

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Filière : Télécommunications
Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Thème

*Miniaturisation et réalisation d'une
Antenne patch papillon pour des applications WBAN*

Présenté Par :

- 1)Guilal Warda
- 2)Bouчекara Rahmouna Asma

Devant les jurys composés de :

Dr Ayache Choukria	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr Ferouani Souhila	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrante
Mlle Boutkhil Malika	MAA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examinatrice

Année universitaire 2017/2018

Remerciement

Nos tenons à remercier tous d'abord DIEU, le tous puissant de nous avoir accordé la volonté, force, santé, détermination et courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Ces quelques lignes ne pourront jamais exprimer la reconnaissance que nous éprouvons envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué par leurs conseils et leurs encouragements à l'aboutissement de ce travail.

Nos remercions les plus sincères à docteur Ferouani Souheyla qui nous a orientée vers un sujet intéressant, accompagnée de conseils avisés pour permettre de trouver la bonne voie dans notre travail de Mémoire.

Nos remercions également à Docteur Ayache Choukria qui a bien voulu présider le jury de ce mémoire et Mlle Boutkhal Malika qui nous a fait l'honneur d'examiner le présent travail.

Egalement, nos remercions tous nos professeurs qui ont souvent cru en nous et qui nous ont guidés et encouragés à persévérer dans nos travaux de recherches toujours au bon moment.

Pour fi nos derniers mots de remerciements vont tout naturellement à nos familles pour leurs soutiens, à nos amis.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma Grande Famille

Mon Mari Djamel

À mes enfants : Yousra Amina, zaki nassim, Djaoued Iyade.

À nos très chers parents,

À nos sœurs et nos frères

À tous ceux qui me connaissent.

G. Warda

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mon très cher mari Mohamed Amine : Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études.

Ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A ma sœur : Wassila.

A mes cher frères: Kacem, Kouider.

A mes chers beaux parents.

A mes chère belle sœurs, mes chers beaux frères.

A tous les membres de ma promotion.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

B. Rahmouna Asmaa

Résumés

Les réseaux de capteurs corporels (BAN « Body Area Network ») ont pour principe fondamental le fait de porter sur soi des éléments intelligents et connectés. Les années 2000 ont vu alors apparaître le besoin de réaliser des réseaux de capteurs corporels, capables d'être autonomes, et également de communiquer avec leur environnement proche. On parlera dès lors de BAN puis de WBAN (Wireless BAN) pour caractériser leur aspect sans fil (de même avec les WPAN pour Wireless PAN). La norme IEEE 802.15.6 a spécifié trois couches physiques différentes utilisables en fonction des applications visées, Les applications WBAN nécessite des antennes spécialement adaptées à cette technologie. Notre travail étudie les caractéristiques spécifiques, liées à la conception et la miniaturisation d'antennes imprimées patch de forme papillon, dans la bande de fréquences ISM [2.4-2.5] Ghz. Notre antenne est alimentée par une sonde coaxiale, avec des caractéristiques de rayonnement optimal, un faible encombrement et un cout limités. Les résultats de simulations ont été validés par une méthode numérique d'analyse à l'aide du logiciel CST.

Mots clés : Antennes imprimées, Technologie WBAN, Fentes, courts circuits, Antenne omnidirectionnelle ,Antenne miniature, coefficient de réflexion

Abstract

The fundamental principle of Body Area Network (BAN) networks is to carry intelligent and connected elements. The 2000s then saw the need to build networks of body sensors, able to be autonomous, and also to communicate with their immediate environment. We will talk about BAN then WBAN (Wireless BAN) to characterize their wireless appearance (similarly with WPAN for Wireless PAN). The IEEE 802.15.6 standard has specified three different physical layers that can be used depending on the intended applications. The WBAN applications require antennas specifically adapted to this technology. Our work investigates the specific characteristics, related to the design and miniaturization of butterfly-shaped patch printed antennas, in the frequency band ISM [2.4-2.5] Ghz. Our antenna is powered by a coaxial probe, with optimal radiation characteristics, a small footprint and a limited cost. The results of simulations were validated by a numerical method of analysis using the CST software.

Keywords: Printed Antennas, WBAN Technology, Slots, short circuits, Omni Directional Antenna, Miniature Antenna, Reflection Coefficient.

