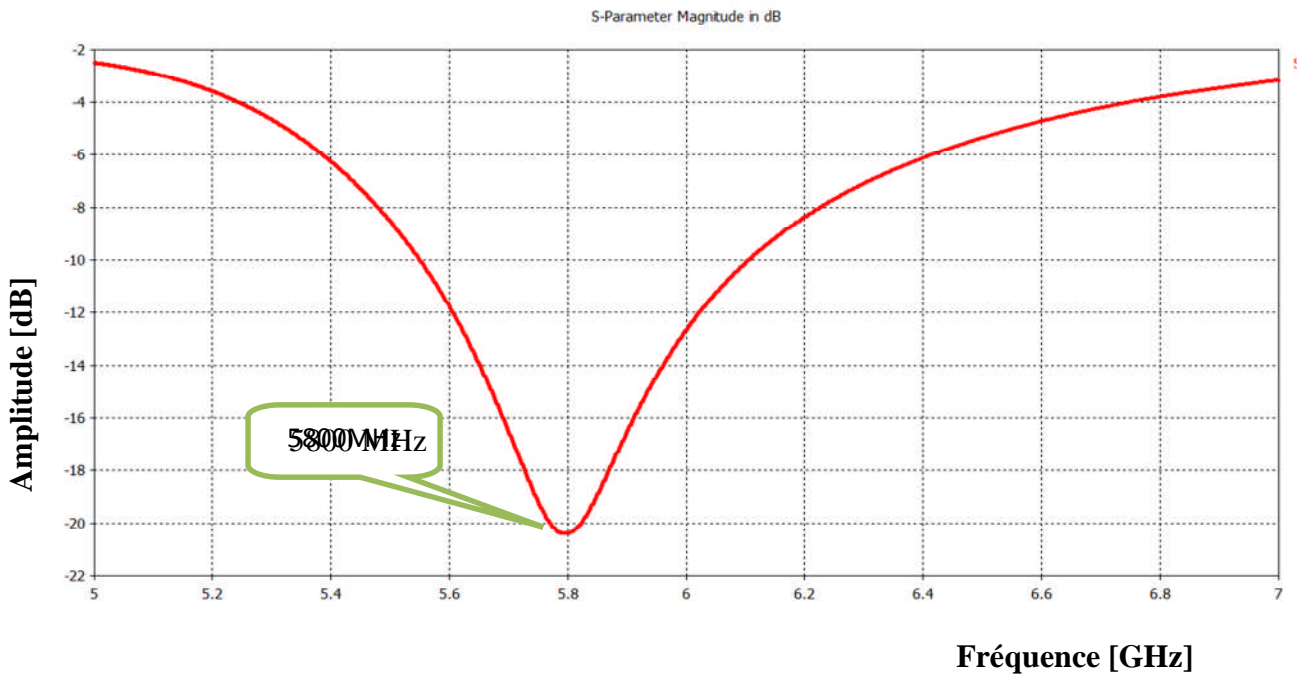
**Figure III .13.** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 2450$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### III. 13.2. Antenne mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=5800$ MHz

Nous avons proposé une nouvelle structure d'antenne fractal miniature destinée à une application appropriée dans les systèmes RFID SHF (5.8GHz) qui est destinée à la localisation des véhicules.

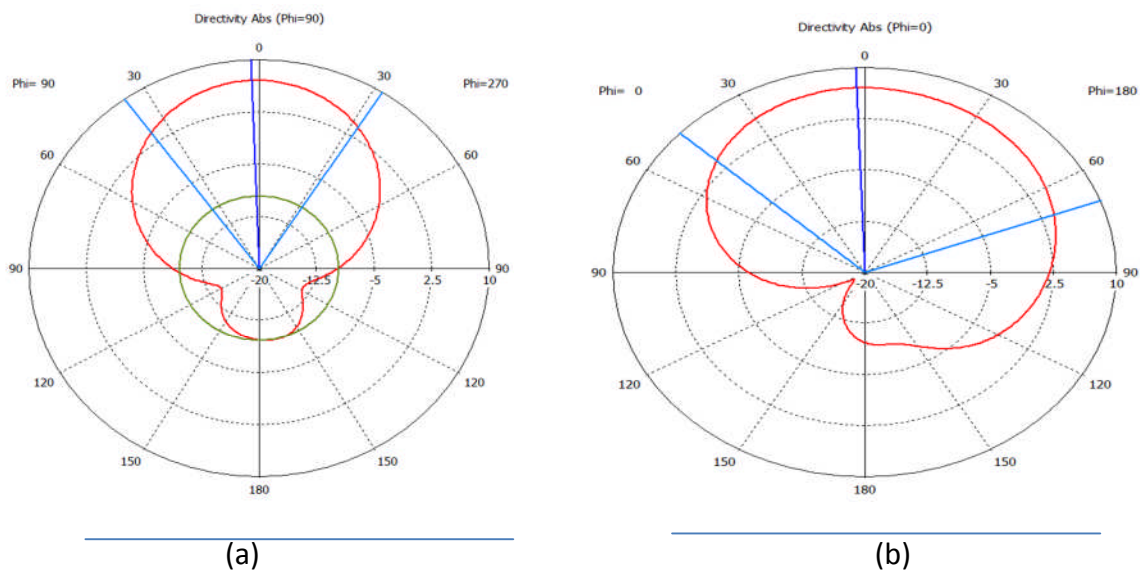
L'antenne présente un bas profil, un bon niveau d'adaptation et un diagramme de rayonnement omnidirectionnel. Les différents résultats sont présentés dans la (Figure III.14) suivante :



**Figure III. 14 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Les résultats obtenus avec le logiciel CST montrent une meilleure précision de l'adaptation de l'antenne avec un pic à -21 dB et pour une fréquence de résonance de 5.8 GHz.

Sur la **Figure III .15** on représente les diagrammes de rayonnements polaires pour une fréquence de résonance de 5800 MHz dans les différents plans E et H : un rayonnement omnidirectionnel est observé.

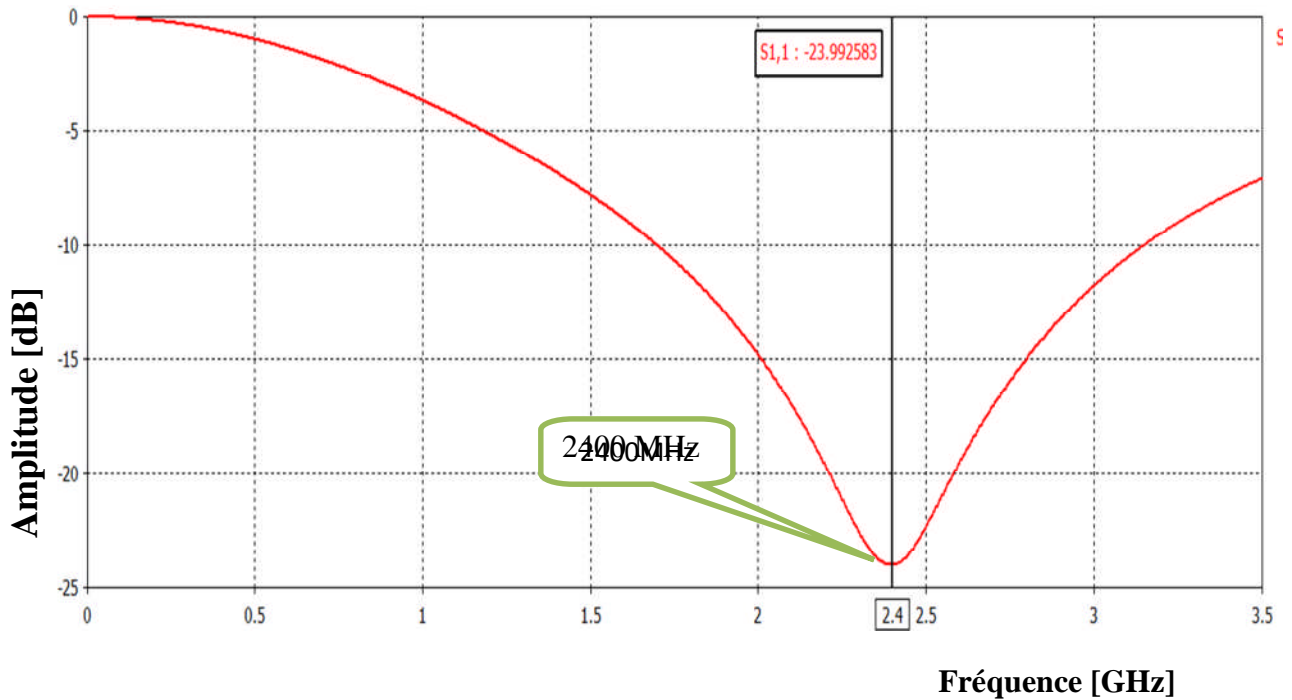


**Figure III .15:** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 5800$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### III. 13.3. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=2400\text{MHz}$

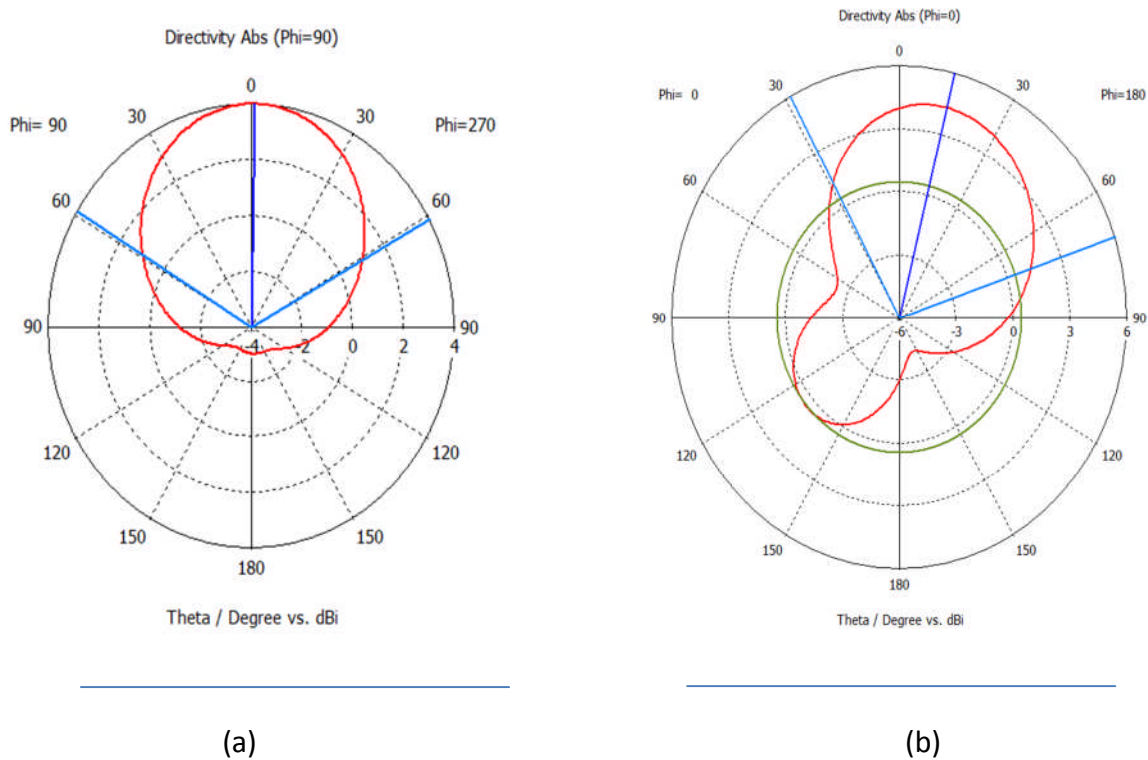
Dans cette section, nous allons simuler une antenne fonctionnant à la fréquence 2.4GHz . La figure III. 16 montres le coefficient de réflexion en dB simulé via le logiciel CST Microwave Studio dans la gamme de fréquence [0-3.5 GHz].



**Figure III. 16 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Le coefficient de réflexion (figure III.16) montre le caractère mono- bande de l'antenne proposée et reflète une bonne adaptation à la fréquence de résonance, avec un pic de -23dB.

Les tracés des diagrammes de rayonnement en coordonnées polaires en plan E et H sont présentés successivement sur la figure III.17(a) et III.17(b). D'après ces figures, nous observons que les diagrammes sont dirigés suivant l'angle  $0^\circ$ .

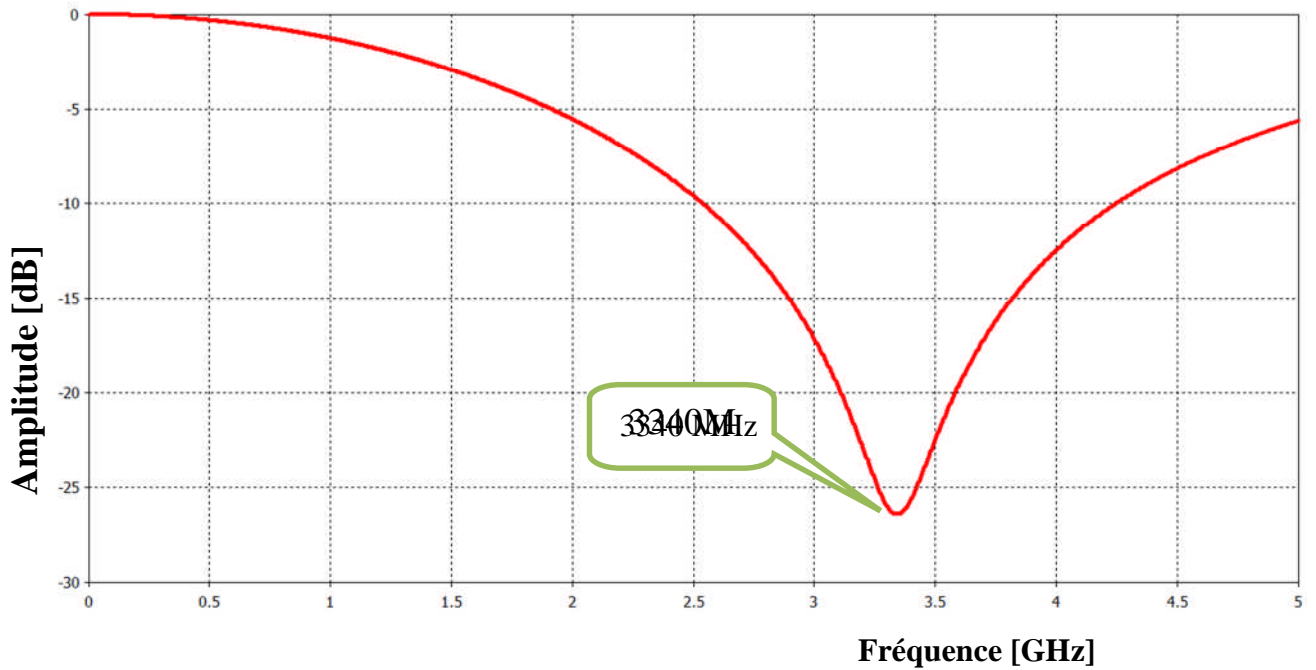


**Figure III. 17:** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 2400$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### III. 13.4. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=3340$ MHz

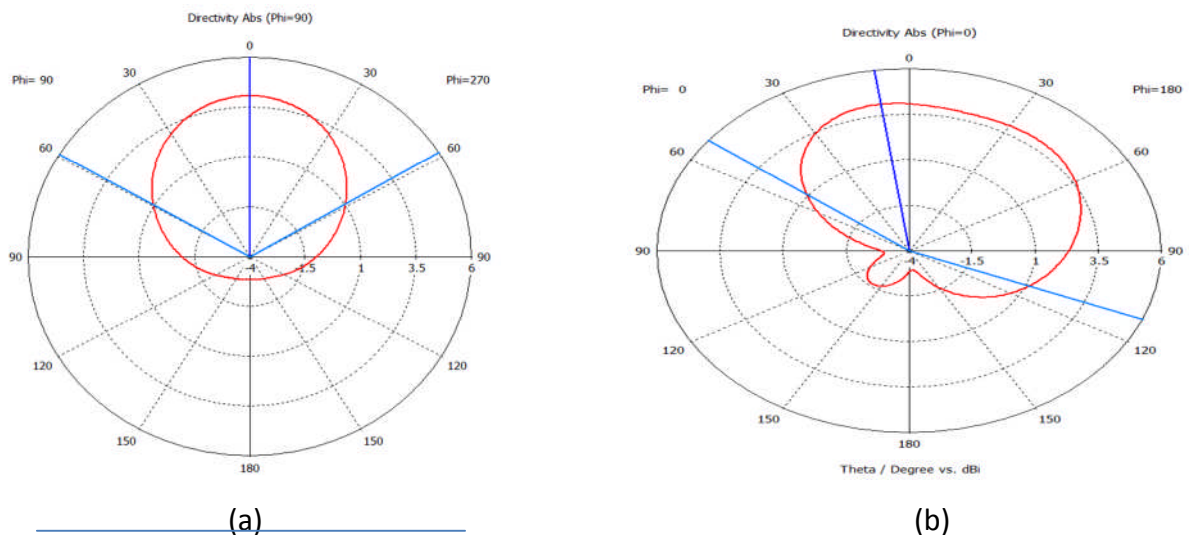
Dans cette section , nous allons simuler une autre géométrie d'antenne destinée a la fréquence de resonance  $f=3340$  MHz. La figure III.18 présente le coefficient de réflexion de l'antenne mono bande dans la gamme de fréquence [0-5 GHz] .



**Figure III. 18 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Nous observons une bonne adaptation qui varie autour de -26 dB pour une fréquence de 3340MHz .

D'après la figure III.19, nous observons que le diagramme de rayonnement en coordonnées polaires en plan E et H sont dirigés suivant la direction  $0^\circ$ .



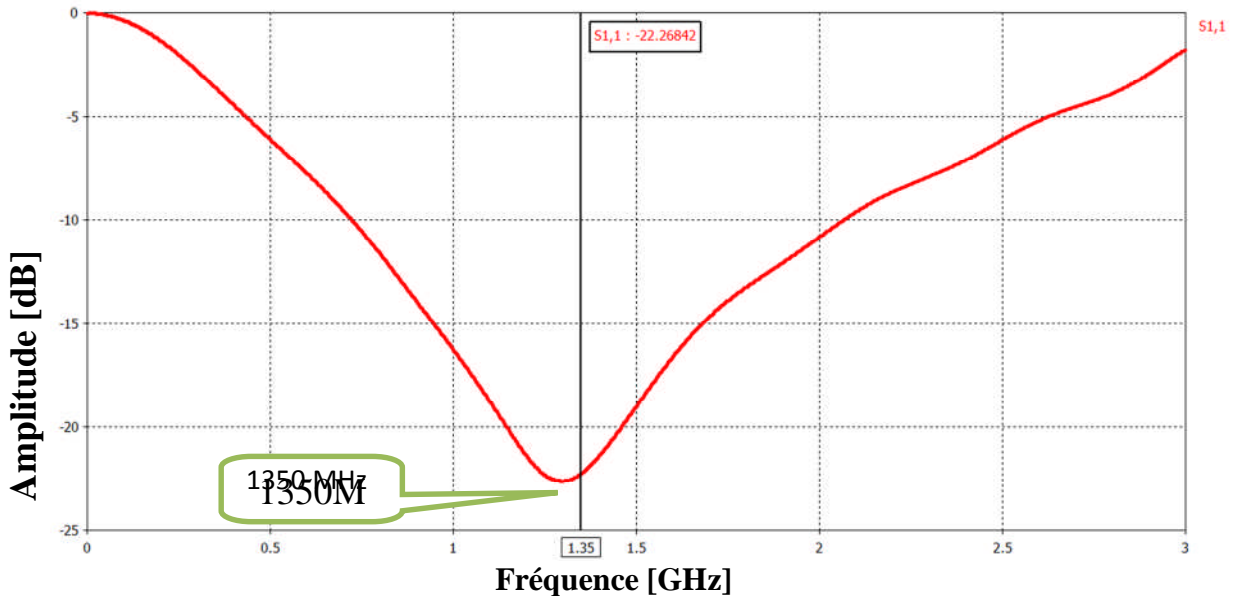
**Figure III .19 :** Diagramme de rayonnement en coordonnées polaire pour  $f=3340$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .



### III. 13.5. Antenne mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=1350\text{MHz}$

Les résultats de simulation obtenus par le logiciel CST sont représentés dans la figure III.20 :



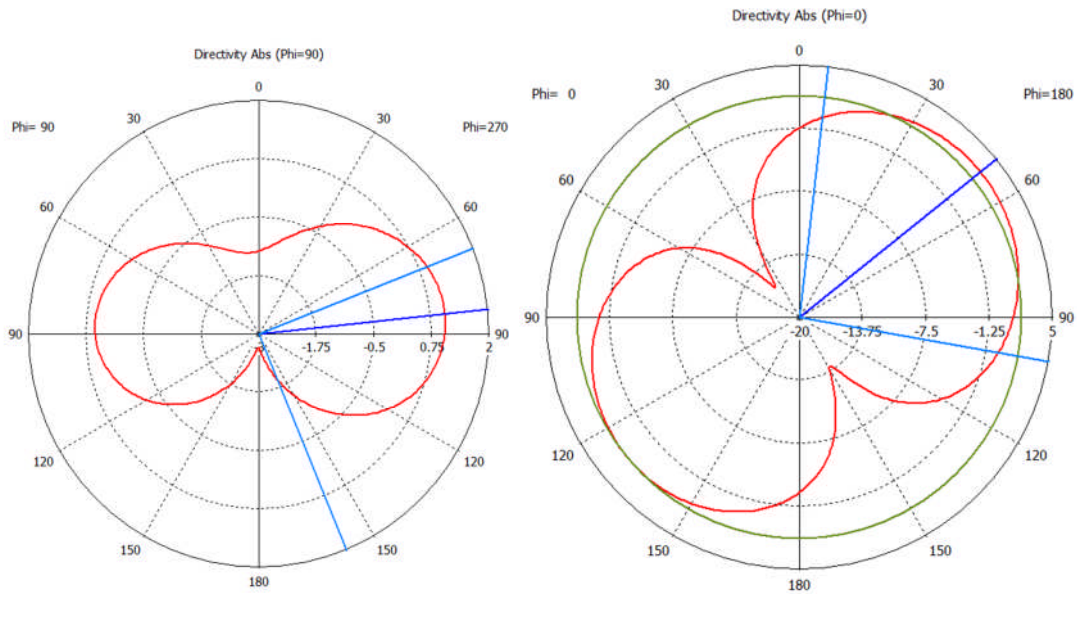
**Figure III. 20 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

La simulation de la structure par le logiciel cst donne un coefficient de reflexion avec un pic de (-22) dB pour une fréquence de 1350 MHz

Les résultats obtenus avec logiciel CST montrent une meilleure précision sur l'adaptation de l'antenne à la fréquence de résonance.

Les tracés des diagrammes de rayonnement en coordonnées polaires en plan E et H sont présentées successivement sur la figure III 21 (a) et III 21 (b). D'après ces figures, nous observons que les diagrammes sont dirigés suivant  $60^\circ$ .





(a)

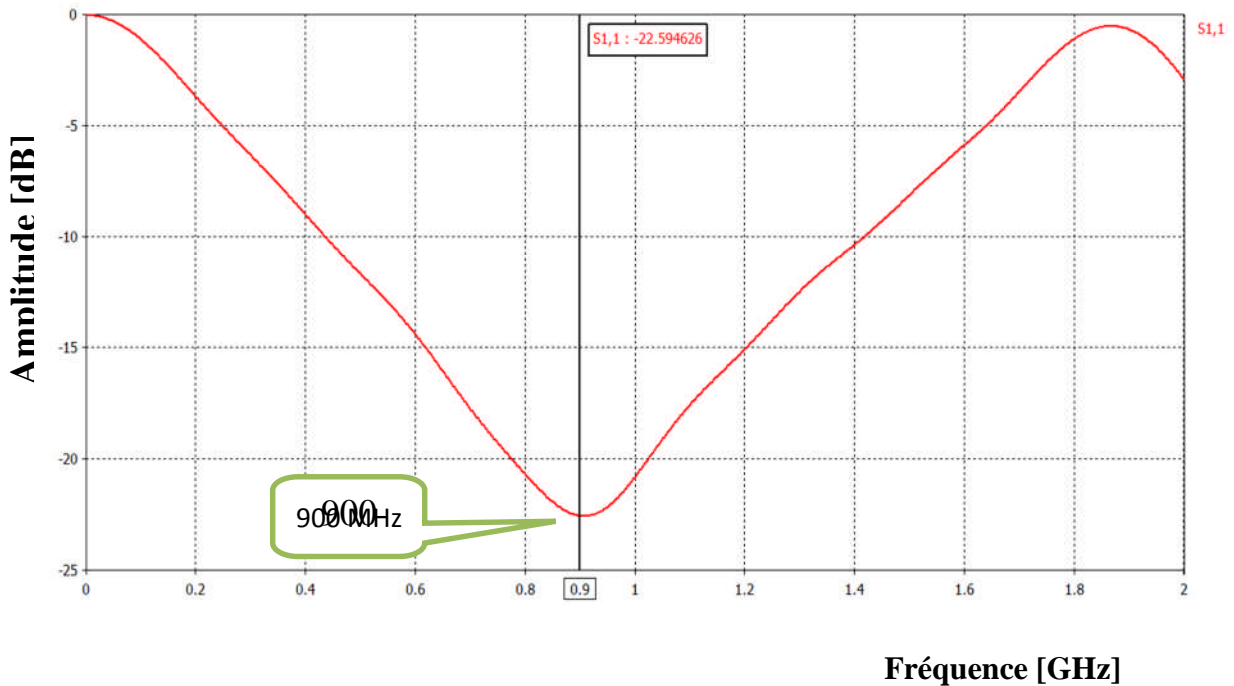
(b)

**Figure III. 21 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f=1350$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### III.13.6. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=900$ MHz

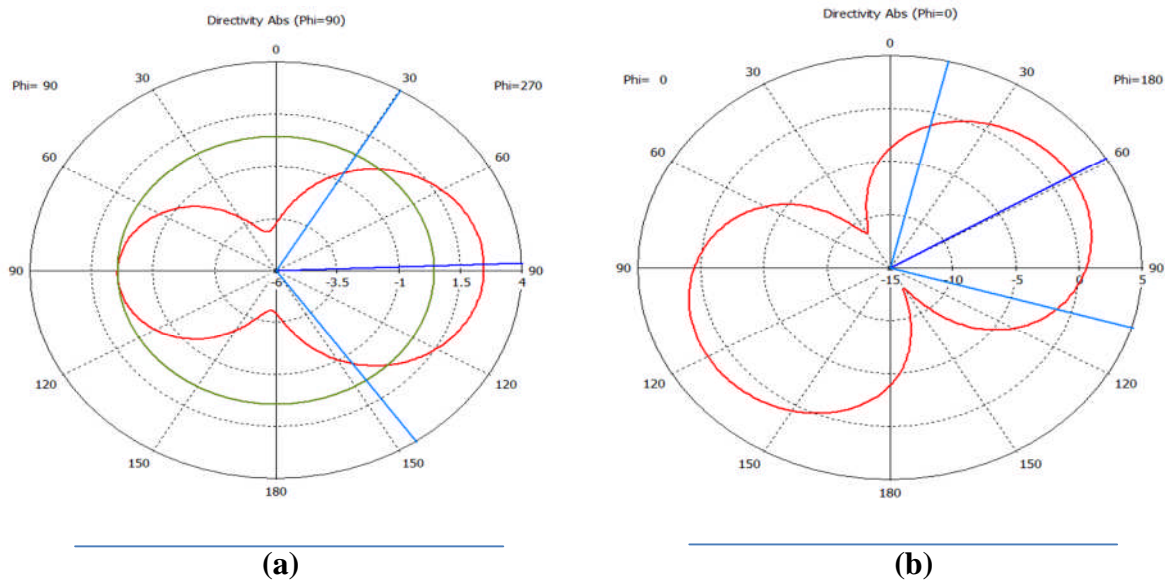
La figure III. 22 représente la variation d'amplitude en fonction de la fréquence.



**Figure III. 22 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Nous observons sur la figure III.22 une bonne adaptation qui varie autour de -22 dB pour une fréquence de 900 MHz .

Sur la Figure III. 23 on représente les diagrammes de rayonnements polaires pour une fréquence de résonances de 0.9 GHz ceci dans les différents plans E et H.

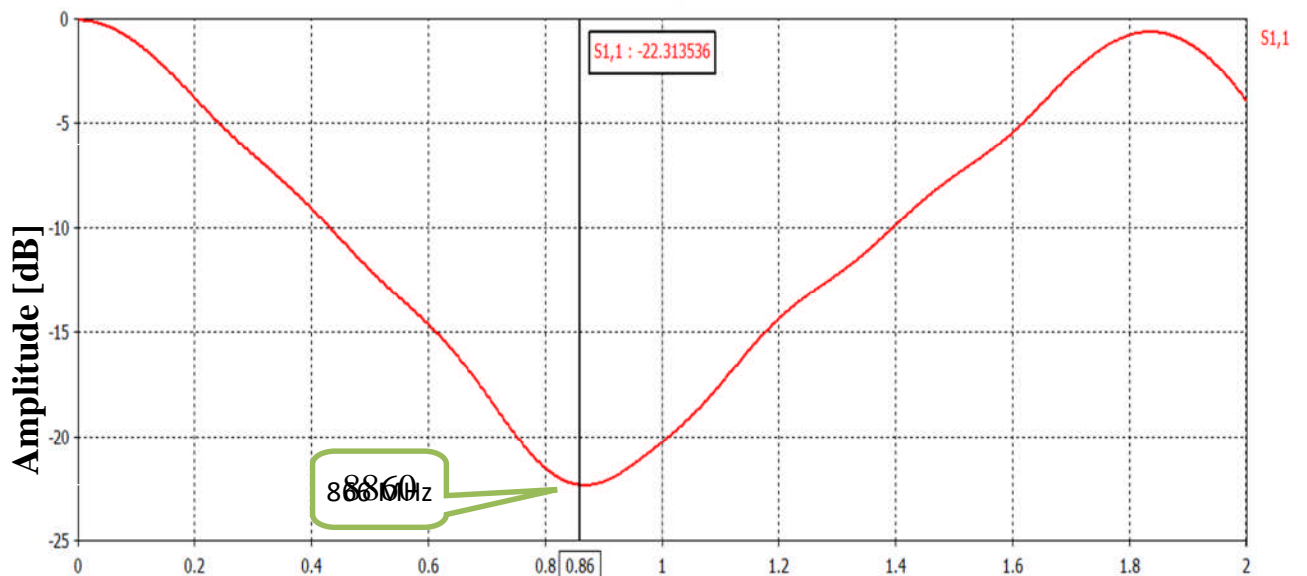


**Figure III .23 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f=900$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### III. 13.7. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=860$ MHz

Les résultats de simulation réalisés par le logiciel CST sont représentés par la figure III.24 dans la gamme de fréquence [0-2 GHz] .

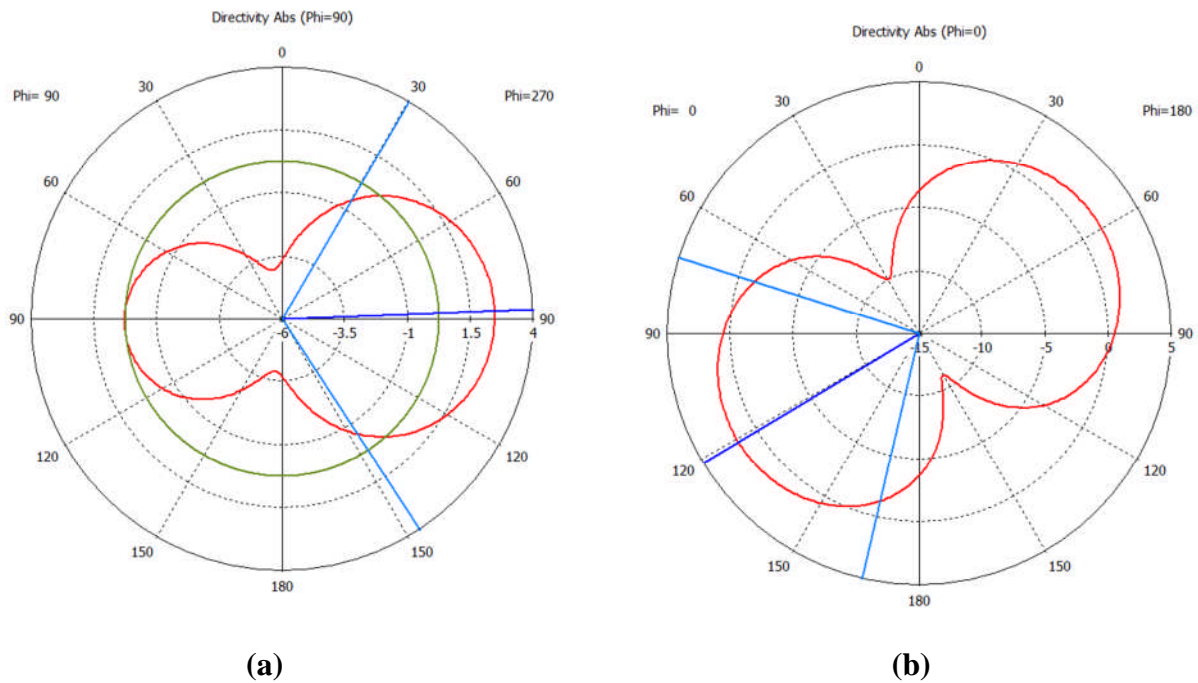


**Frequency [GHz]**

**Figure III. 24 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

La simulation de la structure par le logiciel CST selon la figure III .24 donne un coefficient de réflexion avec un pic de -22 dB pour une fréquence de 860 MHz. Les résultats obtenus avec ce logiciel montrent une meilleure précision sur l'adaptation de l'antenne à la fréquence 8.6 GHz.

Les caractéristiques de rayonnement d'antenne en coordonnées polaires prennent la même géométrie graphique sous forme de cercle ce qui indique que le rayonnement est Bidirectionnelle.



**Figure III .25 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f=8600$  MHz

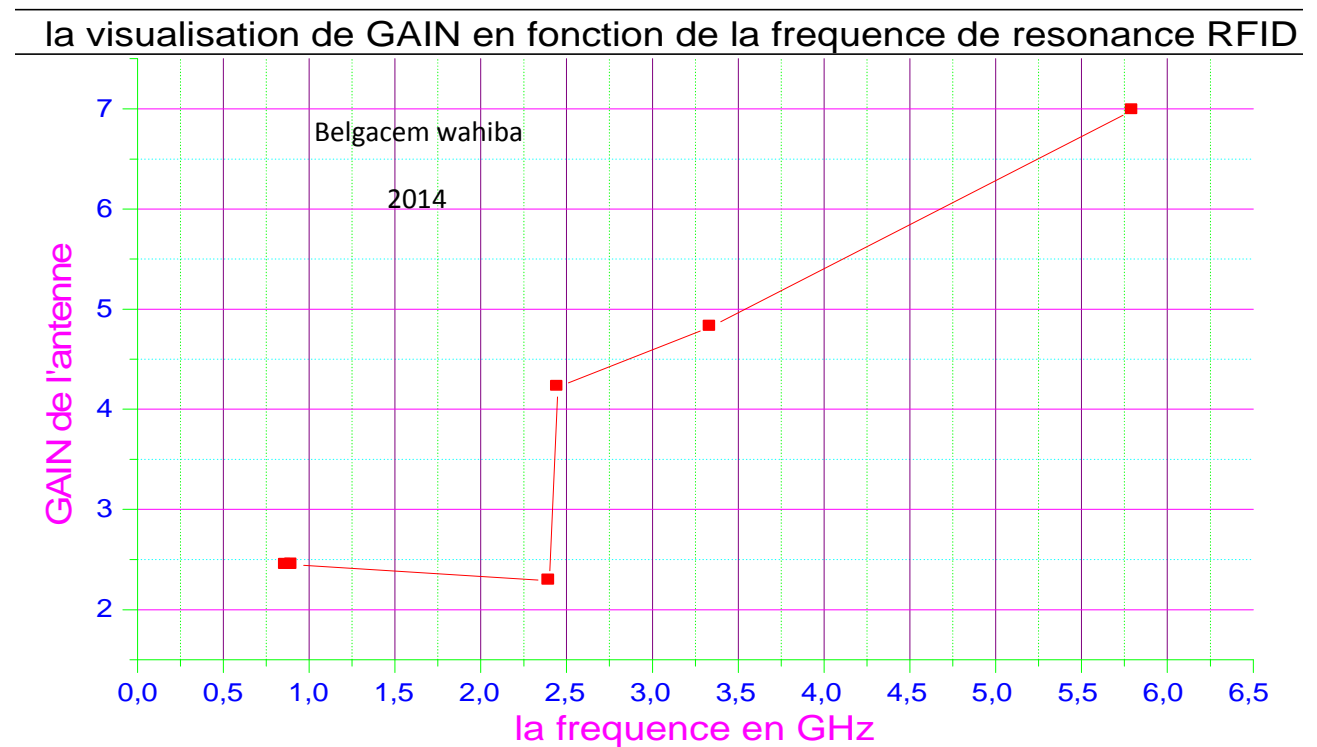
(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### III.13.8. La visualisation du GAIN en fonction de la fréquence de résonance

On constate que l'augmentation de la fréquence de résonance rend le Gain de notre antenne plus sélective et très améliorable.

Fréquence	0.866	0.9	2.4	2.45	3.34	5.8
GHZ						
Gain (dB)	2.447	2.448	4.289	4.225	4.824	6.986

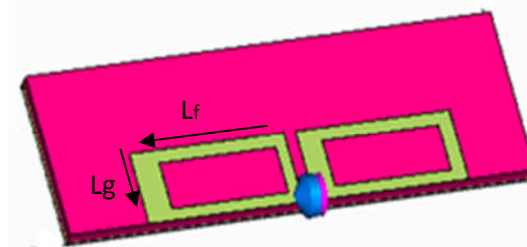
**Tableau III .2.** La variation de gain en fonction de la fréquence.



**Figure III.26 :** Le gain de l'antenne fractal Mono bande

### III.14. Antenne Fractale de forme tapis de sierpinski ordre 1

La configuration proposée de l'antenne fractale est basée sur une géométrie définie par le **tapi de Sierpinski d'ordre 1**. L'antenne est schématisée sur la figure **III .27**. L'optimisation sera réalisée en changeant les dimensions  $L_f$ ,  $L_g$ .



**Figure III.27** : Géométrie de l'antenne fractale proposée.

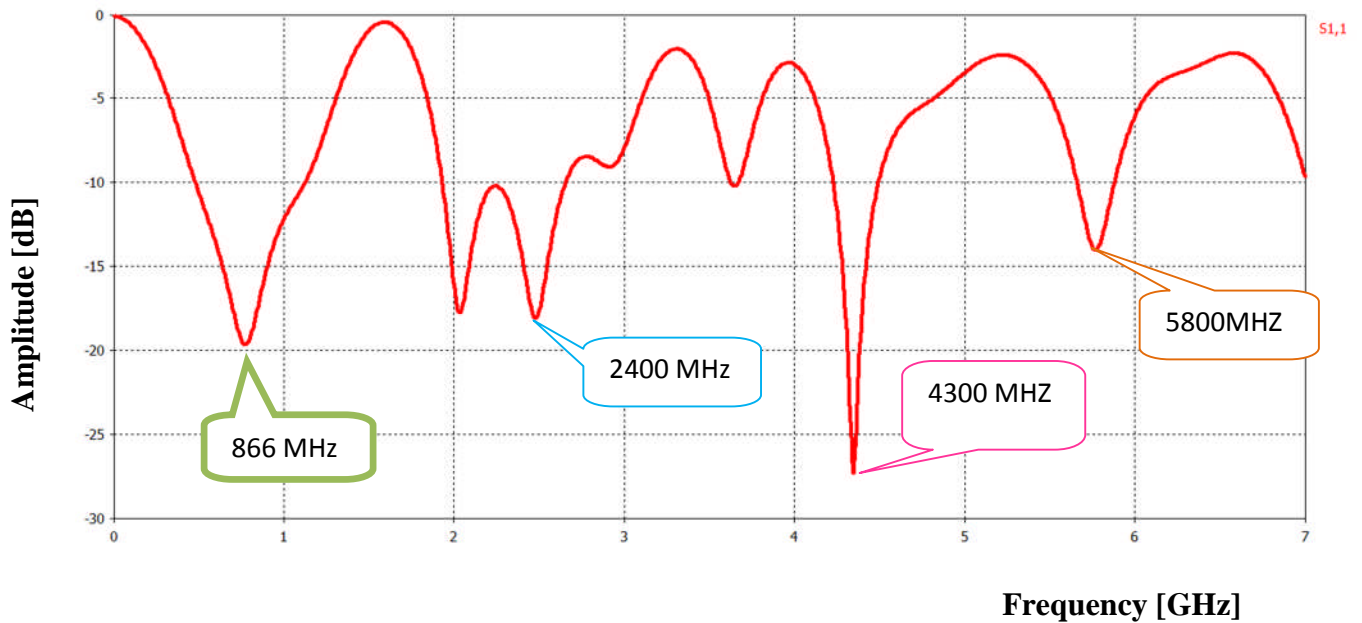
Les résultats de simulations sont donnés dans la Figure III.28. Les différents paramètres d'antenne sont détaillés dans le tableau **III.3**

Dimensions	2.45	5.8	2.4	3.34	1.3	0.9	0.86
$L_f$	4	6	4	3	17	38	30
$L_g$	10	7	9	7	9	9	8

**Tableau III. 3:** Paramètres de l'antenne fractale proposée

#### III. 14.1. Antenne Multi-bandes fonctionnant à la fréquence $f=866$ MHz

Dans cette section , nous allons simuler une autre géométrie d'antenne Fractal destinée à la norme RFID. Le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence est donné par la courbe suivante dans la gamme de fréquence [0-7 GHz].



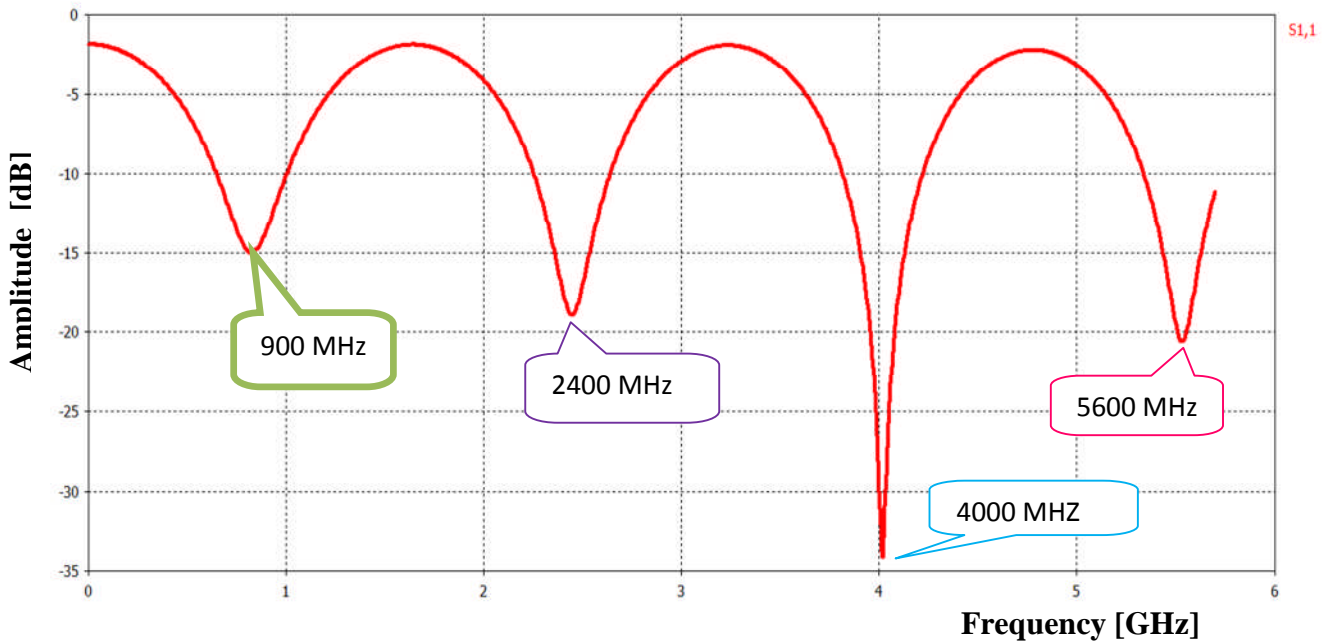
**Figure III. 28:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Le coefficient de réflexion montré par la figure III. 28 représente un caractère Multi-bande d'antennes utilisé ce qui reflète une bonne adaptation à la fréquence de résonance de chaque pic.

Nous observons une bonne adaptation qui varie autour de -19 dB pour une fréquence de 866 MHz, et pour la deuxième fréquence de résonance  $f=2400$  MHz donne un pic à -17 dB et la troisième pic -26 dB dont  $f=4300$  MHz et -14 dB pour une fréquence de 5 800 MHz.

### III. 14.2. Antenne Multi-bandes fonctionnant à la fréquence $f=960$ MHz

Les résultats de simulation obtenus par le logiciel CST sont représentés dans la figure III.29 :

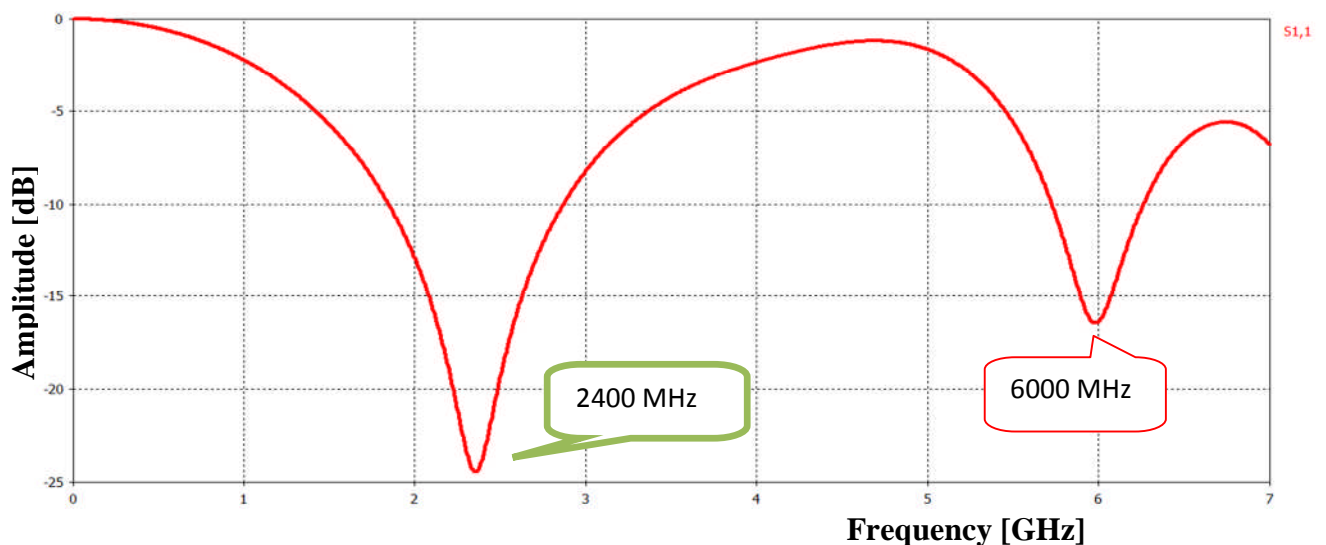


**Figure III. 29 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

D'après cette figure. III. 35, le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=900\text{MHz}$  est de l'ordre de  $-15\text{ dB}$ , celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=2400\text{ MHz}$  est de l'ordre de  $-18\text{ dB}$ , celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=4000\text{ MHz}$  est de l'ordre de  $-34\text{dB}$  et le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=5600\text{ MHz}$  est de l'ordre de  $-21\text{ dB}$ . Ceci confirme les bons résultats obtenus en termes d'adaptation.

### III. 14.3. Antenne Bi-bande fonctionnant à la fréquence $f=2400\text{MHz}$

Les résultats des paramètres  $S_{11}$  de l'antenne RFID bi-bande sont illustrés sur la figure III. 30 dans une gamme de fréquence  $[0-7\text{ GHz}]$ .



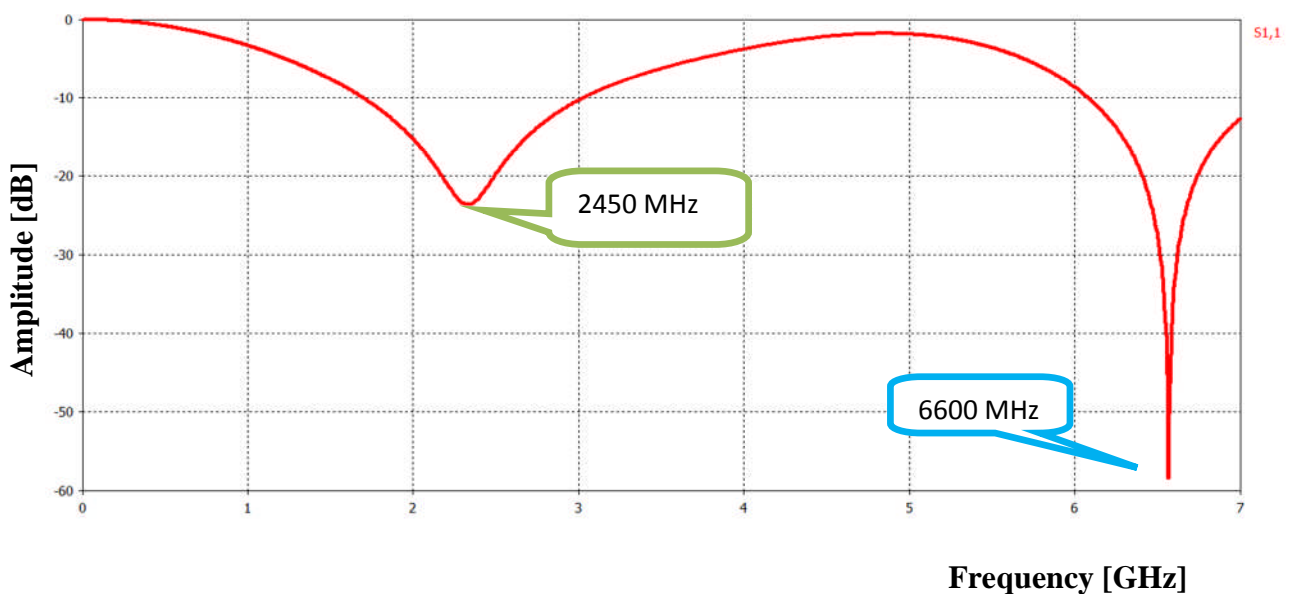


**Figure III. 30 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence

D'après cette figure. III. 30, le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=2400$  MHz est de l'ordre de  $-24$  dB, et celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=6000$  MHz est de l'ordre de  $-16.5$  dB. Ceci confirme les bons résultats obtenus en termes d'adaptation.

### III. 14.4. Antenne Bi-bande fonctionnant à la fréquence $f=2450$ MHz

Sur la figure III. 31 on représente respectivement le coefficient de réflexion pour 2450 MHz et 6600 MHz.



**Figure III. 31 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence

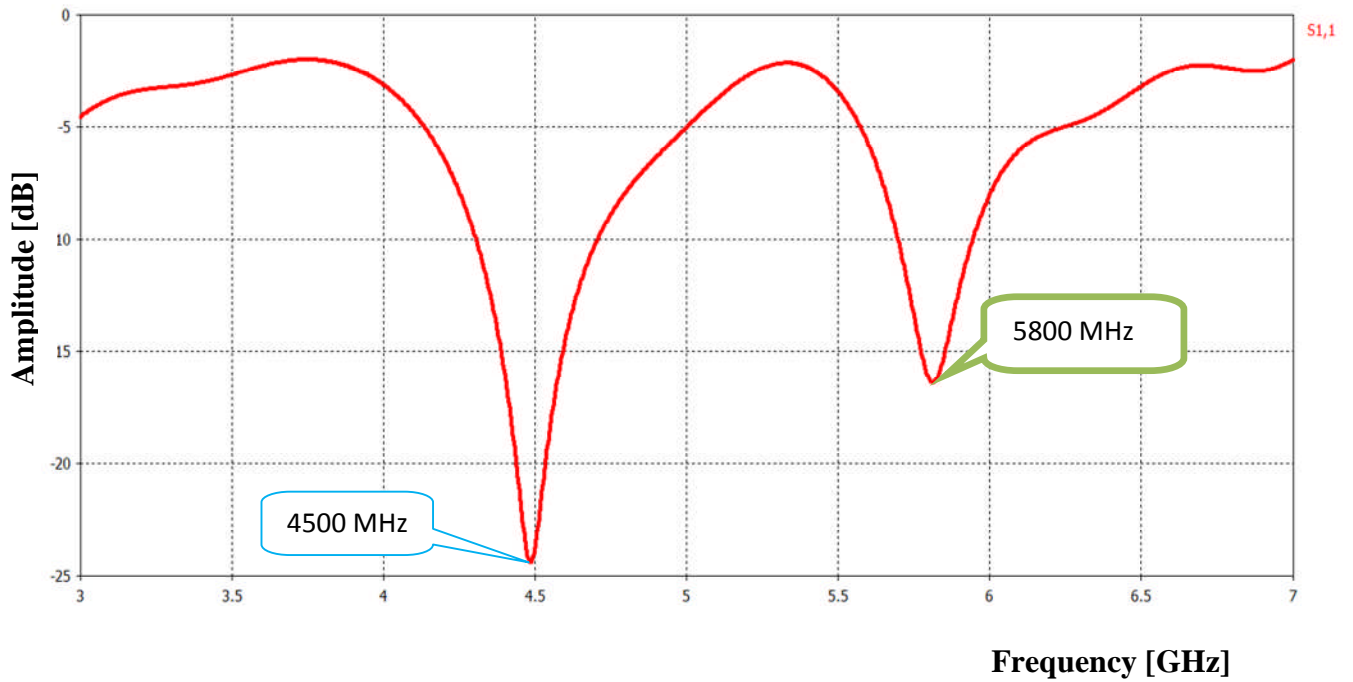
Le coefficient de réflexion montré par la figure III. 31 représente un caractère bi-bande d'antennes utilisé ce qui reflète une bonne adaptation à la fréquence de résonance de chaque pic.

Pour la première fréquence de résonance  $f=2450$  MHz donne un pic à  $-23$  dB et  $-68$  dB dont la deuxième fréquence  $f=6600$  MHz.

### III. 14.5. Antenne Bi-bande fonctionnant à la fréquence $f=5800$ MHz

La simulation sera effectuée à l'aide de l'outil CST et les résultats sont dans la gamme de fréquence  $[0-7$  GHz].





**Figure III. 32 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence

Figure III. 32 illustre le coefficient de réflexion de notre antenne en fonction de la fréquence. Ce résultat nous montre la présence de résonances aux fréquences 4500 MHz et 5800 MHz avec des niveaux du paramètre  $S_{11}$  de -24 dB et -16 dB respectivement.

La figure III.28 illustre les diagrammes de rayonnement de l'antenne sur le plan E :

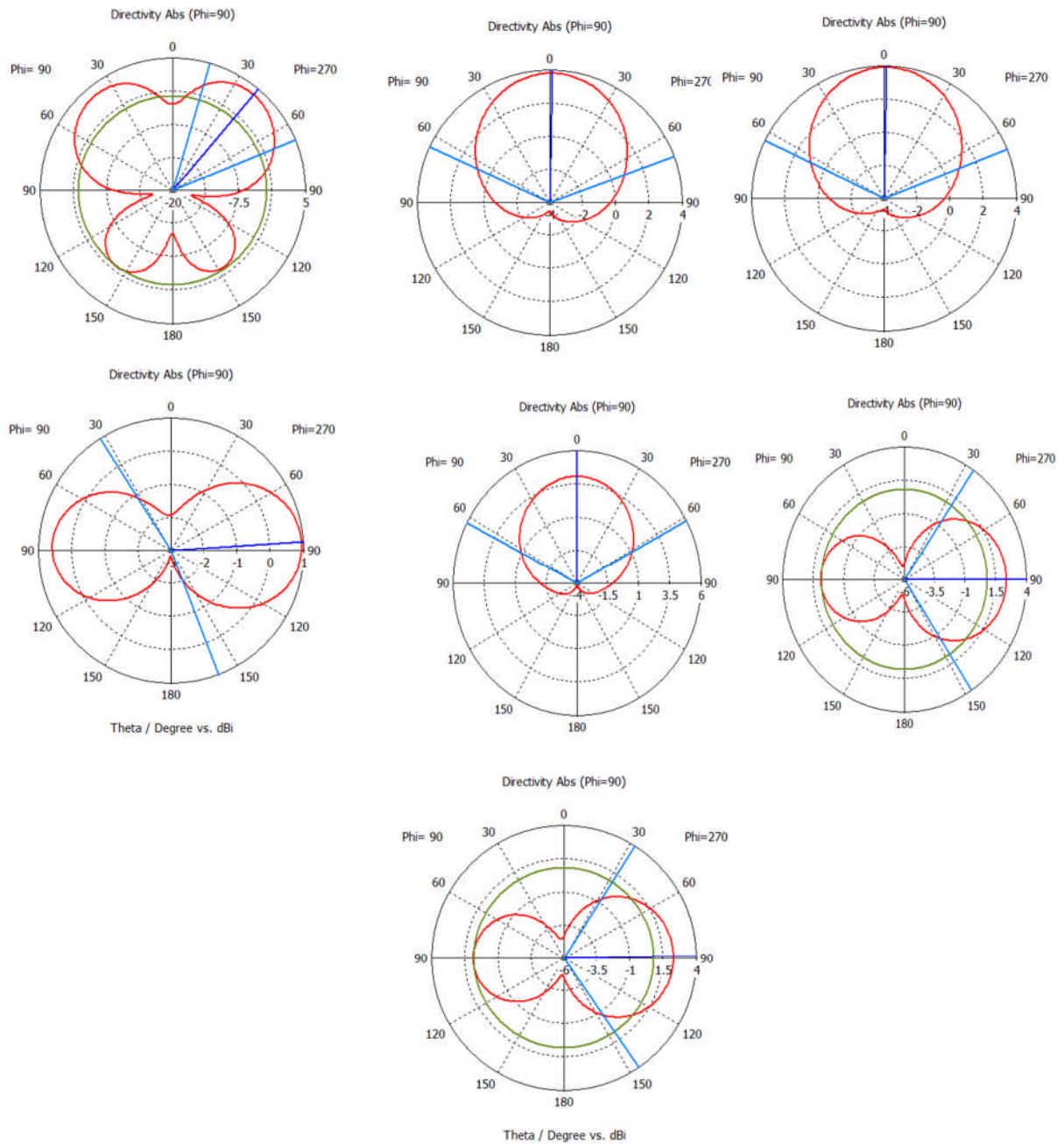
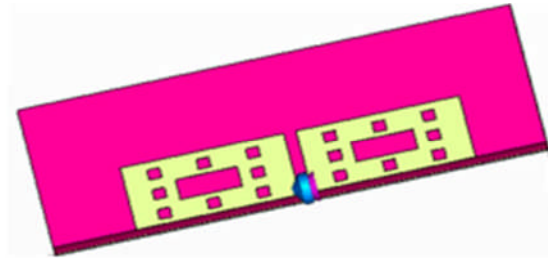


Figure III .33. Diagramme de rayonnement en polaire E-plane phi=90°.

### III.15. Antenne Fractale de forme tapis de sierpinski ordre 2

Afin de réduire l'encombrement de l'antenne ils nous ont paru utiles de fractaliser la face supérieure de l'antenne patch en utilise le tapi de **Sierpinski d'ordre 2** de telle sorte que l'optimisation sera faite en changeant dimension  $L_f$ ,  $L_g$ ,  $L_i$ ,  $L_h$ .

La configuration proposée de cette antenne qui doit être adaptée aux différentes applications pour le system RFID est schématisée sur la figure **III .34**.



**Figure III. 34:** Géométrie de l'antenne fractale tapis sierpinski d'ordre 2 Mono bande.

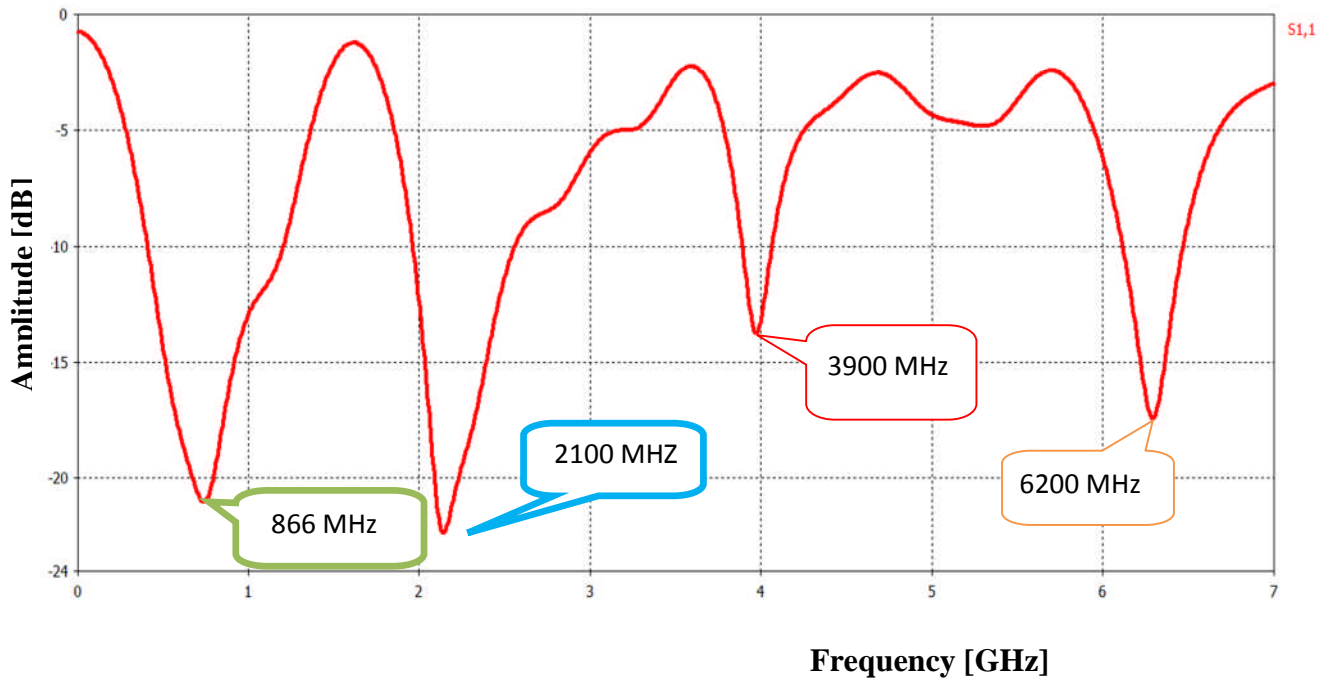
Les résultats de simulation sont représentés dans la Figure.III.35 et Les différents paramètres d'antenne sont détaillés dans le tableau **III.4**

Dimensions	2.45	5.8	2.4	3.34	1.3	0.9	0.86
$L_f$	2	4	2	1.5	10	10	10
$L_g$	5	5	5	3	5	6	6
$L_h$	1	1.5	1	1	3	4	4
$L_i$	1	2	1	1	2.5	2	2

**Tableau III. 4:** Paramètres de l'antenne fractale de tapis de sierpinski d'ordre 2

#### III. 15.1.Antenne Multi-bande fonctionnant à la frequence $f=866$ MHz.

L'antenne répond de manière satisfaisante aux exigences imposées. Les résultats sont représenté dans la Figure suivant :

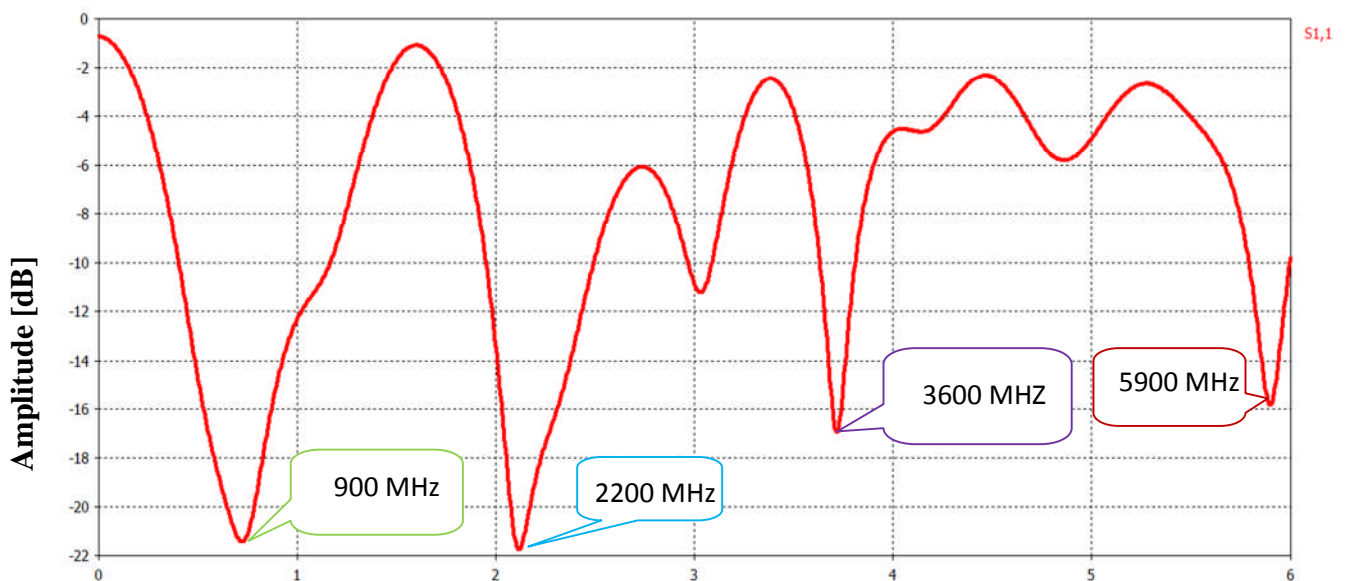


**Figure III. 35 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

D'après cette figure. III. 35, le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=866$  MHz est de l'ordre de  $-21$  dB, celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=2100$  MHz est de l'ordre de  $-22$  dB, celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=3900$  MHz est de l'ordre de  $-14$  dB et le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=6200$  MHz est de l'ordre de  $-17$  dB. Ceci confirme les bons résultats obtenus en termes d'adaptation.

### III. 15.2. Antenne Multi-bande fonctionnant à la fréquence $f=900$ MHz

La simulation de l'antenne RFID fractal schématisée sur la figure III.36 en terme de puissance réfléchie est illustrée sur la figure ci- dessous.



**Frequency [GHz]**

**Figure III. 36 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Le coefficient de réflexion montré par la figure III. 36 représente un caractère Multi-bande d'antennes utilisé ce qui reflète une bonne adaptation à la fréquence de résonance de chaque pic.

Nous observons une bonne adaptation qui varie autour de -21 dB pour une fréquence de 900 MHz , et pour la deuxième fréquence de résonance  $f=2200$  MHz donne un pic à -22 dB et la troisième pic -17 dB dont  $f=3900$  MHz et -14 dB pour une fréquence de 5 900 MHz.

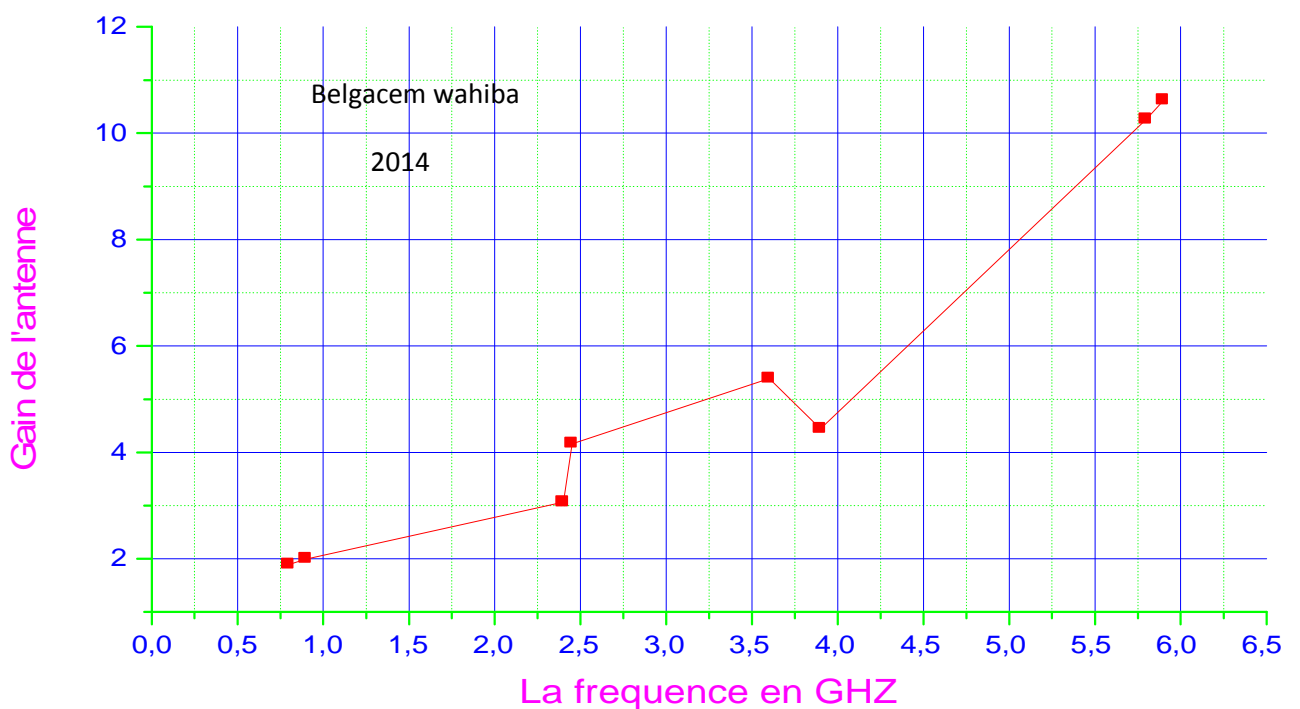
**III. 15.3.La visualisation du GAIN en fonction de la fréquence de résonance**

Après application de la technique de fractalisation en remarque que le gain de l'antenne et très amélioré par port a la structure d'ordre 0 .

Fréquence GHZ	0.8	0.9	2	2.4	2.45	3.6	3.9	5.8	5.9
Gain (dB)	1.89	1.97	3.06	4.16	4.23	5.38	4.44	10.26	10.62

**Tableau III.5.** la variation de gain en fonction de la fréquence

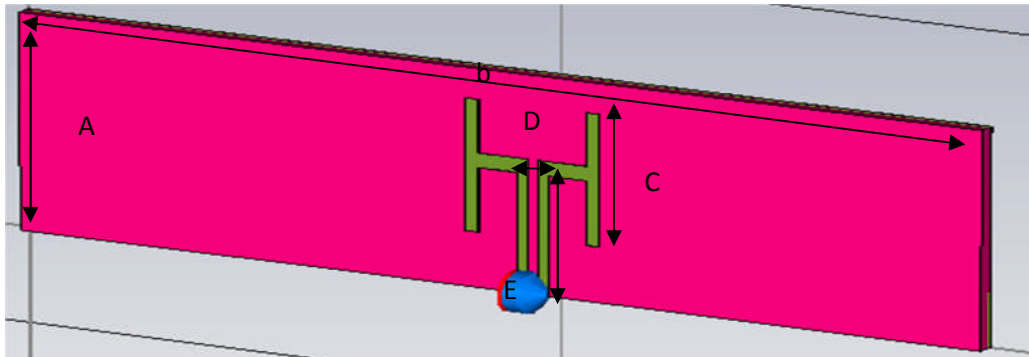
**LA visualisation de Gain en fonction de la fréquence de resonance RFID.**



**Figure III.37 :**le gain d'antenne Multi bands.

### III.16. Conception d'antenne Bi- Bande de base

la géométrie de l'antenne fractale bi bande, connectée à une puce d'impédance :  $43-j800\Omega$ , est représentée dans la Figure III.38 suivante :

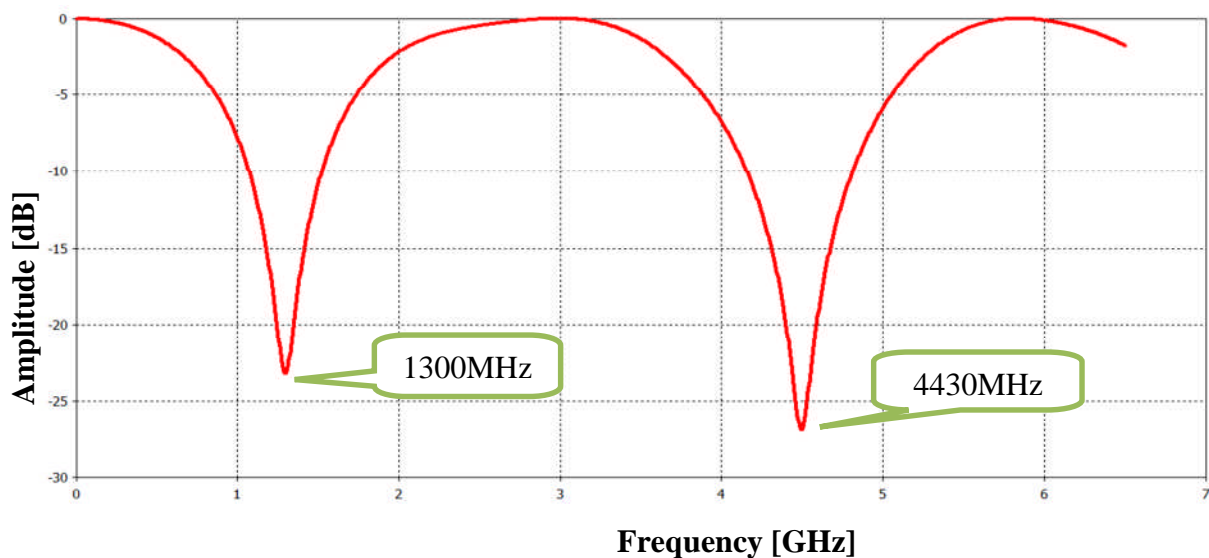


**Figure. III.38:** Géométrie d'antenne Fractale Bi bande

Les résultats de simulation sont représentés dans la Figure.III.43. Les différents paramètres de l'antenne sont détaillés dans le tableau III.6.

Dimensions	A	B	C	D	E	F	G	H
Valeur (mm)	30	90	13.6	14.9	18.5	3.55	18.2	1

**Tableau III. 6:** Paramètres de l'antenne fractale.



**Figure III. 39:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

La variation du coefficient de réflexion montre par la présence du caractère bi- bande de l'antenne utilisée avec une bonne adaptation à la fréquence de résonance de chaque pic.



Pour la première fréquence de résonance  $f=1300\text{MHz}$  donne un pic à  $-22.625\text{dB}$  et  $-27.226\text{dB}$  pour la deuxième fréquence  $f=4430\text{MHz}$ .

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans à la fréquence de  $1300\text{MHz}$  est représenté par la figure III.39 ce qui donne un rayonnement omnidirectionnel, ses résultats sont bien visible sur le tracé en 3 D. Les diagrammes de rayonnement dans les plans E et H sont donnés dans la figure III.40.

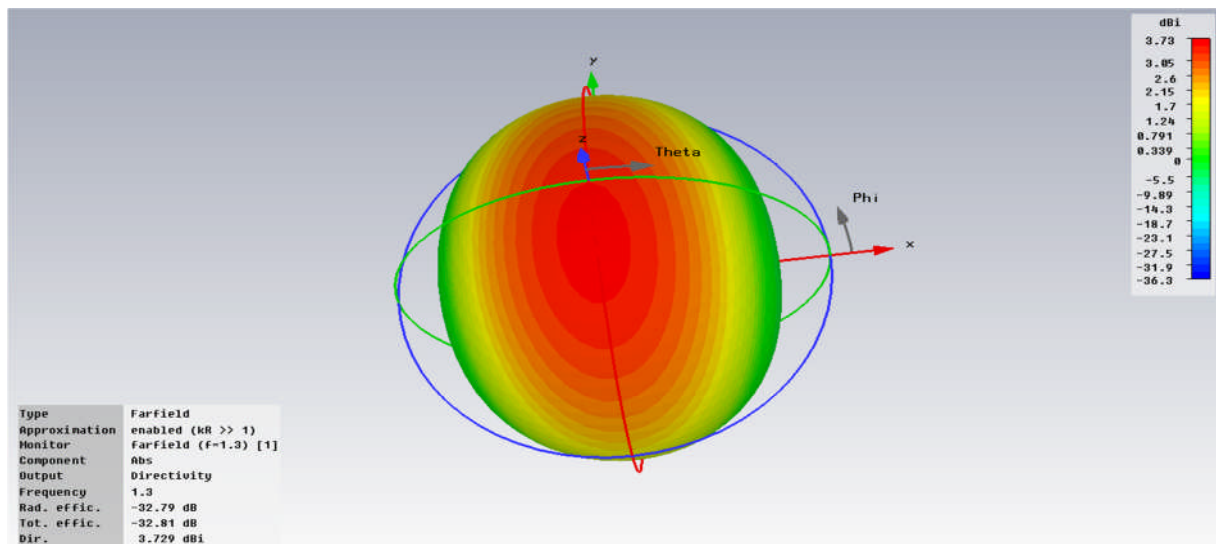


Figure III. 40 : Diagramme de rayonnement en 3D.

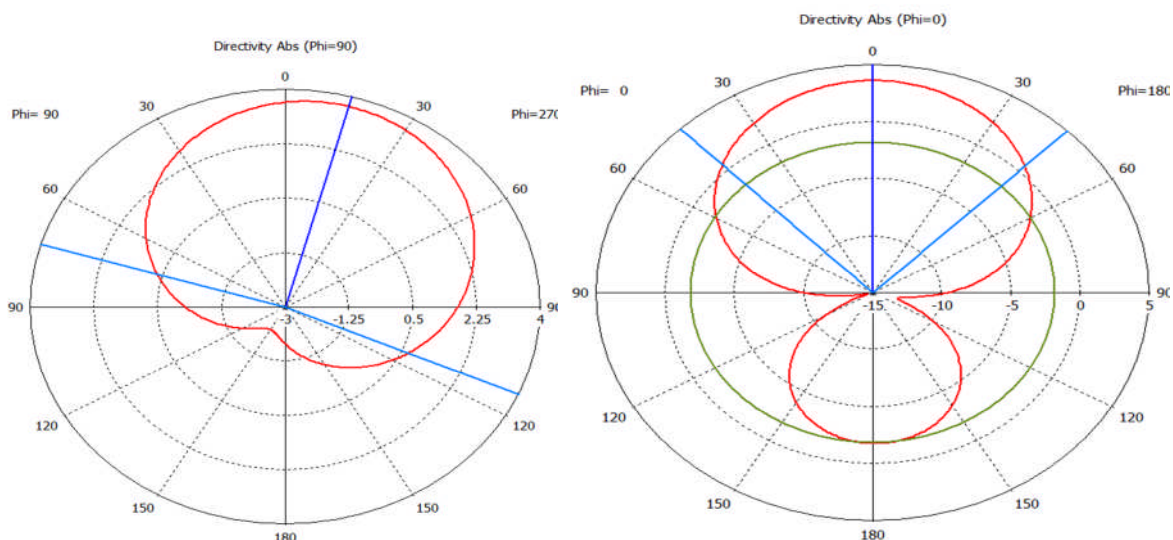


Figure III. 41: Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=0^\circ$ ).

Pour la fréquence  $f=4430\text{MHz}$  les résultats de simulation montrés sur les figures III.42 et III.43.

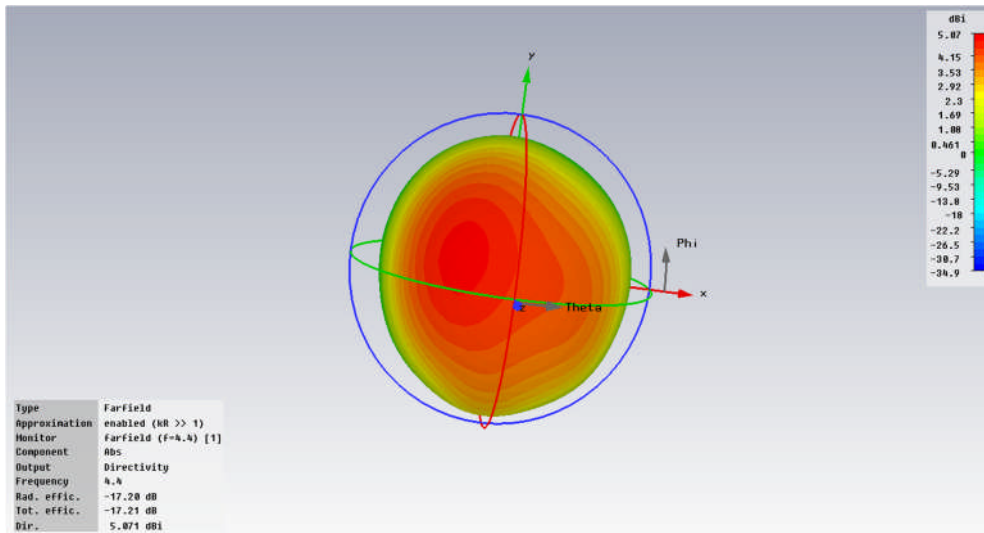


Figure III. 42 : Diagramme de rayonnement en 3D.

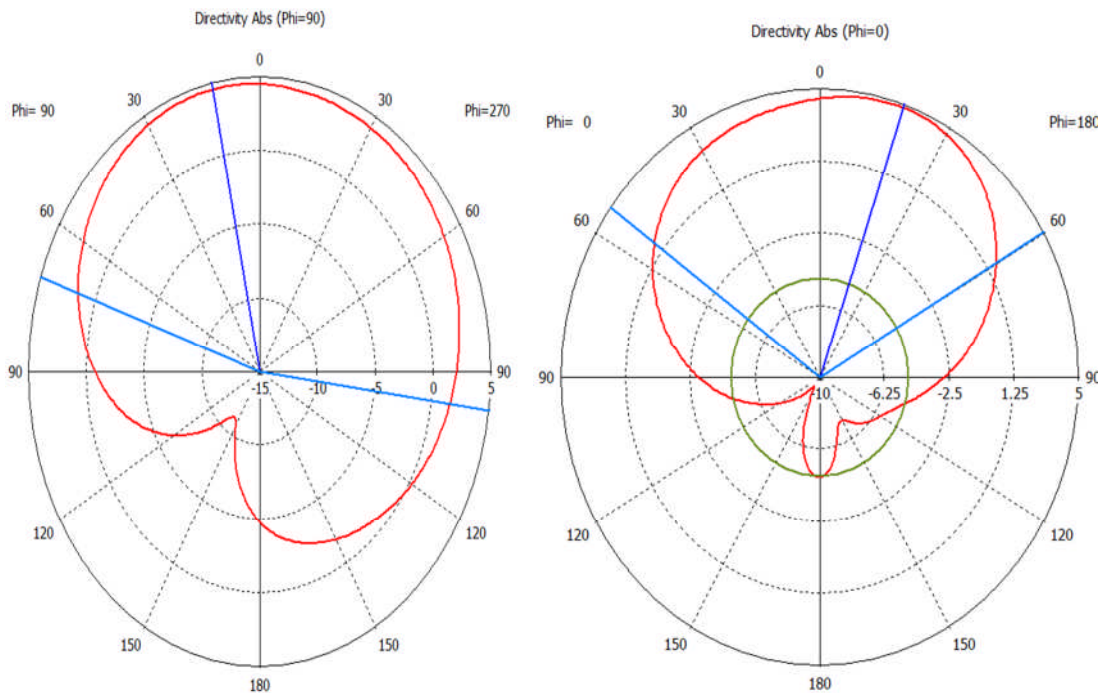
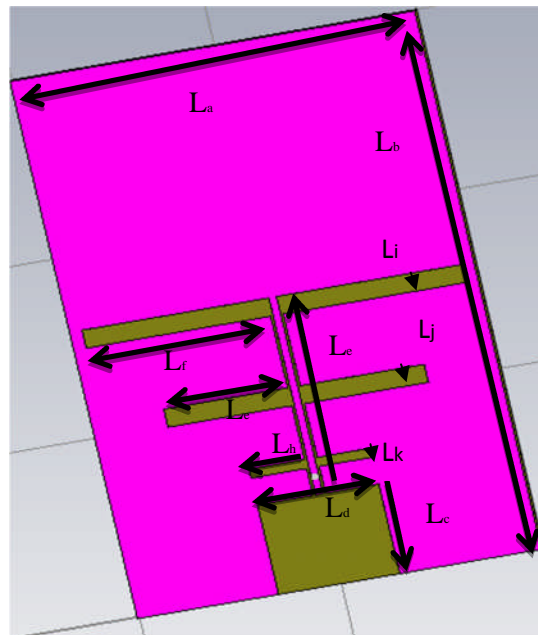


Figure III.43: Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=0^\circ$ ).



### III.17. Conception d'antenne large Bande de base

La configuration proposée de cette antenne qui doit être adaptée aux différentes applications RFID est schématisée sur la figure III. 44.

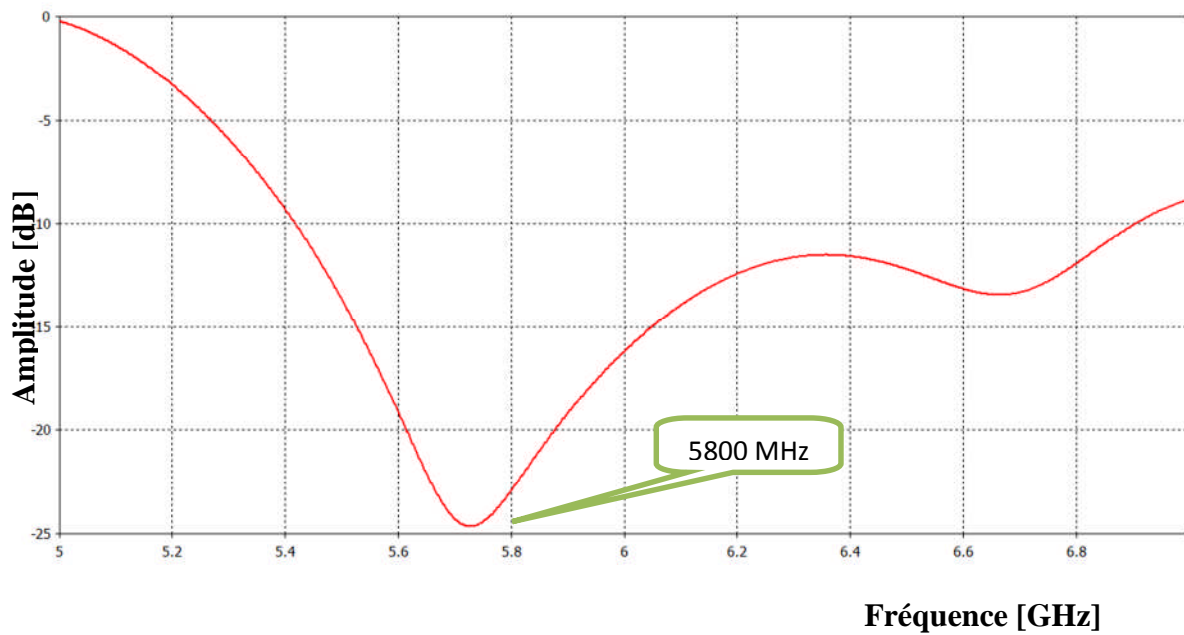


**Figure III .44:** la géométrie de l'antenne fractale proposée

Les résultats de simulation de l'adaptation sont donnés dans la Figure III.45. Les différents paramètres de l'antenne, et pour chaque bande de fréquence, sont détaillés dans le tableau III.7

Dimensions	$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$	$L_f$	$L_j$	$L_h$	$L_i$	$L_j$	$L_k$
Mono Bande (mm)	60	40	10	30	22	18.5	12.5	4.5	12	6	3
Large Bande (mm)	60	40	10	10	22	18.5	12.5	4.5	2	2	1

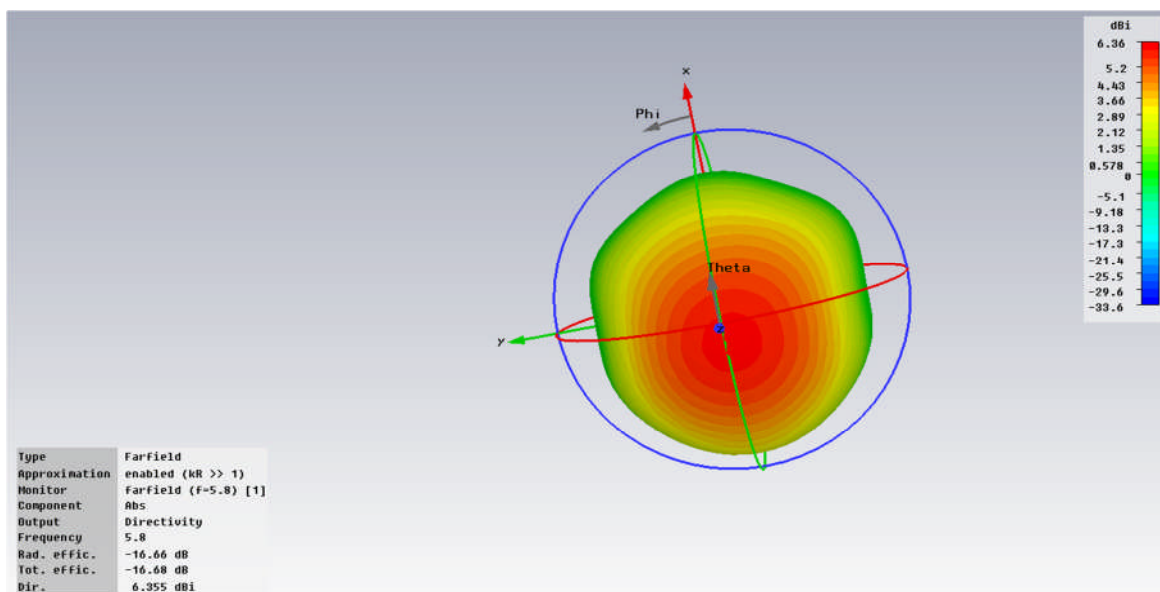
**Tableau III. 7:** Paramètres de l'antenne fractale large bands.



**Figure III. 45:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

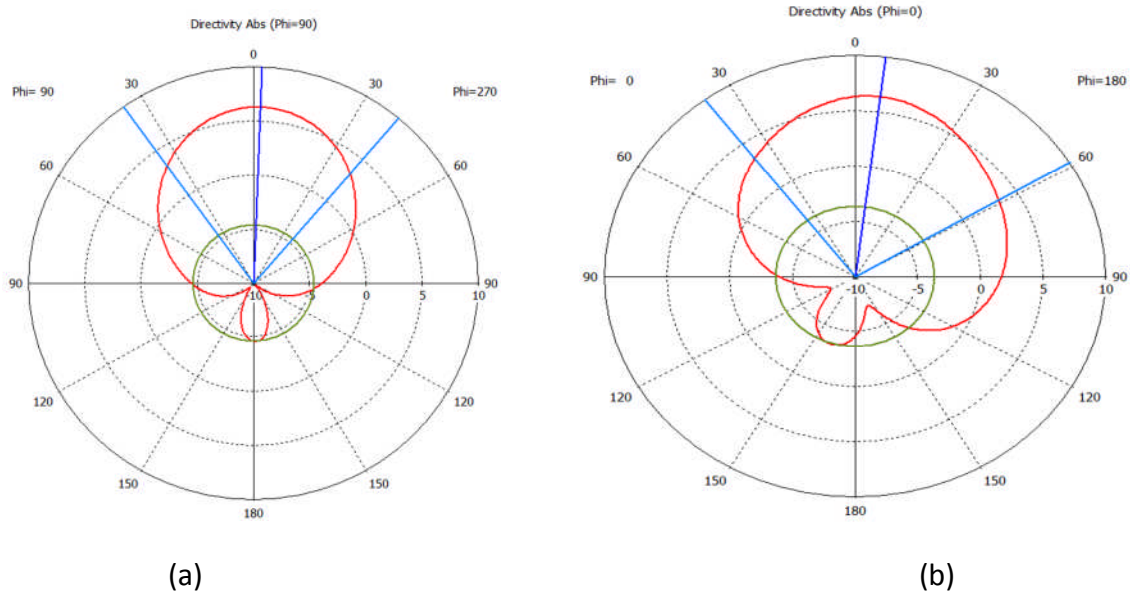
La simulation de la structure par le logiciel cst (figure III.44) donne une large bande passante qui s'étale de 5 GHz à 7 GHz avec une adaptation qui varie autour (-24) dB pour une fréquence de 5800 MHz .

Le diagramme de rayonnement en 3D de l'antenne à la fréquence de 5800MHz est donné sur la figure III.46.



**Figure III .46 :** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

La figure III.47 illustre les diagrammes de rayonnement de l'antenne à la fréquence 5.8 GHz sur le plan E et H. Le Rayonnement est bidirectionnel, le lobe principal se dirige aux alentours de 0 et de 180 degrés.



**Figure III .47:** Diagramme de rayonnement en polaire ( (a) :  $\phi=90^\circ$ , (b) :  $\phi=0^\circ$ ).

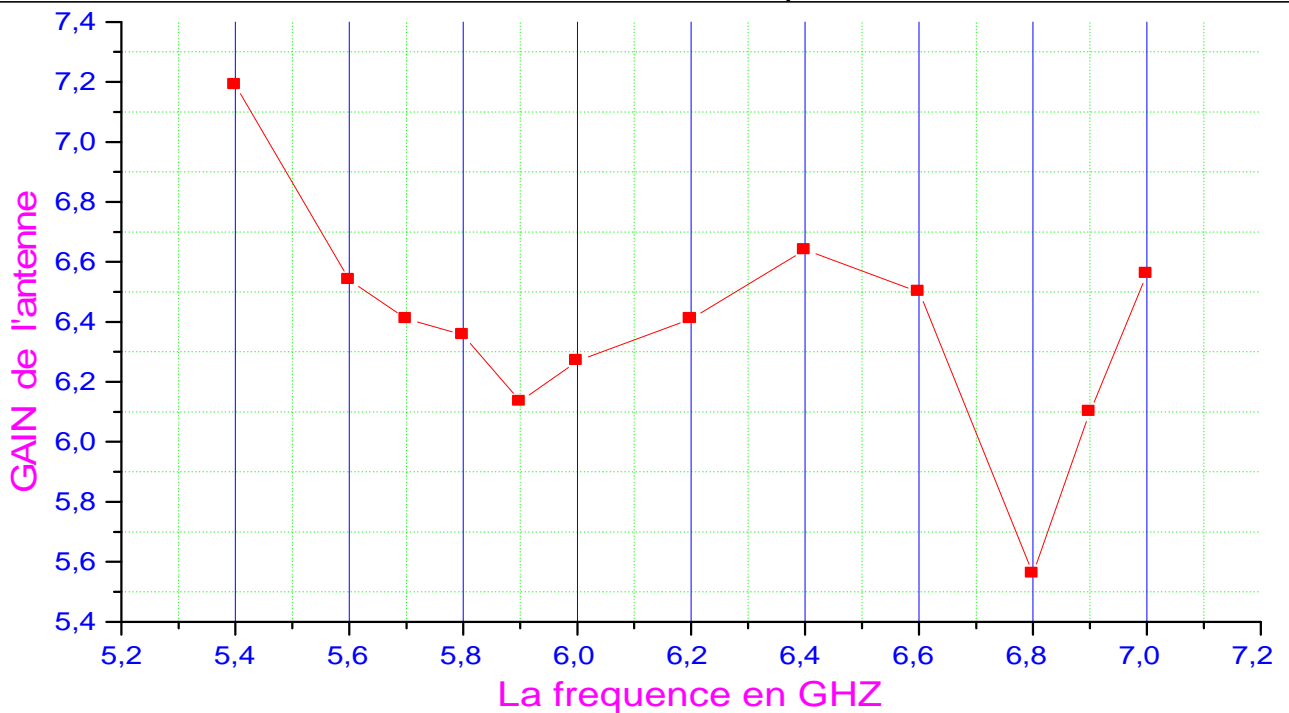
### III.17.1. La variation de Gain en fonction de la fréquence résonance RFID

Nous avons trouvé interer de d'ériger vers une étude des performances de notre antenne, Le tableau suivant montre la variation de gain d'antenne large bande a partire de changement de son fréquence et nous avons arrivé a ces résultats :

Fréquence	5.4	5.6	5.7	5.8	5.9	6	6.2	6.4	6.8	6.9	7
GHZ											
Gain (dB)	7.19	6.54	6.41	6.35	6.13	6.27	6.41	6.64	6.5	6.10	6.56

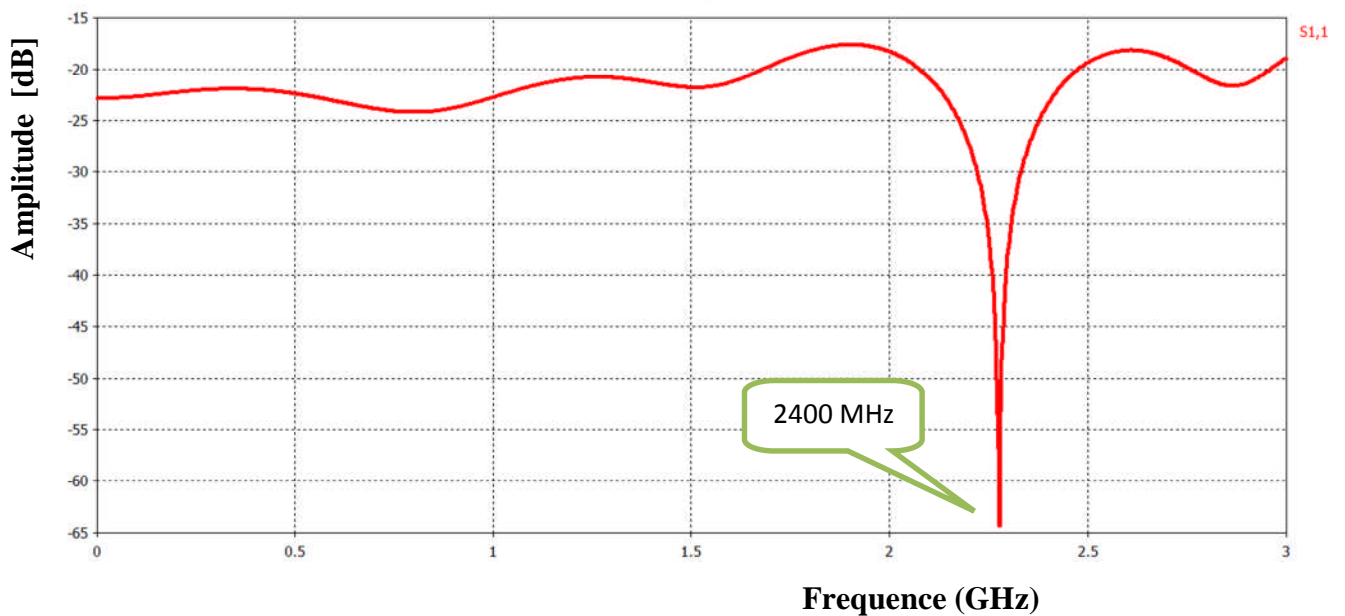
**Tableau III. 8:** la variation de Gain de l'antenne fractale.

la visualisation de Gain en fonction de la fréquence de resonance RFID



**Figure III.48** :le gain d'antenne fractale large bands.

Nous avons joué sur les parametres de l'antenne pour arrivé a un fonctionnement mono bande, les resultats de simulation sont illustrés dans la figure III.49 .



**Figure III. 49:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de la fréquence.

La simulation de la structure par le logiciel cst (figure III.48) donne un coefficient de réflexion avec un pic qui varie autour de (-65) dB pour une fréquence de 2400 MHz .

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans à la fréquence de 2400MHz est représenté par la figure III.50 ce qui donne un rayonnement omnidirectionnel, se résultat est bien visible sur le tracé en 3 D.

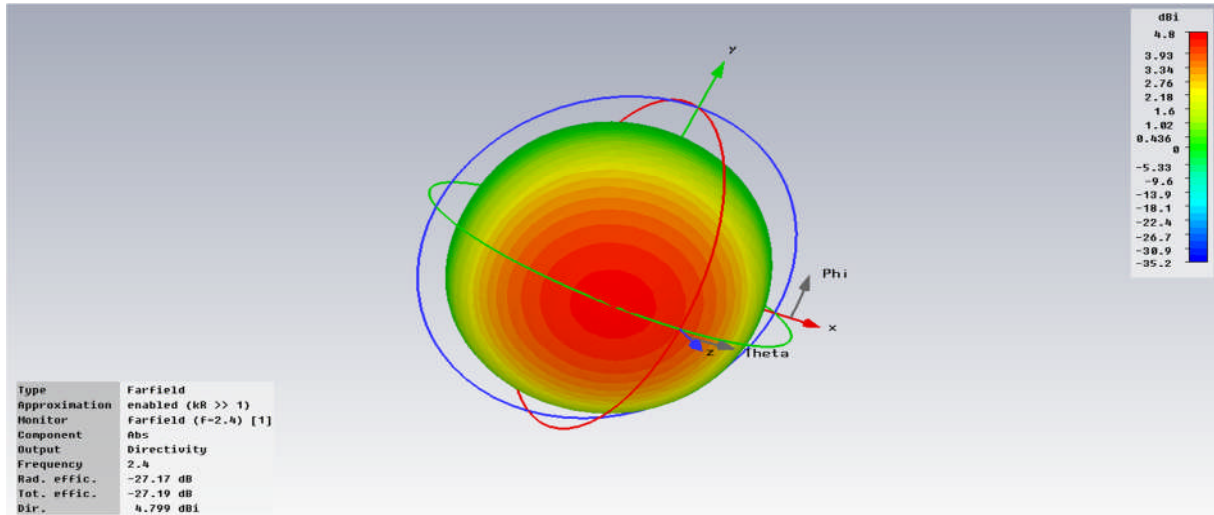


Figure III.50 : Diagramme de rayonnement en 3D.

### III.18. Conception d'antenne Tri bandes de base

Le fonctionnement Multi bande est très attrayant, du fait qu'avec une seule antenne nous puissions servir plusieurs applications en même temps. Nous proposons quelques structures d'antennes pouvons réalisée trois bandes de fréquence de résonance.

#### III.18.1 Antenne fractale d'ordre 0

L'antenne fractale d'ordre 0 est représentée dans la figure III.51.

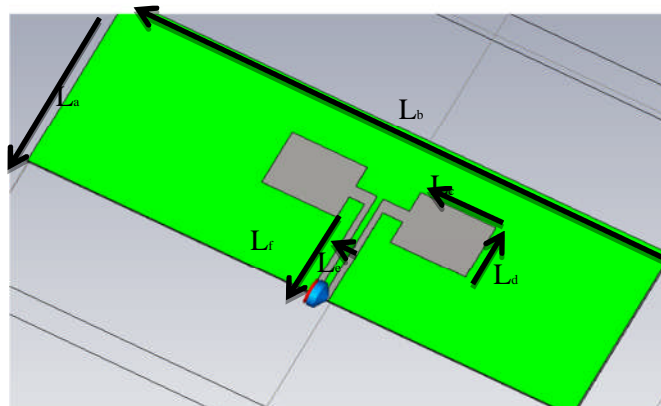


Figure III.51 : Géométrie de l'antenne fractale Multi bands.

Les résultats d'adaptation de cette antenne sont donnés dans la Figure.III.52. Les différents paramètres obtenus sont détaillés dans le tableau III.9:

Dimensions (mm)		$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$	$L_f$
Multi bands (GHz)		90	30	12.4	9.25	18.5	1
0.9	3.9						5.8

Tableau III. 9: Paramètres de l'antenne fractale

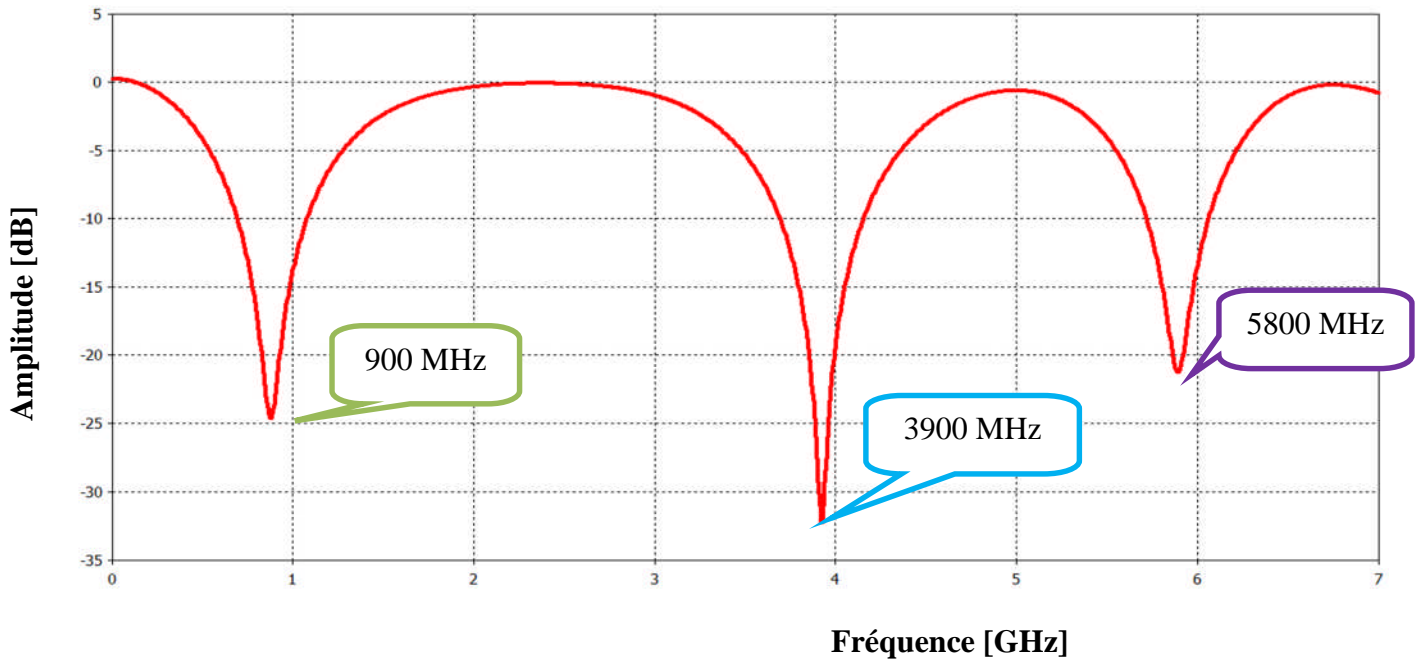
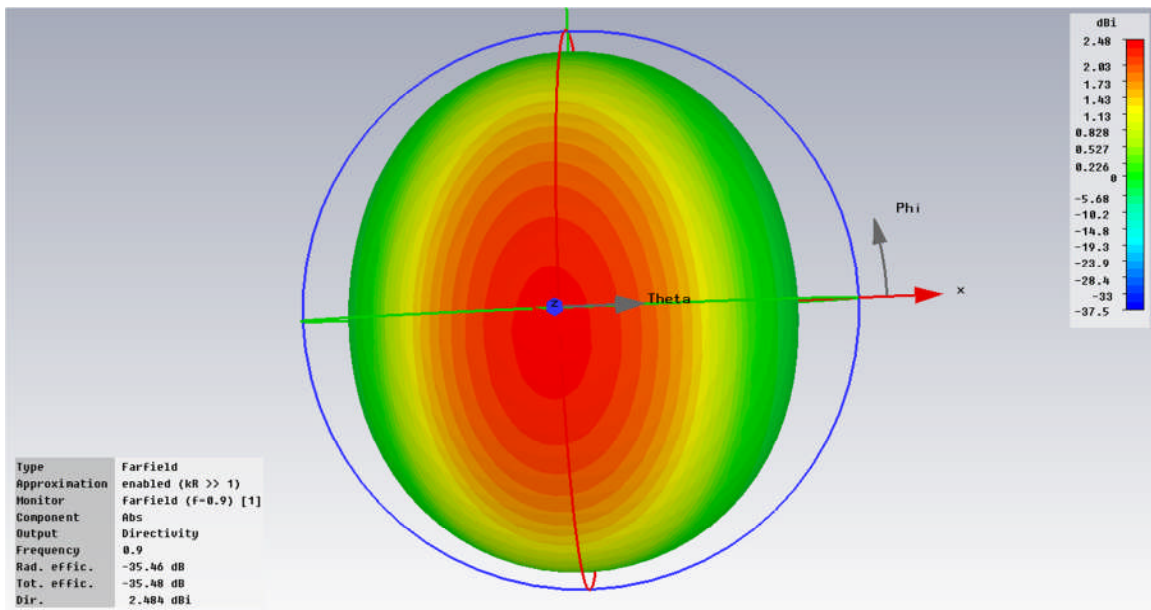


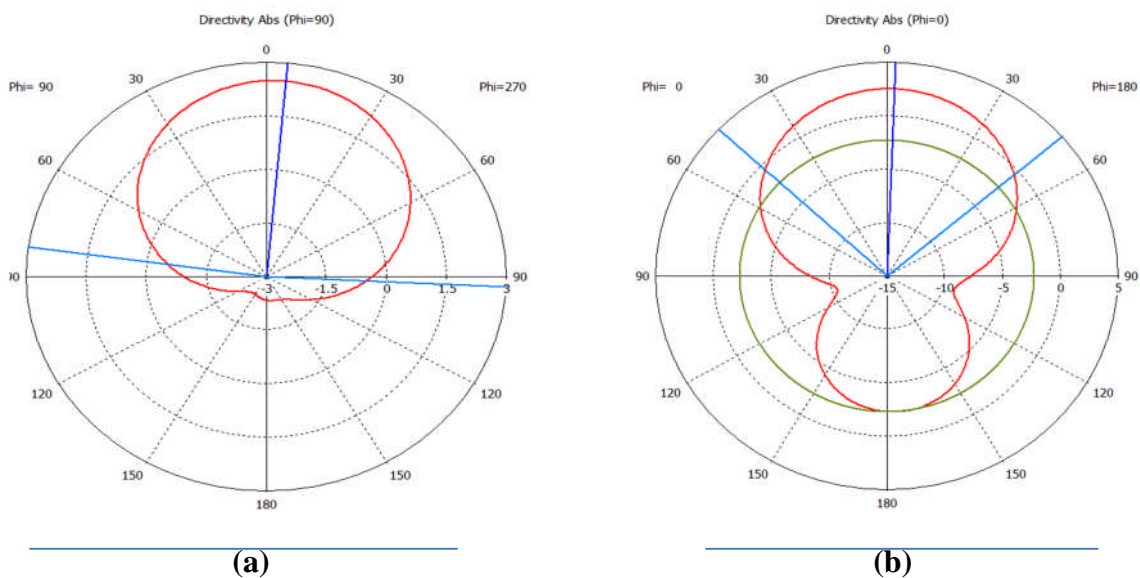
Figure III. 52: Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

Le niveau d'adaptation aux trois fréquences de résonance est acceptable. L'antenne ainsi conçue présente, à 900 MHz, un gain de 2.48 dB avec un pic de -24 dB, un gain de 8.17 dB à 3900 MHz avec un pic de -21dB, et un gain de 2.48 dB avec un pic de -33 dB à la fréquence de 5800 MHz. Le diagramme de rayonnement à la fréquence de 900 Mhz est tracé en 3D dans la figure III.53.



**Figure III.53 :** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

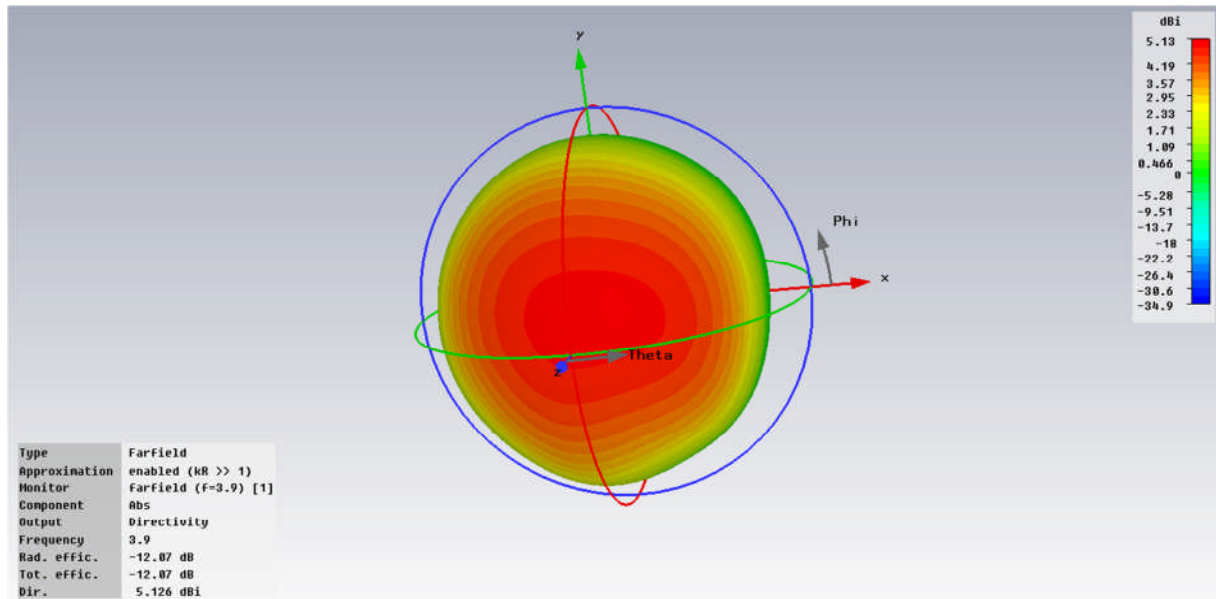
Les diagrammes de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence 900 MHz sont représentés dans la figure III. 54.



**Figure III.54:** Diagramme de rayonnement en polaire (( a) : phi=90°, (b) : phi=0°).

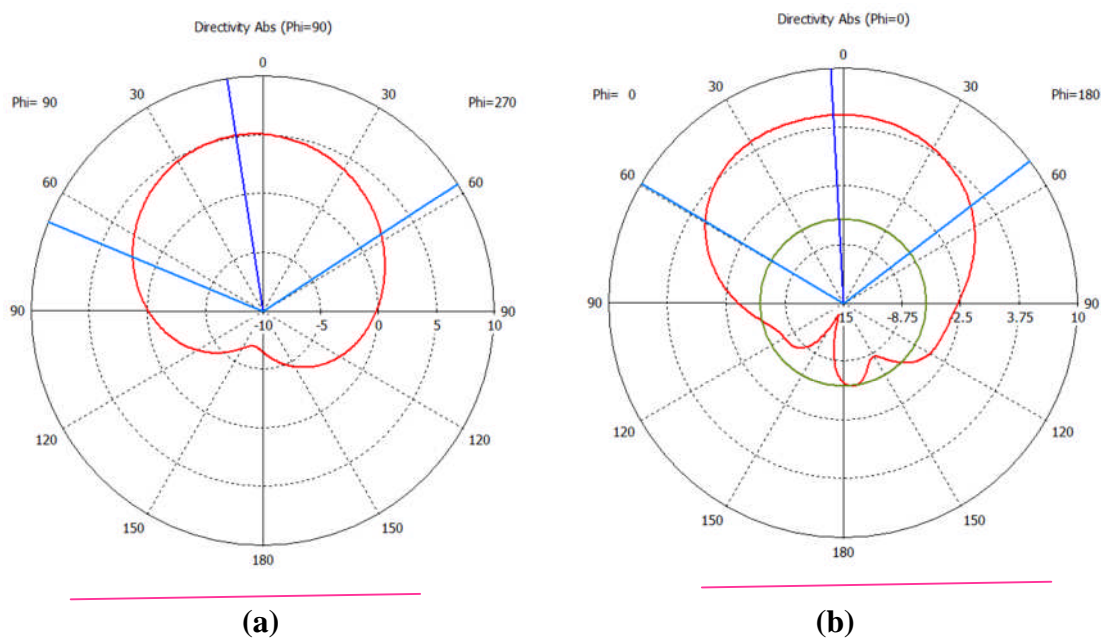
Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 3.9GHz est illustré sur la figure III. 55.





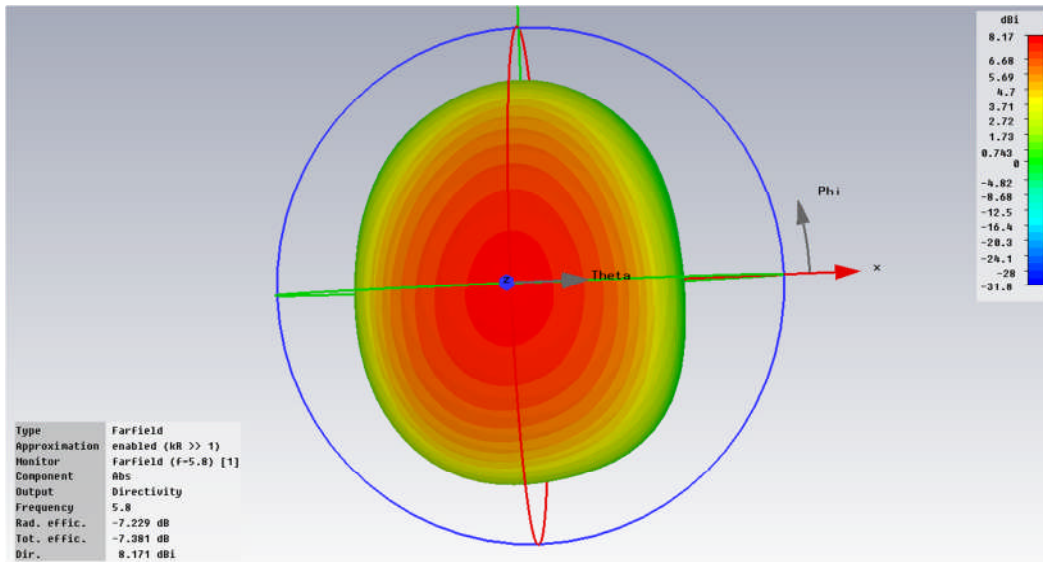
**Figure III.55 :**Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Les diagrammes de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence 3.9 GHz sont représentés dans la figure III.56.



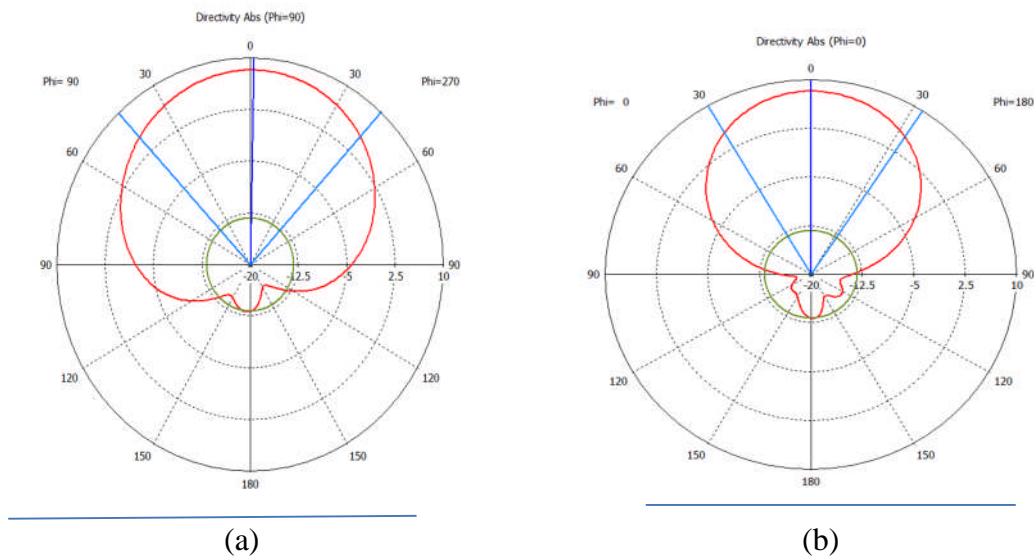
**Figure III. 56:** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : phi=90°, (b) : phi=0°).

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 5.8 GHz est illustré sur la figure III. 57.



**Figure III.57.** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Les diagrammes de rayonnement de l'antenne tracés pour les différents plans E et H à la fréquence 5.8 GHz sont représentés dans la figure III.58.



**Figure III. 58:** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) :  $\phi=90^\circ$ , (b) :  $\phi=0^\circ$ ).

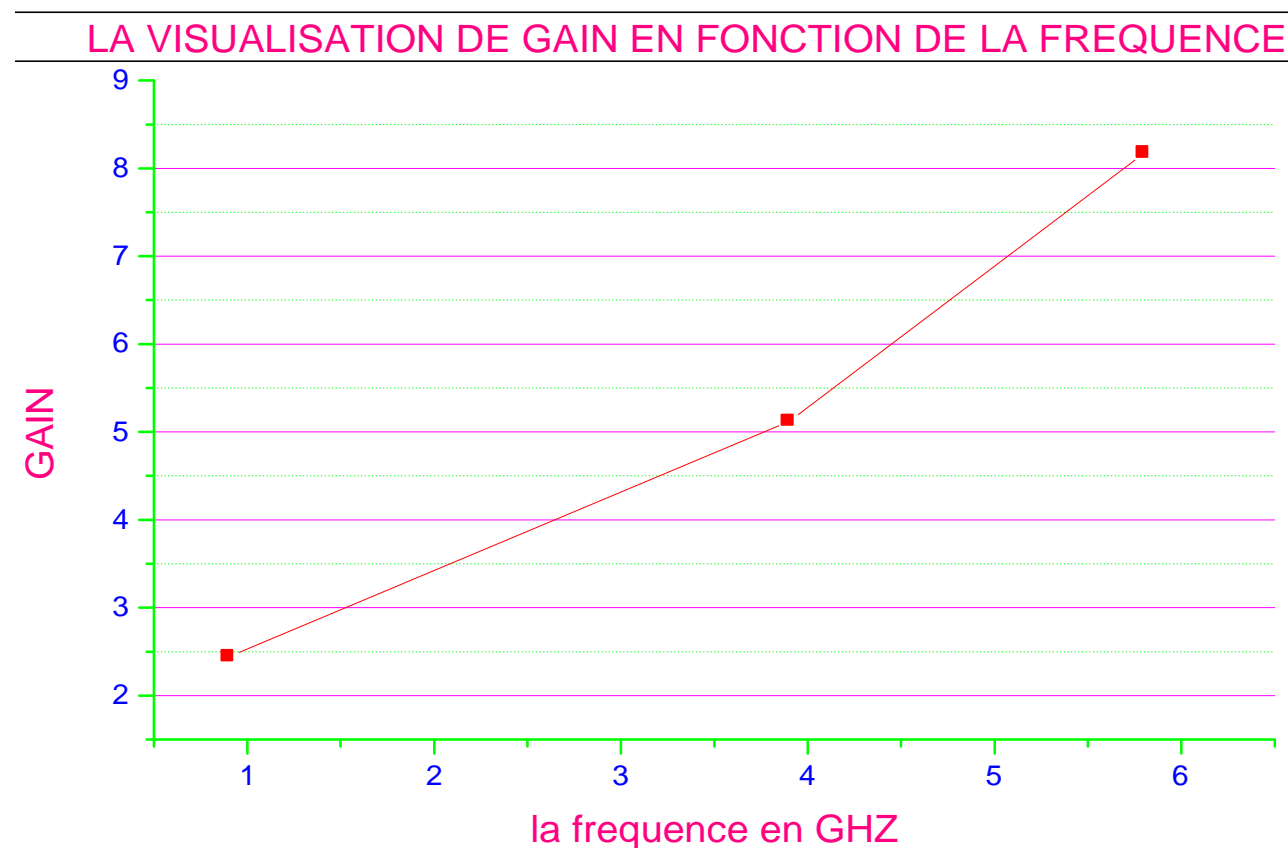
### III.18.2. LA visualisation de Gain en fonction de la fréquence de résonance de la structure 0

La pense est dirigée vers la visualisation de gain en fonction de la fréquence de résonance et nous avant arrivé à ces résultats :

Fréquence (GHZ)	Gain (dB)
0.9	2.48
3.9	5.12
5.8	8.17

**Tableau III.10** :la vriation de gain en fonction de la fréquence

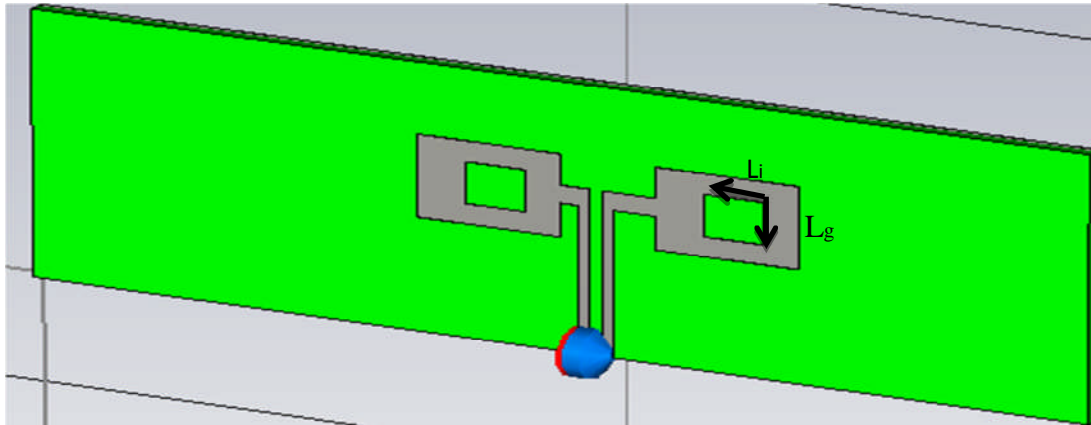
Nous avant remarqué que plus on augmante la fréquence de raisonnance RFID on ameliore le gain d'antenne ,la figure suivante montre une meilleur précision de nos resultats de simulation :



**Figure III.59** : le gain d'antenne TRI bands ordre 0.

### III.18.1 Antenne fractale d'ordre 1

Cette deuxième antenne fractale étudiée est basée sur le tapi serspenski d'ordre 1 (figure III.60).



**Figure III.60:** Géométrie de l'antenne fractale Multi bande.

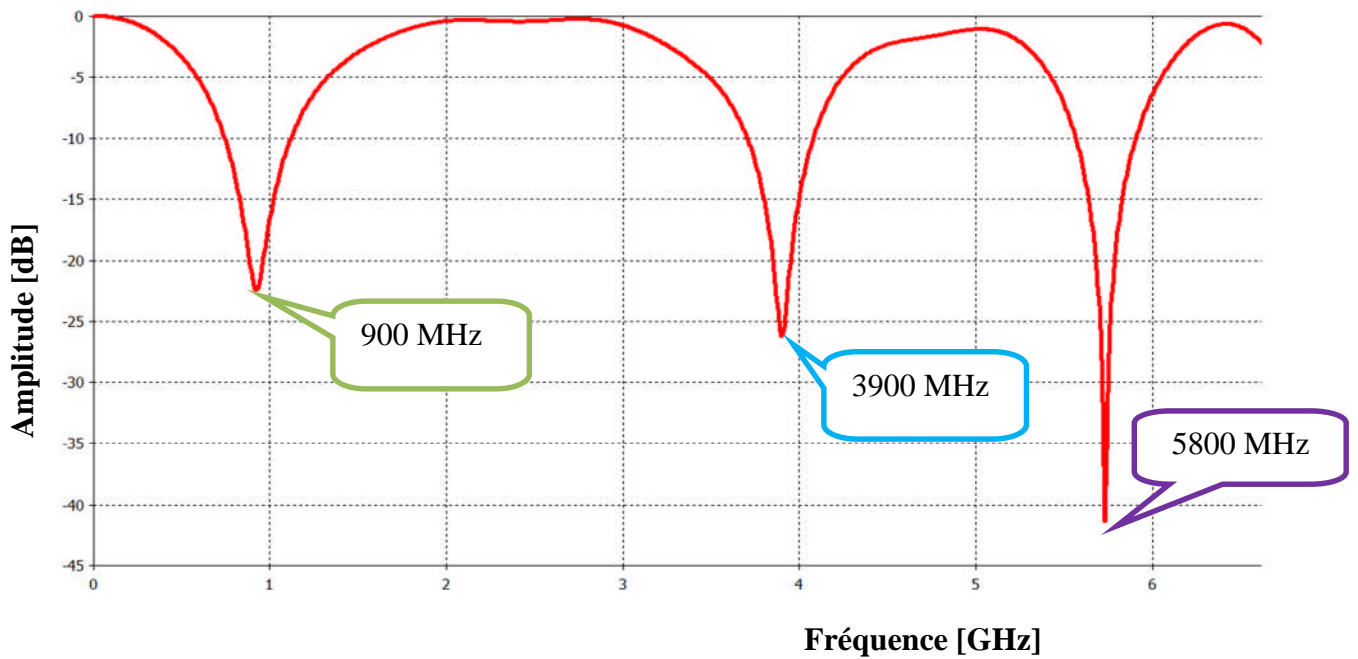
Les différents paramètres de l'antenne sont détaillés dans le tableau III.11.

Dimensions (mm)	$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$	$L_f$	$L_g$	$L_i$
Multi bands GHz	90	30	12.4	9.25	18.5	1	5.4	
0.9	3.9	5.8						

**Tableau III. 11:** Paramètres d'antenne fractale

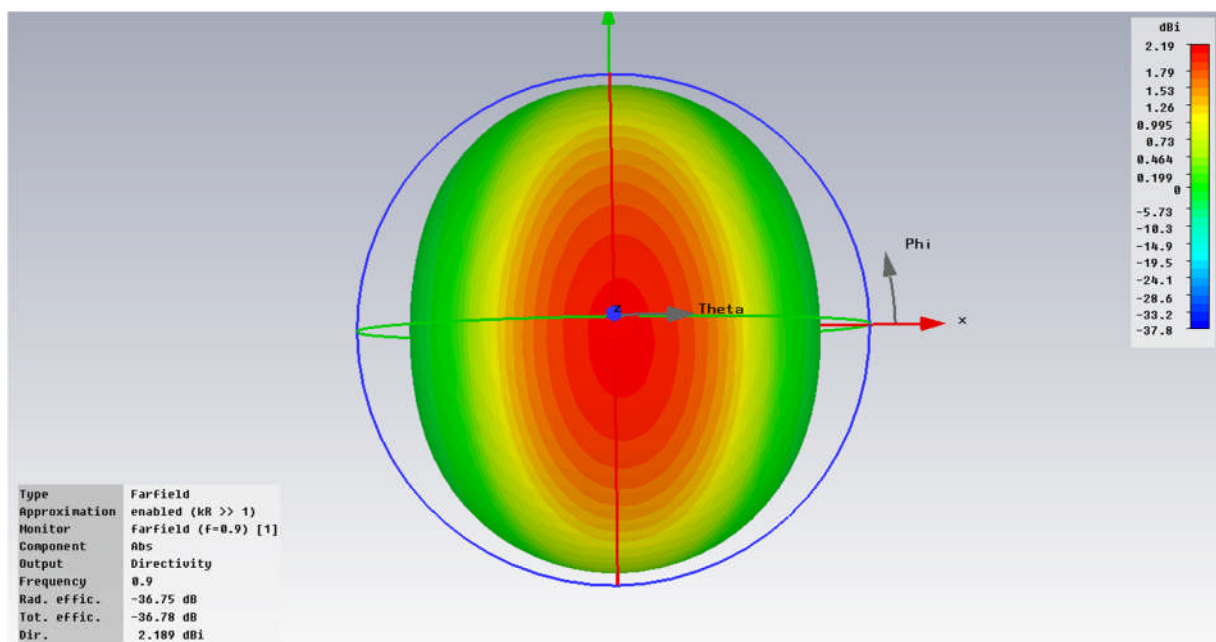
Nous avons simulé l'antenne fractale à l'aide du logiciel CST, les résultats obtenus pour la norme RFID opérant dans les fréquences de résonances  $f=900$  MHz,  $f=3900$  MHz,  $f=5800$  MHz.

La variation du coefficient de réflexion est représentée la figures III.61 dans la gamme de fréquence [ 0-7 GHz ].



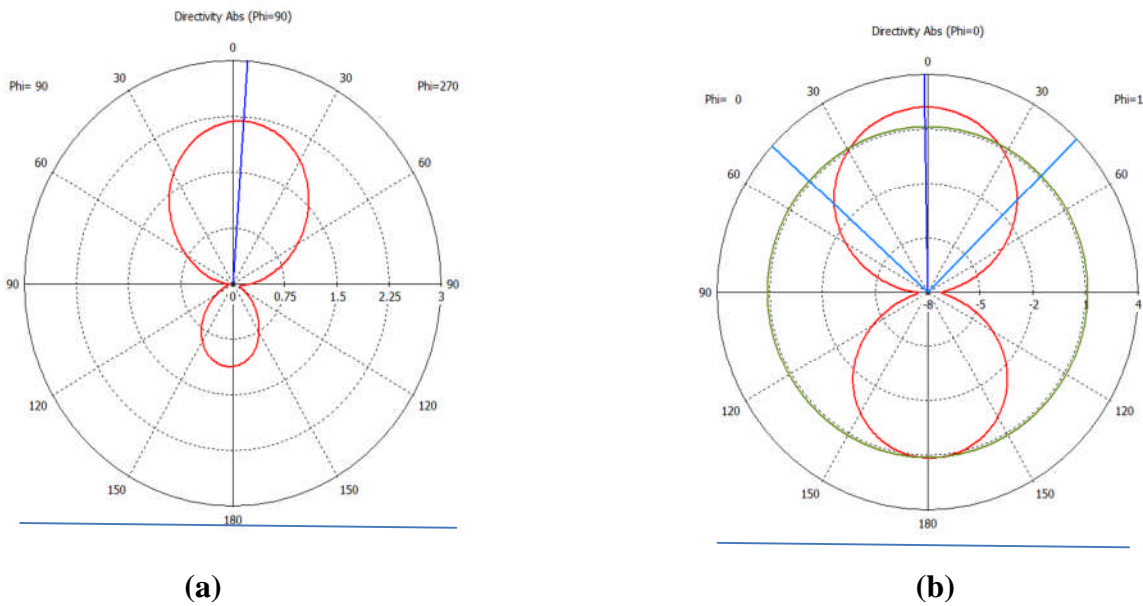
**Figure III. 61:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence.

D'après cette figure III.61, le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=900$  MHz est de l'ordre de  $-23$ dB, celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=3900$  MHz est de l'ordre de  $-26$  dB et celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=5800$  MHz est de l'ordre de  $-42$  dB. Ceci confirme les bons résultats obtenus en termes d'adaptation. Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 900 MHz est illustré sur la figure III.62.



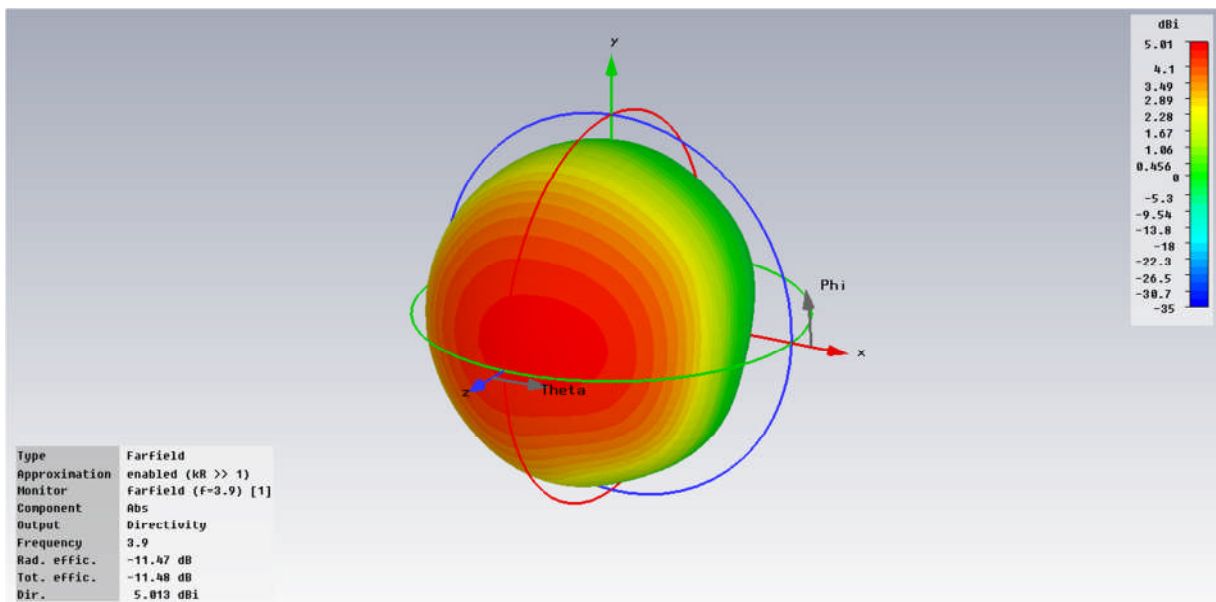
**Figure III.62:** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 0.9 GHz est représenté par la figure III.63.



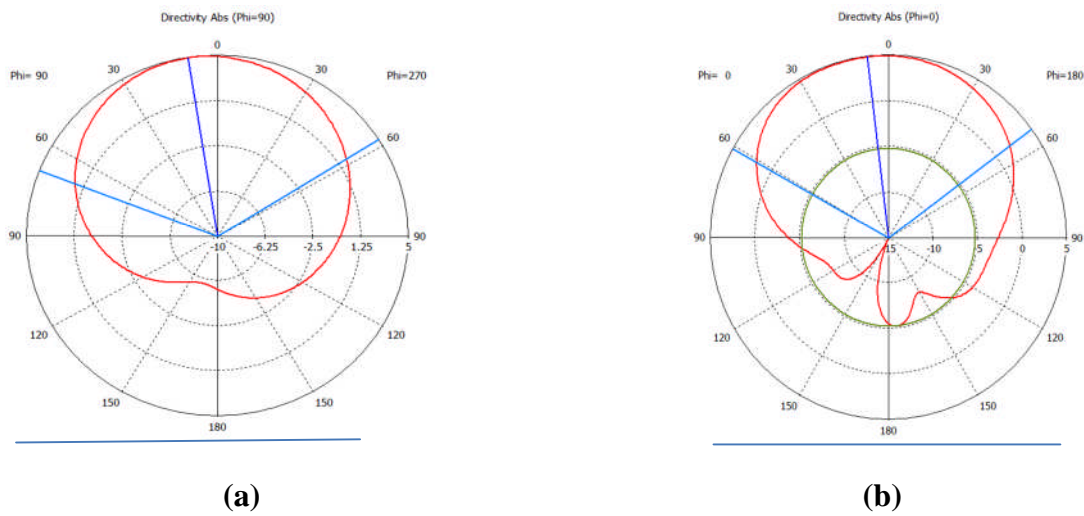
**Figure III. 63 :** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ).

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 3900MHz est illustré sur la figure III. 64.



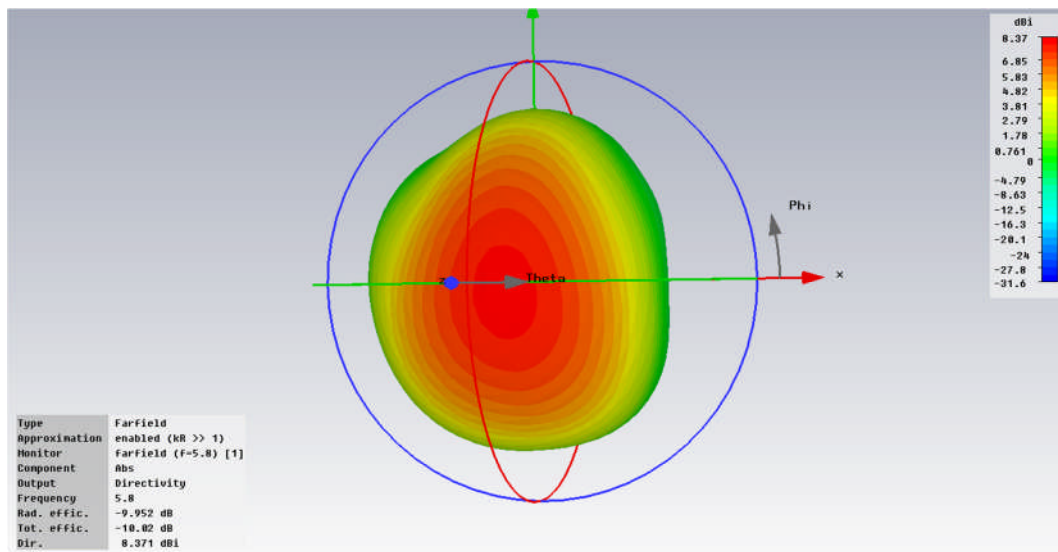
**Figure III.64:** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 3.9 GHz est représenté par la figure III. 65.



**Figure III. 65:** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ).

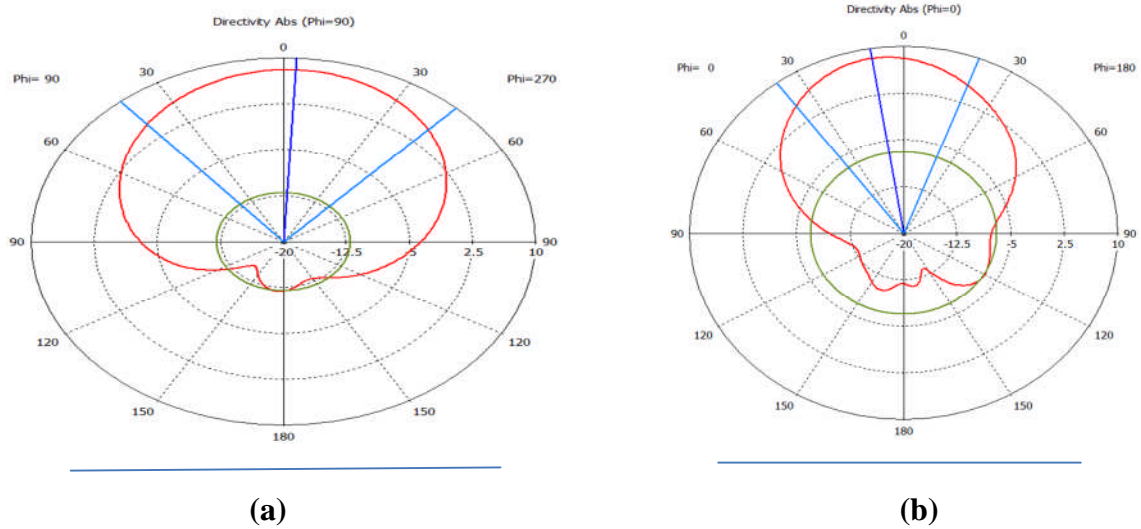
Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 5800MHz est illustré sur la figure III.66.



**Figure III.66:** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 5.8 GHz est représenté par la figure III.67.

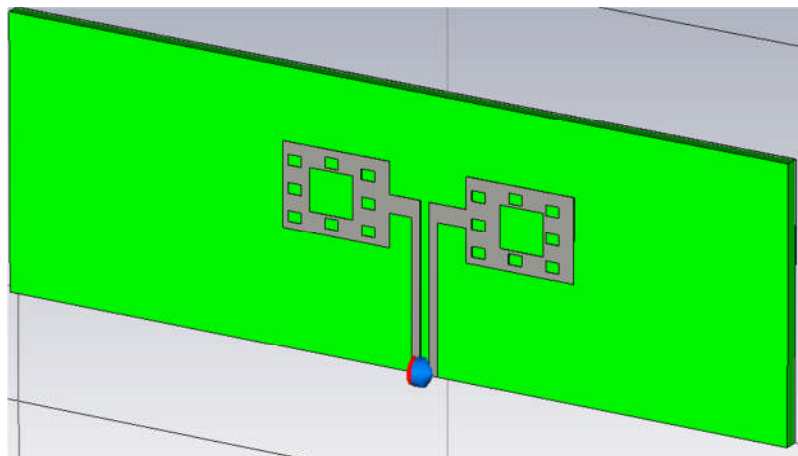




**Figure III. 67:** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ).

### III.18.2. Antenne fractale d'ordre 3

La configuration proposée de cette antenne qui doit être adaptée aux différentes applications pour le system RFID est schématisée sur la figure III.68.

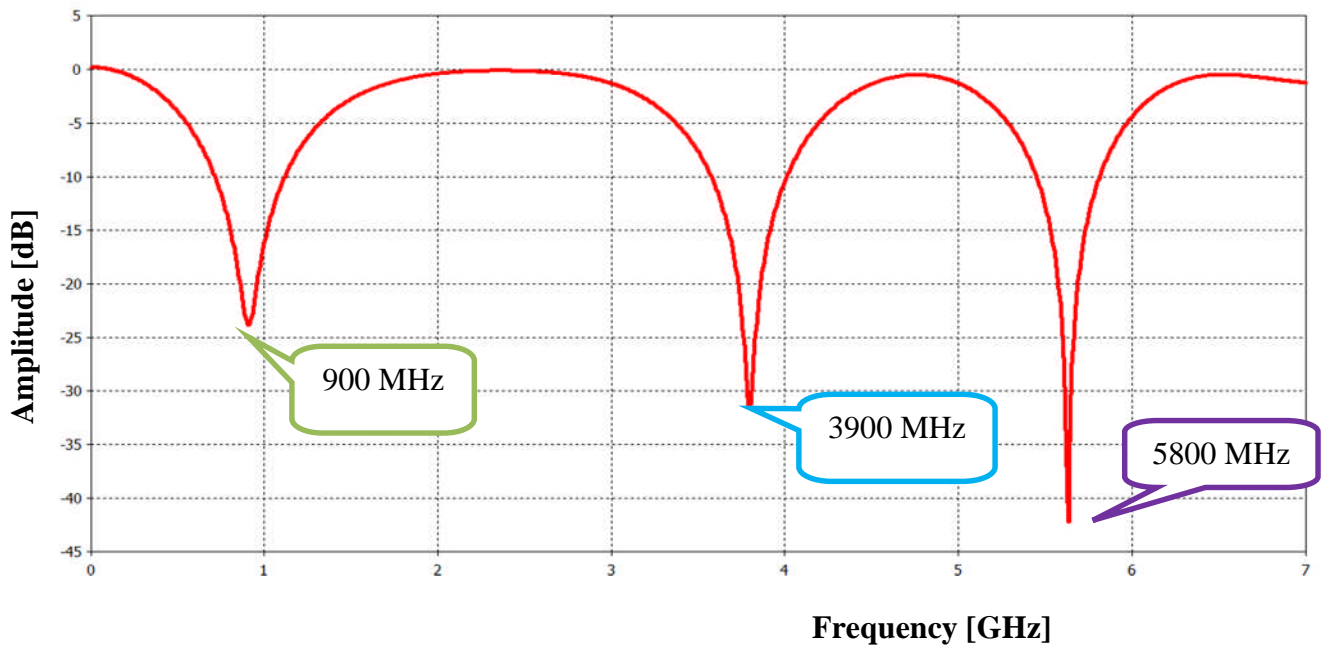


**Figure III.68:** Géométrie de l'antenne fractale Multi bands.

La variation du coefficient de réflexion est représentée dans la Figure.III.69. Les différents paramètres d'antenne sont détaillés dans le tableau III.12 :

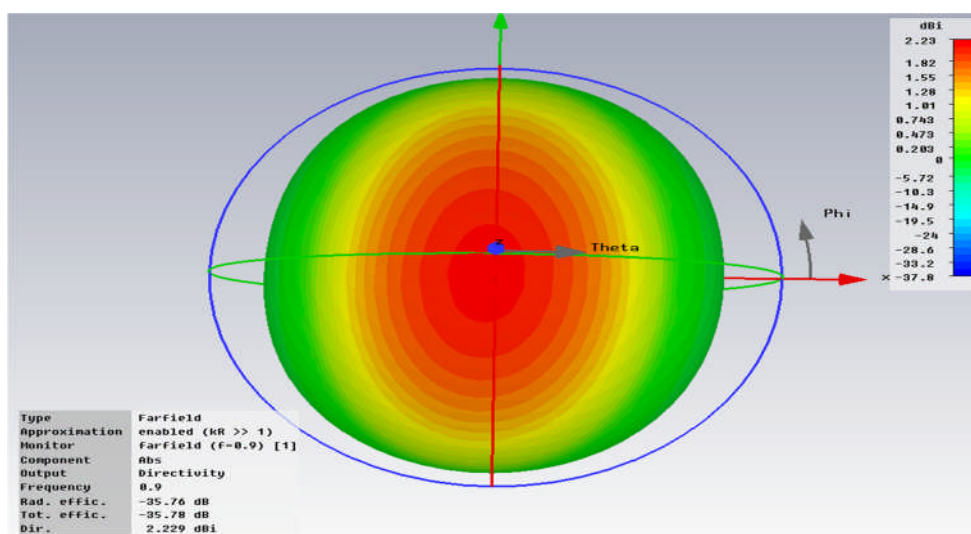
Dimensions (mm)	$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$	$L_f$	$L_k$	$L_h$	$L_i$	$L_g$
Multi bands	90	30	12.4	9.25	18.5	1	1.45	1.15	5	4.7

**Tableau III. 12:** Paramètre de l'antenne fractale



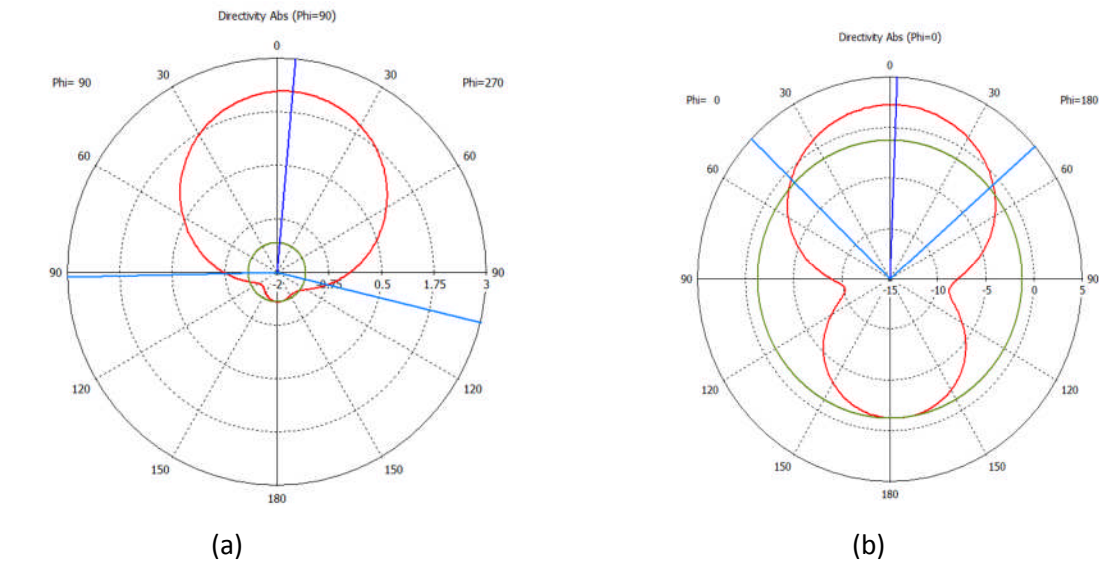
**Figure III. 69 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

D'après cette figure. III. 69, le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=900$  MHz est de l'ordre de  $-24$ dB, celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=5800$  MHz est de l'ordre de  $-43$ dB et celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=3900$  MHz est de l'ordre de  $-31$  dB. Ceci confirme les bons résultats obtenus en termes d'adaptation. Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 900 MHz est illustré sur la figure III. 70.



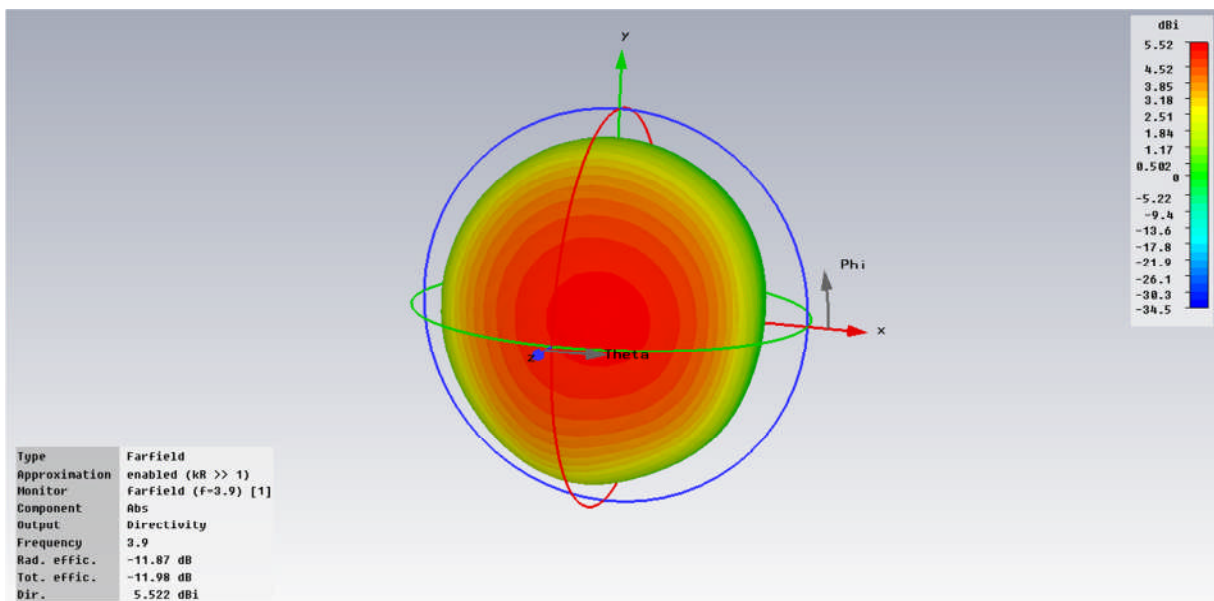
**Figure III.70:** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 0.9 GHz est représenté par la figure III. 71.



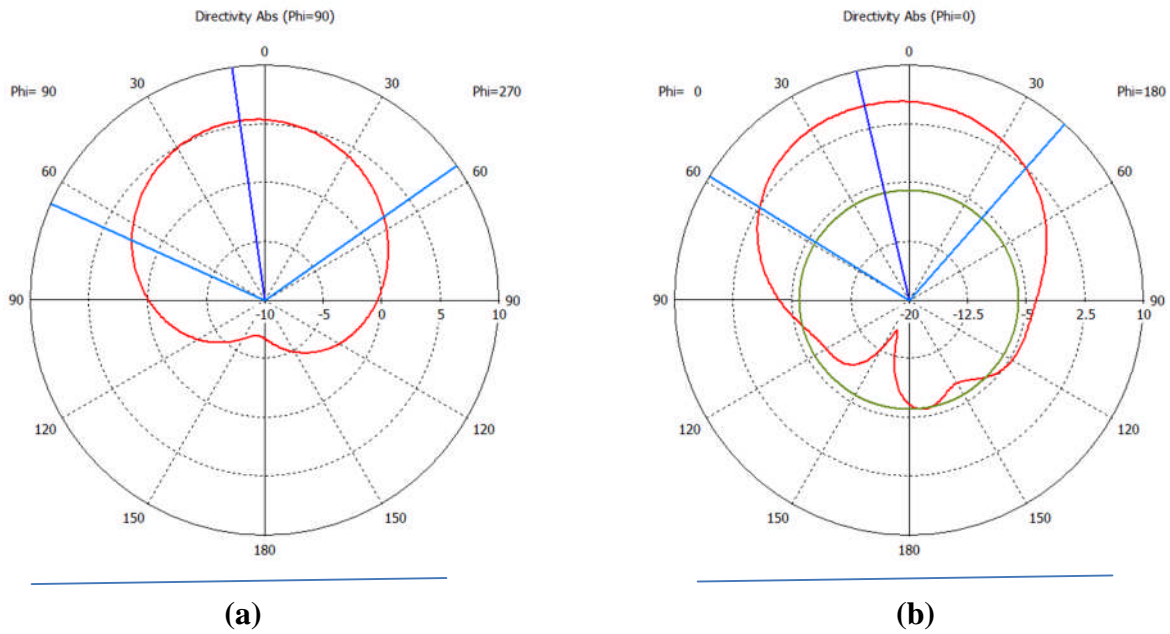
**Figure III. 71:** Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=0^\circ$ ).

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 3900 MHz est illustré sur la figure III. 72.



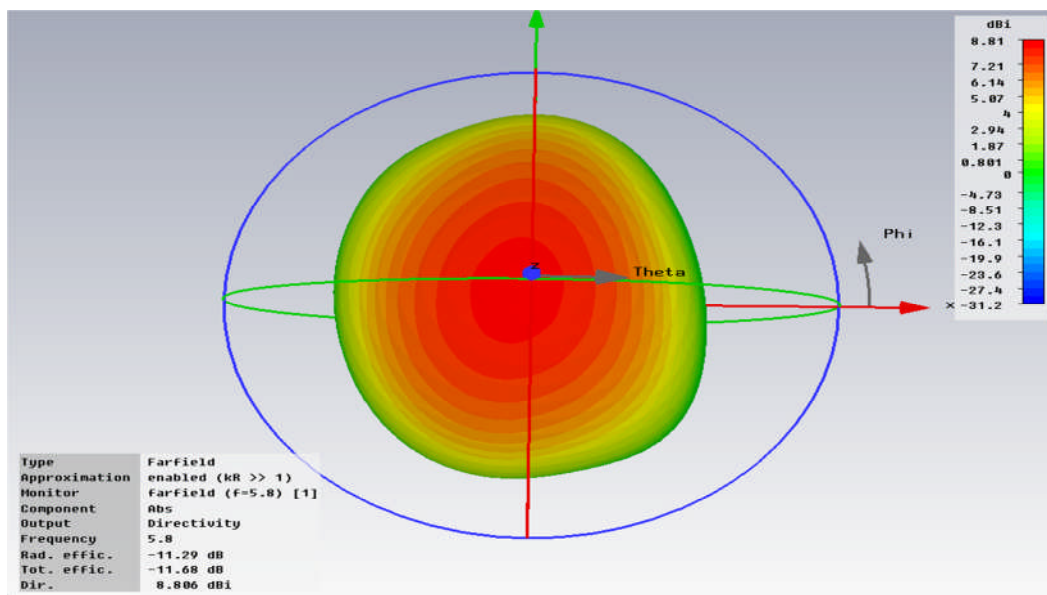
**Figure III.72 :** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 3.9 GHz est représenté par la figure III. 73.



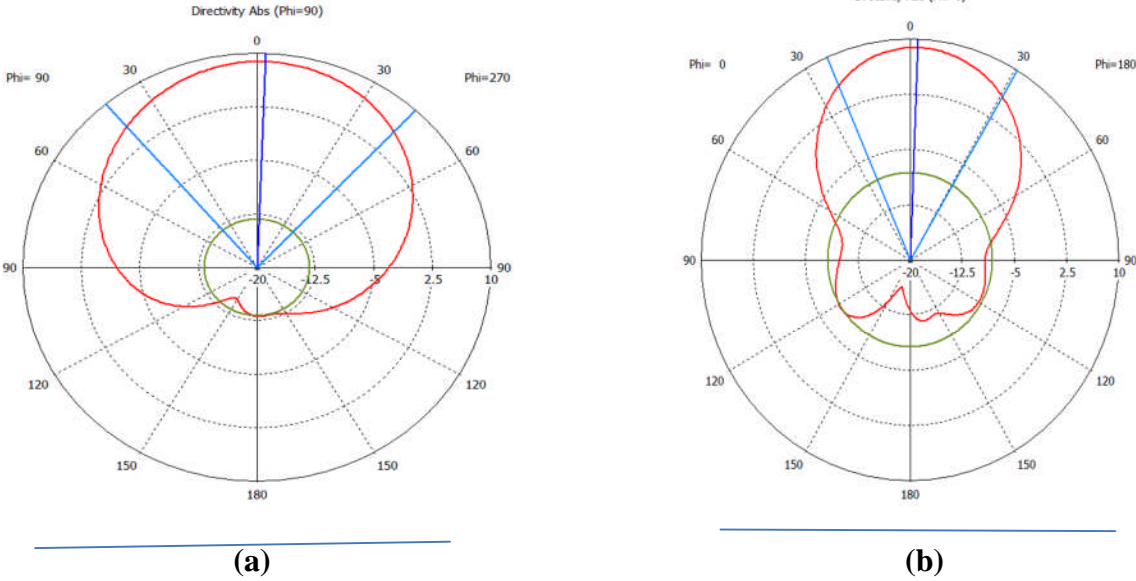
**Figure III. 73 :** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) :E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ ).

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 5800 MHz est illustré sur la figure III. 74.



**Figure III.74 :** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 5,8 GHz est représenté par la figure III. 75.



**Figure III. 75:** Diagramme de rayonnement en polaire ((a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ ).

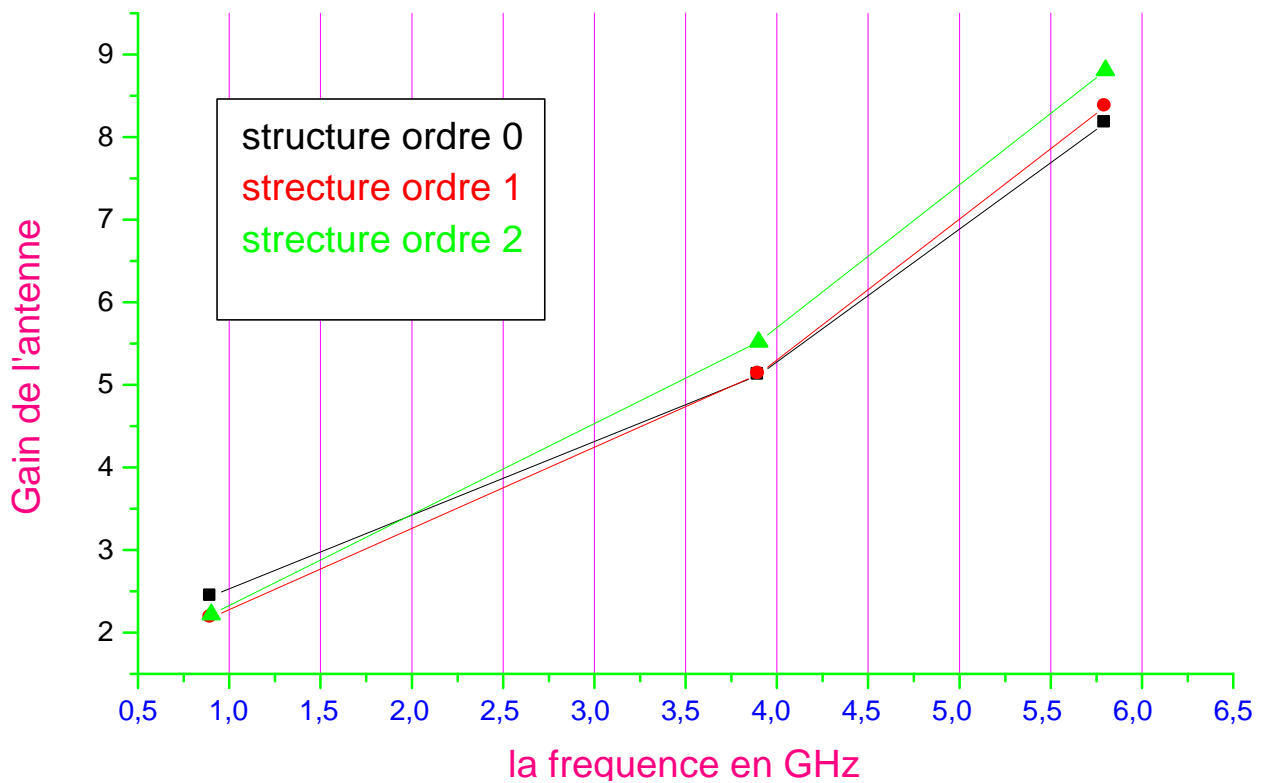
### III.18.2.1. La variation de GAIN en fonction de la fréquence

Nous avons effectué une étude comparative du Gain pour les différentes structures d'antennes fractale dédiée aux applications RFID Multi bands, cette étude basé sur la variation de gain en fonction de la fréquence de résonance, les résultats sont représenté sur le tableau suivant :

Fréquence GHZ	Gain (dB)		
	Ordre 0	Ordre 1	Ordre 2
0.9	2.48	2.18	2.22
3.9	5.12	5.13	5.52
5.8	8.17	8.37	8.82

**Tableau III.13 :** la variation de gain en fonction de la fréquence

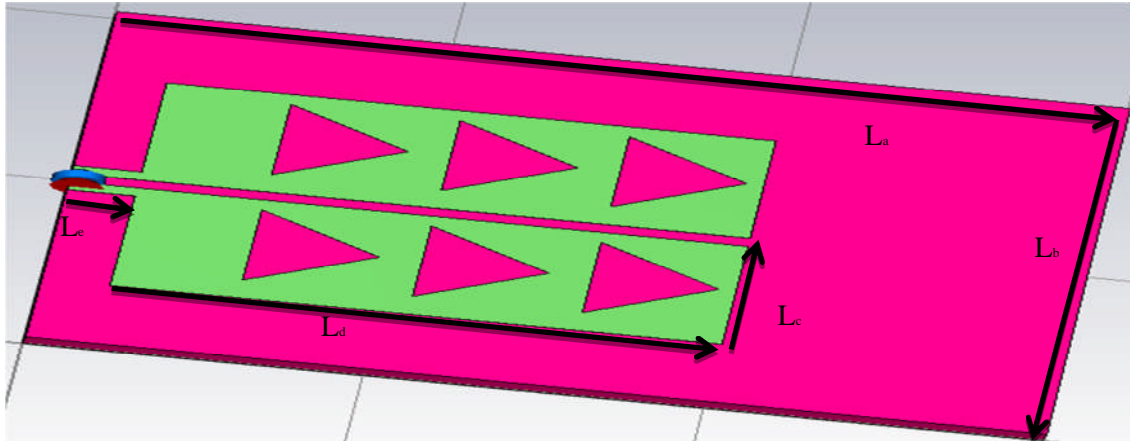
D'après cette figure on constate qu'il y a une amélioration de Gain, ce qui est dû à l'application de ces techniques de fractalisation qui influent sur le rendement de nos antennes.



**Figure III. 76 :** La visualisation de Gain de différent structure fractal

### III.19. L'antenne de Sierpinski avec insertion de triangle

Nous avons propose une nouvelle structure Fractal didie au divers application RFID multi bands , la simulation a été éfectuée par le logiciel CST Mcrowave Studio.



**Figure. III. 77:** Géométrie de l'antenne fractale multi bandes.

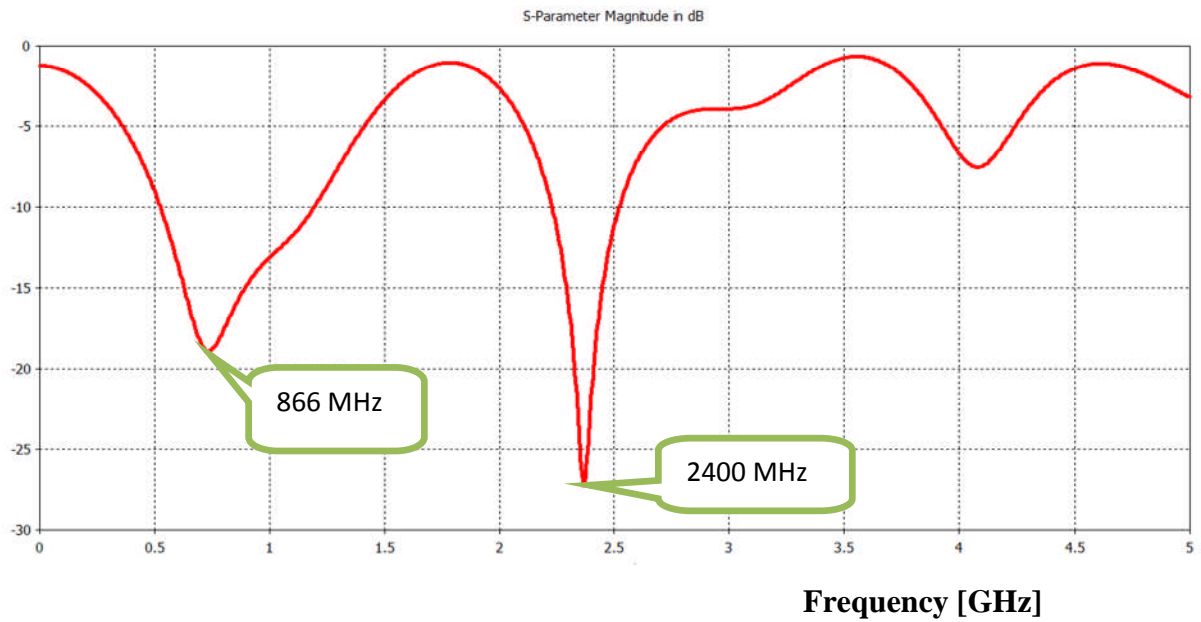
Le résultat présente dans la (Figure.III.77) et Les différents paramètres d'antenne sont détaillés dans le tableau **III.14:**

Dimensions	$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$	$L_f$
Bi bands GHz	60	40	36	12	10.5	8

**Tableau III. 14:** Paramètre d'antenne fractale

Le resultat de simulation réalisé par le logiciel cst qui est mis à notre disposition est repesanter à la figure III.78 :

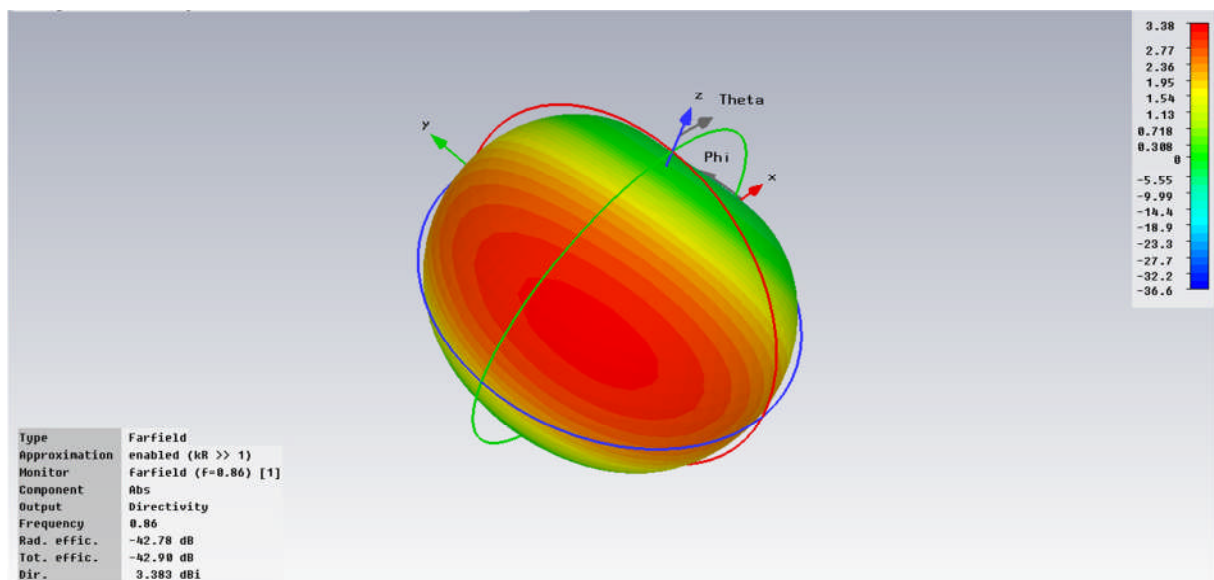




**Figure III. 78:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

D'après cette figure. III. 78, le pic correspond à la fréquence de résonance  $f=860$  MHz est de l'ordre de  $-18$ dB, celui qui correspond à la fréquence de résonance  $f=2400$  MHz est de l'ordre de  $-27$ dB. Ceci confirme les bons résultats obtenus en termes d'adaptation.

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 860MHz est illustré sur la figure III.79.



**Figure III.79 :** Le diagramme de rayonnement en 3 D.

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 2400MHz est illustré sur la figure III. 80.

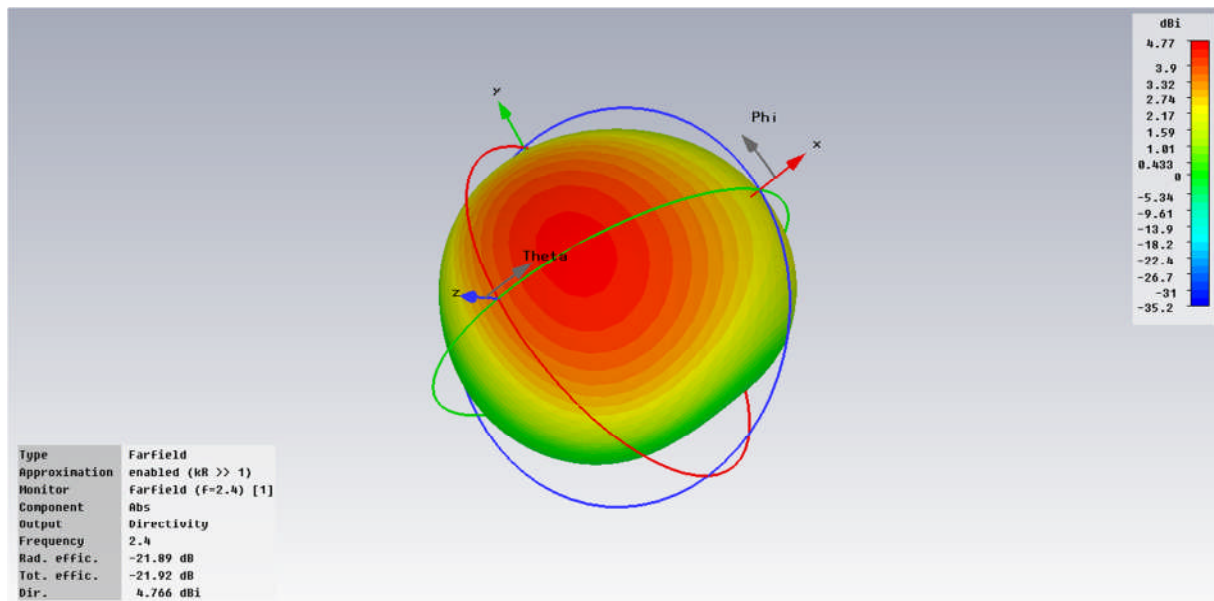


Figure III.81 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.

### III. 20. Conclusion de chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre la simulation et l'analyse d'antennes fractales pour les applications RFID. Les résultats obtenus ont montré un fonctionnement multi bande de ces types d'antennes.

Le choix des structures analysées a été effectué de sorte à montrer l'influence de quelques paramètres sur les performances de l'antenne tags RFID point de vue rayonnement et directivité. D'un autre côté, ces antennes portent une charge qui est la puce donc il est primordial d'assurer une bonne adaptation entre elles pour recevoir le maximum d'énergie fournie par le lecteur RFID et obtenir une meilleure qualité de la liaison.

Dans le prochain chapitre, nous allons étendre notre champ d'étude à la conception des tags RFID passive pour des applications médicales.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de télécommunication à la faculté des sciences de l'ingénieur de l'université Abou Bakr- Belkaid Tlemcen, et qui a été dirigé par Monsieur S. M. Meriah qui mérite tout le respect de m'avoir fait confiance, et de me proposer ce sujet.

Nous remercions ALLAH tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté pour mener à terme ce modeste travail.

Tout d'abord je tiens à remercier d'une part mon frère Monsieur I. Belgacem, Maitre de conférences (A) à l'institut national de la recherche Sofia Antipolis Nice, de m'avoir dirigé et guider tout le long de ce travail. Je lui remercie pour m'avoir bénéficié de ses grandes connaissances scientifiques et la patience qu'elle m'a accordé et les précieux conseils qu'il m'a généreusement prodigué. Ses qualités professionnelles et personnelles sont un modèle pour moi, l'assurance de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier Mademoiselle Z. Bendahmane pour ses conseils judicieux et ses remarques constructives pour le choix de l'encadreur et pour le temps qui m'a accordé pendant tout la durée du travail.

Je tiens particulièrement à remercier S. M. Meriah, encadrant de ce mémoire, d'avoir initié ce thème de recherche passionnant qu'est la RFID, sa confiance, et pour m'avoir accordé une part de liberté importante dans l'accomplissement de ce travail, pour son soutien permanent ses conseils judicieux et ses remarques constructives qui ont fait avancer mes idées Et pour m'avoir ouvert les portes de la conquête spatiale avec ce projet un ballon pour la science.

Je remercie très sincèrement Monsieur F. T. BENDIMRAD, professeur à l'université de Tlemcen pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de faire partie de jury et de nous honorer par sa présidence.

Des vifs remerciements sont également adresser à Monsieur L.Merad Maitre de conférence classe (A) à l'université de Abou-Bakr Belkaid Tlemcen et Madame N. Salaji Maitre de conférence classe (A) à l'université de Abou-Bakr Belkaid de Tlemcen, d'être membres de jury et accepter d'expertiser ce modeste travail. Leurs remarques constructives vont contribuer à combler les carences probables dans ce manuscrit.

J'adresse mes remerciements à tous mes collègues, particulièrement ma promotion de Master, spécialité : Réseau et System de Télécommunication durant l'année 2014.

Enfin, j'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont aidé et soutenu durant cette période.

## Résumé

La technologie RFID c'est une œil sur le future proche, Il ne se passe pas un jour sans que cette technologie marque son empreinte sur ce monde depuis son apparition jusqu'à au jourd'hui cette technique ne cesse pas d'évoluer et de se diversifier pour de nouveaux champs d'application .d'un simple fonctionnement en mode "tout ou rien " au stockage et au traitement d'information.

L'objectif de ce projet est l'analyse, la conception de certaines structure répondants a un cahier de charge particulier servant des application médicale qui consiste à faire l'identification des patients hospitalisé grâce à des tag intégrée dans des bracelet et la pensée était dirigé vers le développement d'antenne fractale destiné à des applications RFID médicale ,et l'amélioration de leurs flexibilité ainsi que la rapidité des transferts d'information, D'où la nécessite de la miniaturisation des tags RFID.

Les résultats obtenus sont très encourageants et montrent l'intérêt de ces types d'antennes dans le domaine des communications RFID : mono-bandes et multi bandes.

### Mots clés

RFID, Conception, antenne fractal, antenne imprimée, tag médical, puce, optimisation, adaptation.

## List des abréviations

**RFID:** Radio Frequency Identification.

**BF :** basse fréquence.

**HF :** haute fréquence

**UHF:** Ultra Hautes frequency

**SHF:** super high frequency.

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**UWB:** Ultra-Wide-Band.

**ISO:** International Organization for Standardization.

**IFF:** Identify: Friend or Foe.

**SAW:** Surface Acoustique Wave.

**CST:** computer simulation technology.

**FIT:** Finite Integration Technique.

**FHSS:** Frequency Hopping Spread Spectrum.

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**PBA :** Perfect Boundary Approximation.

**EMC :** Electromagnétique Compatibility.

**EMI :** Electromagnétique Interférence.

**TST :** technique Tôle mince.

**ILA:** Inverted antenna.

**IFA:** Inverted F antenna.

**FDTD :** Finite différence Time Domain.

## **ABSTRACT**

RFID is an eye on the near future, it does not happen without this technology makes its mark on this world since its inception until today this technique in one day does not cease to evolve and diversify to new fields of application. Simple operation mode " all or nothing " storage and information processing.

The objective of this project is the analysis; the design of some respondents structure specifications of load serving medical application is to identify patients hospitalized with integrated tag in thought bracelet and was directed to the development of fractal antenna for RFID applications in medical and improve their flexibility and speed of information transfer, hence the need for miniaturization of RFID tags.

The results are very encouraging and demonstrate the value of these types of antennas in the field of communications RFID single -band and multi-bands.

### **Keywords**

RFID, design, fractal antenna, printed antenna, medical tag, chip, optimization, adaptation



## Table de matière

---

---

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Résumé.....	IV
Liste des abréviations.....	V
Liste des figures .....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Table de matière .....	VIII

I. Introduction Générale .....	1
--------------------------------	---

### **Chapitre I : Généralités sur les antennes RFID.**

I.1.Introduction.....	3
I.2.RFID : Historique.....	4
I.3.Définition.....	5
I.4.Les types de systèmes RFID.....	5
I.4.1.Les systèmes RFID sans puce.....	5
I.4.2 Systèmes RFID avec puce .....	5
I.5. La technologie RFID.....	5
I.6. Principe de fonctionnement des systèmes RFID.....	7
I.6.1. Une station de base (fixe ou mobile) .....	7
I.6.2. Les étiquettes .....	8
I.6.2.1 Classification des tags RFID .....	8
I.6.3 Type des tags.....	9
I.6.4 Fréquences allouées par des étiquettes RFID .....	9
I.6.4 Performances des étiquettes électroniques .....	10
I.6.5 Les domaines d'applications des étiquettes .....	10
I.7 Standardisation de la technologie RFID .....	14
I.8.Classification par gammes de fréquences disponibles.....	15
I.9.Les principaux types d'antennes tag RFD UHF passif.....	18
I.9.1 Antennes IFA .....	18
I.9.3Antennes patch .....	20
I.9.4.Les antennes dipôles .....	21

I.10 Antennes ultra large bande (ULB) RFID .....	21
I.11 Fabrication des tags RFID UHF passifs.....	22
I.12 Domaine d'applications des antennes RFID .....	23
I.12.1 SECURITE .....	24
I.12.2 AGROALIMENTAIRE .....	24
I.12.3.LOGISTIQUE .....	25
I.12.4 VEHICULE .....	25
I.12.5 LOISIRS.....	26
I.12.6 MEDICAL.....	27
I.13 Avantages et Inconvénients de la technologie RFID .....	32
I.14 CONCLUSION .....	33

## **Chapitre II : Simulation d'antennes TAG en technologie Micro ruban**

II.1 Introduction.....	34
II.2 Modèle de la ligne de Transmission.....	35
II.3 Méthodologie de conception d'antennes RFID : .....	37
II.4 Antennes imprimées Mono bande .....	39
II.4.1 Antenne imprimée rectangulaire à ouverture.....	39
II.4.2 Antenne imprimée à deux lignes symétriques .....	42
II.4.3 Antenne dipole repliée .....	46
II.5 Antennes imprimées multi bande .....	48
II.6.1 Fonctionnement Mono bande à 5800MHz .....	49
II. 6.2 Fonctionnement Mono bande à 3400MHz .....	50
II. 6.3 Fonctionnement Mono bande à 2450MHz .....	51
II. 6.4 Fonctionnement Mono bande à 2400MHz.....	52
II. 6.5 Fonctionnement Multi bande.....	53
II.6. Conclusion.....	57

## **Chapitre III : Simulation d'antennes TAG à géométrie FRACTAL**

III.1. Introduction.....	58
III.2.Historique.....	58
III.3. Pourquoi le choix de structures dont la géométrie est fractal .....	58
III.4. Définition des fractals.....	59
III.4.1. Propriétés des structures fractales .....	60
III.5.Principaux avantages.....	60

III.6.Principaux inconvénients .....	60
III.7.Les types d'antennes fractales .....	60
III.7.1. L'antenne de Sierpinski .....	60
III.7.2.L'antenne de Minkowski .....	61
III.7.3.L'antenne de l'arbre fractal.....	61
III.7.4. L'antenne de Hilbert.....	62
III.7.5.L'antenne de Koch.....	62
III.8. Les surfaces fractales.....	62
III.8.1. Le triangle de Sierpinski « Sierpinski Gasket » .....	62
III.8.2.Le tapis de Sierpinski « Sierpinski Capet » .....	63
III.8.3 .l'étoile de Koch.....	64
III.9. Applications de la géométrie fractale .....	64
III.10. Antennes RFID .....	66
III.11.Que sont ces « tags RFID » ? .....	66
III.12. Simulations sous le logiciel CST .....	70
III.13. Conception d'antenne Mono Bande de base.....	70
III.13.1.Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=2450\text{MHz}$ .....	71
III. 13.2. Antenne mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=5800\text{MHz}$ .....	72
III. 13.4. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=3340\text{MHz}$ .....	75
III. 13.5. Antenne mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=1350\text{MHz}$ .....	77
III.13.6. Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=900\text{MHz}$ .....	78
III. 13.7.Antenne Mono-bande fonctionnant à la fréquence $f=860\text{MHz}$ .....	79
III.13.8.La visualisation du GAIN en fonction de la fréquence de résonance.....	81
III.14. Antenne Fractale de forme tapis de sierpinski ordre 1.....	82
III. 14.1.Antenne Multi-bandes fonctionnant à la fréquence $f=866\text{ MHz}$ .....	82
III. 14.2.Antenne Multi-bandes fonctionnant à la fréquence $f=960\text{MHz}$ .....	83
III. 14.3.Antenne Bi-bande fonctionnant à la fréquence $f=2400\text{MHz}$ .....	84
III. 14.4.Antenne Bi-bande fonctionnant à la fréquence $f=2450\text{MHz}$ .....	85
III. 14.5.Antenne Bi-bande fonctionnant à la fréquence $f=5800\text{MHz}$ .....	85
III.15. Antenne Fractale de forme tapis de sierpinski ordre 2.....	88
III. 15.1.Antenne Multi-bande fonctionnant à la fréquence $f=866\text{ MHz}$ .....	88
III. 15.2.Antenne Multi-bande fonctionnant à la fréquence $f=900\text{MHz}$ .....	89
III. 15.3.La visualisation du GAIN en fonction de la fréquence de résonance.....	90
III.16. Conception d'antenne Bi- Bande de base .....	91

III.17. Conception d'antenne large Bande de base .....	94
III.17.1. La variation de Gain en fonction de la fréquence résonance RFID .....	97
III.18. Conception d'antenne Tri bandes de base.....	99
III.18.1 Antenne fractale d'ordre 0.....	99
III.18.2. LA visualisation de Gain en fonction de la fréquence de résonance de la structure 0 .....	103
III.18.1 Antenne fractale d'ordre 1.....	104
III.18.2. Antenne fractale d'ordre 3.....	108
III.18.2.1. La variation de GAIN en fonction de la fréquence .....	113
III.19. L'antenne de Sierpinski avec insertion de triangle.....	114
III. 20.Conclusion de chapitre .....	116

## **Chapitre IV : Antennes Tag RFID pour des applications médicales**

IV. 1.Introduction .....	117
IV. 2.La Surveillance permanente et la protection des patients dans le System <i>RFID</i> .....	118
IV. 2.1.Assistance aux handicapés.....	118
IV. 2.2.Gestion des hôpitaux .....	118
IV. 2.3.Implants.....	118
IV. 2.4.Surveillance médicale.....	118
IV.3.L'identification Personnelle par radio fréquence .....	119
IV. 4. Les puces RFID savantes pour sauver des vies.....	120
IV. 5.La miniaturisation extrême des puces RFID.....	120
IV. 6.Les caractéristiques de corps humain et la modélisation de la main Avec CST .....	121
IV. 8. Fréquence d'utilisation.....	122
IV.9 .La configuration de l'antenne .....	124
IV. 11.La modélisation d'antenne.....	124
IV. 12.La géométrie de bracelet RFID .....	124
IV. 13.La modélisation de l'antenne imprimée .....	129
IV. 14.La geometrie finale de bracelet .....	130
IV. 15.La modélisation de l'antenne fractale.....	133
IV. 16.La geometrie finale de bracelet .....	134
IV. 17.Conclusion .....	136
Conclusion Générale .....	131
Perspective .....	133
Annexe .....	134
Bibliographie.....	145

## Table des figures

---

---

### Chapitre I : Généralités sur les antennes RFID.

Figure I.1 : le principe de fonctionnement d'une étiquette.....	6
Figure I.2 :Principe de fonctionnement des systèmes RFID.....	7
Figure I.3 : Exemples d'étiquettes RFID.....	9
Figure I.4 :Les bandes louer par les étiquètes.....	9
Figure I.5: le domaine d'application des étiquettes RFID .....	10
Figure. I.6 : Etiquète logistique.....	11
Figure. I.7 les pass Navigo .....	11
Figure. I.8 Passeport Biométrie .....	11
Figure. I.9 liber-t. ....	12
Figure. I.10 Carte Badge d'Accès.....	12
Figure I.11: le principe de fonctionnement d'un lecteur. ....	13
Figure I.12 les bandes de fréquences RFID .....	15
Figure I.13 : Structure d'une antenne IFA .....	18
Figure I.14 Configuration de l'antenne PIFA .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.15 Antenne patch.....	20
Figure. I.16 Géométrie d'une antenne dipôle.....	21
Figure I.17 exemples d'antennes Dipôles/ monopoles électriques ultra large bande.....	21
Figure I.18 : Antenne papillon (Bow-tee).....	22
Figure. I.19 : Les différent applications d'antennes .....	23
Figure. I.20 Exemples sur domaine de la sécurité RFID. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure. I.21 Exemple sur la chaîne des produits alimentaires.....	24
Figure. I.21 Exemple sur la traçabilité.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure. I.22 Exemples sur le puçage des véhicules.....	25
Figure. I.23 Exemple sur Ticketing des livres.....	26
Figure. I.24 Exemple sur l'application de la RFID dans les médicaments. ....	27
Figure. I.25 Exemple sur le Tatouages électroniques pour animaux .....	27
Figure. I.26 la prothèse dentaire.....	27
Figure. I.27 Exemple d'une puce intégrée dans la prothèse dentaire .....	28
Figure. I.28 Exemples de bracelets RFID. ....	28
Figure. I.29 la micro-puce neurale.....	29
Figure. I.30 les puces à ADN ou puces génétiques.....	29

## Table des figures

---

Figure I.31 : Exemple de la Muséographie .....	30
Figure I.24 : exemple sur les clés RFID de la maison .....	31
<b>Chapitre II : Simulation d'antennes TAG en technologie Microruban</b>	
Figure II. 1 : Lignes du champ électrique.....	35
Figure II.2 : Modélisation de la ligne micro ruban.....	35
Figure II.4 : Géométrie de l'antenne mono bande proposée.....	39
Figure II.5 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée.....	40
Figure II.6 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	40
Figure II .7 Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 5800$ MHz .....	41
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	41
Figure II. 8 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne simulée.....	41
Figure II.9: Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence $f= 3600$ MHz.....	42
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) E-plane $\phi=0^\circ$ .....	42
Figure II.10 : Géométrie de la deuxième antenne imprimée mono bande.....	42
Figure II.11 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée.....	43
Figure II .12. Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 2450$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	44
Figure II.13 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	44
Figure II.14: Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée.....	45
Figure II .15 : Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 2450$ MHz -plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	46
Figure II.16 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	46
Figure II.17 : Géométrie de l'antenne imprimée mono bande.....	46
Figure II.18 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulé.....	47
Figure II.19: Diagramme de rayonnement en 3D.....	47
Figure II. 20 : Géométrie de l'antenne pifa.....	48
Figure II.21 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne simulée.....	49
Figure II.22: Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence $f= 5800$ MHz.....	50
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) E-plane $\phi=0^\circ$ .....	50
Figure II.23 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne simulée.....	50
Figure II.24 : Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence $f= 3400$ MHz (a) E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) E-plane $\phi=0^\circ$ .....	51

## Table des figures

---

Figure II.25 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne simulée .....	52
Figure II.26. Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence $f= 2450$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	52
Figure II.27 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne simulée .....	53
Figure II.28 : Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence $f= 2400$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	53
Figure II.29 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée .....	54
Figure II.30. Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 1300$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	55
Figure II.31. Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 2500$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	55
Figure II.32. Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 3900$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	56
Figure II.34 : Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 5200$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	56
Figure II .36 : Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 6600$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	57

### Chapitre III : Simulation d'antennes TAG à géométrie FRACTAL

Figure III.1 : Trois premières itérations du triangle de Sierpinski .....	60
Figure III. 2 : Génération de la fractale de Minkowski .....	61
Figure III. 3 : Trois premières itérations d'un arbre fractal .....	61
Figure III. 4 : Génération de la courbe de Hilbert .....	62
Figure III.5 : Trois premières itérations de la courbe de Koch .....	62
Figure III. 6: Génération du triangle de Sierpinski par les deux approches. ....	63
Figure III. 7 : Génération de la géométrie du tapis de Sierpinski .....	64
Figure III. 8 : Etoile de Koch. ....	64
Figure III. 9: Courbe de Koch « quadrique» .....	64
Figure III.10. Un portique destiné à scanner les tags RFID .....	67
Figure III .11 : Géométrie de l'antenne mono bande de base. ....	70
Figure III. 12 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée .....	71
Figure III .13. Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 2450$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	72
Figure III. 14 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	73

Figure III .15: Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 5800$ MHz .....	73
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	73
Figure III. 16 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	74
Figure III. 17: Diagramme de rayonnement en polaire pour $f= 2400$ MHz .....	75
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	75
Figure III. 18 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	76
Figure III .19 : Diagramme de rayonnement en coordonnées polaire pour $f=3340$ MHz.....	76
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	76
Figure III. 20 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence.....	77
Figure III. 21 : Diagramme de rayonnement en polaire pour $f=1350$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	78
Figure III. 22 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence.....	78
Figure III .23 : Diagramme de rayonnement en polaire pour $f=900$ MHz .....	79
E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	79
Figure III. 24 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	80
Figure III .25 : Diagramme de rayonnement en polaire pour $f=8600$ MHz E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ .....	81
Figure III.26 : Le gain de l'antenne fractal Mono bande .....	81
Figure III.27 : Géométrie de l'antenne fractale proposée.....	82
Figure III. 28: Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	83
Figure III. 29 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	84
Figure III. 30 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence .....	84
Figure III. 31 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence .....	85
Figure III. 32 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence .....	86
Figure III .33. Diagramme de rayonnement en polaire E-plane $\phi=90^\circ$ .....	87
Figure III. 34: Géométrie de l'antenne fractale tapis sierpinski d'ordre 2 Mono bande.....	88
Figure III. 35 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	89
Figure III. 36 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	90
Figure. III.38: Géométrie d'antenne Fractale Bi bande .....	91
Figure III. 39: Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	92
Figure III. 40 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	93
Figure III. 41: Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ , $\phi=0^\circ$ ).....	93
Figure III. 42 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	93
Figure III.43: Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ , $\phi=0^\circ$ ).....	94
Figure III .44: la géométrie de l'antenne fractale proposée.....	94



Figure III. 45: Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	95
Figure III .46 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	96
Figure III .47: Diagramme de rayonnement en polaire ( (a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ....	96
Figure III.48 :le gain d'antenne fractale large bands.....	98
Figure III. 49: Coefficient de réflexion $S_{11}$ de la fréquence.....	98
Figure III.50 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	98
Figure III.51 : Géométrie de l'antenne fractale Multi bands.....	99
Figure III. 52: Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	100
Figure III.53 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	100
Figure III.54: Diagramme de rayonnement en polaire ( (a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.55 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	101
Figure III. 56: Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ....	102
Figure III.57. Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	102
Figure III. 58: Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.59 : le gain d'antenne TRI bands ordre 0. ....	104
Figure III.60: Géométrie de l'antenne fractale Multi bande. ....	104
Figure III. 61: Coefficient de réflexion $S_{11}$ en fonction de la fréquence. ....	105
Figure III.62: Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	106
Figure III. 63 : Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ....	106
Figure III.64: Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	107
Figure III. 65: Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III.66: Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	108
Figure III. 67: Diagramme de rayonnement en polaire ((a) : $\phi=90^\circ$ , (b) : $\phi=0^\circ$ ). ....	108
Figure III.68: Géométrie de l'antenne fractale Multi bands.....	109
Figure III. 69 : Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée.....	109
Figure III.70: Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	110
Figure III. 71: Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ , $\phi=0^\circ$ ).....	110
Figure III.72 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	111
Figure III. 73 : Diagramme de rayonnement en polaire ((a) :E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ )....	111
Figure III.74 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	112
Figure III. 75: Diagramme de rayonnement en polaire ((a) E-plane $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane $\phi=0^\circ$ ).....	112
Figure III. 76 : La visualisation de Gain de différent structure fractal .....	114

Figure. III. 77: Géométrie de l'antenne fractale multi bandes.....	114
Figure III. 78: Coefficient de réflexion $S_{11}$ et les paramètres de l'antenne simulée.....	115
Figure III.79 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	115
Figure III.81 : Le diagramme de rayonnement en 3 D.....	116

## **Chapitre IV : Antennes Tag RFID pour des applications médicales.**

Figure IV.1 :L'utilisation de system RFID dans un hôpital .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.2 : Exemples de puces très miniaturisé.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV. 3 : La modélisation de la main par le logiciel CST .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.4 : la géométrie d'antenne patch proposé .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.5 : La configuration finale antenne bracelet.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.6: Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne bracelet simulée. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV. 7 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.8 : Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ , $\theta=0^\circ$ ).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.9: la géométrie d'antenne fractale proposée .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.10: Structure du bracelet RFID avec une antenne de type fractal...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.11: Coefficient de réflexion $S_{11}$ de l'antenne simulée.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.12 : Diagramme de rayonnement en 3D.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.13: Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ , $\theta=0^\circ$ ). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## Table des tableaux

### Chapitre I : Généralités sur les antennes RFID.

Tableau . I.1. dresse un historique rapide de l'évolution de la RFID.....	4
Tableau. I.2 : les types de fréquence RFID.....	16
Tableau I.3: les techniques de la miniaturisation.....	20

### Chapitre II : Simulation d'antennes TAG en technologie Microruban.

Tableau II. 1: Paramètre d'antenne imprimé.....	39
Tableau II. 2: Paramètres d'antenne imprimée.....	43
Tableau II. 3: Paramètres de l'antenne dipôle repliée.....	47
Tableau. II. 4: Paramètres de l'antenne imprimée proposée.....	49

### Chapitre III : Simulation d'antennes TAG à géométrie FRACTAL

Tableau III.1 : Propriétés des structures fractales et leur conséquence.....	60
Tableau III. 1: Paramètre d'antenne fractale.....	71
Tableau III .2.La variation de gain en fonction de la fréquence.....	81
Tableau III. 3: Paramètres de l'antenne fractale proposée.....	82
Tableau III. 4: Paramètres de l'antenne fractale de tapis de sierpinski d'ordre 2.....	88
Tableau III.5. la variation de gain en fonction de la fréquence.....	91
Tableau III. 6: Paramètres de l'antenne fractale.....	92
Tableau III. 7: Paramètres de l'antenne fractale large bands.....	95
Tableau III. 8: la variation de Gain de l'antenne fractale.....	97
Tableau III. 9: Paramètres de l'antenne fractale.....	100
Tableau III.10 :la variation de gain en fonction de la fréquence.....	104
Tableau III. 11: Paramètres d'antenne fractale.....	106
Tableau III. 12: Paramètre de l'antenne fractale.....	110
Tableau III.13 :la variation de gain en fonction de la fréquence.....	115
Tableau III. 14: Paramètre d'antenne fractale.....	116

### Chapitre IV : Antennes Tag RFID pour des applications médicales.

Tableau IV .1: les paramètres physiques des anatomies des tissus.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau IV.2 : Description des distances d'utilisations.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau IV. 4: Paramètres du bracelet en mm.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau IV. 5: les différents résultat simulation.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau IV. 4: Paramètres de l'antenne Fractale.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

De nos jours, la technologie d'identification par Radio Fréquence a connu des proliférations illimitées. Elle peut s'étendre au de la de nos imaginations. Cette technologie permet l'identification des objets en échangeant les données à travers des signaux radio fréquence, et grâce à leurs large utilisation émergente dans notre vie quotidienne la pensée était dirigé vers le développement d'antennes destinées à des applications RFID, avec certaines caractéristiques permettant la miniaturisation des tags RFID et l'amélioration de leurs flexibilité ainsi que la rapidité des transferts d'informations. Il existe différentes techniques pour assurer cette miniaturisation telle que l'utilisation des éléments parasites, le chargement capacitif et la réalisation des fentes.

La technologie RFID repose sur l'utilisation d'une puce électronique qui est reliée à une antenne miniature. Cette technologie se présente en général sous la forme d'un grain de riz ou d'une étiquette. Elle opère généralement de façon passive, sans énergie propre, en attente d'être activée par des fréquences radio envoyées par des émetteurs-récepteurs. L'utilisant de l'énergie du signal radio reçu permet de refléter et d'y répondre.

La technologie RFID est utilisée dans différents domaines d'applications et opère sans l'intervention humaine et elle est facilement utilisable sans que le citoyen s'en aperçoive. Dans notre travail, on s'intéresse principalement aux applications médicales.

Ce mémoire est scindé en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons exposé un état de l'art sur la technologie d'identification par radio fréquence. Nous nous sommes intéressés par la suite à la présentation des antennes RFID miniatures, en mettant en évidence leurs avantages et inconvénients.

Le deuxième chapitre est réservé à la présentation du logiciel de simulation CST Microwave Studio et à la simulation de quelques structures d'antennes imprimé mono-bande et multibandes.

Le troisième chapitre sera consacré aux antennes RFID à géométries fractales. Dans notre étude, nous avons abordé le problème de conception d'antennes fractales mono- bande, bi\_bande et multi bandes. En étudiant l'influence des paramètre de la structure sur l'adaptation de l'antenne et afin d'obtenir une fréquence de résonance adéquate pour servir des applications prédéfinies dans le cahier de charge. Les simulations vont être effectuées par le logiciel CST Microwave Studio.

Le quatrième chapitre est consacré à des applications médicales, où nous avons développé certaines applications permettant l'identification des malades grâce à des bracelets RFID. Les résultats obtenus ont été comparés à la littérature.

Une conclusion est présentée en fin de ce mémoire, ainsi que les perspectives envisagées.

Une référence bibliographique est introduite à la fin de ce mémoire pour bien s'en servir le lecteur.

# **Chapitre I**

**Généralités sur les antennes**

**RFID**

## **I.1.Introduction**

La technologie RFID c'est une œil sur le future proche, Il ne se passe pas un jour sans que la technologie RFID marque son empreinte sur ce monde. Depuis son apparition jusqu'à au jourd'hui cette technique ne cesse pas d'évoluer et de se diversifier pour de nouveaux champs d'application, d'un simple fonctionnement en mode "tout ou rien " au stockage et au traitement d'information.

Dans le premier lieu, Nous avons trouvé intéressant de consacrer ce premier chapitre à la présentation de cette technologie. Nous avons alors abordé la progression historique de la technologie RFID en mettant l'accent sur les différent élément constituant un système RFID.

L'élaboration de toute la communication dépend en grande partie des performances des tags misent en jeu, c'est la raison pour laquelle une étude détaillées de ces éléments est primordial.

La technologie RFID offre un large éventail d'application qui n'ont pas de limite, elle peut s'étendre au delà de notre imagination. Elle peut améliorer de façon considérable la vie des individus. Pour cette raison, nous avons déjà citée plein d'exemples dans les différents domaines de la vie, et par la suite nous avons mis l'accent sur les différentes bandes de fréquences allouer..

En fin, nous présentons dans ce chapitre la fabrication des tags et antennes RFID, et leurs avantages et inconvénients.

## I.2.RFID : Historique

L'identification radio fréquence, ou RFID, résulte du mariage de deux technologies: la technologie radio et celle de l'électronique à laquelle s'est substitué aujourd'hui celle de la microélectronique. Le tableau ci-dessous dresse un historique rapide de l'évolution de la RFID.

1948	<p>Le concepte du système RFID a son origine dans les années 40 dans le but de différencier les avions amis des avions ennemis. D'imposant tags ou transpondeurs furent placés dans les avions amis afin de répondre comme amical à l'interrogation des radars. Ce système IFF (Identify: Friend or Foe) fut la première utilisation de la RFID.</p> <p>Aujourd'hui encore, le contrôle du trafic aérien est basé sur ce principe.</p>
1970	<p>Durant les années 70, les systèmes RFID restèrent une technologie protégée à usage militaire supportée par les états pour la sécurité de sites sensibles notamment dans le secteur du nucléaire.</p>
1980	<p>L'invention des micro-systèmes et l'avancée de la technologie conduit à l'utilisation de tag passif. L'absence de source d'énergie embarquée rend le tag moins coûteux mais l'oblige à obtenir de l'énergie au travers du signal du lecteur. Les distances de lecture obtenues sont alors de quelques centimètres.</p> <p>A la fin des années 70, la technologie est transférée vers le secteur privé. Une des toutes premières applications commerciales est l'identification de bétail en Europe.</p> <p>Le début des années 80 marque la fabrication et la commercialisation de tags par de nombreuses firmes européennes et américaines.</p>
1990	<p>Début de la standardisation pour une interopérabilité des équipements RFID à commencer par les cartes à puces puis les systèmes tags lecteurs de manière générale.</p>
2005	<p>Commercialisation en masse des Lecteurs/Encodeurs et des tags RFID, dans le domaine de la logistique et de la traçabilité.</p>

**Figure. I.1.**Tableau dresse un historique rapide de l'évolution de la RFID.



### **I.3.Définition**

La **RFID** (radio Frequency identification) est une technologie d'identification automatique qui utilise le rayonnement radiofréquence. Elle sert à identifier des objets porteurs d'étiquette. Lorsqu'ils passent à proximité d'un lecteur une communication s'établit, et les données contenues dans l'étiquette sont transférées vers le lecteur. Elles peuvent également être modifiées suite à une commande particulière.

### **I.4.Les types de systèmes RFID**

#### **I.4.1.Les systèmes RFID sans puce**

Les étiquettes de tels systèmes ne possédant pas de circuits électroniques. Elles utilisent plutôt des principes d'identification physique ou chimique tels technologie SAW (Surface Acoustique Wave). Ce dernier implique des étiquettes qui disposent d'un ou plusieurs réflecteurs positionnés sur un matériau piézoélectrique et d'une antenne jointe à un transducteur capable de transformer les ondes radiofréquence en ondes acoustique.

#### **I.4.2 Systèmes RFID avec puce**

Nous pouvons différencier les systèmes RFID UHF dotés d'une puce selon la source d'alimentation de l'étiquette ou tag. Nous distinguerons alors entre trois catégories : les tags actifs, les tags passifs et les tags semi passifs.

### **I.5. La technologie RFID**

La RFID est une technologie de communication par fréquences radio. Elle définit un échange d'informations entre une étiquette ("tag" ou transpondeur) composée d'une :

❖ **Puce électronique**

L'identification par radiofréquence (RFID) est une méthode pour stocker et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés Tag RFID.

❖ Les Tag RFID sont de petits objets, tels que des étiquettes autoadhésives, qui peuvent être collées ou incorporées dans des produits.

❖ **D'une antenne**

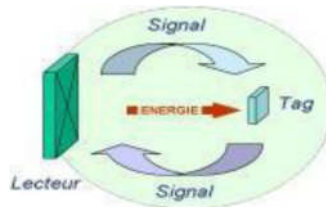
Permette de recevoir et de répondre à la requête radio émise depuis l'émetteur récepteur.

**❖ un système de lecture/écriture.**

Cette technologie est basée sur l'émission de champs électromagnétiques réceptionnés par une antenne couplée à une puce électronique (transpondeur ou tag). Le champ sert de vecteur à l'information entre la puce et son lecteur, ainsi qu'à l'énergie d'activation de ces puces.

Une application d'identification automatique radio fréquence se compose donc d'un lecteur qui transmet un signal selon une fréquence déterminée vers une ou plusieurs étiquettes radio situées dans son champ de lecture.

Celles-ci transmettent en retour un signal. Lorsque les étiquettes sont "réveillées" par le lecteur, un dialogue s'établit selon un protocole de communication prédéfini et les données sont échangées.



**Figure I.1** : le principe de fonctionnement d'une étiquette.

L'étiquette électronique est un support d'informations qui combine le traitement d'un signal et le stockage des données. Il est constitué d'un circuit électronique (ou « circuit intégré »), diffusé sur un circuit imprimé et couplé à une antenne.

Souvent appelées "transpondeur" à cause de leurs fonctions de réponse et d'émission, l'étiquette radio ou tag répond à une demande transmise par le lecteur et concernant les données qu'elle contient. La mémoire d'un transpondeur comprend généralement une ROM (Read Only Memory), une RAM (Random Access Memory) ainsi qu'une mémoire programmable non volatile pour la conservation des données selon le type et le degré de complexité du produit. La mémoire ROM contient les données de sécurité ainsi que les instructions de l'OS (Operating System) de l'étiquette en charge des fonctions de base telles que le délai de réponse, le contrôle du flux de données, et la gestion de l'énergie. La mémoire RAM est utilisée pour les stockages temporaires de données pendant les processus d'interrogation et de réponse. L'énergie nécessaire au fonctionnement du tag est fournie soit par une pile interne (ou batterie) pour les tags actifs ou semi actifs, soit télé alimenté par le champ électromagnétique émis par le lecteur (tags passifs).

La base station émet des ondes radio dans un espace de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres, selon la puissance de l'alimentation et la fréquence radio utilisée.

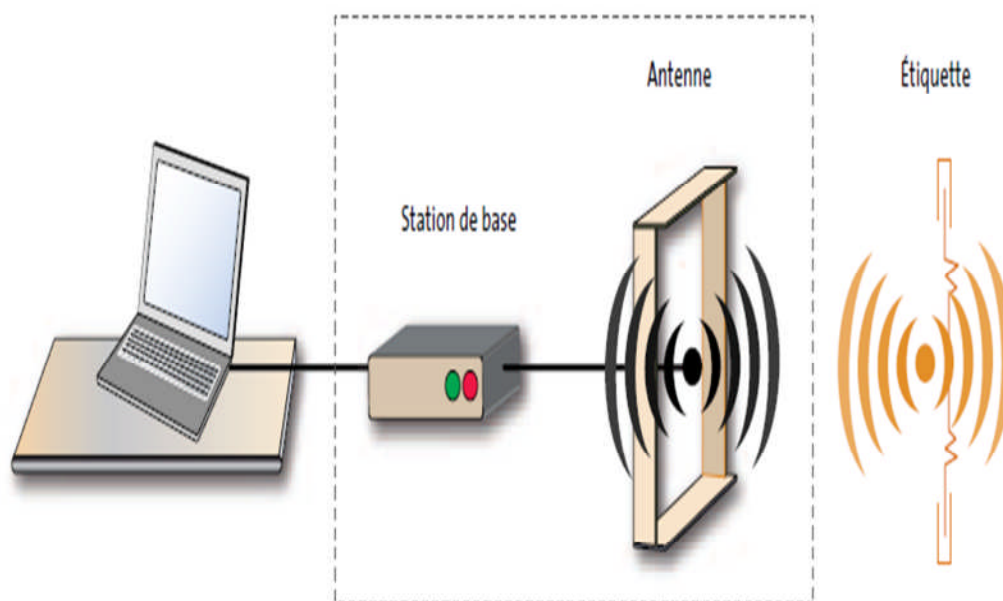
Quand une étiquette RF passe dans le champ électromagnétique, elle détecte le signal de la base station. Le lecteur lit les données encodées dans le transpondeur et celles-ci sont envoyées au serveur pour être traitées. La base station peut également participer au traitement du signal ainsi qu'au contrôle de parité, à la détection et à la correction d'erreurs.

Un système RFID permet donc d'écrire, de stocker et d'effacer de l'information sur la puce électronique du tag. En plus du transfert de données sans contact, la communication via l'antenne, permet également, des transferts sans visibilité entre le lecteur et l'étiquette au travers de matériaux opaques à la lumière, cette lecture pouvant s'effectuer simultanément sur plusieurs étiquettes.

### **I.6. Principe de fonctionnement des systèmes RFID**

La technologie RFID permet d'identifier à distance des individus, à l'arrêt ou en mouvement, et d'échanger avec eux des données en fonctions des applications envisagées.

Elle se base sur le principe communicationnel d'un émetteur et d'un récepteur dont le canal de transmission est les ondes radio.



**Figure I.2 :** le principe de fonctionnement de la technologie RFID.

Un système RFID inclut plusieurs composants de base :

#### **I.6.1. Une station de base (fixe ou mobile)**

Comprenant une antenne intégrée ou non.

### **I.6.2. Les étiquettes:**

Ce sont des éléments déportés pouvant être nommés différemment selon les marchés ou les applications. Le terme de **tags** est fréquemment utilisé. Les étiquettes RFID intègrent une puce électronique qui mémorise les données numériques d'identification et une antenne qui transmet les informations enregistrées, Une étiquette RFID se décompose en trois parties majeures :

- la puce.
- le support ou substrat (papier, carton ou matière synthétique).
- l'antenne.

#### **I.6.2.1 Classification des tags RFID**

Les tags RFID sont classifiés selon les modes de transmission de l'énergie. Il existe trois principaux types d'étiquettes RFID (tags, marqueurs, transpondeurs...).

**Les étiquettes passives** : ne contiennent aucune source d'énergie interne. Le courant électrique émis par l'antenne via le signal radioélectrique entrant fournit une quantité d'énergie suffisante au circuit intégré à l'intérieur de la puce pour que cette dernière s'active et transmette une réponse. La plupart des étiquettes passives émettent des signaux en rétrodiffusant l'onde porteuse à partir en rétrodiffusant l'onde porteuse à partir du lecteur.

**Les modèles actifs** : possèdent une pile incorporée leur permettant d'émettre un signal de façon autonome. Avec cette source d'énergie, on peut obtenir des distances de saisie de quelques mètres. Ils présentent l'inconvénient d'être plus onéreux que les précédents, de nécessiter un certain entretien et d'être plus volumineux.

**Les étiquettes semi-passives** : n'utilisent pas leur batterie pour émettre des signaux. Elles agissent comme des étiquettes passives en mode communication. La batterie permet à l'étiquette d'être autonome pour le stockage des données.



Figure I.3 : Exemples d'étiquettes RFID.

### I.6.3 Type des tags:

-Lecture seule - ROM.

-lecture / écriture: - ROM + EEPROM.

### I.6.4 Fréquences allouées par des étiquettes RFID

Les systèmes RFID qui ont reçu le plus d'importance sont les systèmes dites : systèmes à longue portée. La portée de ces derniers est supérieure à un mètre, ils fonctionnent aux fréquences UHF suivant :

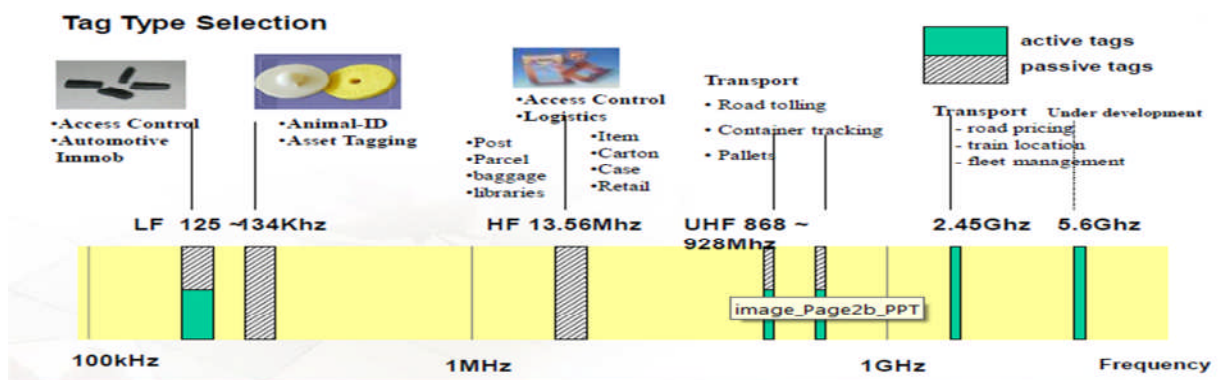


Figure I.4 Les bandes louer par les étiquètes

Les différents systèmes RFID sont caractérisés principalement par leurs fréquences de communication. Cependant, outre ces fréquences porteuses, d'autres caractéristiques définissent également les étiquettes RFID et constituent la base de leurs spécifications :

- ❖ l'origine et la nature de l'énergie (tags passifs ou actifs)
- ❖ la distance de lecture
- ❖ la forme physique
- ❖ la taille mémoire- les propriétés du packaging (matériau)
- ❖ le nombre de tags lus simultanément (anticollision)
- ❖ le coût

### **I.6.5 Performances des étiquettes électroniques**

On distingue en particulier :

- ❖ La rapidité de lecture (de manière générale, elle augmente avec la fréquence).
- ❖ La possibilité de lire plusieurs étiquettes de manière quasi-simultanée (par exemple lors d'un passage sur tapis roulant):
- ❖ La distance de lecture.

La distance de lecture d'une étiquette varie selon plusieurs paramètres :

- ❖ La bande de fréquences utilisée:
- ❖ Les paramètres réglementaires relatifs à cette bande de fréquences, en particulier:

Puissance du lecteur ;

- ❖ modulation et protocole d'émission.
- ❖ Les performances des composants silicium utilisés et la sensibilité du lecteur.
- ❖ Le recours éventuel à une batterie (qui peut porter cette distance à 100 m).
- ❖ l'environnement d'utilisation et le déploiement effectué (niveau de bruit

L'électromagnétique, présence d'humidité, matériaux de l'objet étiqueté, réflexions multiples, interférences entre lecteurs, géométrie, etc...).

### **I.6.6 Les domaines d'applications des étiquettes**

Les domaines d'applications des étiquettes RFID peuvent être représentés dans la figure I.5.



**Figure I.5:** le domaine d'application des étiquettes RFID

### 1. La logistique

Cette utilisation est aujourd'hui tout à fait au point et les entreprises citées annoncent des bénéfices importants dans la gestion des stocks (renouvellement plus rapide des produits en rupture de stocks, meilleure gestion des flux de marchandises...). De même, on peut aussi citer les blanchisseries qui se servent des RFID pour tracer et retrouver les habits ainsi que les bibliothèques (aux Pays-Bas et au Vatican) où l'emprunt de livres est grandement facilité.



**Figure. I.6 :** Etiquette logistique

### 2. Cartes d'abonnements

Autre application des puces RFID (même si la plupart des utilisateurs ignorent quelle est la technologie mise en place), les pass Navigo permettent de se déplacer avec les transports en commun d'Ile-de-France en ayant uniquement à passer son badge à proximité du lecteur à chaque montée pour valider son trajet. Cela permet de connaître plus précisément l'utilisation du réseau et de faciliter les contrôles



**Figure. I.7** les pass Navigo

On peut ainsi envisager d'inclure des données biométriques d'authentification afin de renforcer les dispositions de sécurité.



**Figure. I.8** Passeport Biométrie

Le passe Liber-t est proposé par les autoroutes pour le passage sans arrêt des automobiles aux péages. Il identifie les véhicules.



**Figure. I.9** liber-t.

Système de carte RFID pour l'identification automatique des accès, bureaux, Parkings.





**Figure. I.10** Carte Badge d'Accès.

Dans les épreuves à travers le monde, un grand nombre de billets sont vendus.

La technologie RFID est utilisée pour :

- ❖ Accélérer les admissions à l'événement.
- ❖ Prévenir faux billets.
- ❖ Prévenir l'usure mécanique / déchirure des billets.
- ❖ Sécuriser les données grâce au chiffrement.

### **I.6.7 Avantage et les inconvénients de l'étiquète**

#### **a) Avantages**

- ❖ Confidentialité du prêt (avec les automates)
- ❖ Rapidité des transactions
- ❖ Autonomie du public (avec les automates)
- ❖ Moins de tache répétitive
- ❖ Plus d'accueil
- ❖ Meilleure gestion des collections

#### **b) Inconvénients**

- ❖ Encore trop Cher
- ❖ Repérage des puces (elles sont visibles donc arrachables)
- ❖ Redéploiement des tâches (souvent difficile avec des personnes qui ont le même fonctionnement depuis des années)
- ❖ Marquage des supports autre que les livres (pour les CD la présence de métal dans celui-ci diminue la lisibilité de la puce, ce qui oblige à rajouter un Booster)

### **I.6.7 Données enregistrées sur l'étiquette**

Il peut s'agir d'un simple numéro d'identification, ou bien d'informations plus complexes comme une date de fabrication, un numéro de lot, un numéro de série.

### **I.6.8 Liaison numérique**

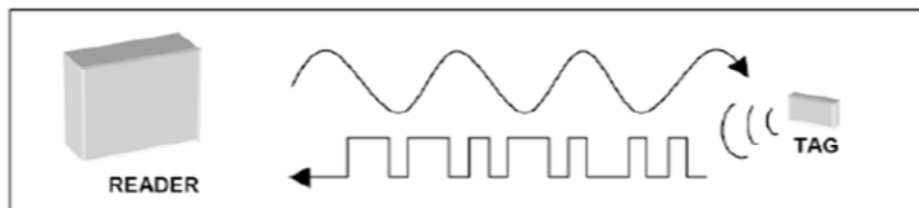
Vers un utilisateur à travers un système informatique.

### **I.6.9 Lecteur RFID**

Comprenant une antenne intégrée ou non. Il est soit fixe, soit adjoint à un système Portable, il dépend de la conception et de la technologie utilisée et peut à la fois lire le tag et y écrire des informations.

La communication entre le lecteur et l'étiquette s'effectue en quatre temps:

- ❖ Le lecteur transmet par radio l'énergie nécessaire à l'activation du tag.
- ❖ il lance alors une requête interrogeant les étiquettes à proximité.
- ❖ il écoute les réponses et élimine les doublons ou les collisions entre réponses.
- ❖ Enfin, il transmet les résultats obtenus aux applications concernées.



**Figure I.11: le principe de fonctionnement d'un lecteur.**

## **I.7 Standardisation de la technologie RFID**



Les équipements RFID (lecteurs et tags) doivent impérativement être normalisés quant à leur mode de fonctionnement soit, pour une fréquence d'utilisation donnée, que n'importe quel tag soit lu par n'importe quel lecteur. On parle alors de protocole de communication.

La normalisation des protocoles de communication entre tags et lecteurs s'inscrit dans le cadre d'un comité technique commun à l'ISO (International Organisation for Standardisation) et à l'IEC (International Electrotechnique Commission): le JTC1 couvrant les technologies de l'information. Le sous-comité qui

nous intéresse est le SC31 relevant de l'identification automatique et des techniques de saisies de données.

L'ISO et l'IEC ont publié les normes ISO/IEC 18000 définissant les règles à respecter par les étiquettes destinées aux objets dans les principales gammes de fréquence :

Références	Fréquences concernées	Intitulé	Statut
18000-1	Vocabulaire et définitions	RFID pour la gestion d'objets -- Partie 1: Architecture de référence et définition des paramètres à normaliser	Publiée le 13 septembre 2004
1800-2	<135 kHz	RFID pour la gestion d'objets - Partie 2: Paramètres de communications d'une interface d'air à moins de 135 kHz	Publiée le 13 septembre 2004
18000-3	13,56 MHz	RFID pour la gestion d'objets -- Partie 3: Paramètres de communications d'une interface d'air à 13,56 MHz	Publiée le 13 septembre 2004
18000-4	2,45 GHz	RFID pour la gestion d'objets -- Partie 4: Paramètres de communications d'une interface d'air à 2,45 GHz	Publiée le 31 août 2004
18000-5	5,8 et 5,9 GHz	RFID pour la gestion d'objets -- Partie 4: Paramètres de communications d'une interface d'air à 5,8 GHz	Arrêtée faute de consensus
18000-6	900 MHz	RFID pour la gestion d'objets -- Partie 6: Paramètres de communications d'une interface d'air entre 860 MHz et 960 MHz	Publiée le 31 août 2004
18000-7	433 MHz	RFID pour la gestion d'objets -- Partie 7: Paramètres de communications actives d'une interface d'air à 433 MHz	Publiée le 12 décembre 2005

**Tableau I.1** : La norme ISO 18000 pour la standardisation de l'interface RFID dans le domaine des objets.

## I.8. Classification par gammes de fréquences disponibles

L'utilisation de ressources radio est soumise à autorisation et suit des règlements nationaux ou internationaux :

Fréquences d'utilisation : Pour des raisons historiques et de produits préexistants, différentes Bandes de fréquences ont été retenues dans des zones fréquentielles libres de licences d'utilisation :

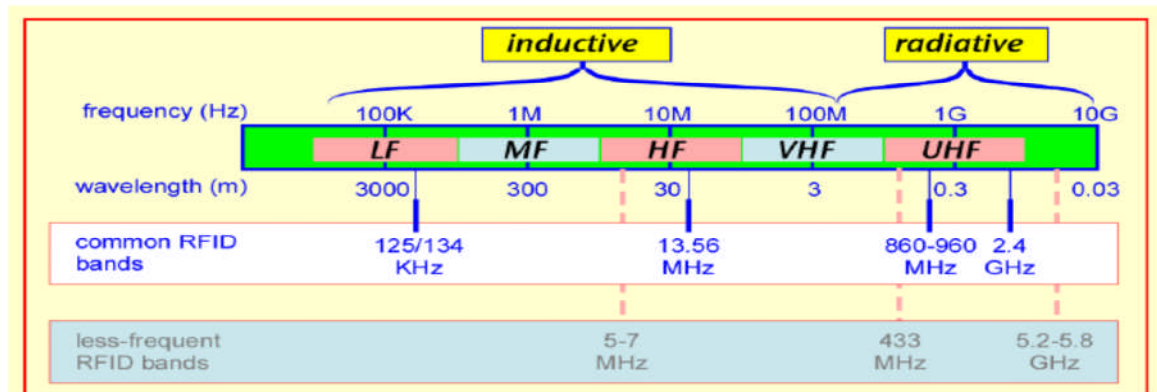


Figure I.12 les bandes de fréquences RFID

La figure présente les bandes de fréquence comprise entre 9 KHz et 5.8 GHz, dans les quelle les dispositifs RFID fonctionnellement .ainsi en fonction de la plage de fréquence utilisé, la communication s'effectue soit grâce au phénomène de couplage magnétique ou électrique, soit grâce au phénomène de propagation d'onde électromagnétique.

La famille des systèmes RFID comprend deux systèmes

- ❖ Les systèmes basse fréquence **BF**
- ❖ Les systèmes haute fréquence **HF**

Dans ces systèmes la longueur d'onde est plus grande que la taille de leurs antennes. Elles sont typiquement inductive.

Bande de Fréquence	Description
< 135 KHz	basse fréquence
6.765 – 6.795 MHz	HF
7.4 – 8.8 MHz	HF
13.553 – 13.567 MHz	HF
26.957 – 27. 283 MHz	HF
433 MHz	UHF
868 – 870 MHz	UHF
902 – 928 MHz	UHF
2.4 – 2.483 GHz	SHF
5.725 – 5.875 GHz	SHF

Tableau. I.2 : les types de fréquence RFID

Les principes physique mise en œuvre dépendent intrinsèquement des fréquences de fonctionnement, par conséquent les systèmes RFID ont une très grande diversité offrant ainsi tout un large éventail d'application. Nous induisons chacun de ces technologies en les classant selon leurs principes physique utilisés et selon leurs caractéristiques.

<b>Domaine d'application</b>	<b>Technologie</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Lecture/écriture</b>
Identification des animaux	Passive	134.2 KHz	Lecture
Bouteilles de gaze	Passive	125 KHz	Lecture
Colis postaux	Passive	13.56	Lecture
Bacs	Passive	125-13.56	Lecture
Gestion de déchets	Passive	125	Lecture
Instrumentation chirurgical	Passive	125-13.56	Lecture ou L/E
Compostage des titres de transport	Passive	2.4 GHz	Lecture
Wagons	Passive	334 MHz, 860 MHz, 2,45GHz, 5.8GHz UHF	Lecture
Containers	Active	UHF	Lecture
Bagages	Passive	UHF	L/E
Chaine de d'approvisionnement	Passive	UHF	Lecture
Piège autoroutier	Active	2.45 GHz	Lecture
Automobile (Gestion des stocks)	Passive	125kHz	L /E
Aéronautique (Gestion de stocks)	Passive	13.56MHz	L/ E
Equipement domestique	Passive	125kHz	L /E
Equipement de sécurité	Passive	125KHz, 13.56MHz	L/ E

**Tableau I.2:** les bandes de fréquence de RFID.

## I.9. Les principaux types d'antennes tag RFID UHF passif

Dans la littérature, nous rencontrant les plus souvent trois principaux types d'antennes pour les tags RFID UHF passifs :

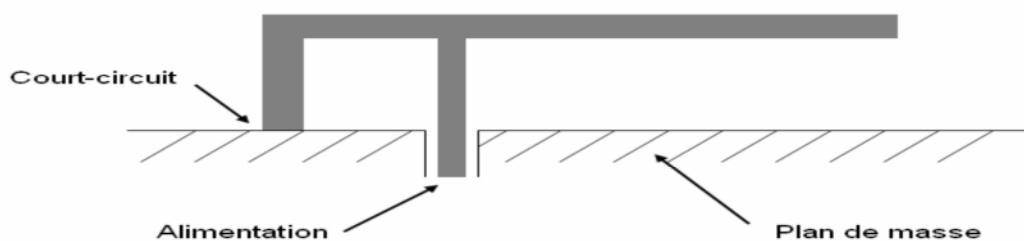
- ❖ Les antennes IFA
- ❖ Les antennes patch
- ❖ Les antennes dipôles

En effectuant des combinaisons des antennes ou en apportant quelques modifications, nous pouvons obtenir des antennes dérivées également présentées en technologie RFID. Nous allons décrire chacun de ces structures tout en présentant quelques exemples parus dans la littérature scientifique.

### I.9.1 Antennes IFA

Sont des antennes miniature ( $\lambda = \frac{\pi}{4}$ ), leur atout réside dans un rayonnement quasi isotrope, convoité dans certaines application RFID pour les quelles l'orientation du tags par rapport au lecteur est inconnue.

La bande passante de ces antennes peut être améliorée davantage en remplaçant les fils de l'antenne IFA avec de larges bandes.



**Figure I.13 :** Structure d'une antenne IFA

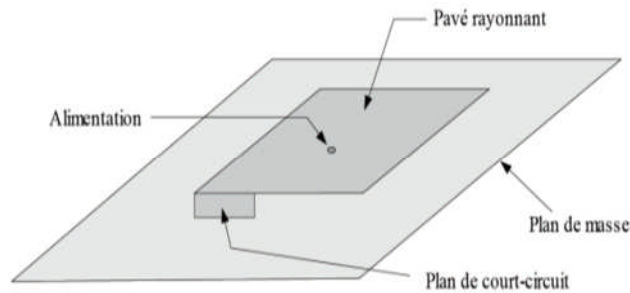
L'antenne PIFA possède une variante planaire appelée IFA pour Inverted F Antenna réalisable Sur circuit imprimé.

Le principe reste le même que pour la PIFA mais en deux dimensions. Il y' a un brin rayonnant alimenté auquel on applique une condition de court-circuit à l'une de ces Extrémité.

Les antennes PIFA sont constituées d'un :

- ❖ Plan de masse

- ❖ Plan de court-circuit
- ❖ Pavé rayonnant
- ❖ l'alimentation.



**Figure I.14** Configuration de l'antenne PIFA

### I.9.2 Techniques de miniaturisation

Une antenne miniature peut être obtenue par diverses techniques, nous voyons que l'objectif de miniaturisation c'est la miniaturisation de la bande qui sont très répondu dans les tags RFID grâce à leurs compacité et leur capacité. La technique de miniaturisation utilisée par le concepteur d'antenne résumé dans le tableau suivant.

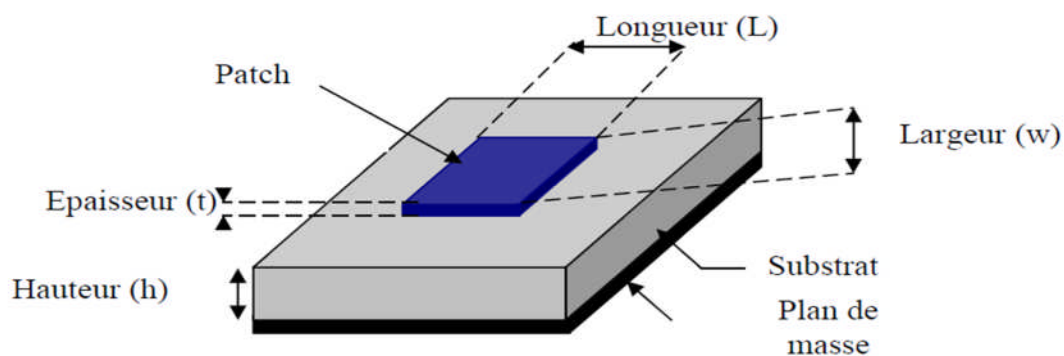
	La miniaturisation
<b>Modification de la forme de l'élément rayonnant :</b> -en forme de nœud-papillon -méandres verticaux ou repliement de la structure - méandres latéraux ou verticaux très étroits	× × ×
Utilisation d'un substrat à haute constante diélectrique	×
Ajout de courts –circuits verticaux entre l'élément rayonnant et le plan de masse	×
<b>Ajout de résonateurs parasites :</b> - juxtaposés - juxtaposés avec ajout de courts –circuits - superposés - superposés avec ajout de courts –circuits	× ×

<b>Insertion de fentes dans l'élément rayonnant pour :</b> - la création de nouvelles résonances - l'allongement des longueurs électriques - la création de nouveaux résonateurs	× × ×
<b>Insertion d'une charge capacitive insérée</b> - En bout d'élément - Dans l'élément	× ×
<b>Utilisation des charge capacitif et ou inductif réalisé par des composante localisés.</b>	×

**Tableau I.3:** les techniques de la miniaturisation.

### I.9.3 Antennes patch

une antenne imprimée (appeler aussi antenne micro ruban ou patch) est un élément rayonnant de forme arbitraire, gravé sur la face supérieure d'un substrat diélectrique caractérisé par une permittivité relative et sa tangente de perte. Tandis que l'autre face est le plus souvent et le plus complètement ou particulièrement métallisée formant ainsi le plan de masse.



**Figure I.15** Antenne patch

#### I.9.3 .1. Caractéristiques des antennes imprimées

Les antennes imprimées (plaquées) ont connu un essor phénoménal ces dernières années grâce à leur capacité à répondre notamment aux contraintes d'encombrement, de poids et surtout de coût imposé par les systèmes mobiles émergents. On peut remarquer qu'ils ont plusieurs particularités qui les rendent idéales pour de nombreuses applications commerciales basées sur la technologie des circuits imprimés.

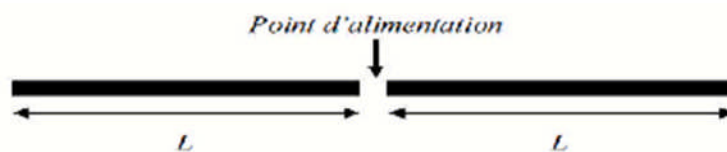


Les antennes micro rubans offrent plusieurs avantages par rapport aux antennes classiques. De plus, la simplicité de leurs structures fait que ce type d'antenne est adaptée au faible coût de fabrication donc elles sont très peu dispendieuses et la réalisation en grande quantité est très peu onéreuse, ceci est une propriété clé qui explique l'introduction des antennes imprimées dans les applications de la communication mobile et plusieurs d'autres domaines.

Aussi de nos jours, les clients utilisant les nouvelles technologies demandent de plus en plus de produits intelligents, légers et peu coûteux. Les antennes micro rubans répondent très bien à ces exigences et de ce fait, elles sont devenues une matière importante de recherche dans le domaine électronique théorique et pratique.

#### **I.9.4. Les antennes dipôles**

Ces antennes sont les plus utilisées grâce aux plusieurs caractéristiques, notamment leur symétrie, leur facilité d'intégration et surtout leurs faibles coûts. Elles possèdent un rayonnement omnidirectionnel et une polarisation linéaire. La géométrie de base est présentée par la figure suivante :



**Figure. I.16** Géométrie d'une antenne dipôle

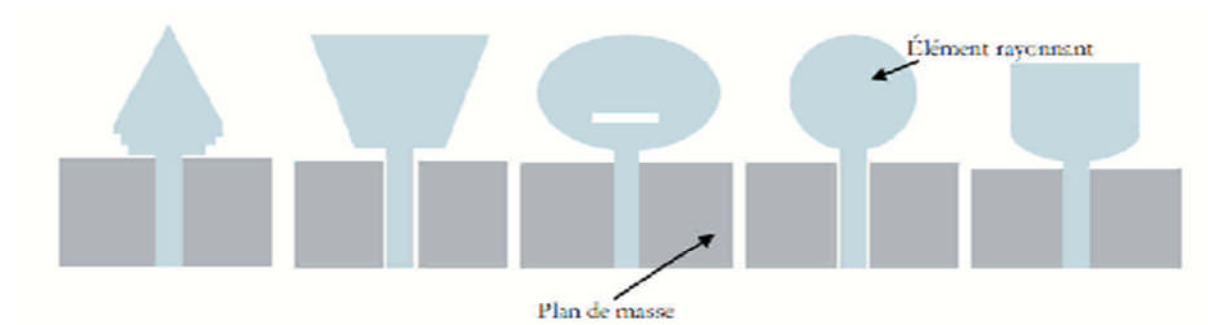
### **I.10 Antennes ultra large bande (ULB) RFID**

Les communications radio en ultra large bande ULB (ou UWB pour Ultra-Wide-Band) font l'objet d'intenses recherches depuis une dizaine d'années outre atlantique et depuis quelques années dans le monde. Elles visent à permettre le développement de systèmes peu consommateurs en énergie et en ressources matérielles, qui pourraient se généraliser dans les communications multimédia haut débit courte portée et dans d'autres applications associant communication et localisation.

#### **I.10.2 Types d'antennes ULB**

Une catégorie d'antenne large bande est constituée par les monopoles plans ou dipôles (Figure I.17). De nombreuses études ont été menées sur ce type d'antenne et différentes formes ont été conçues: carrée, circulaire ou elliptique. Toutes ces antennes présentent de

nombreuses caractéristiques communes: une bande passante importante, une polarisation linéaire et un diagramme de rayonnement omnidirectionnel dans le plan azimutal.



**Figure I.17** exemples d'antennes Dipôles/ monopoles électriques ultra large bande

Il existe aussi d'autres types d'antennes ULB comme l'antenne Papillon (Figure I.18). En effet, depuis quelques années, l'antenne papillon à charge résistive est utilisée pour les applications de type GPR. Les concepteurs de ces antennes ont essayé de modifier le profil résistif afin d'augmenter au maximum l'efficacité de l'antenne sans pour autant sacrifier la bande passante de l'antenne. L'association d'une charge capacitive et d'une charge résistive permet d'obtenir un bon compromis.



**Figure I.18** : Antenne papillon (Bow-tee)

### I.11 Fabrication des tags RFID UHF passifs

Un tag RFID UHF passif est constitué d'une puce électronique, une antenne et d'un packaging. Le choix de chaque paramètre dépend intrinsèquement de l'application désirée. Le critère de choix de la puce est une fonction de la fréquence de travail convoité et ses performances.

Chaque puce dispose de certaines caractéristiques propre à elles, c'est la raison pour laquelle chaque antenne de tag RFID fonctionne avec une puce bien particulière, il faudra bien choisir la puce adéquate selon les critères suivant :

- ❖ **La norme** : qui mettant en œuvre différents protocoles de communication.
- ❖ **La capacité de mémoire** : la plupart des applications RFID exigent l'enregistrement d'information sur le tag.
- ❖ **Le cout** : étant un critère très important, les concepteurs doivent en tenir compte en utilisant un simple procédé de fabrication et en choisissant un type de packaging non onéreux.
- ❖ **Les performances** : lors de leurs fonctionnements, les puces RFID consomment plus ou moins de puissance, ce qui détermine leur portée.

En industrie, il existe des puces RFID rassemblés sous plusieurs types de packaging dont

- ❖ **Le packaging die** : c'est le type de packaging le plus utilisé et qui est caractérisé par sa petite taille.
- ❖ **Le packaging boitier standards** : il connecte la puce à l'antenne par une soudure à l'étain ou un ICP.
- ❖ **Le packaging strap** : la fixation de l'antenne se réalise par l'utilisation d'un adhésif.
- ❖ **Le packaging ring** : ce dernier type consiste à réaliser la connexion par un couplage inductif entre la puce et antenne

Le choix du packaging de la puce RFID a des conséquences directes sur le procédé d'assemblage du couple antenne - puce, ainsi que le cout final du tag.

## **I.12 Domaine d'applications des antennes RFID**

La technologie RFID est utilisée depuis plusieurs années sur les lignes de production.

- ❖ Pour s'affranchir des contraintes industrielles, les lecteurs et les étiquettes ont gagné en robustesse et en simplicité d'intégration.
- ❖ Ils offrent aussi une grande variété d'interfaces pour se raccorder aux réseaux industriels.



**Figure. I.19 :** Les différents applications d'antennes

### I.12.1 SECURITE

Il s'agit d'un certains aspects liés à la sécurité par exemples :

- ❖ Gestion du personnel
- ❖ Contrôle d'accès aux zones réservées
- ❖ Authentification d'objet



**Figure. I.20** Exemples sur domaine de la sécurité RFID.

### I.12.2 AGROALIMENTAIRE

Cette technologie peut être exploitée pour effectuer un inventaire automatique qui permettrait d'alerter sur l'approche de la date limite de consommation d'un produit.

- ❖ Suivi de la chaîne du froid des produits alimentaires.
- ❖ Suivi de la chaîne de fabrication des produits frais.
- ❖ Suivi du bétail.



**Figure. I.21** Exemple sur la chaîne des produits alimentaires

### I.12.3.LOGISTIQUE

Est une forme de la traçabilité qui désigne le suivi quantitatif des produits. Elle porte surtout sur le positionnement géographique des unités logistiques.

- ❖ Suivi de **bagages** dans le transport aérien
- ❖ Suivi de sacs postaux
- ❖ Suivi et pistage de containers
- ❖ Identification de produits palettisés
- ❖ Contrôle d'accès (parking ...)



**Figure. I.21** Exemple sur la traçabilité.

### I.12.4 VEHICULE

Le système RFID-UHF est surtout adapté à la reconnaissance de véhicules, car un grand nombre d'applications est réalisable grâce aux grandes portées.

La longue expérience dans le domaine des antennes intégrées attribue pour le savoir-faire nécessaire pour l'emploi de systèmes performants pour la reconnaissance de transpondeurs dans l'environnement du véhicule.

Le type de protection élevé et le design robuste garantissent une longue durée de vie et de faibles frais d'exploitation

- ❖ Gestion de flotte de véhicules
- ❖ Authentification de véhicule

- ❖ Paiement des carburants
- ❖ Antivol, anti-démarrage
- ❖ Contrôle des pneumatiques



**Figure. I.22** Exemples sur le puçage des véhicules.

### I.12.5 LOISIRS

- ❖ Location de K7 vidéo et DVD
- ❖ Bibliothèque (gestion rapide des entrées/sorties)
- ❖ Ticketing (remontées mécaniques dans les stations)
- ❖ Gestion des temps des coureurs.



**Figure. I.23** Exemple sur Ticketing des livres

## I.12.6 MEDICAL

Depuis quelques années, le milieu de la santé s'intéresse aux applications de la RFID pour la gestion du matériel médical, des médicaments et aussi pour améliorer les soins offerts aux patients.

Les nouvelles exigences des législateurs et le souhait de l'optimisation de l'efficacité rendent nécessaire l'utilisation du système RFID dans le secteur de la fabrication de médicaments.

Les systèmes d'antennes RFID UHF permettent l'emploi des transpondeurs UHF, qui sont plus économiques.

Un changement de système à l'intérieur du processus de production et intra logistique d'HF pour UHF n'est plus nécessaire. Un médium unitaire pour toutes les tâches peut être appliqué.

La version extrêmement petite et robuste des antennes permet une intégration simple et rapide dans le système existant.

- Exemples d'applications réels

Ces dernières années, plusieurs projets d'implémentation de la technologie RFID ont été menés dans le secteur de la santé :

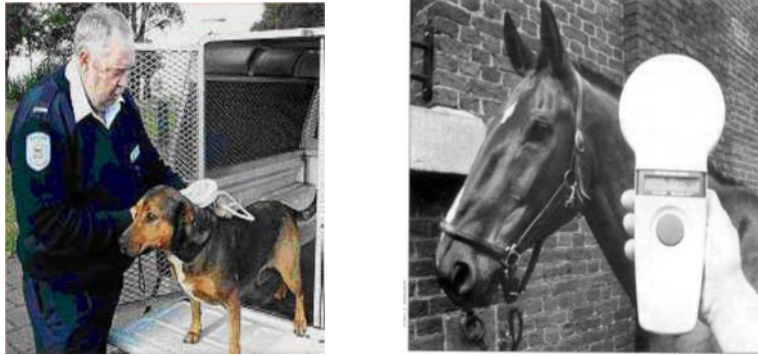
- ❖ Gestion de collectes des déchets médicaux.



**Figure. I.24** Exemple sur l'application de la RFID dans les médicaments.

- ❖ Tatouages électroniques pour animaux.





**Figure. I.25** Exemple sur le Tatouages électroniques pour animaux

### ❖ La prothèse dentaire

Cette puce est intégrée dans la prothèse dentaire chaque fois qu'une opération est effectuée, est en enregistré dans la puce.



**Figure. I.26** la prothèse dentaire



**Figure. I.27** Exemple d'une puce intégrée dans la prothèse dentaire

### ❖ Surveillance médicale

#### Des bracelets :

peuvent être attribué aux patients remplaçons les feuilles de soins, il contient :

- ❖ Le numéro de médecin traitant
- ❖ Le numéro de l'infirmier

Ils sont liés à une base de données qui stocke les dossiers des malades.





**Figure. I.28** Exemples de bracelets RFID.

### ❖ Les micro-puces neurales ou cérébrales

L'homme n'a pas le droit de développer sa propre façon de penser. Nous devons contrôler le cerveau électriquement

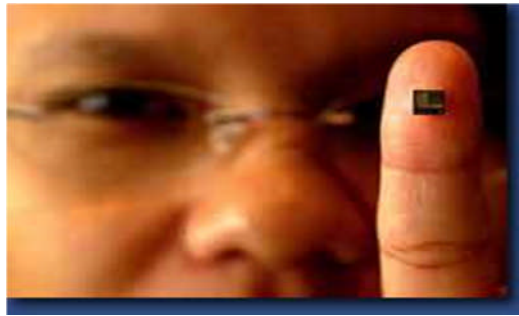
Le but est donc clair et ne prête à aucune confusion : c'est bien de contrôle des populations dont il s'agit, du contrôle TOTAL des individus et de leur esprit, et de la création d'une société TOTALITAIRE dans laquelle toute attitude sera surveillée, contrôlée et imposée selon la volonté du pouvoir en place !



**Figure. I.29** la micro-puce neurale.

### ❖ Les puces à ADN ou puces génétiques

En effet, les puces à ADN ou puces génétiques, également appelées « puces-laboratoires » (lab on a chip) permettent, via toute une série de capteurs et de réactifs, d'analyser un échantillon de l'ADN d'une personne. Ces puces, qui sont minuscules, permettent de remplacer tout un laboratoire compliqué (et les personnes qui travaillent aussi, d'où une menace, directe ou indirecte, pour l'emploi).



**Figure. I.30** les puces à ADN ou puces génétiques

La technologie RFID est appliquée dans plusieurs domaines de la santé, nous pouvons organiser les applications hospitalières en termes de fonctionnalité en Cinq catégories : le traçage, l'identification et vérification, la détection les interventions, alerte et déclenchement.

- ❖ **Le traçage** : le traçage des équipements médicaux est une des applications RFID les plus répandues dans les hôpitaux. Cela permet de localiser des équipements en temps réel.
- ❖ **Identification et vérification** : les fausses identifications sont une des erreurs médicales les plus fréquentes. Elles peuvent être réduites grâce à la mise en œuvre de la technologie RFID. Les application d'identification comprenant l'identification des patients à l'aide d'un bracelet intelligente à titre exemple.
- ❖ **Détection** : une étiquette RFID peut être applique à la collecte de données, et ceci à l'aide de capteur actifs capables d'effectuer les calculs en exploitant les capacités d'un capteur avec celle de la puce. Ces capteurs peuvent être de nature physique ou chimique avec intégration de détecteurs de température d'humidité.
- ❖ **Intervention** : la technologie RFID peut intervenir à distance et fournir des soins automatisé, elle peut être utile pour les patients qui préfèrent rester chez eux.
- ❖ **Alerte et déclenchement** : les applications RFID impliquant des alertes et des déclenchements d'alarme sont conçu pour protéger les patients des risques ou nécessitant en urgence une intervention chirurgicale.

Nous pouvant en déduire que la technologie RFID est une solution très interagissant pour les différent organisation de la santé, grâce aux différents atouts qu'offre cette technologie, les activités et les services médicaux vont être améliorés et simplifier davantage.

❖ Muséographie



Figure I.31 : Exemple de la Muséographie

Les systèmes RFID peuvent être aussi utilisés pour toutes les clés de la maison, du travail, des voitures.

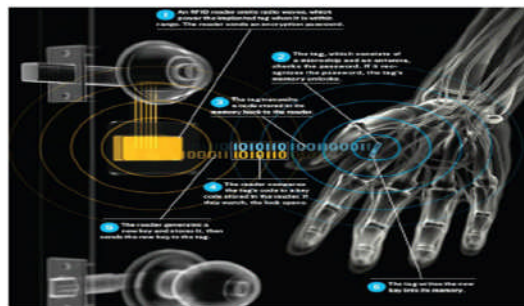


Figure I.24 : exemple sur les clés RFID de la maison

## **I.13 Avantages et Inconvénients de la technologie RFID**

### **I.13.1. Avantages :**

Radio Frequency Identification fournit un service précieux qui est capable de révolutionner le monde. Il existe de nombreux avantages potentiels :

- ❖ RFID rend le monde des affaires semblent comme un endroit plus petit.
- ❖ Une sécurité d'accès au contenu : la protection par mot de passe en écriture ou en lecture.
- ❖ Une plus grande souplesse de positionnement.
- ❖ Une moindre sensibilité aux conditions environnementales.
- ❖ La vitesse de marquage.
- ❖ RFID réduit les coûts du travail humain et les erreurs de l'homme, et réduire les vols dans les magasins et les entrepôts.

### **I.13.2 Inconvénients**

Les inconvénients de la RFID dépendront principalement des problèmes liés à la confidentialité, aux imperfections techniques : Balises cachées, et des lecteurs menaçant d'enlever le mystère de l'homme.

Les prix restent nettement supérieurs à ceux des étiquettes code à barres pour les unités consommateurs. Utiliser les étiquettes radio fréquence à la place du code à barres sur les produits de grande consommation, n'est donc pas aujourd'hui économiquement réaliste.

La sensibilité aux ondes électromagnétiques parasites : les systèmes de lecture RFID sont dans certaines circonstances sensibles aux ondes électromagnétiques parasites émises par des équipements informatiques (des écrans d'ordinateurs) ou des systèmes d'éclairages plus généralement par les équipements électriques. Leur emploi doit donc être testé en tenant compte de l'environnement.

## **I.14 CONCLUSION**

Ce chapitre a énormément contribué à l'enrichissement de nos connaissances, tant celui d'actualité, qu'est la technologie RFID moderne. Nous avons présenté les différents types de systèmes RFID existants, nous les avons classées selon leurs fréquences de résonance et selon leur fonctionnement.

Nous avons présenté par la suite le mode de communication entre (tag /lecteur), les différentes applications de la technologie RFID, et en fin les avantages et les inconvénients de cette technologie.

Dans le chapitre suivant, nous allons-nous intéresser à la conception des tags RFID en technologie micro-ruban ou imprimée.

## II.1 Introduction

À la lumière de toutes ces technologies et techniques, on trouve la technologie émergente l'identification par radio fréquence RFID présentées sous un jour absolument bénéfique qui peut améliorer de façon considérable dans la vie des individus, elle sert à éclairer la vision des personnes à un avenir prometteur, et est en train d'offrir un large éventail d'applications qui n'ont pas de limite, elle peut s'étendre au-delà de nos imaginations.

Maintenant, la RFID fait partie de notre vie quotidienne : passeport et carte d'identité, étiquettes de grandes surfaces, contrôle d'accès, systèmes anti-démarrage en sont quelques exemples. Le nombre d'applications va croissant avec les améliorations technologiques, la diminution de leur coût de fabrication.

L'antenne dite imprimée ou micro ruban est l'une des meilleures structures d'antennes, en raison de son bas coût et de sa conception compacte. Dans ce chapitre, nous avons étudié une nouvelle approche pour améliorer l'efficacité du rayonnement et la miniaturisation de la taille. Les différentes simulations sont réalisées en utilisant le logiciel de simulation CST Microwave Studio.

L'élaboration de toute la communication dépend en grande partie des performances des antennes imprimées mises en jeu, ce chapitre est entièrement dédié à la conception d'antenne pour tags RFID passif pour cela nous avons présenté quelques antennes adaptées à ces puces.

## II.2 Modèle de la ligne de Transmission

Ce modèle représente l'antenne imprimée par deux fentes rayonnantes de largeur  $W$  et de hauteur  $h$  séparées par une ligne de transmission de longueur  $L$ . la ligne micro ruban est essentiellement une ligne non homogène à deux diélectriques, typiquement le substrat et l'air. Par conséquent, comme le montre la figure II.1 la propagation des ondes dans la ligne Micro ruban s'effectue à la fois dans le milieu diélectrique et dans l'air : deux milieux d'indices différents. Pour simplifier l'étude, la ligne micro ruban réelle peut être modélisée par Plan de masse Élément rayonnant Substrat.

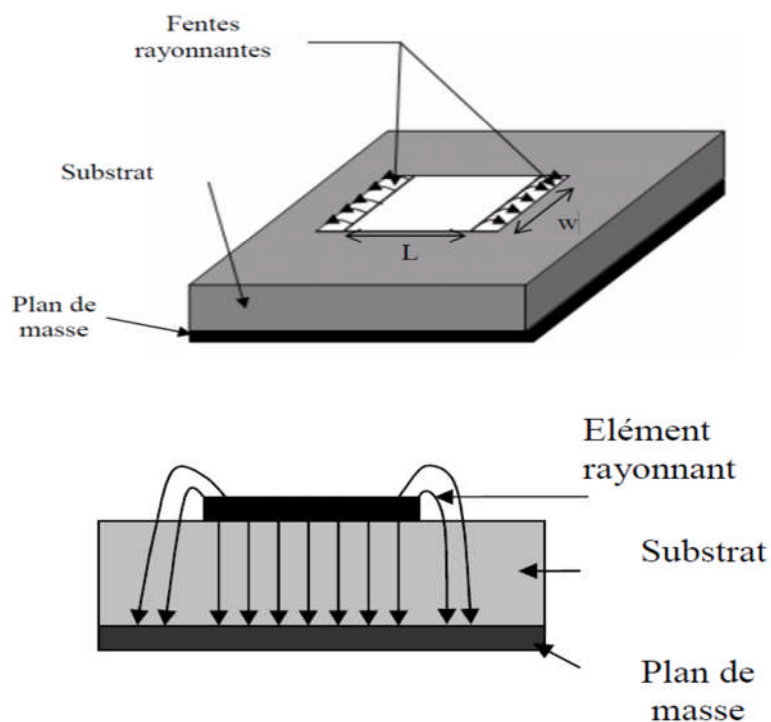


Figure II. 1 : Lignes du champ électrique

Une ligne fictive où la propagation s'effectuerait dans un milieu homogène de constante Diélectrique équivalente  $\epsilon_{\text{reff}}$  selon la figure I.10.

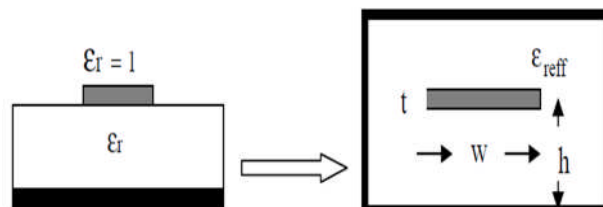


Figure II.2 : Modélisation de la ligne micro ruban.

L'expression de  $\epsilon_{\text{reff}}$  est donné par l'équation suivante :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right)$$

Avec

$\epsilon_{\text{eff}}$  : Le constant diélectrique effectif.

$r$  : La constante diélectrique.

$h$  : épaisseur du substrat diélectrique.

$W$  : largeur du patch.

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{eff}} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.262 \right)}{(\epsilon_{\text{eff}} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.813 \right)}$$

La longueur équivalente  $L_{\text{eq}}$  du patch devient :

$$L_{\text{eq}} = L + 2\Delta l$$

La longueur équivalente  $L_{\text{eq}}$  du patch devient :

$$L_{\text{eq}} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

D'où

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} - 2\Delta l$$

Pour l'antenne rectangulaire, La fréquence de résonance pour le mode TM, est donné par



$$f_r = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \left[ \left( \frac{m}{L} \right)^2 + \left( \frac{n}{w} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Pour un rayonnement efficace  $w$  est donné par :

$$w = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

### II.3 Méthodologie de conception d'antennes RFID :

L'objectif principal d'une conception est d'atteindre des caractéristiques de fonctionnement spécifiques. Pour une fréquence désirée, dans le cadre de notre travail, nous allons concevoir des antennes capable de fonctionner dans différents standards de communications et donc nous sommes concernés par les bandes de fréquences respectivement : 2.4 GHz, 5.8 GHz, 1.3 GHz.

La méthodologie de la conception mise en œuvre est illustrée par la figure II.3.

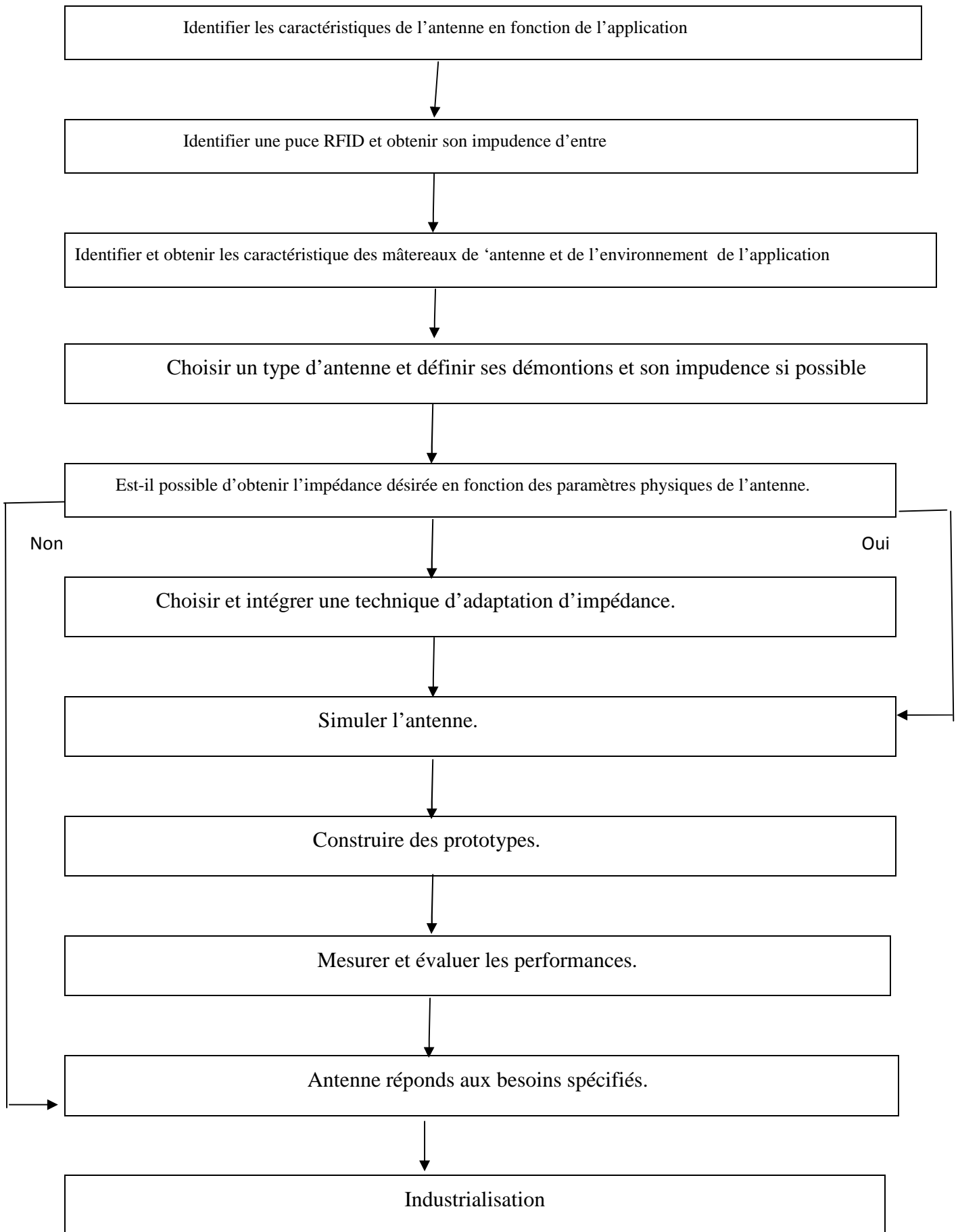


Figure II.3 : Méthodologie de conception des antennes RFID

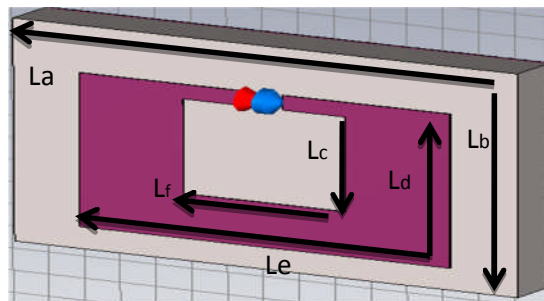
## II.4 Antennes imprimées Mono bande

Nous allons présenter dans cette étude trois structures d'antennes mono bande.

### II.4.1 Antenne imprimée rectangulaire à ouverture

La géométrie de la première antenne micro ruban étudiée est présentée par la figure II.4. Le patch ( $l=9.5\text{mm}$ ,  $w=7.5\text{mm}$ ) est réalisé sur un substrat de type FR-4 (permittivité diélectrique  $\epsilon_r = 4.30$ , épaisseur  $h=1.6\text{mm}$ ) et de dimensions  $L_a=24\text{mm}$  et  $L_b=12\text{mm}$ . Cette alimentation est adapté à  $50\ \Omega$ .

Un plan de masse rectangulaire, sa hauteur  $H$  est de  $0.035\text{mm}$ , et de même largeur que le substrat ( $24 \times 12\text{mm}$ ).



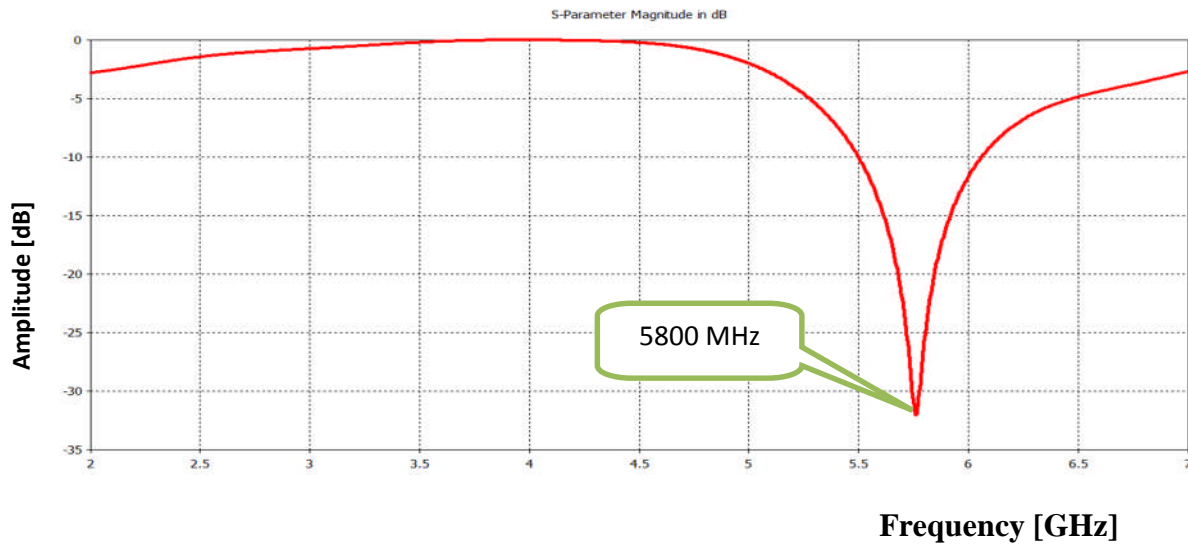
**Figure II.4** : Géométrie de l'antenne mono bande proposée.

Les différents paramètres d'antenne sont détaillés dans le tableau II.1.

Démenions (mm)	$L_a$	$L_b$	$L_e$	$L_d$	$L_f$	$L_c$
Bande 5.8 GHz	24	12	9.5	7.5	5.5	5.25
Bande 3.6 GHz	24	12	18.45	8	3	4.25

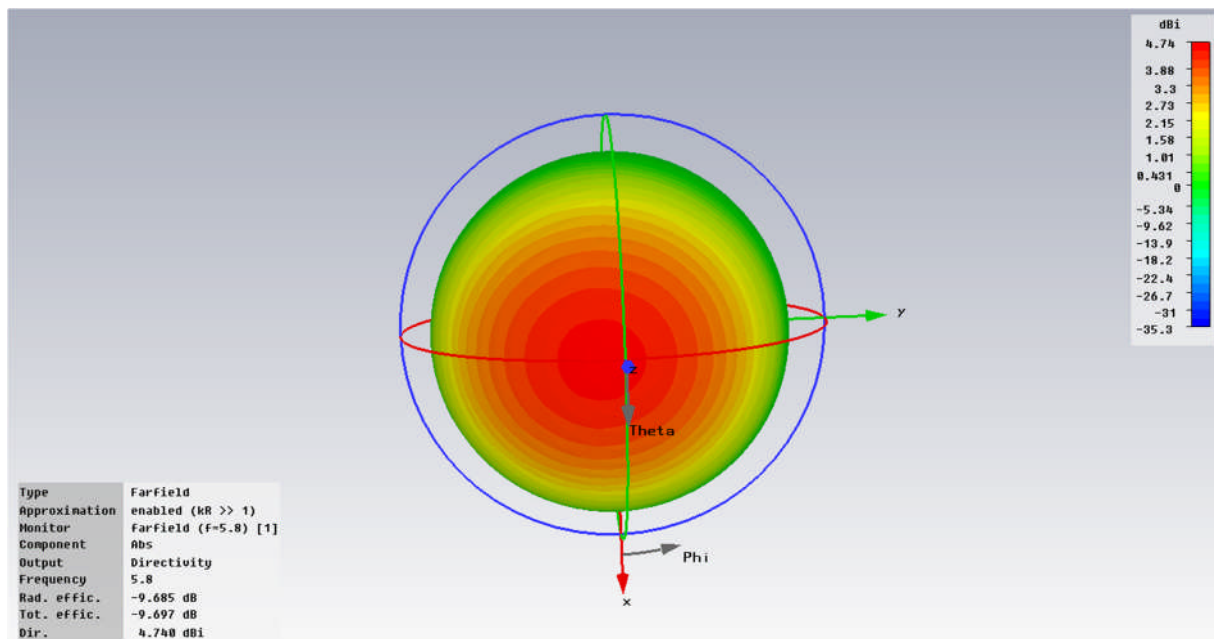
**Tableau II. 1:** Paramètre d'antenne imprimé

La figure II.5 illustre le coefficient de réflexion de notre antenne en fonction de la fréquence. Ce résultat nous montre la présence de résonances aux fréquences 5.8GHz avec un niveau du paramètre S11 de  $-32\text{dB}$ .



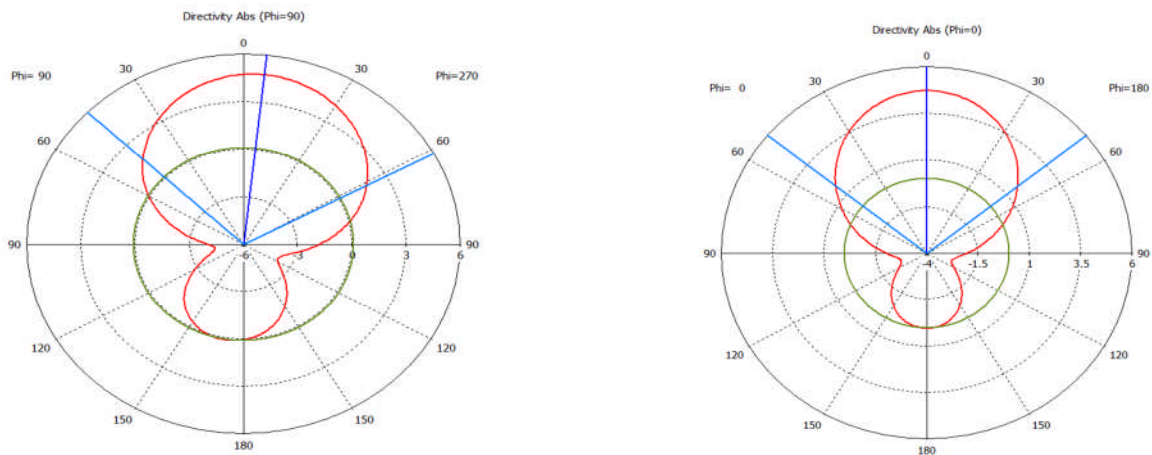
**Figure II.5 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

La figure II.6 présente une visualisation en 3D du diagramme de rayonnement à la fréquence 5.8 GHz. Ce formalisme permet de rendre compte immédiatement de la capacité de l'antenne ce qui donne un rayonnement omnidirectionnel.



**Figure II.6 :** Diagramme de rayonnement en 3D.

Sur la **Figure II.7** on représente les diagrammes de rayonnements polaires pour une fréquence de résonances dans les différents plans E et H.

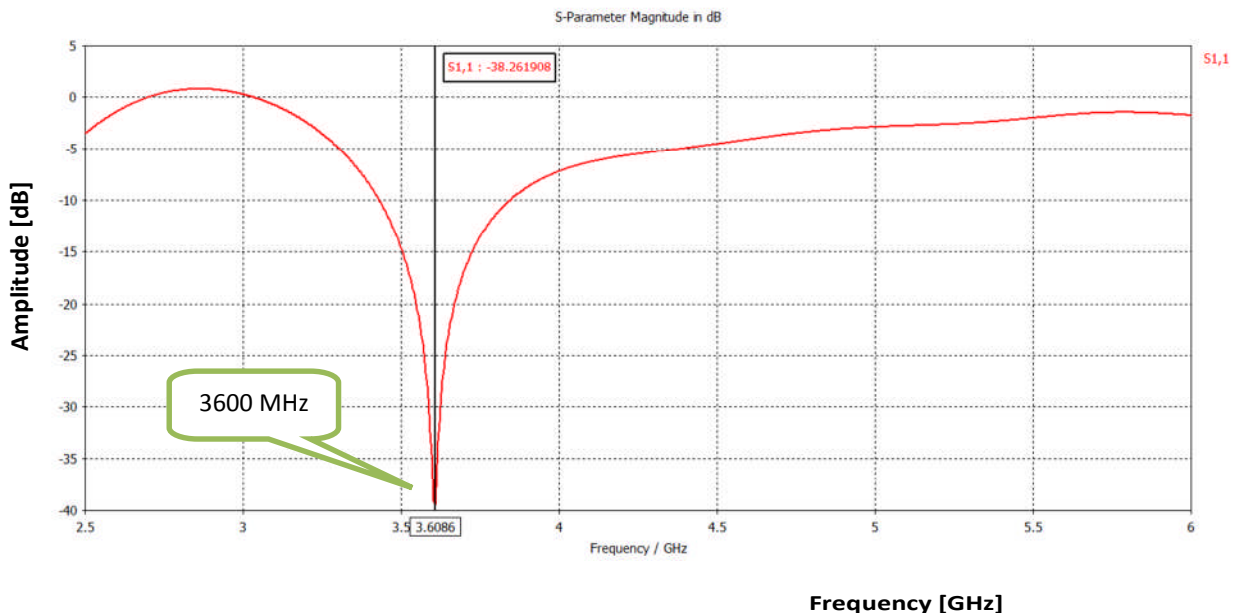


**Figure II .7** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 5800$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

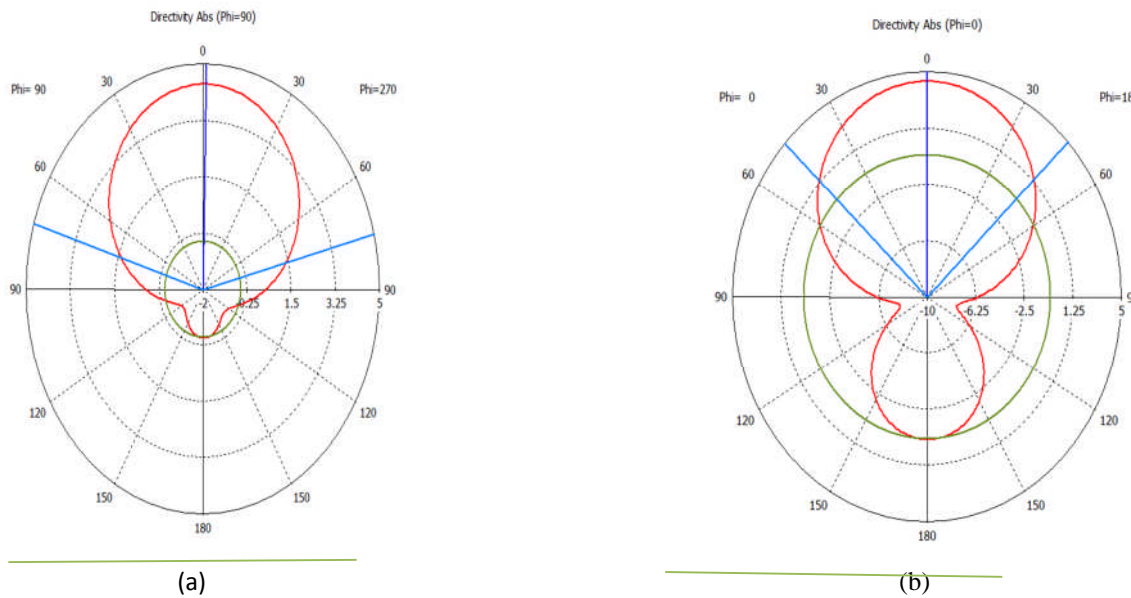
Nous avons aussi simulé l'antenne pour fonctionner à la fréquence 3.6 GHz. Les résultats obtenus pour la norme RFID opérant dans la fréquence de résonance  $f=3600$  MHz sont représentés respectivement sur les figures II.8 et II.9 dans la gamme de fréquence [ 2.5-6 GHz ].

D'après la figure II.8, nous constatons que la résonance de l'antenne est correctement prédite à 3.6 GHz avec un pic de -38 dB.



**Figure II. 8 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne simulée.

La figure II.9 illustre les diagrammes de rayonnement de l'antenne à la fréquence 3.6GHz dans le plan E. Le rayonnement est bidirectionnel, le lobe principal se dirige aux alentours de 0 et de 180 degrés.

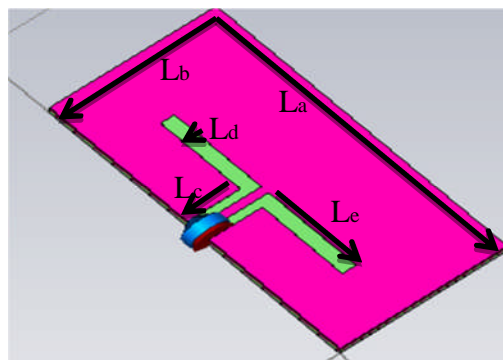


**Figure II.9:** Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence  $f= 3600$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) E-plane  $\phi=0^\circ$ .

#### II.4.2 Antenne imprimée à deux lignes symétriques

Nous proposons une deuxième structure qui répond à l'application Mono bande (figure II.10). L'antenne patch est conçue pour fonctionner à deux fréquences de résonance 2.4GHz et 2.45 GHz. Elle est constituée d'un patch rectangulaire à deux lignes symétriques par rapport à une l'alimentation adaptée à  $50\Omega$ .



**Figure II.10 :** Géométrie de la deuxième antenne imprimée mono bande.

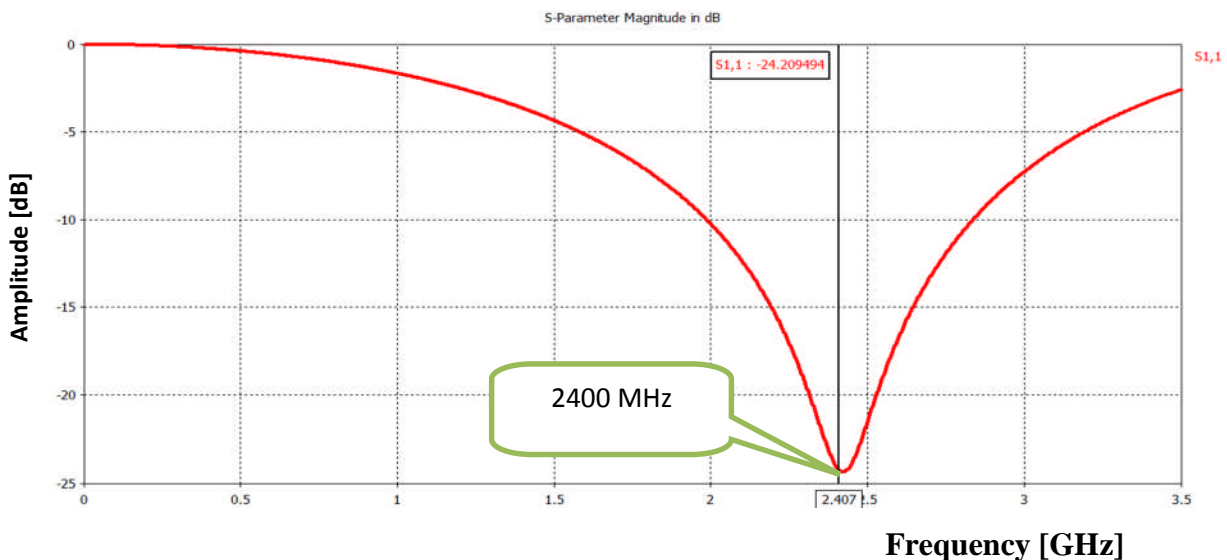
Les différents paramètres d'antennes, obtenus par le logiciel CST, sont détaillés dans le tableau II.2. On remarque que les deux fréquences de résonances ont pu être ajuster en faisant varier la largeur  $L_d$  des deux lignes symétriques.

Dimensions (mm)	L <sub>a</sub>	L <sub>b</sub>	L <sub>c</sub>	L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>f</sub>
2.45 GHz	40	20	8	2.75	12	1
2.4 GHz	40	20	8	2.135	12	1

**Tableau II. 2:** Paramètres d'antenne imprimée

Nous avons simulé l'antenne imprimé à l'aide du logiciel CST, Les résultats sont obtenus pour la norme RFID opérant dans la fréquence de résonance  $f=2400$  MHz.

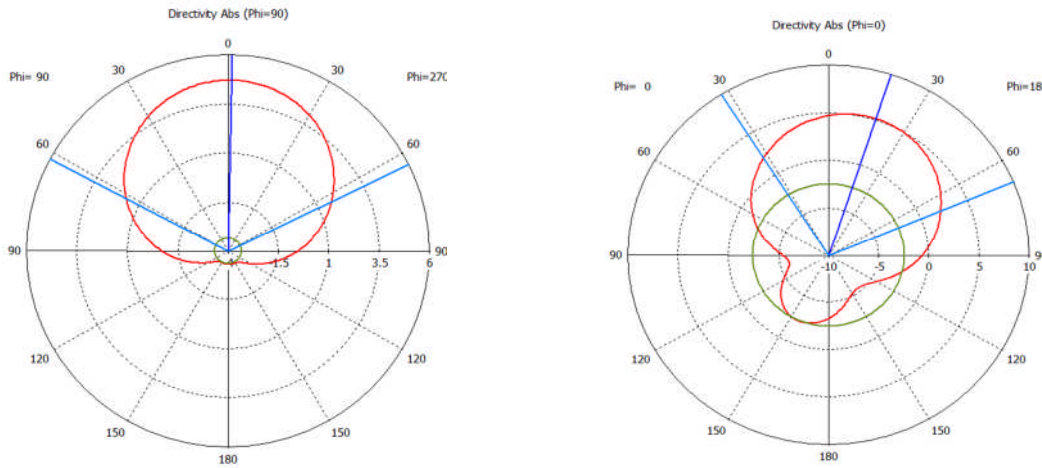
La réflexion sur la source et le diagramme de directivité sont représentés respectivement sur les figures suivantes dans la gamme de fréquence [ 0-3.5 GHz ].



**Figure II.11 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

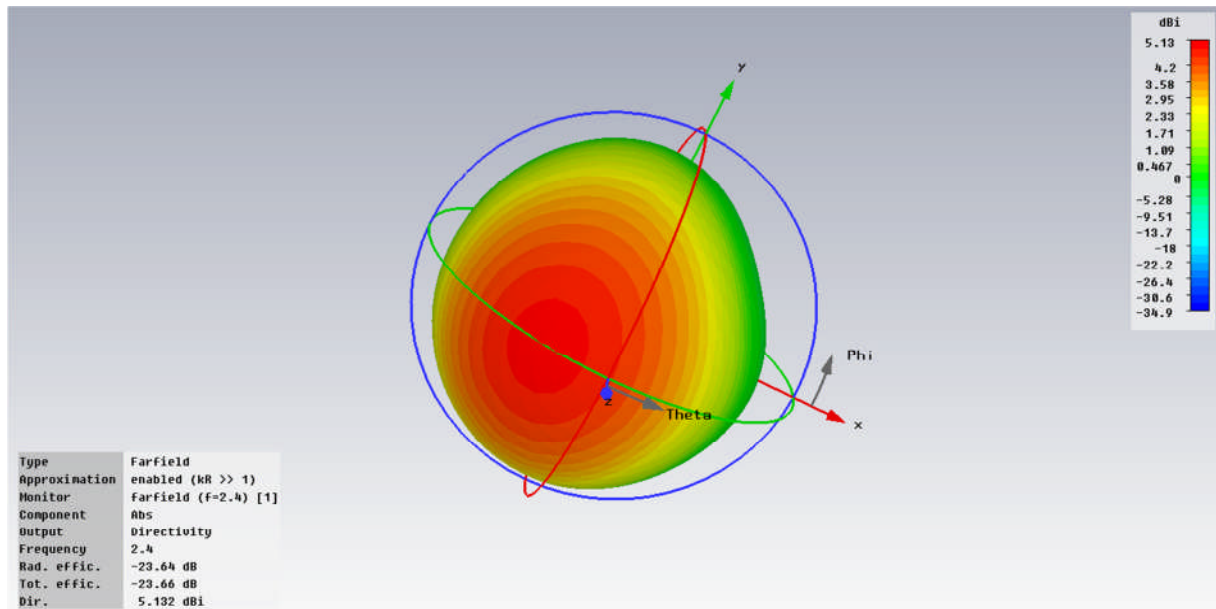
D'après la figure II.11 nous constatons que la résonance de l'antenne est correctement prédite à 2.4 GHz avec un pic de -24 dB. Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans à la fréquence de 2400 MHz est représenté dans la figure II.12. ce qui donne un rayonnement omnidirectionnel, ses résultats sont bien visibles sur le tracé en 3D figure II.13.

Les diagrammes de rayonnement sont généralement représentés dans deux plans orthogonaux "plan E et plan H", par rapport à la direction principale.



**Figure II .12.** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 2450$  MHz

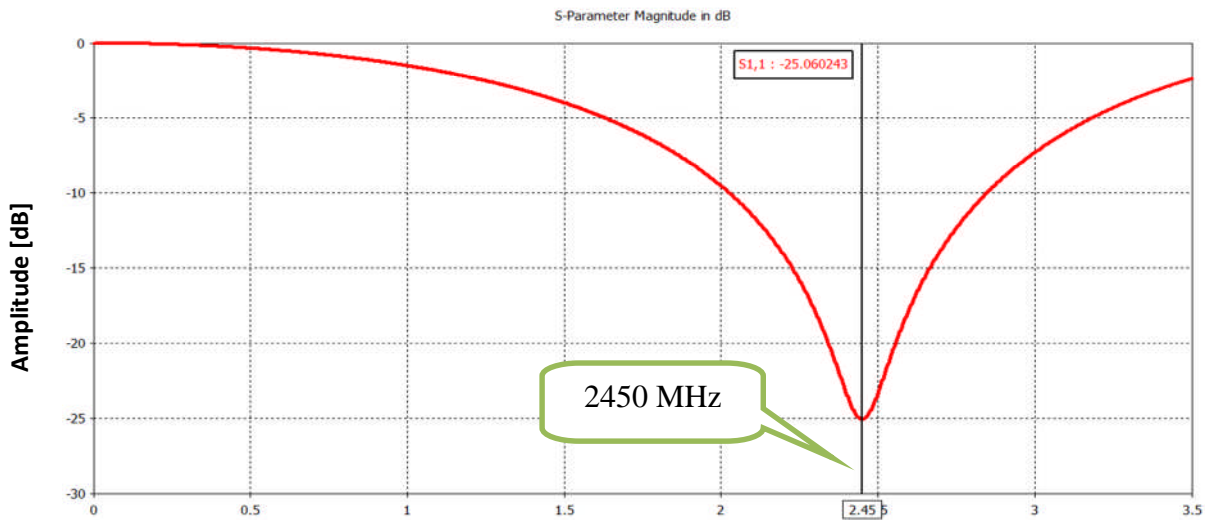
(b) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .



**Figure II.13 :** Diagramme de rayonnement en 3D.

Dans le cas de la fréquence 2,45 GHz, nous avons obtenus les résultats de simulation représentés dans la figure II.14. Donnant la variation du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence dans la bande 0-3.5GHz.

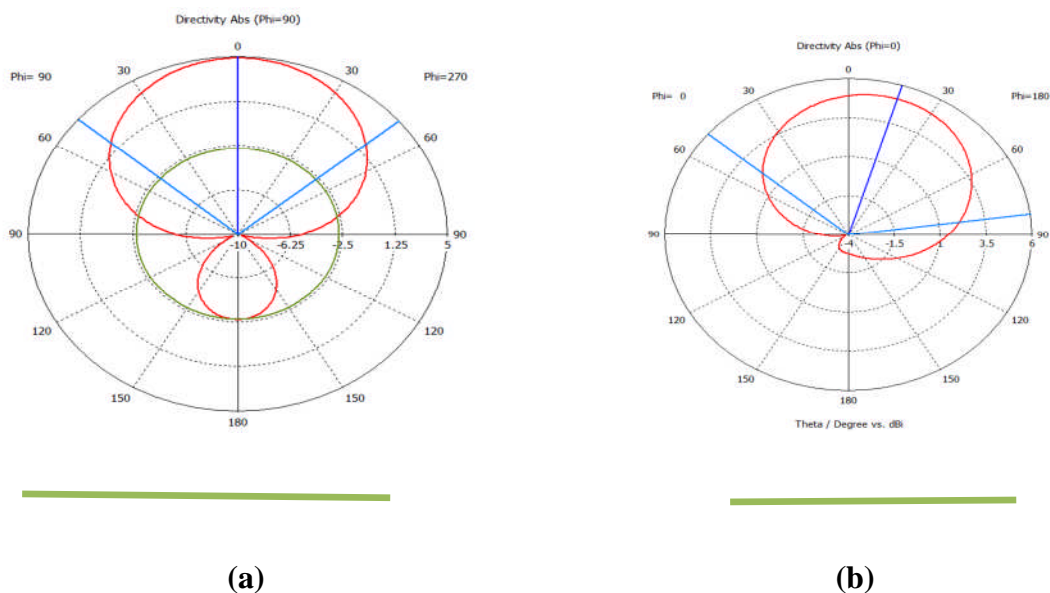




**Figure II.14:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

L'antenne utilisée reflète une bonne adaptation à la fréquence de résonance avec un pic de -25dB (figure II.14).

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans à la fréquence 2450 MHz est représenté par la figure II.15 ce qui donne un rayonnement omnidirectionnel, ses résultat se sont bien visibles sur le tracé en 3 D (Figure II.16).



**Figure II .15 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 2450$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

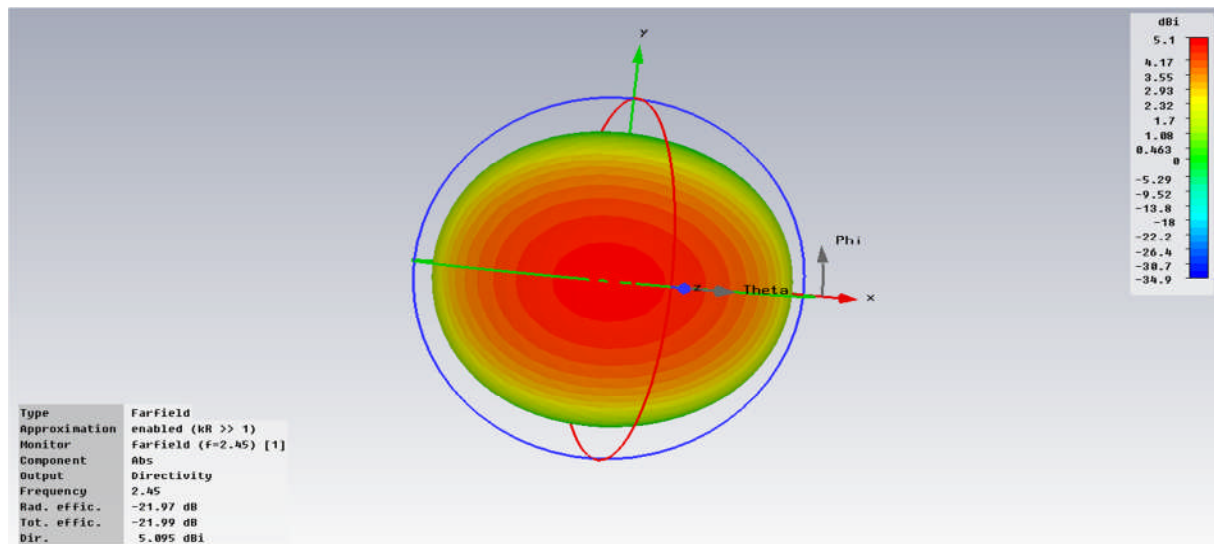


Figure II.16 : Diagramme de rayonnement en 3D.

### II.4.3 Antenne dipole repliée

La géométrie de cette antenne est représentée sur la figure II.17. Le repliement est une technique de miniaturisation très efficace, permettant la variation de l'impédance complexe de l'antenne. L'antenne dipole, déposée sur un substrat FR4, fonctionne à la fréquence 5800MHz.

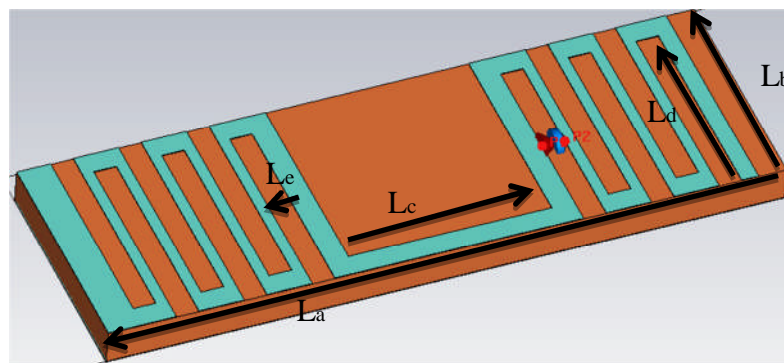


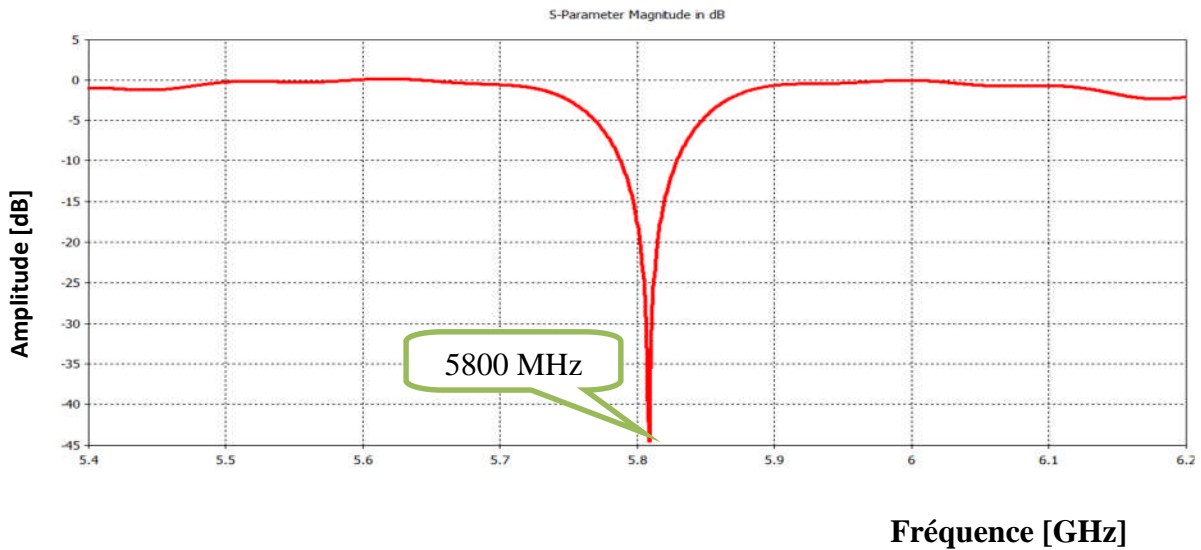
Figure II.17 : Géométrie de l'antenne imprimée mono bande.

Les différents paramètres de cette antenne, obtenus par le logiciel CST, sont détaillés dans le tableau II.3

Dimensions (mm)	L <sub>a</sub>	L <sub>b</sub>	L <sub>c</sub>	L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	H
<b>5.8 (GHz)</b>	30	10	9	9	1	1.6

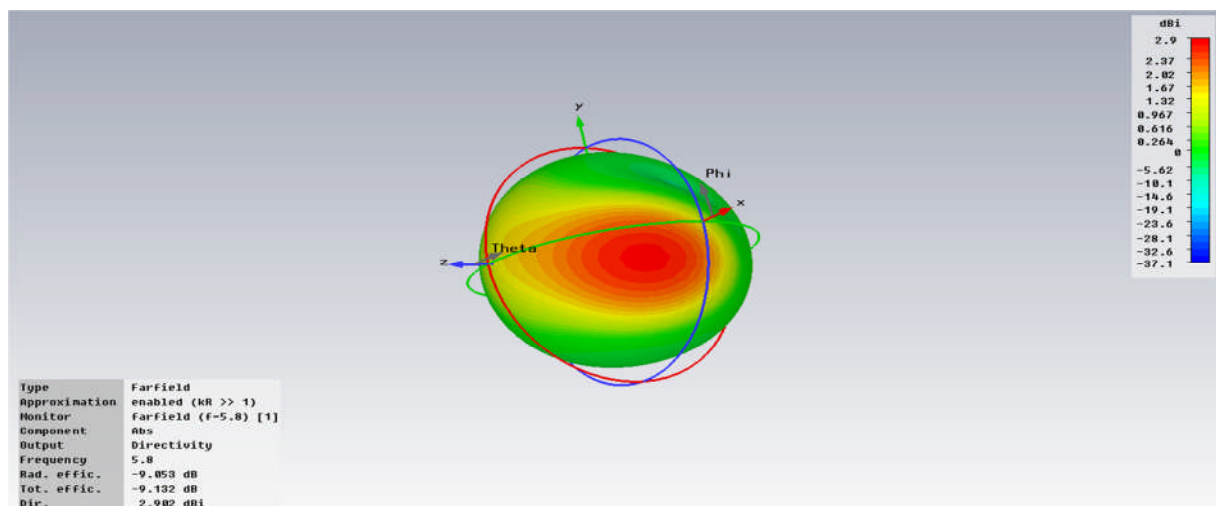
**Tableau II. 3:** Paramètres de l'antenne dipôle repliée

Les résultats de simulations montrent que l'antenne est très bien adaptée à la fréquence de résonance 5.8GHz (figure II.18) avec un pic à -44 dB.



**Figure II.18 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulé

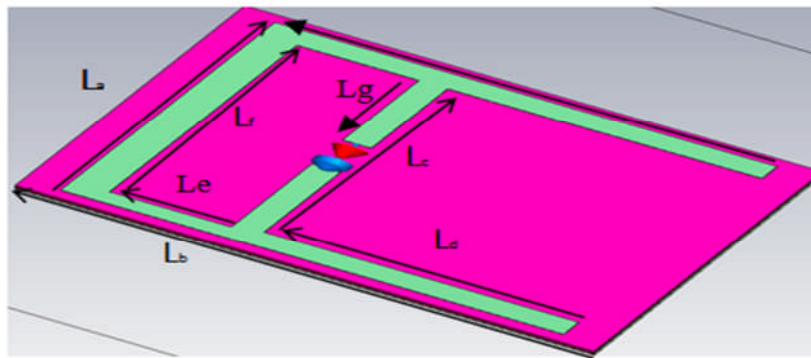
le tracé en 3D du rayonnement de l'antenne est donnée dans la figure II.19.



**Figure II.19:** Diagramme de rayonnement en 3D.

## II.5 Antennes imprimées multi bande

Le fonctionnement multi bande est très attrayant, du fait qu'avec une seule antenne nous puissions servir plusieurs applications en même temps. Pour cette raison, nous avons trouvé intéressant de concevoir une antenne multi bande. Comme exemple nous avons étudié l'antenne de la figure II20.



**Figure II. 20** : Géométrie de l'antenne pifa.

Dans ce travail, l'antenne proposée est de taille miniature destinée à une application RFID. Les dimensions de cette antenne, et pour les différents cas étudiés, sont résumés dans le tableau II.4. Nous pouvons constaté un comportement mono bande pour certaines valeurs des paramètres géométriques, et comportement multi bande possible pour d'autres valeurs.

Dimensions Mm		$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_d$	$L_e$	$L_f$	$L_i$	$L_g$	$w$
Mono- bande GHz	2.4	28	46	24	8	7.7	24.5	28	11.75	1
	5.8	28	46	13	30	9.7	13	39	6.5	1
	2.45	28	46	25	6.85	6.35	24.5	28	11.75	1
	3.34	28	46	/	/	6.35	24.5	14.25	11.75	1
Multi-bande GHz (Five Bands)		28	46	24	30	9.7	24.5	40	11.5	1
1.3	2.5	3.9	5.2	6.9						

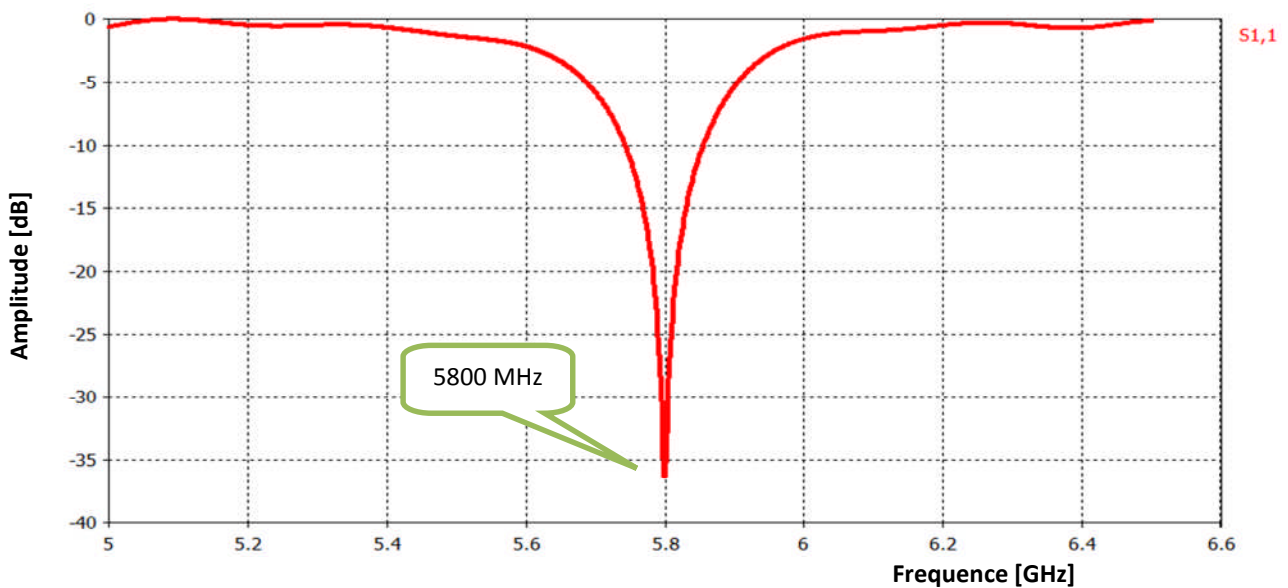
**Tableau. II. 4** : Paramètres de l'antenne imprimée proposée.

Les résultats de simulation par le logiciel CST Microwave Studio sont présentés dans les paragraphes qui vont suivre. L'antenne répond de manière satisfaisante aux exigences imposées.

L'antenne imprimée est connectée à une puce dont l'impédance est de :  $43-j 800\Omega$ .

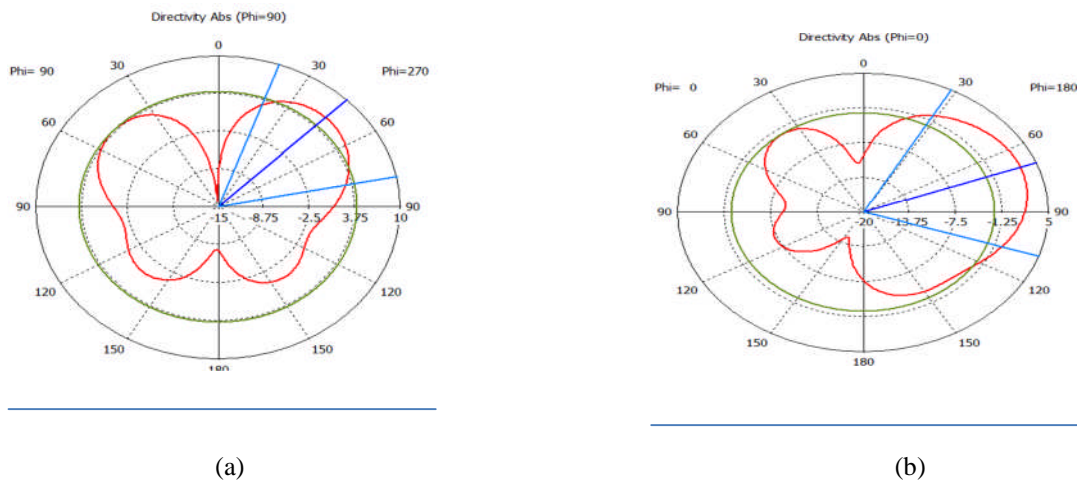
### II.5.1 Fonctionnement Mono bande à 5800MHz

La figure II.21 illustre le coefficient de réflexion de notre antenne en fonction de la fréquence. Ce résultat nous montre la présence de résonances aux fréquences 0.9 GHz avec un niveau du paramètre S11 de -17dB.



**Figure II.21 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne simulée.

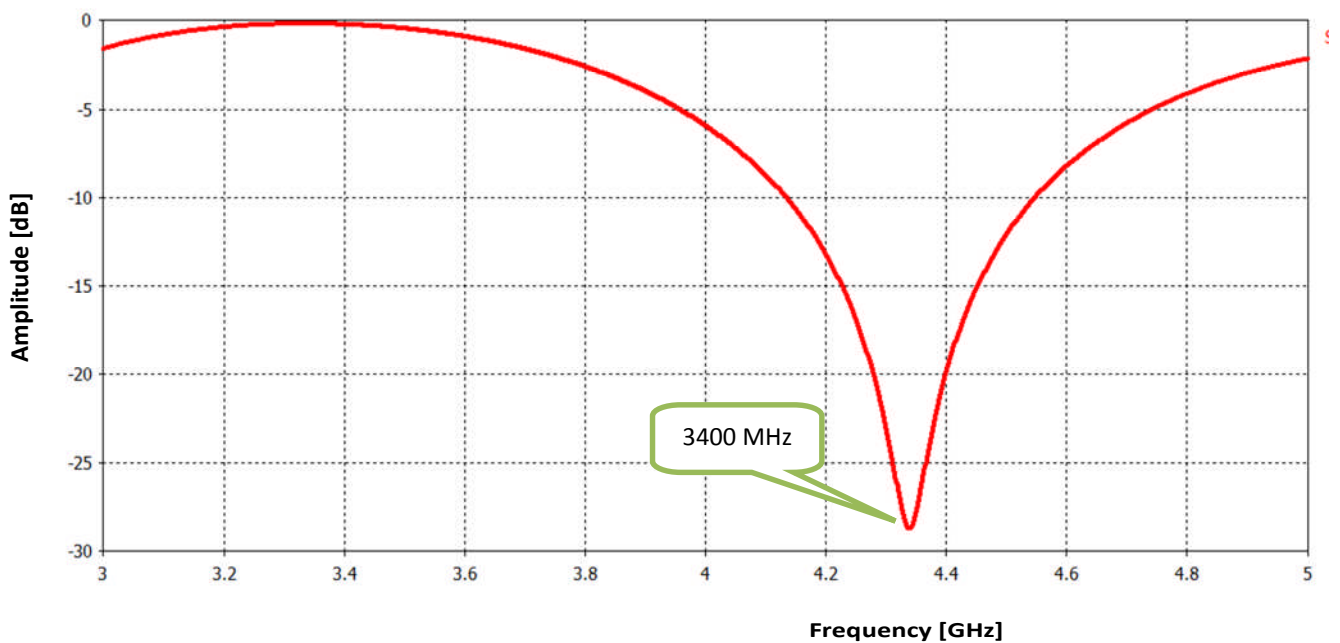
Les diagrammes de rayonnement sont généralement représentés dans deux plans orthogonaux "plan E et plan H", par rapport à la direction principale. La figure II.22 présente le rayonnement de l'antenne dans les deux plans : Plan E et Plan H.



**Figure II.22:** Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence  $f= 5800$  MHz  
 (a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) E-plane  $\phi=0^\circ$ .

## II. 5.2 Fonctionnement Mono bande à 3400MHz

D'après la figure II.23 nous constatons que la résonance de l'antenne est correctement prédite à 0.9 GHz avec un pic de -23 dB.

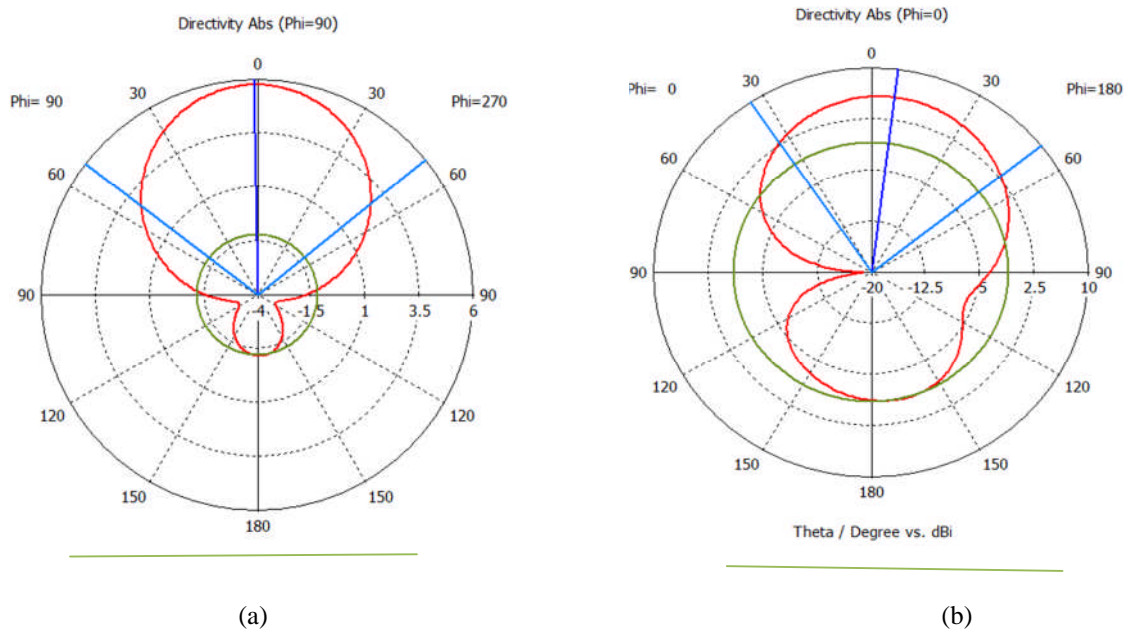


**Figure II.23 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne simulée.

Les caractéristiques de rayonnement de l'antenne pifa en cordonner polaire prennent les même géométrique graphique sous forme de cercle ce qui indique que le rayonnement est omnidirectionnel.



La figure II.24 illustre les diagrammes de rayonnement de l'antenne à la fréquence 1.8 GHz sur le plan E. Le Rayonnement est bidirectionnel, le lobe principal se dirige aux alentours de 0 et de 180 degrés.

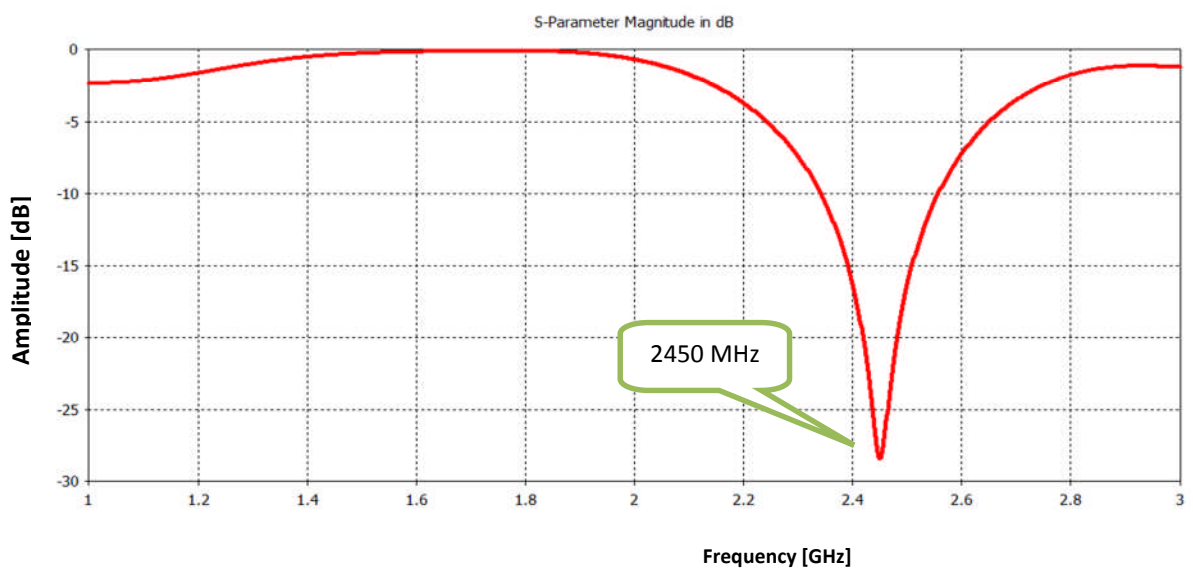


**Figure II.24 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence  $f= 3400$  MHz

(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) E-plane  $\phi=0^\circ$ .

### II. 5.3 Fonctionnement Mono bande à 2450MHz

La figure II.25 montre le coefficient de réflexion en dB simulée via le logiciel CST Microwave Studio.



**Figure II.25 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne simulée

L'adaptation obtenue en simulation est de -27dB à la fréquence 2.45GHz

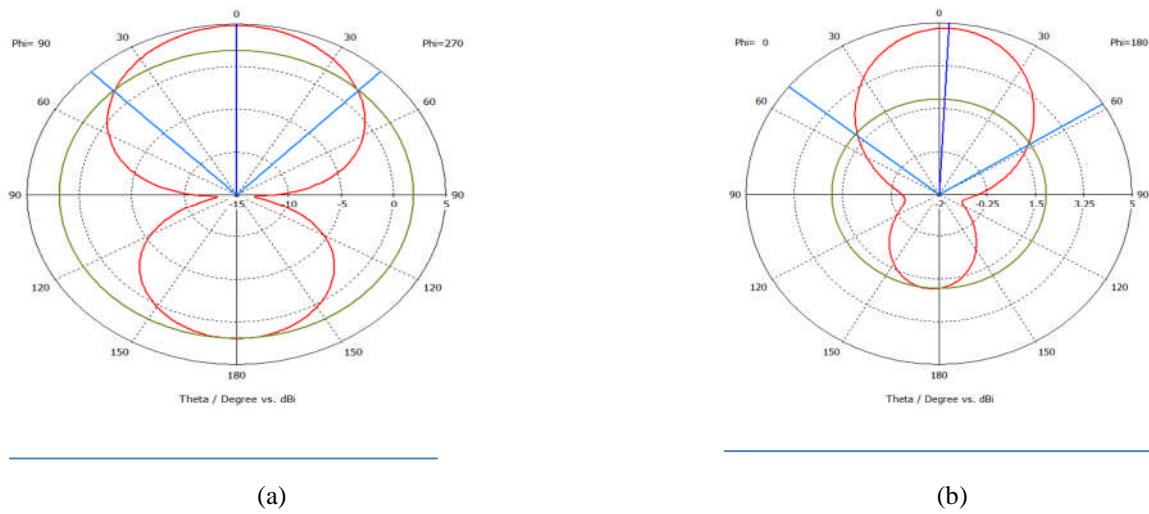


Figure II.26. Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence  $f= 2450$  MHz  
 (a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

## II. 5.4 Fonctionnement Mono bande à 2400MHz

Le coefficient de réflexion en fonction de la fréquence est donné par la courbe suivante.

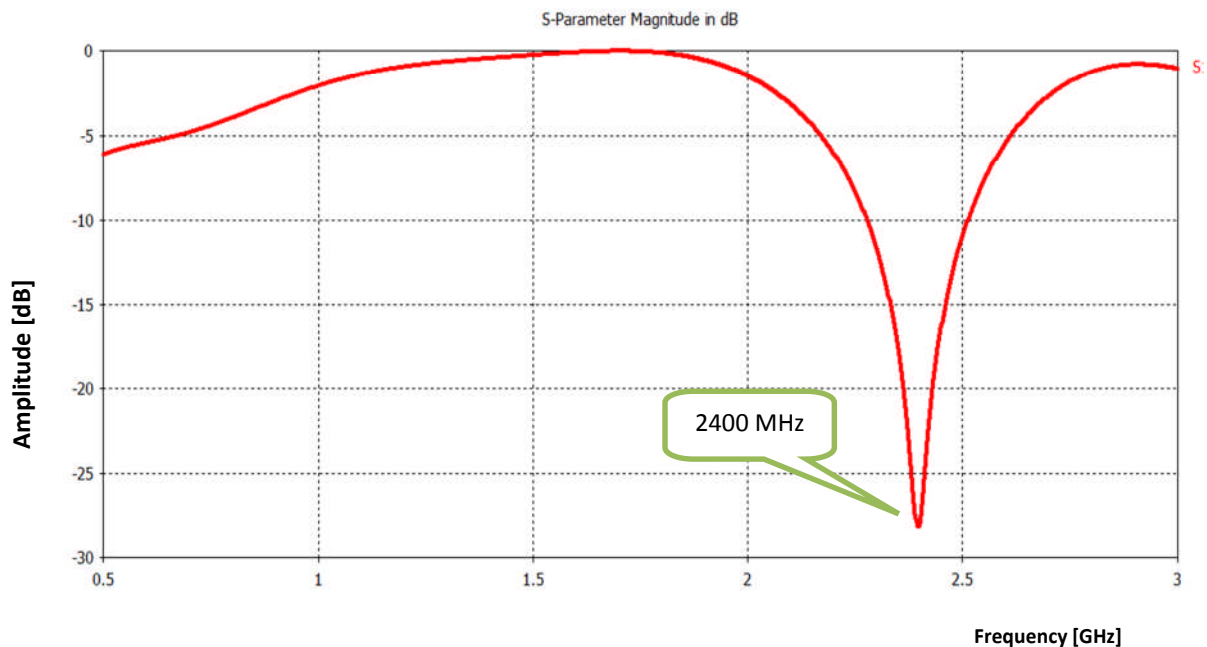
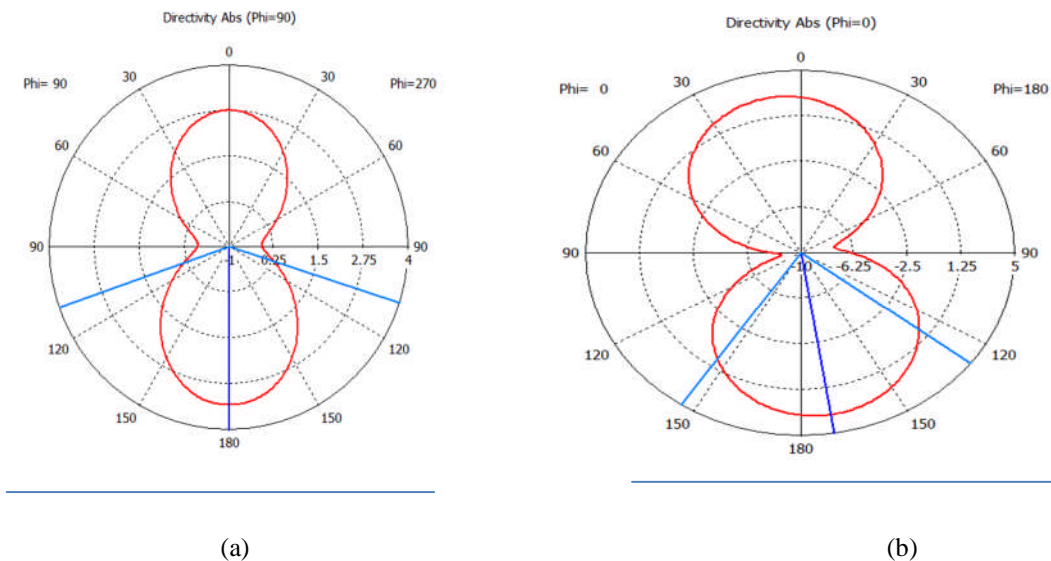


Figure II.27 : Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne simulée.



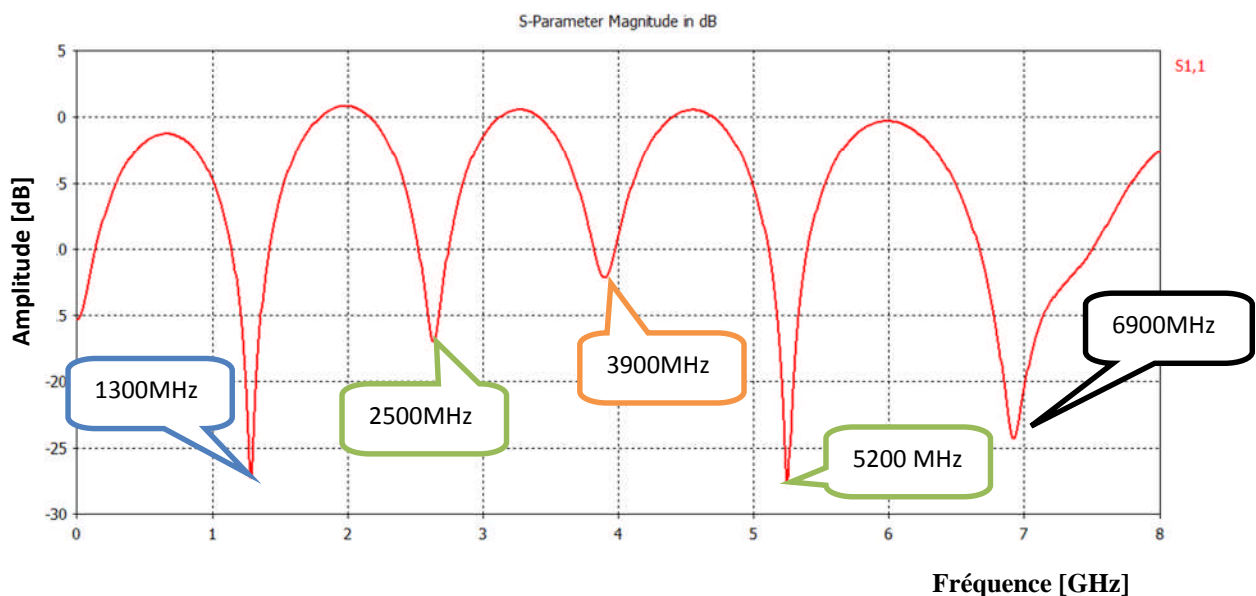
Le coefficient de réflexion montré par la figure II.27 représente un caractère Mono-bande d'antennes utilisé reflète une bonne adaptation à la fréquence de résonance d'un pic en -27 dB. Le rayonnement de l'antenne dans le plan E et H est représenté sur la figure II.28.



**Figure II.28 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour la fréquence  $f= 2400$  MHz E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .

### II. 5.5 Fonctionnement Multi bande

La même antenne pifa et en ajustant ces paramètres géométriques permet d'avoir un comportement Multibande. En effet, les résultats de simulation réalisés par le logiciel cst montre l'apparition de cinq bande de fréquence (figure II.29).

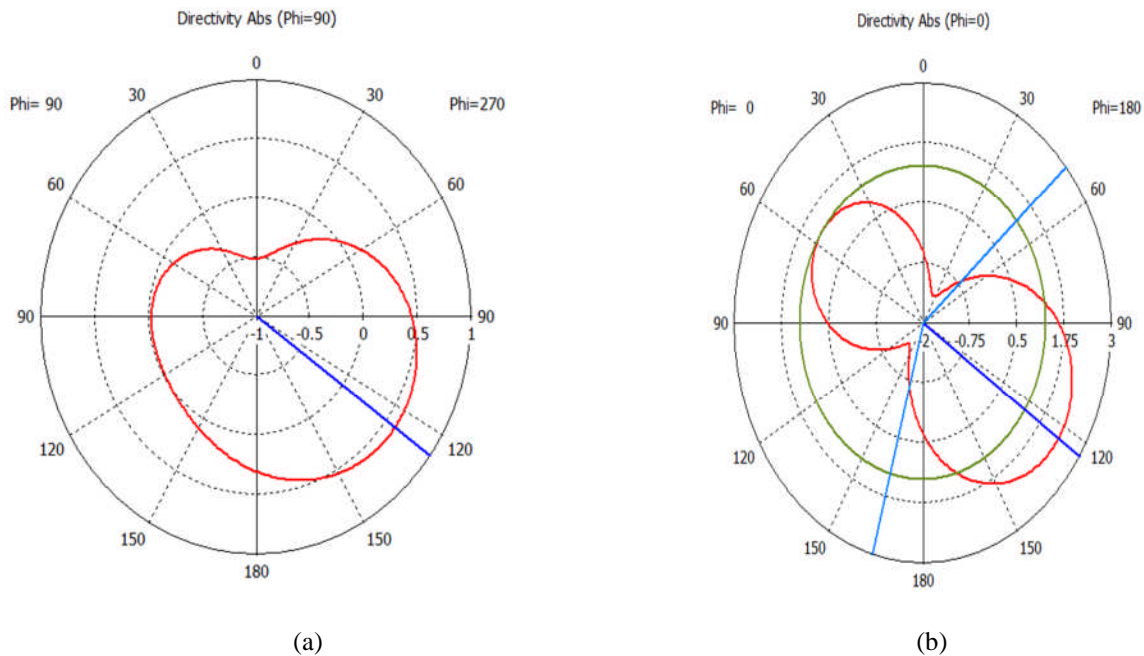


**Figure II.29 :** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  et les paramètres de l'antenne simulée.

Les résultats obtenus avec le logiciel CST montrent une meilleure précision sur l'adaptation de l'antenne patch multi bande avec plusieurs pics en :

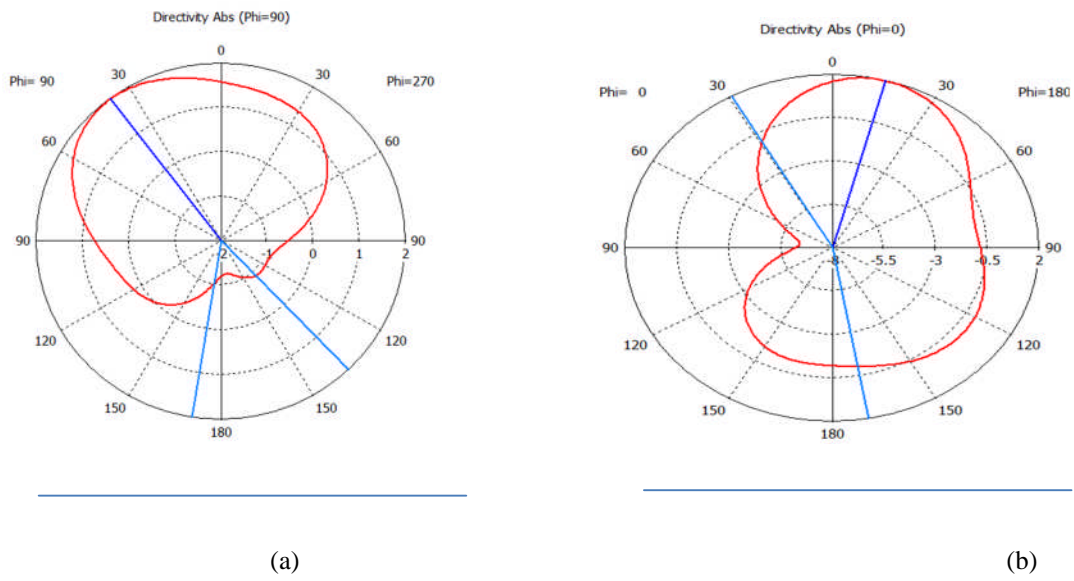
- -26 dB pour une fréquence de résonance 1.3 GHz
- -15 dB pour une fréquence de résonance 2.5 GHz
- -11 dB pour une fréquence de résonance 3.9 GHz
- -11 dB pour une fréquence de résonance 5.2 GHz
- -24 dB pour une fréquence de résonance 6.9 GHz

Sur les Figures II.30 à II.36 on représente les diagrammes de rayonnements polaires pour les cinq fréquences de résonances dans les différents plans E et H :

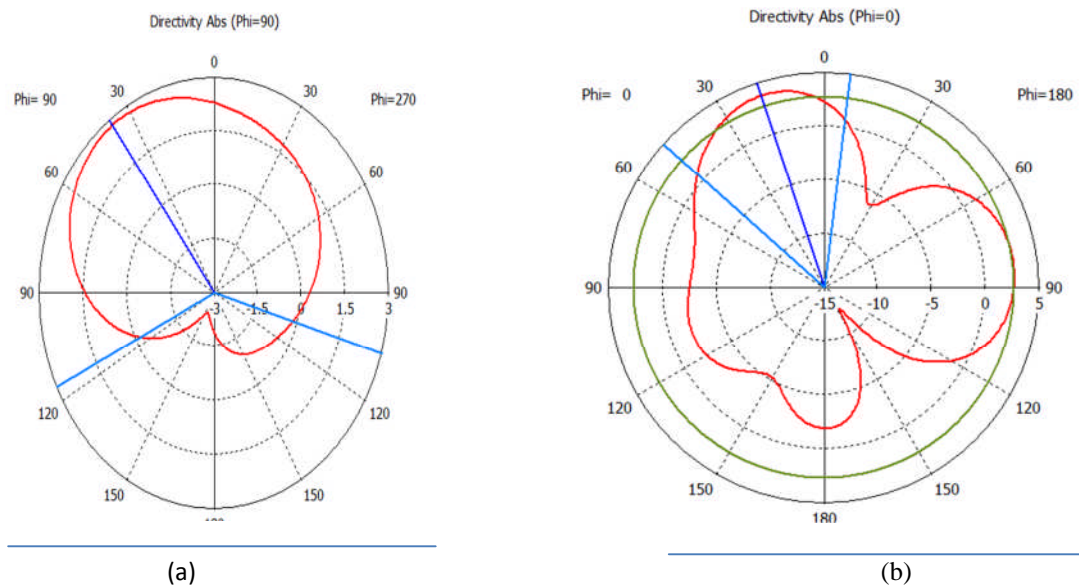


**Figure II.30.** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f= 1300$  MHz

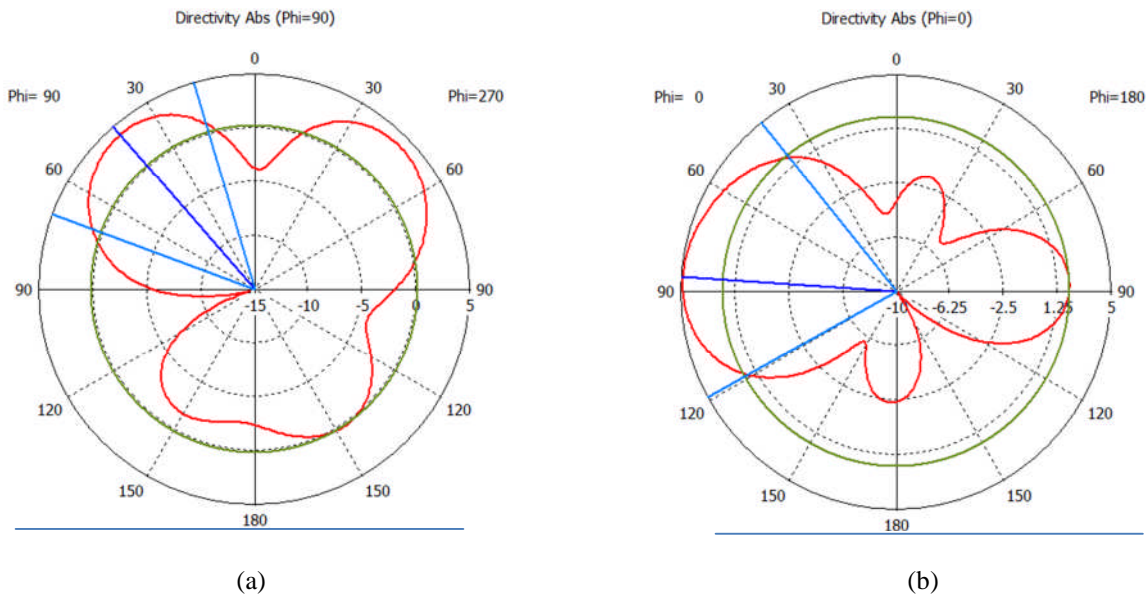
(a) E-plane  $\phi=90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi=0^\circ$ .



**Figure II.31.** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f = 2500$  MHz  
 (a) E-plane  $\phi = 90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi = 0^\circ$ .

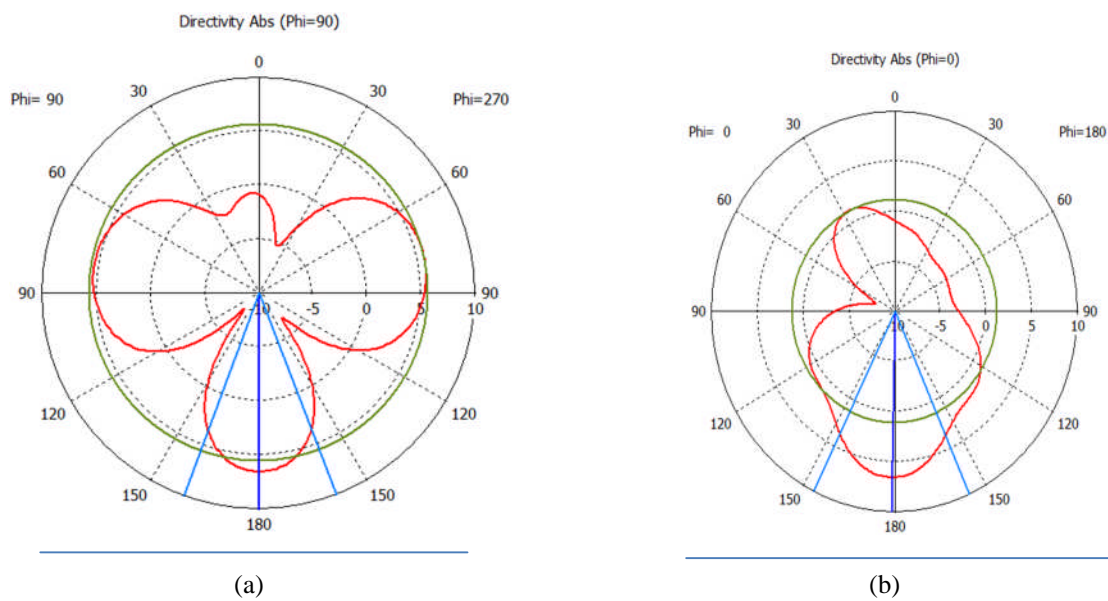


**Figure II.32.** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f = 3900$  MHz  
 (a) E-plane  $\phi = 90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi = 0^\circ$ .



**Figure II.34 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f = 5200$  MHz

(a) E-plane  $\phi = 90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi = 0^\circ$ .



**Figure II .36 :** Diagramme de rayonnement en polaire pour  $f = 6600$  MHz

(a) E-plane  $\phi = 90^\circ$ , (b) H-plane  $\phi = 0^\circ$ .

## **II.6. Conclusion**

La réalisation de ce chapitre a énormément contribué à l'enrichissement de nos connaissances dans le domaine de la conception d'antennes Tag imprimées Mono bande et Multi bande.

Nous avons voulu mettre en évidence dans notre travail, l'idée de concevoir une antenne répondant aux exigences d'un cahier de charge bien défini, et permettant un fonctionnement multistandard destiné à des applications de tags RFID passif.

Les résultats obtenus montrent de bonnes performances des antennes étudiées en termes d'adaptation et de rayonnement.

# **Chapitre III**

**Simulation d'antennes TAG à géométrie  
FRACTAL**

## ملخص

RFID هو عين على المستقبل القريب، فإنه لا يحدث بدون هذه التكنولوجيا يجعل بصماته على هذا العالم منذ إنشائها وحتى اليوم هذه التقنية في يوم واحد لا تتوقف عن التطور و لتنوع مجالات جديدة للتطبيق. وضع عملية بسيطة" كل شيء أو لا شيء"

الهدف من هذا المشروع هو التحليل، وتصميم بعض المواصفات المستطلعين هيكل الحمل تخدم استخدامات الطبية هو تحديد المرضى في المستشفى مع العلامة المتكاملة في سوار والفكر كان موجها نحو تطوير هوائي كسورية لتطبيقات RFID في الطبية وتحسين مرونتها وسرعة نقل المعلومات، وبالتالي الحاجة إلى التصغير من تتفاعل به. نتائج مشجعة للغاية وتدل على قيمة من هذه الأنواع من الهوائيات في مجال الاتصالات وتتفاعل الفرقة واحد ومتعدد الفرقة.

## الكلمات المفتاحية

RFID ، تصميم، هوائي كسورية، هوائي المطبوعة، علامة الطبية، رقاقة، التحسين، التكيف.

## IV. 1. Introduction

La technologie RFID est une solution très interagissant pour les différentes organisations de la santé, qui donne un grand espoir de la vie confortable pour un patient. Elle arrive à éclairer sa vision vers un avenir prometteur et à gagner sa grande confiance dans la surveillance et la protection de ses informations personnelle avec par exemple un simple bracelet qui sert à remplacer son Dossier médical. Elle peut être déployée non seulement pour faire baisser les coûts des soins de santé, mais aussi pour faciliter l'automatisation et la rationalisation des processus d'identification des patients dans les hôpitaux.

Elle agit maintenant comme un type de technologie d'identification automatique et de traçabilité, elle permet d'identifier à distance des objets ou des individus, à l'arrêt ou en mouvement, et d'échanger avec eux des données en fonctions des applications envisagées, d'en suivre le cheminement et d'en connaître les caractéristiques à distance grâce à une étiquette émettant des ondes radio, attachée ou incorporée à l'objet ou à la personne.

Le principal moteur du développement des RFID (Radio Frequency Identification) – ou identification par fréquence radio - fut le besoin de *traçabilité*. Pour contribuer au déploiement RFID dans le secteur de la santé, les recherches devraient être effectuées dans les domaines suivants:

- L'élaboration de normes internationales pour les applications de la technologie RFID en combinaison avec la technologie médicale;
- Garantir la sécurité des données devraient être étudiés et développés pour protéger contre la perte et la propagation de l'information du patient;
- Des tests plus complets devraient être menées sur les dispositifs médicaux (à savoir les sources d'interférence avec la RFID) dans différents contextes de l'environnement;
- Extension de la technologie RFID pour les partenaires de chaîne d'approvisionnement afin d'améliorer la sécurité des patients, en particulier dans le domaine de l'authentification des médicaments.



## **IV. 2. La Surveillance permanente et la protection des patients dans le Système *RFID***

### **IV. 2.1. Assistance aux handicapés**

Pour les aveugles ou malvoyants, le *Tell Mate* est un petit appareil qui permet de lire l'UID d'un tag passif colle par l'utilisateur sur ses objets familiers. Il faut ensuite enregistrer un commentaire audio lie à cet ensemble *tag + objet*. Dès que l'utilisateur le souhaite, il présente l'objet à son boîtier portable (carte de crédit, bouteille, trousseau de clefs, CD, etc.) pour obtenir son commentaire associé.

La ville italienne de *Laveno* a été équipée d'un réseau dense de plus de mille deux cents transpondeurs. Ce réseau permet aux malvoyants dotés d'un dispositif dédié - constitué d'une canne-lecteur, ainsi que d'un Smartphone adapté - de bénéficier d'informations de navigation à travers toute la ville. La canne passant à portée d'un tag transmet l'UID de ce dernier au téléphone mobile contenant une base de données. Les informations sont transmises via oreillette Bluetooth.

### **IV. 2.2. Gestion des hôpitaux**

Les instruments comme ceux de chirurgie peuvent contenir un tag qui peut permettre de tracer leur nettoyage, désinfection, stérilisation et disponibilité. Les puces peuvent aussi assurer la traçabilité du don de sang grâce à un système qui contient un capteur de température permettant un contrôle permanent le long de la chaîne frigorifique. Ce suivi précis permet d'éviter la destruction des dons à cause de doute sur le respect de la chaîne du froid.

### **IV. 2.3. Implants**

Outre l'identification des patients grâce à l'UID du transpondeur, il est maintenant possible de localiser et suivre un patient (ayant des problèmes de mémoire comme Alzheimer, etc.), via son implant, dans un hôpital équipé d'un système RTLS.

### **IV. 2.4. Surveillance médicale**

Des bracelets donnent aux patients les informations remplaçant les feuilles de soins, par exemple : le numéro du médecin traitant ainsi que celui de l'infirmière. Relier à une base de données qui contient les dossiers des malades, le système peut être accessible via des PDA et autres tablettes PC, etc.

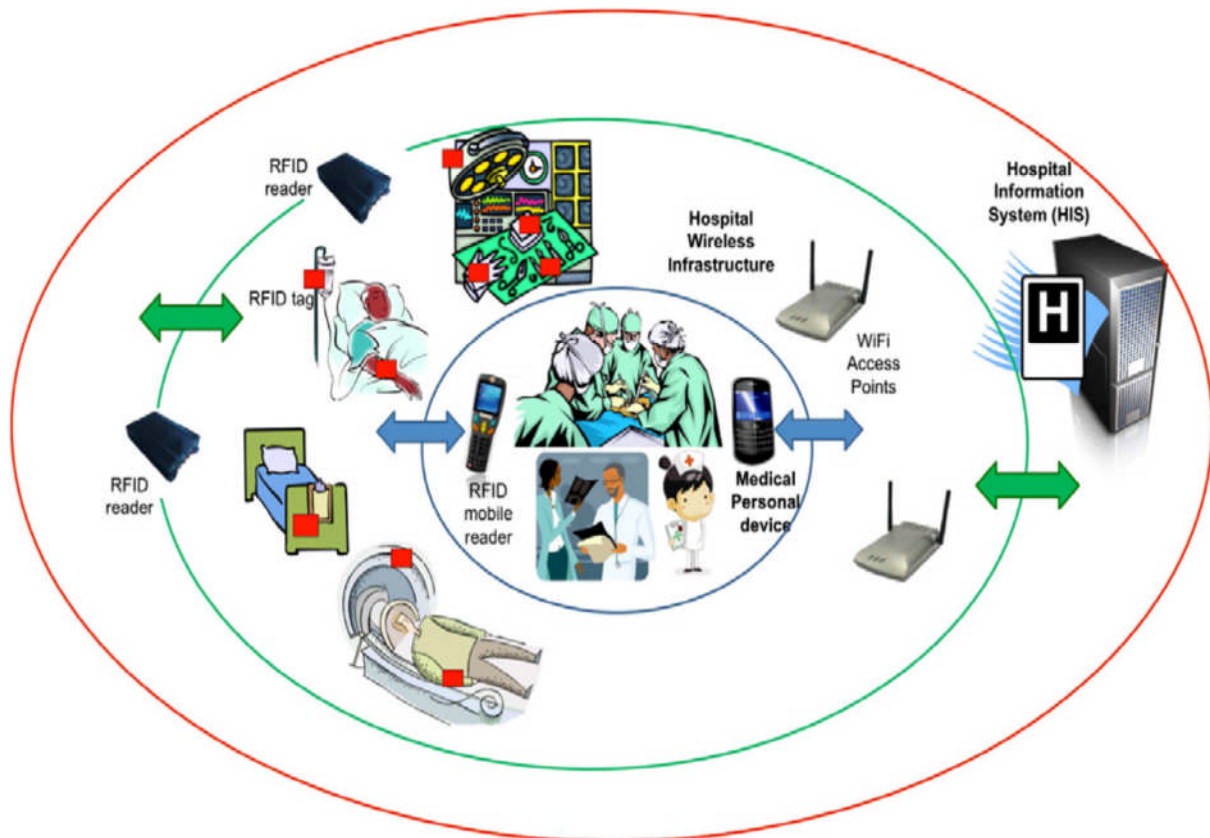


Figure IV.1 :L'utilisation de system RFID dans un hôpital

### IV.3. L'identification Personnelle par radio fréquence

Les bracelets RFID intégrant une puce **RFID** est une antenne radio fréquence, offrant une possibilité de communiqué avec un lecteur à une distance de plusieurs centimètres. Elle présente des discussions détaillées sur la collecte, le traitement, le stockage, la gestion et de l'application de données RFID. Ces bracelets ont été mis en œuvre dans de nombreux hôpitaux et ont été preuves dans la pratique d'avoir un fonctionnement fiable et capable d'améliorer la qualité globale du service, qui a pour but de veiller sur la bonne santé des patients et de les identifier.

Ils remplacent les carte d'identification dans toutes les applications ou leur commodité est un critère fondamentale : plages, parcs aquatiques, piscines, centre de loisir et de sport, collèges, etc...

Les bracelets RFID peuvent être livré à la demande avec personnalisation, avec un bon prestige pour assurer la présence visuelle d'identification des personnes.

Les bracelets RFID offrent des avantages :

- ❖ Commodité maximale pour l'utilisateur.
- ❖ Réutilisable infiniment
- ❖ Disponible en Mifare : 13.56MHz, 125kHz.
- ❖ Désigne attractif, possibilité de personnalisation

#### IV. 4. Puces RFID savantes pour sauver des vies

Dans le domaine de la santé, le progrès des techniques de traitement de l'information peut également sauver des vies. Le principe initial du RFID est simple: une étiquette, dite intelligente, couplée à une antenne est apposée sur un objet, ou un être vivant, pour lui attribuer un identifiant unique. Par le biais d'un lecteur adéquat, il est alors possible d'identifier cet objet ou cet être vivant par l'interprétation du signal radio (à basse, moyenne ou haute fréquence) émis par l'étiquette radiofréquence sur une distance pouvant s'étaler d'un centimètre à quelques mètres.

La puce RFID peut être autonome d'un point de vue énergétique: c'est un champ électromagnétique généré par le lecteur qui lui fournit son alimentation électrique, elle permet de gagner de précieuses secondes lorsque la vie ne tient qu'à un fil...

#### IV. 5. Miniaturisation extrême des puces RFID

Les plus petites puces RFID possèdent à présent une taille absolument minuscule, préfigurant les risques réels de nano puces d'identification, de pistage (ou pire) invisibles à l'œil, incolores, inodores et insipides.



Figure IV.2 : Exemples de puces très miniaturisées

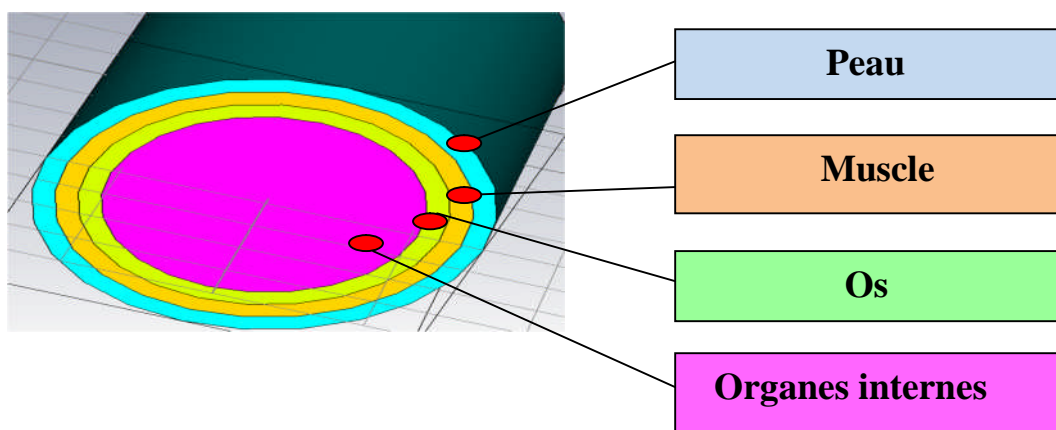
## IV. 6. Caractéristiques du corps humain et Modélisation de la main

Les êtres humains cherchent à rester en vie et de vivre une vie confortable, Pour comprendre l'interaction entre les ondes électromagnétiques et le corps humain, il est important d'avoir des connaissances sur les propriétés physiques des tissus biologiques.

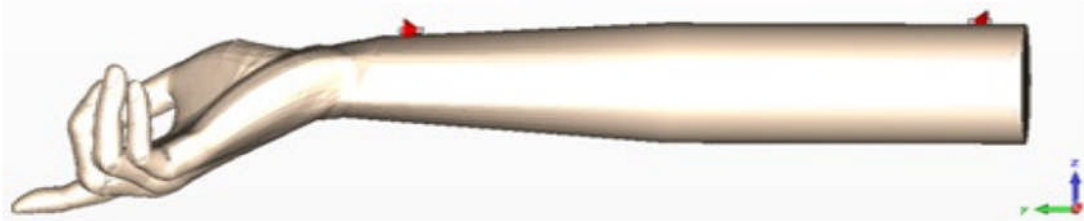
Le corps humain est un diélectrique stratifié dont les propriétés physiques varient de manière significative avec les types des tissus et la fréquence du travail. Pour étudier la propagation des ondes radio et ensuite analyser la performance des antennes implantées soit à l'intérieur soit à la surface du corps, l'ensemble de ces paramètres est emmagasinée dans la base de données et sont donnés dans le tableau IV.1.

Tissue	Peau	Muscle	Os	Organes internes
Permittivité ( $\epsilon_r$ )	14.5	55.1	20.8	52.1
$\epsilon$	0.25	0.93	0.33	0.91

**Tableau IV .1:** les paramètres physiques des anatomies des tissus



Nous avons essayé de modéliser la main, afin d'avoir des résultats de simulations la plus proche de la réalité, puisque l'antenne est sensible à la présence de tout l'organe qui se trouve à proximité.



**Figure IV. 3 :** La modélisation de la main par le logiciel CST

#### IV. 7. Distance d'utilisation

Parmi les premières caractéristiques importantes du cahier des charges d'une application RFID, la distance entre le lecteur et le tag RFID doit être dans une bonne position, et son découpage (lié aux caractéristiques physiques des éléments ou procédés mis en jeu) est illustré au tableau 1 :

	<b>Distance</b>	<b>Objectif / exemple d'application</b>
Très courte distance	Du contact a < 5 mm	Isolation galvanique souhaitée. Contrôle d'accès
Courte distance (short range)	Du contact a 30 mm	Immobiliseur de véhicule, contrôle d'accès
Proximité (proximité)	De $\approx$ 5 à 15 cm	Carte de paiement, de transport
Voisinage (vicinity)	De $\approx$ 30 cm à 1 mètre	Suivi de chariots, de bagages en aéroport
Longue distance (long range)	De $\approx$ 1 a 10 mètres	Lecture de palettes, inventaire de petits locaux
Très longue distance	A partir de 10 mètres	Identification container, gestion en entrepôt

**Tableau IV.2 :** Description des distances d'utilisations

## IV.8 Applications et Résultats

Nous proposons dans cette partie d'étude, deux applications de bracelets médicales avec deux cas de fonctionnements : Mono-bande et Multi-bandes, destinées à l'identification et la localisation des patients malades au niveau d'un hôpital.

La première structure est dotée d'une antenne patch avec une fente de type H, alors que la deuxième structure fait appel à une antenne de forme fractale.

Les tags passifs destinés aux applications médicales fonctionnent essentiellement dans la bande UHF (865.5, 866.5 MHz). Les deux antennes seront conçues en présence de tissus humains avec comme contrainte avoir un bon rendement.

### IV.8.1 Application 1: cas d'un fonctionnement mono-bande

#### IV.8.1.1 Structure de l'antenne proposée

Il s'agit d'une antenne patch ayant une fente de type H déposée sur un substrat FR4 d'épaisseur  $h=4$  mm avec une dimension de  $70 \times 34$  mm.

Les paramètres de notre antenne sont :  $L_{\text{fente}}=30$  mm,  $W_{\text{fente}}=12.5$  mm

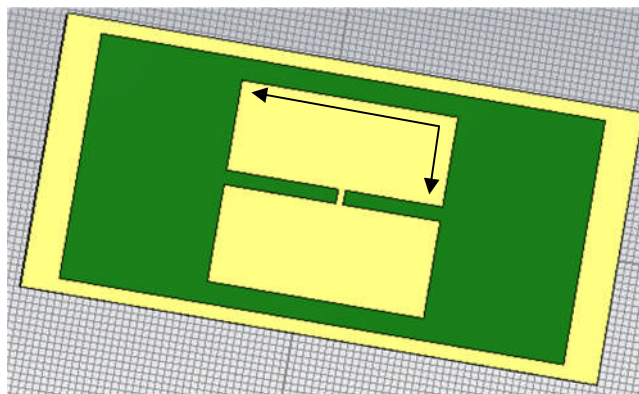
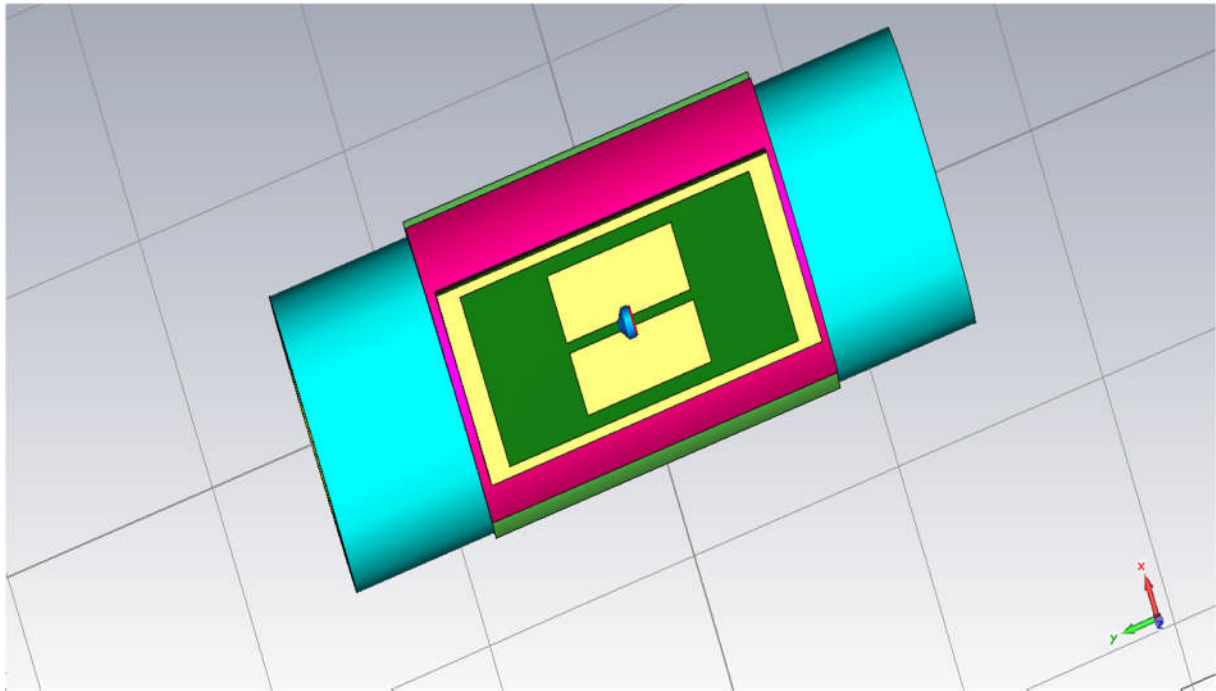


Figure IV.4 : la géométrie d'antenne patch proposée

### IV. 8.1.2 Géométrie du bracelet RFID

Nous avons examiné la configuration RFID possible pour une meilleure détection des personnes, Nous avons conçu plusieurs configurations de bracelets avec un nombre différents de composants (tags ou des antennes RFID) et de leurs orientations (figure IV.5).



**Figure IV.5 :** La configuration finale antenne bracelet.

Les différents paramètres du bracelet sont détaillés dans le tableau **suivant** :

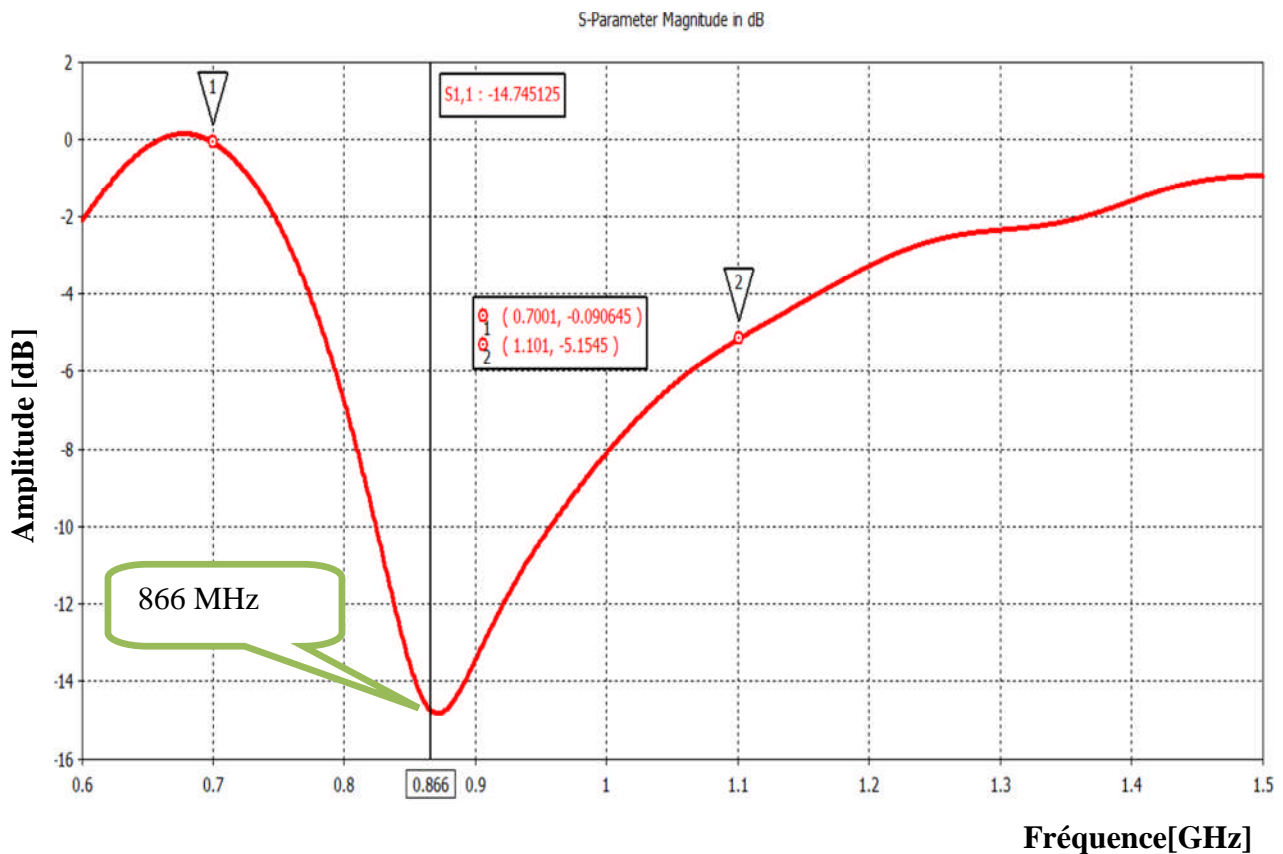
Bracelet (mm)	L	R	W
	150	27	3

**Tableau IV. 4:** Paramètres du bracelet en mm



Nous avons simulé l'antenne imprimé à l'aide du logiciel CST, Les résultats obtenues pour la norme RFID opérant dans les fréquences de résonances  $f=866\text{MHz}$ ,

La réflexion sur la source et le diagramme de directivité sont représentés respectivement sur les figures IV.6 et IV.7 suivantes dans la gamme de fréquence [ 0.6-1.5GHz]



**Figure IV.6:** Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne bracelet simulée.

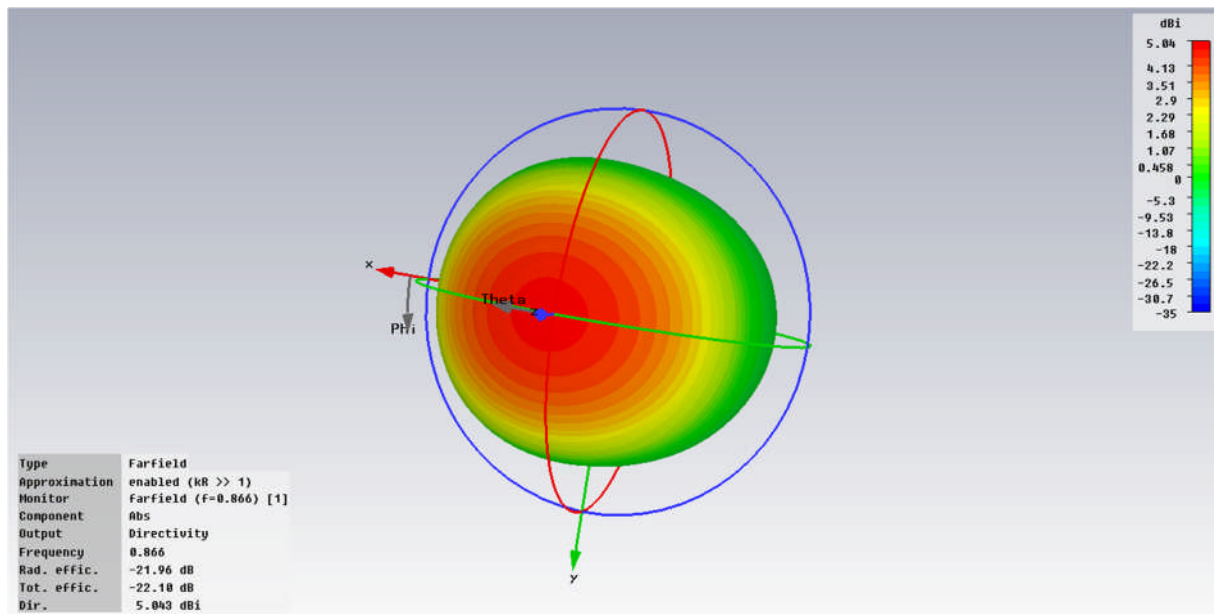
La figure IV.6 illustre le coefficient de réflexion de notre antenne en fonction de la fréquence. Ce résultat nous montre la présence d'une fréquence de résonance à 0.866 GHz avec un niveau du paramètre S11 de -14dB.

Antenne	Z_puce	z_antenne	S11(dB)	Gain (dB)
Patch				
Avec				
Bracelet				
à 866MHz	73-j113	71+j113	-14.75	5.04

**Tableau IV. 5:** les différents résultat simulation

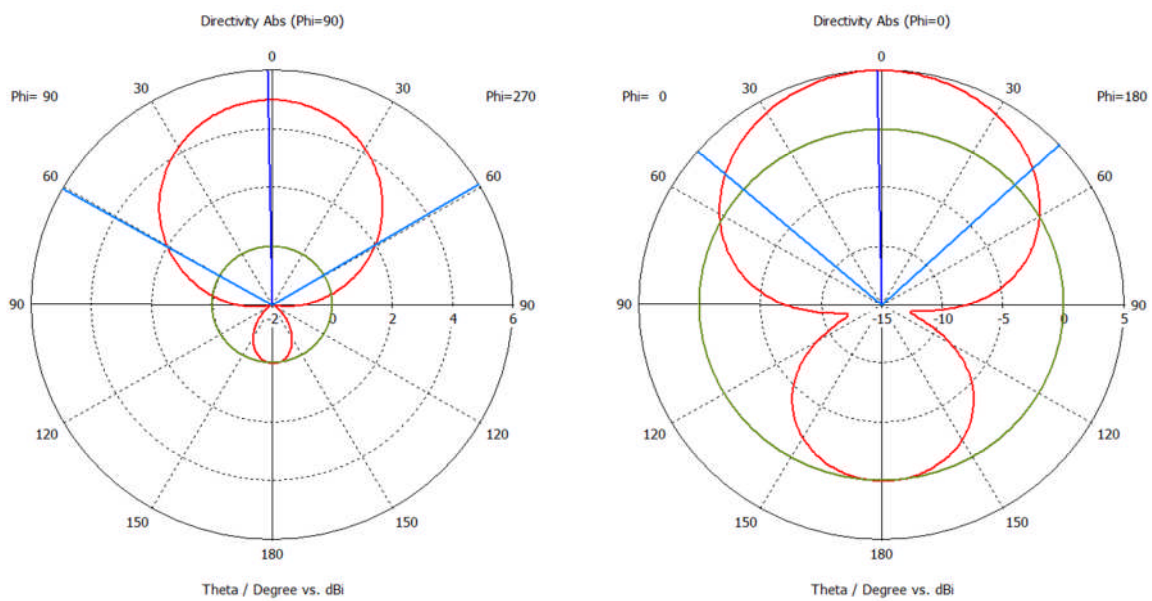
Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 0.866GHz est illustré sur la figure IV.07





**Figure IV. 7 :** Diagramme de rayonnement en 3D.

Le diagramme de rayonnement de l’antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 0.866 GHz est représenté par la figure **IV. 8**.

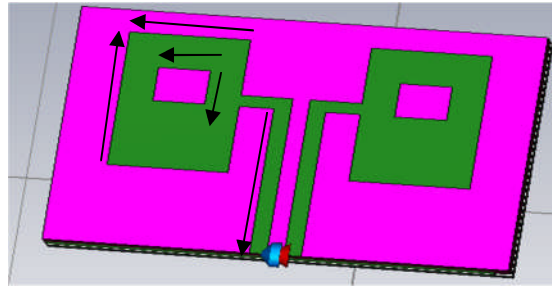


**Figure IV.8 :** Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=0^\circ$ ).

## IV.8.2 Application 2: cas d'un fonctionnement Multi-bandes

### IV.8.2.1 Structure de l'antenne proposée

Il agit d'une antenne fractal en technologie micro-ruban déposée sur un substrat silicone d'épaisseur  $h=4$  mm de dimension de (20 mm× 32 mm) .



**Figure IV.9:** la géométrie d'antenne fractale proposée

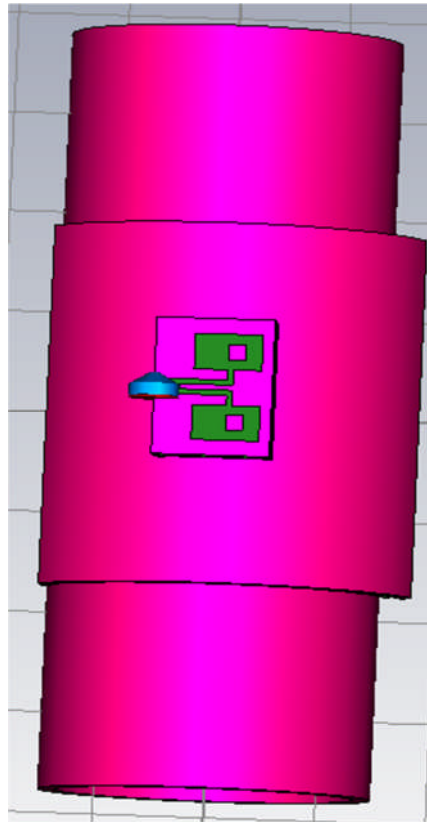
Les paramètres de notre antenne sont résumés dans le tableau suivant :

Fractal (mm)	La	Lb	Lc	Ld	Le	Lf
	13	1	12	9	3	3

**Tableau IV. 4:** Paramètres de l'antenne Fractale.

### IV. 8.1.2 Géométrie du bracelet RFID

La structure du bracelet RFID avec l'antenne Fractal est représenté dans la figure



**Figure IV.10:** Structure du bracelet RFID avec une antenne de type fractal

Nous avons simulé l'antenne fractale à l'aide du logiciel CST, Les résultats obtenues pour la norme RFID opérant dans les fréquences de résonances  $f=866\text{MHz}$ ,

La réflexion sur la source et le diagramme de directivité sont représentés respectivement sur les figures suivantes dans la gamme de fréquence [ 0-7GHz]. Nous remarquons aussi l'apparition de deux autres fréquences de résonances à 866GHz et à 5800GHz qui peuvent être aussi exploiter pour d'autres types de fonctionnement (Figure IV.11).

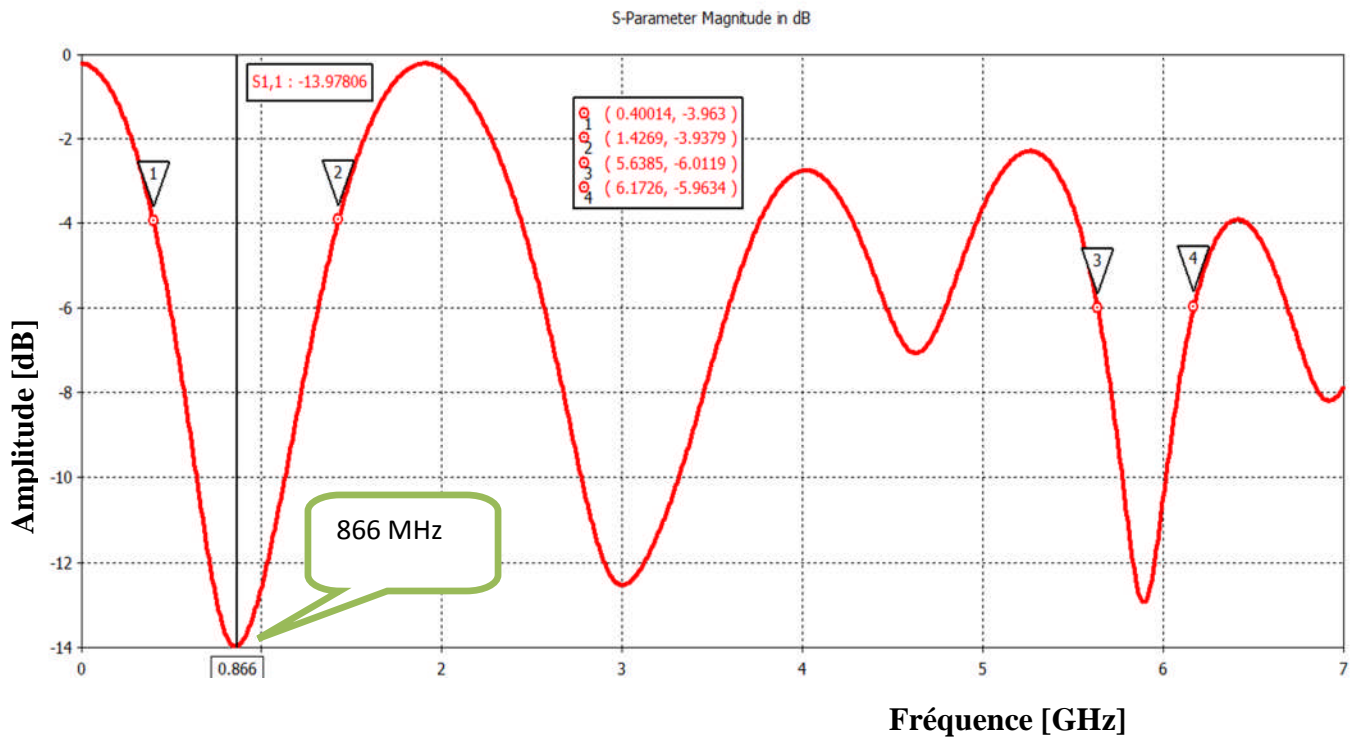


Figure IV.11: Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne simulée

Le diagramme de rayonnement en 3D à la fréquence 8.66 GHz est illustré sur la figure IV.12.

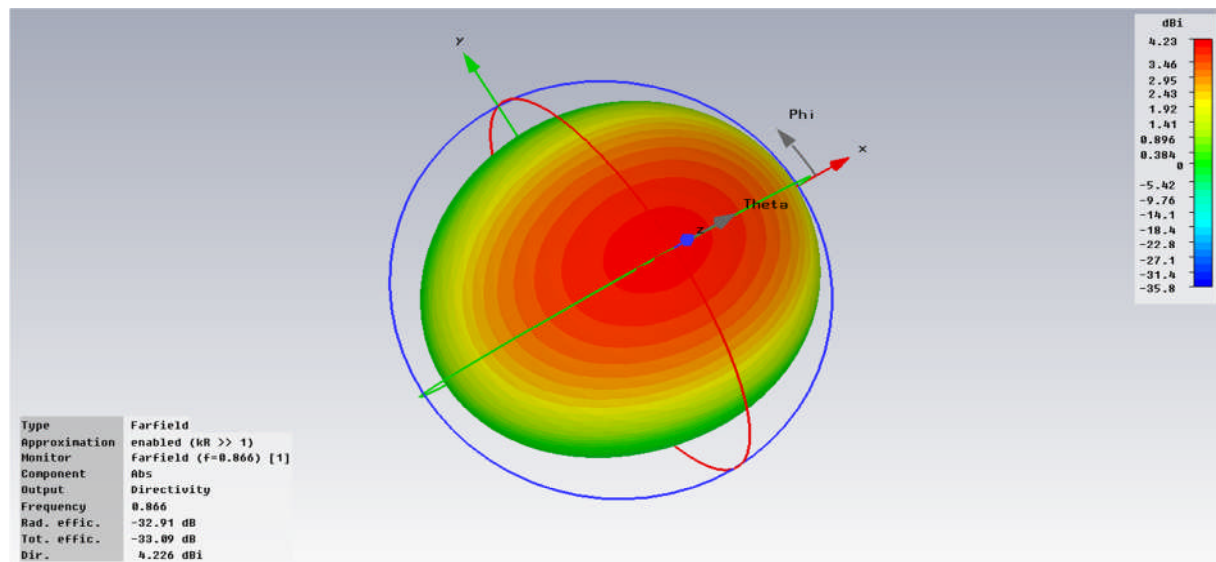
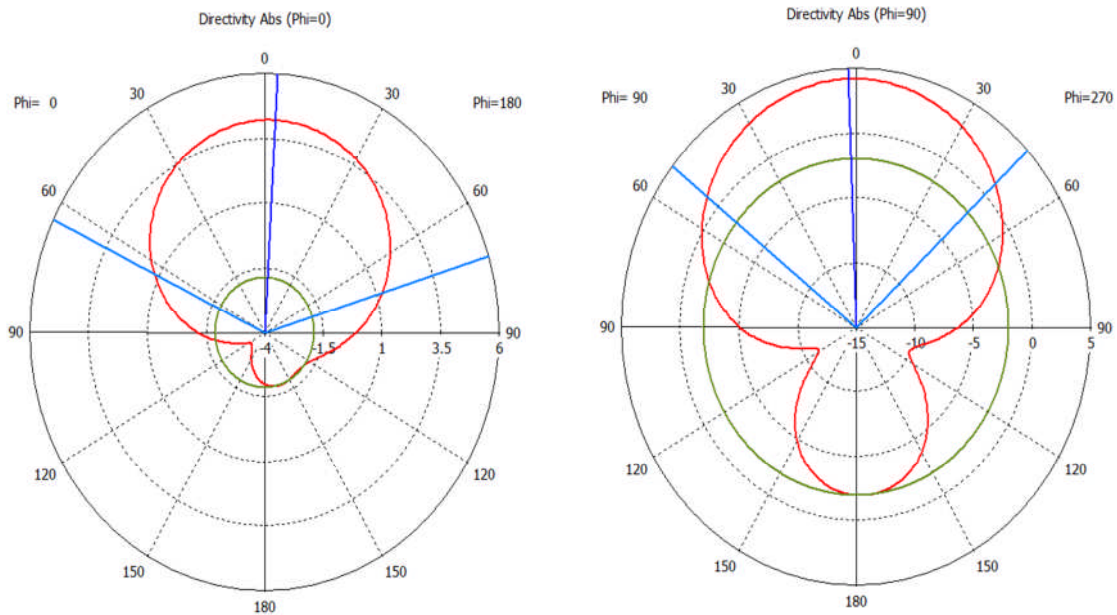


Figure IV.12 : Diagramme de rayonnement en 3D.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne tracé pour les différents plans E et H à la fréquence de 0.866 GHz est représenté par la figure IV.13.



**Figure IV.13:** Diagramme de rayonnement en polaire ( $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=0^\circ$ ).

## IV. 9. Conclusion

La technologie RFID est riche avec ses application, qui s'étalent sur tous les domaines, notre intérêt a été porté sur des applications médicales qui est la détection et la localisation des patients.

Il s'agit de munir les patients d'un bracelet doté d'antennes qui épouse sa forme et d'une puce électronique, servent à identifier les personne malades.

Cette application a été réalisée sous le logiciel CST, à partir de plusieurs tests de simulations en présence d'un modèle de la main. Les résultats s'avèrent très intéressants et ouvrent de nouvelles applications médicales.

## Bibliographie

---

[1]

[2]

[3]

[4]

[5]

[6]

[7]

[8]

[9]

[10]

[11]

[12]

[13]

[14]

[15]

[16]

[17]

[18]

[19]

[20]

[21]

[22]

[23]

[24]

[25]

[26]

[27]

[28]

[29]

[30]

[31]

[32]

[33]

[34]

[35]

[36]

[37]

[38]

[39]

[40]

[41]

[42]

[43]

[44]

[45]

[46]

[47]

## Conclusion Générale

---

---

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous nous sommes intéressé principalement à la conception d'antennes Tags RFID de différentes géométries en technologie micro-ruban ou imprimée.

L'objectif principal de notre étude est d'atteindre des caractéristiques de fonctionnement spécifiques pour une fréquence désirée, dans le cadre de notre travail, nous avons étudié et conçu des antennes capable de fonctionner dans différent standards de communications autour des fréquences de 0.866 GHz, 0.9 GHz, 2.4 GHz, 2.45 GHz et 5.8 GHz.

Nous tentons par ce travail de montrer, l'importance d'assurer une adaptation entre l'antenne du tag et la puce électronique pour que d'une part assurer une meilleure efficacité de la liaison, et d'autre part répondre à un cahier de charge particulier servant des applications médicales, qui consiste à faire l'identification des patients hospitalisé grâce à une tag intégrée dans des bracelets.

Les résultats obtenus sont très intéressants en termes d'adaptation et rayonnement, et montrent aussi l'intérêt des applications médicales proposées.

En perspectives à ce travail, plusieurs suggestions peuvent être proposées :

- Réalisation du bracelet RFID.
- Simulation et réalisation du système lecteur/Tag RFID.
- Extension à d'autres types d'applications.





**Mémoire**  
**A L'UNIVERSITÉ DE TLEMCEM**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET D'ÉLECTRONIQUE**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**Spécialité : " Réseaux et Systèmes de télécommunication "**

Présenté par :

**BELGACEM Wahiba**

**ETUDE ET CONCEPTION DES TAGS RFID POUR DES  
APPLICATIONS MEDICALES**

Soutenu en Juin 2014 devant le Jury :

L.Merad	Maitre de conférences (A) à l'université de Tlemcen	Président
N. selaji	Maitre de conférences (A) à l'université de Tlemcen	Examineur
S. M. MERIAH	Professeur à l'Université de Tlemcen	Encadreur

# **Chapitre II**

**Simulation d'antennes TAG en  
technologie microruban**

**Chapitre IV : Antennes Tag RFID pour  
des applications médicales.**

# 1-Introduction

Durant ces dernières années, le développement de techniques rigoureuses permettant de résoudre les équations de Maxwell a introduit et imposé des outils informatiques en électromagnétisme. Ces outils sont de plus en plus utilisés dans l'analyse et la conception de dispositifs hyperfréquences utilisés dans les applications micro-ondes et de communications sans fil.

Les outils numériques de calcul électromagnétique deviennent donc un élément indispensable à la conception de l'antenne grâce à la croissance rapide de puissance de calcul de l'ordinateur. Parmi des méthodes numérique, il y en qui sont apparues il y'a bien longtemps mais elles ne pouvaient être pleinement exploitée compte tenu des faibles moyens de calcul qui existaient à l'époque, cependant l'arrivée d'ordinateur suffisamment puissant a permis un large développement des méthodes numérique.

Il existe actuellement une variété de logiciels de simulation disponible dans le commerce utilisant différentes techniques et méthodes numériques, comme par exemple : CST Microwave studio, HFSS, ADS-Momentum. Le choix de logiciel de simulation dépend du problème à résoudre par ex : la taille, le type, le matériau de la structure, la complexité de la géométrie, etc...

Les logiciels de simulation sont très largement utilisés aujourd'hui dans la conception d'antennes en permettant d'avoir une simulation assez précise du comportement du système rayonnant et de réduire éventuellement le temps de développement .

## 2-Description du logiciel CST Studio

Fondé en 1992, le logiciel de simulation électromagnétique CST Studio 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.

Basé sur la résolution des équations de Maxwell suivant la technique des équations intégrales (Finite Intégration Technique).

CST Microwave Studio est un logiciel de simulation électromagnétique de structure passives en 3-Dimensions basée sur la résolution des équations de Maxwell suivant la

technique des équations intégrales (Finite Intégration Technique). Cette méthode numérique offre une discrétisation de l'espace permettant la description directement en 3-Dimensions 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. De plus, contrairement à la plupart des logiciels de simulation électromagnétique, CST, d'une par sa méthode, discrétise la forme intégrale des équations de Maxwell plutôt que leurs formes différentielles.

CST Microwave Studio est vue par un nombre croissant d'ingénieurs comme un outil de développement standard de l'industrie qui offre à ses clients le choix de six modules solveur puissants. En plus de son marché et dans le domaine temporel des technologies de pointe mettant en vedette le solveur Approximation frontière.

CST Microwave Studio fait partie du logiciel CST DESIGN STUDIO suite, et offre un certain nombre de solveurs différents pour différents types d'application.

## **2.1- Techniques de simulation**

L'outil CST est constitué d'un certain nombre de modules appelés « solveurs »

### **- Un solveur transitoire**

Il s'agit d'un module 3D général qui permet d'obtenir des simulations en temps réel, ce qui peut être intéressant pour étudier la propagation du champ dans un composant électronique en fonction du temps.

### **- Un solveur fréquentiel**

Comme le solveur transitoire, il est constitué d'un Solver général basé sur une méthode fréquentielle. Selon la structure étudiée, le maillage peut être cartésien ou tétraédral.

### **- Un Solveur intégral**

Ce solveur est dédié aux plus grandes structures électriques. Il se fonde sur la Méthode des moments avec une formulation intégrale des champs électriques et magnétiques. Afin de réduire la complexité numérique l'approche MLFMM (Multilevel Fast Multipole Method) est utilisée.

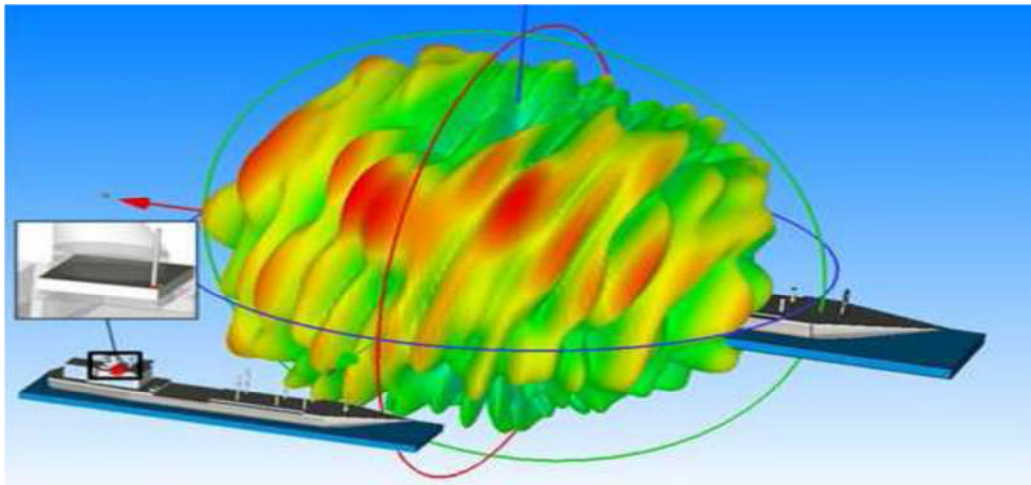
## - Un Solveur modal

Ce Solver est dédié a des simulations de structures fermées résonantes. Les résultats qui peuvent être obtenus sont par exemple la distribution des modes ainsi que les fréquences de résonance de la structure.

L'outil le plus flexible est le solveur transitoire, qui peut obtenir le comportement en fréquence du dispositif simulé. Ce solveur est efficace pour la plupart des types d'applications à haute fréquence tels que des connecteurs, lignes de transmission, filtres, antennes et plus encore.

CST nous permet donc de décrire les dispositifs hyperfréquences à contrôler tels qu'ils sont réalisés en pratique par un empilement de couches de matériaux ayant pour caractéristique soit la permittivité et la tangente de pertes dans le cas d'un semi-conducteur, soit la conductivité électrique dans le cas d'un métal à pertes, pour ne citer que les deux matériaux dont sont composés les dispositifs.

Dans Microwave-studio, chaque cellule du maillage est cubique. L'outil de résolution temporelle remplace les dérivées partielles  $\frac{\partial}{\partial t}$  par des différentielles  $\Delta t$ . Nous avons choisi ce logiciel car l'utilisation d'un outil de résolution dans le domaine temporel est très avantageuse en termes de temps de calcul pour la simulation d'antennes a bi- bande passante.



**Figure 1:** Illustration de l'outil CST : modélisation de l'environnement électromagnétique

## 2.2-Méthode Finite Intégrale FIT

CST Microwave Studio est un code de calcul basé sur la méthode FIT. Il utilise Un maillage cubique pour limiter les couts de calcul.

La FIT est utilisée par le logiciel d'analyse électromagnétique 3D Microwave Studio de CST qui présente de nombreuses optimisations de calcul et une interface graphique conviviale, et elle est appliquée dans le domaine Temporel. La discrétisation des dérivées temporelles est faite par le schéma leap-frog, utilisé aussi en FDTD. Le schéma est stable s'il vérifie la condition CFL. A la différence de la FDTD, l'utilisation ici de la forme intégrale locale permet d'appliquer la technique Perfect Boundary Approximation (PBA).

Cette technique découpe une cellule élémentaire en deux et assigne à chacune des parties un matériau différent. La frontière entre les deux matériaux peut être une surface de forme quelconque. Pour des structures relativement complexes géométriquement ou contenant des singularités, les PBA diminuent significativement le nombre de mailles nécessaires. Grace à cette technique de maillage, Microwave Studio peut prendre par exemple en compte les épaisseurs des feuilles métalliques sans avoir besoin de les mailler directement.

Le principe de la technique d'intégration finie (FIT) repose sur la discrétisation des équations de Maxwell sous leurs formes intégrales :

- $\oint_c \bar{E} \cdot d\bar{L} = - \iint_s \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds$
- $\oint_c \bar{H} \cdot d\bar{L} = \iint_s \left( \frac{\partial B}{\partial t} + \bar{j} \right) \cdot ds$
- $\iint_s \bar{D} \cdot d\bar{s} = \iiint_v \rho \cdot dv$
- $\iint_s \bar{B} \cdot d\bar{s} = 0$

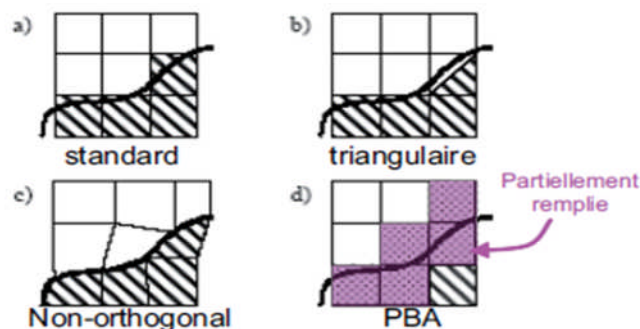
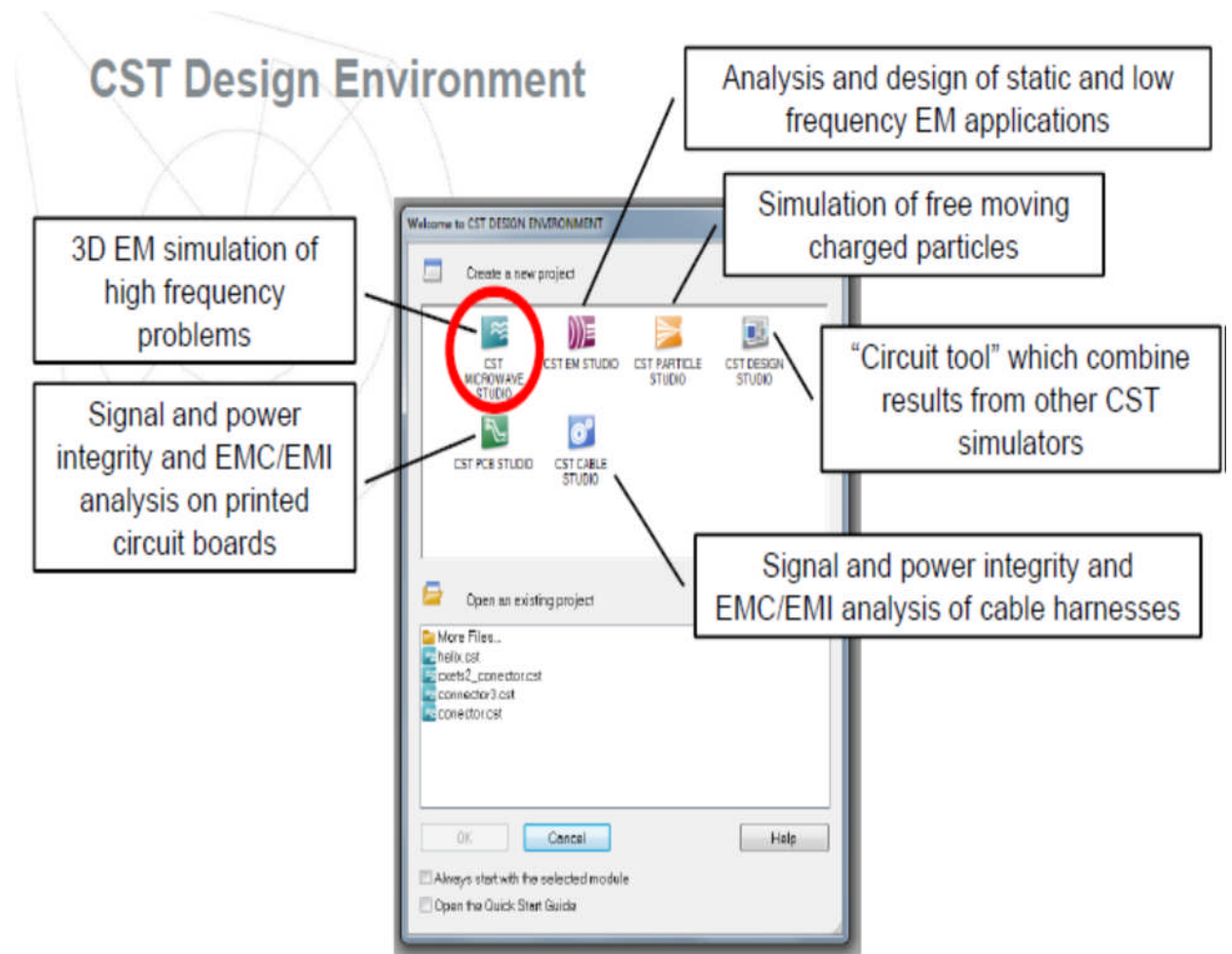



Figure.2 : Différents maillages et approximations.



**Figure 3 :** Différents solveurs du logiciel CST MICROWAVE STUDIO.



### 2.3-les modules d'exécution ou solveurs:

Le tableau suivant résume les modules d'exécution de logiciel CST :

<p>- CST EM Studio</p> 	<p>- CST EM STUDIO est un outil facile à utiliser pour l'analyse et la conception des structures statiques et basses fréquences.</p> <p>-Les applications incluent: les actionneurs, les freins, EMC, générateurs, de mesure, moteurs, capteurs et le blindage.</p>
<p>-CST particule studio</p>	<p>- PARTICULES CST STUDIO est un outil spécialisé pour la conception rapide et précise. Il inclut l'analyse des canons à électrons 3D, les tubes</p>



	<p>cathodiques.</p>
<p>-CST Mphysics Studio</p> 	<p>- CST MPHYSICS STUDIO est un outil d'analyse pour les contraintes thermique et structurale, et des problèmes de mécanique.</p>
<p>-CST Design Studio</p> 	<p>-CST DESIGN STUDIO est une plate-forme universelle pour gérer les processus de conception d'un système complexe. En construisant des sous-systèmes élémentaires, l'utilisateur peut analyser le comportement du système complet en petits segments.</p>
<p>-CST PCB Studio</p> 	<p>- CST PCB STUDIO est un outil pour l'étude des signaux et la simulation des effets EMC et EMI (Electromagnétique Compatibility/ Electromagnétique Interférence) sur cartes de circuits imprimés (PCB).</p>
<p>-CST Câble Studio</p> 	<p>- CST CABLE STUDIO est un outil pour l'analyse des effets dans les systèmes de câble, y compris les fils unique, paires torsadées ainsi que des faisceaux de câbles complexes.</p>
<p>-CST Micros Tripes</p>	<p>-CST Micro Stripes analyse les structures de rayonnement d'antennes complexes, et résous les</p>

	problèmes EMC/EMI.
-CST Microwave Studio 	-CST MWS est un outil de simulation 3D spécialisé pour le traitement rapide et précis de problèmes à haute fréquence. Avec un large champ d'application.

**Tableau.1** : Les modules d'exécution de logiciel CST

CST MWS offre des avantages considérables de produits au prix du marché les cycles de développement plus courts, le prototypage virtuel, avant les essais physiques Optimisations, au lieu d'expérimentation.

### 3-Les étapes de la réalisation d'un projet

Après le lancement de l'environnement CST designs, il faut passer à la création d'un nouveau projet CST Microwave studio. On peut soit sélectionner un modèle pour une structure qui est la plus proche de la structure étudié, ou encore on peut partir de zéro par l'ouverture d'un projet vide

Lancer CST Microwave studio, et choisissez de créer un nouveau projet (figure 4):

Select a Template for a new Project

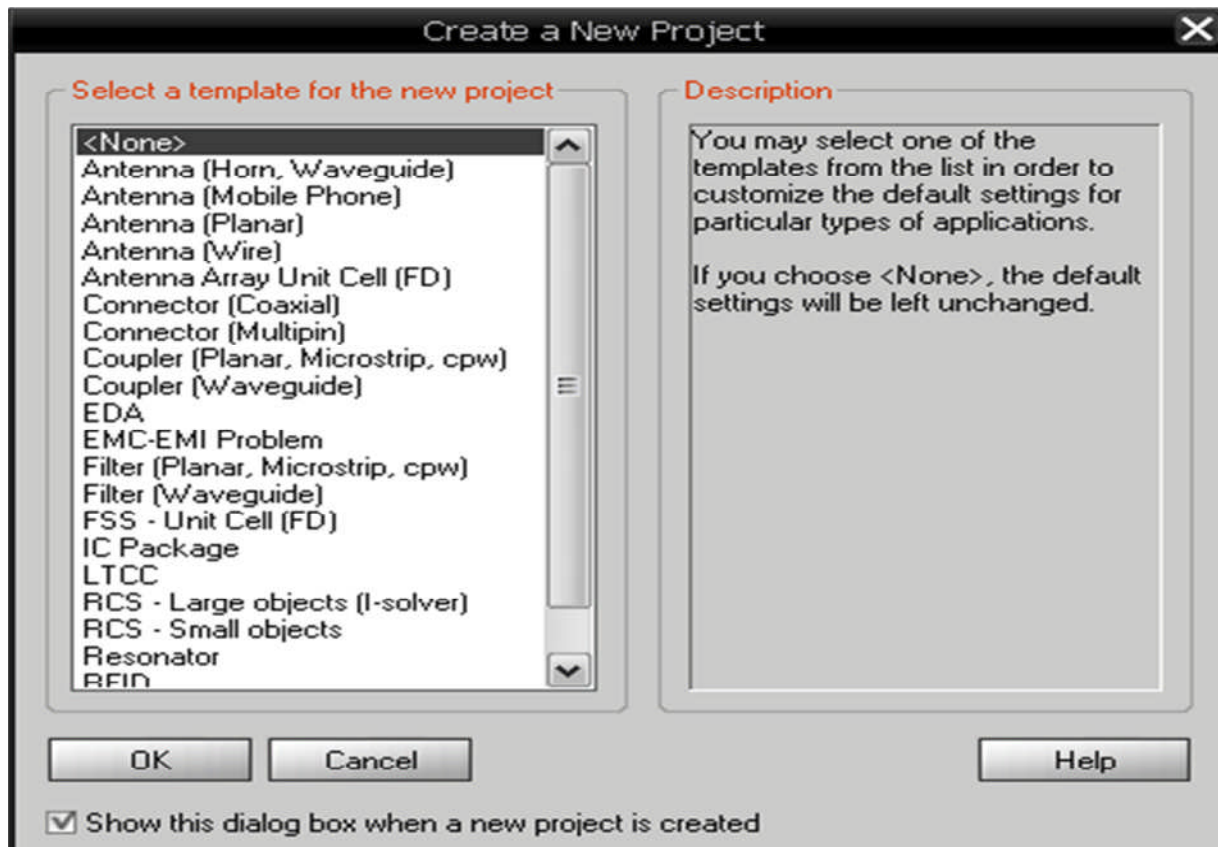
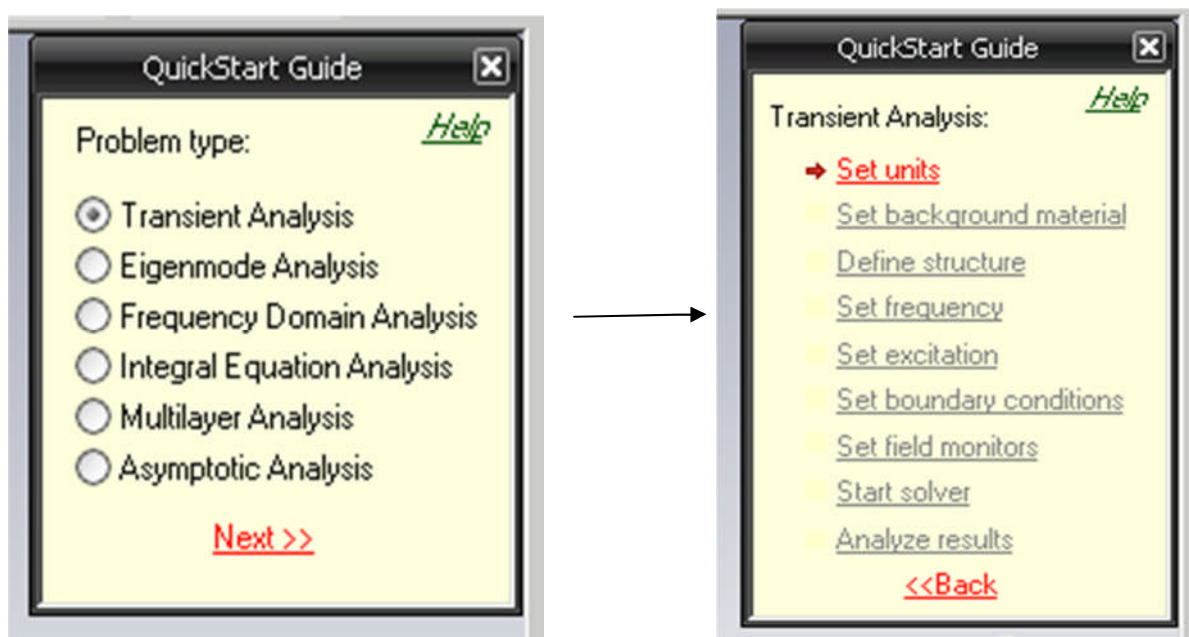


Figure 4 : Template pour nouveau projet

2/ Ouvrez Quick Start Guide pour vous guider le long de votre simulation

Sélectionner: Help → Quick Start Guide



La couleur rouge indique toujours l'étape prochaine qu'il faut suivre

### 3/ Définissez l'unité de travail

- Aller dans : Solve → Unit



### 4/ Définissez le plan de masse

- Aller dans : Solve → Back Ground Matériel

### 5/ Conception de la structure:

- Aller dans : Object → Basic → Shape

### 6/ Donnez la bande de fréquence de travail

- Aller dans : Menu → Solve → Frequency



7/ Alimenter la structure par le port d'excitation

- Choisissez d'abord les faces d'alimentation du planar avant de connecter le port:

Sélectionnez: Object → pick → pick center face

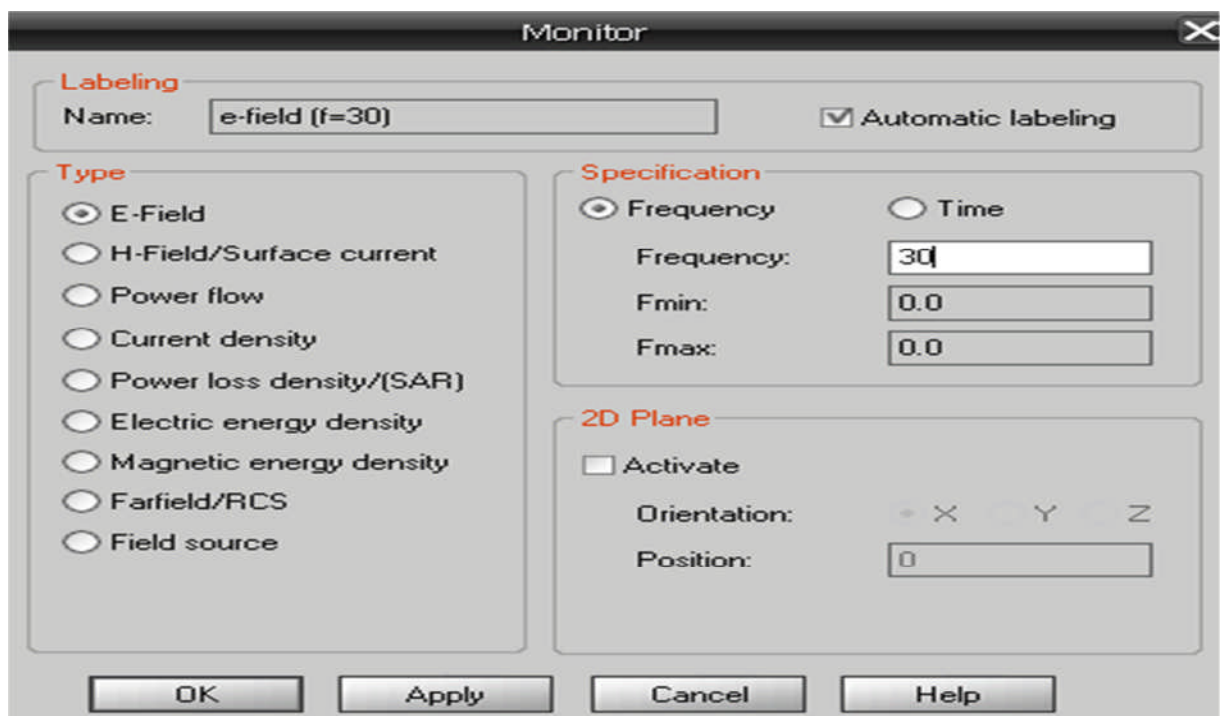
8/ Donnez les conditions aux limites pour chaque plan:

- Aller dans : Menu → Solve → Boundary Condition

9/ Spécifiez le résultat voulu tel que la visualisation du champ électrique, la densité de courant, le champ lointain...etc.

Aller dans :

Solve → Field Monitors



10/ Lancez la simulation:

Solve → Transient Solver

- **Résultats de la simulation**

Après une simulation réussie, vous serez en mesure d'accéder aux divers résultats de calcul et récupérer les données de sortie obtenues.

## **ANNEXE N° 1**

# **Présentations du logiciel simulation CST**

## PERSPECTIVE

Si on ouvre nos cœurs pour éliminer la souffrance des patients et nous arrivons à donner l'espoir pour vivre, récupérer la confiance perdue et éclairer leur vision vers un avenir prometteur si on donne un peu de temps pour trouver des solutions avec le système RFID.

L'objectif de ce travail c'est de baisser les coûts de soins de santé avec nos antennes bracelet et de faciliter leur utilisation, pour cette raison nous envisageons de réaliser nos antennes dans nos laboratoires de télécommunication LTT avec mon professeur S.M. Meriah

En plus nous avons pensé à inspirer des antennes bracelets sans puce pour la détection de cancers dans le corps humain et utiliser ce système comme une méthode de soins de cette maladie.

Même si on arrive à laisser ces antennes fonctionner pour la détection de la température du corps ou de visualiser le glucose dans le sang pour les personnes diabétiques avec des structures d'antennes RFID non planes.

Nous avons réfléchi que on peut utiliser ce système RFID dans la maison intelligente pour ne gaspiller pas de la lumière avec une simple méthode de détection et la localisation des personnes.

En fait de la recherche ce n'est pas pour gagner de l'argent et ce n'est pas pour devenir le plus connu mais c'est on arrive à tracer un meilleur sourire sur le visage des patients c'est le meilleur goût de la réussite et mon principe de la vie.

Je souhaite que Allah me donne le courage de réussir à continuer dans ce thème de recherche et de réaliser mon rêve dans le futur le plus proche.