ملخص

يتمثل المبدأ الأساسي لشبكة منطقة الجسم (BAN) في نقل العناصر الذكية والمرتبطة. و في السنوات 2000 رأت الحاجة إلى بناء شبكات من أجهزة استشعار الجسم ، وقادرة على أن تكون مستقلة ، وكذلك للتواصل مع بيئتهم المباشرة. ولذلك، فإننا نتحدث عن BAN ثم WBAN (لاسلكي BAN) لتوصيف مظهر اللاسلكية الخاصة بهم (جنباً إلى جنب مع WPAN و PAN اللاسلكية). يحدد IEEE 802.15.6 ثلاث طبقات الفعلية المستخدمة وفقاً لتطبيقات المقصود، والتطبيقات تتطلب WBAN هوائيات تكيفها خصيصاً لهذه التكنولوجيا.

عملنا يدرس خصائص محددة تتعلق بتصميم والتصغير من المطبوعة شكل التصحيح هوائيات فراشة، في نطاق الترددات ISM [2.4-2.5]GHZ.

يعمل الهوائي الخاص بنا بواسطة مسبار متحد المحور ، مع خصائص إشعاع مثالية ، وبصمة صغيرة وتكلفة محدودة. تم التحقق من صحة نتائج المحاكاة بواسطة طريقة التحليل العددي باستخدام برنامج CST.

الكلمات المفتاحية: هوائيات مطبوعة ، تقنية WBAN ، فتحات ، دوائر قصيرة، هوائي متعدد الاتجاهات ، هوائي

مصغّر ، معامل انعكاس.

2D	Two Dimension
3D	Three Dimension
BW	Bandwidth
BAN	Body Area Network
CST	Computer Simulation Technology
dB	Decibel
dBi	Decibel isotropic
ECG	Electrocardiogram
EEG	Electroencephalogram
EMG	Electromyogram
HBC	Humane Body
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LOS	Line Of Sight
MICS	Medical Implant Communication Service
NLOS	No Line Of Sight
NB	Narrow Band
RF	Radio Frequency
UWB	Ultra Wide Band
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WSN	Wireless Sensor Network
WBAN	Wireless Body Area Networks
WMTS	Wireless Medical Telemetry Service
WI-FI	Wireless Fidelity

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Généralités sur les antennes imprimées.....	2
1.1 Introduction.....	2
1.2 Antenne imprimée.....	2
1.2.1 Structure d'une antenne imprimée.....	2
1.2.2 Les différentes formes d'antenne patch.....	3
1.2.3 Caractéristiques de l'antenne.....	4
1.2.3.1 Coefficient de réflexion (S_{11}).....	4
1.2.3.2 Rapport d'onde stationnaire (ROS).....	4
1.2.3.3 Bande passante.....	5
1.2.3.4 Facteur de qualité.....	5
1.2.3.5 Efficacité.....	6
1.2.3.6 Diagramme de rayonnement.....	6
1.2.3.7 Directivité de l'antenne.....	7
1.2.3.8 Angle d'ouverture à (-3dB).....	7
1.3 Mécanismes d'alimentations.....	8
1.3.1 Alimentation Couplée par fente.....	8
1.3.2 Alimentation couplée par ligne enterrée (Ligne en sandwich).....	8
1.3.3 Alimentation par Guide d'onde coplanaire.....	9
1.3.4 Alimentation par ligne micro-ruban.....	9
1.3.5 Alimentation par une sonde coaxiale.....	10
1.4 Antenne patch papillon (Bow-tie).....	11
1.4.1 Définition.....	11
1.5 les antennes miniatures.....	12
1.5.1 Les techniques de miniaturisation.....	13
1.6 La technologies Wireless Body Area Networks(WBAN).....	13
1.6.1 Applications.....	15
1.7 Le standard IEEE 802.15.6.....	15
1.7.1 Eléments de la Couche Physique (PHY).....	16
1.7.2 Les canaux de transmission.....	16
1.7.3 Réseaux WBAN pour des applications médicales dans les bandes simulées.....	18

1.7.4.1	Domaine sportif.....	18
1.7.5	<i>Les avantage du WBAN</i>	20
1.7.6	Les désavantage du WBAN.....	21
1.8	Conclusion.....	21
chapitre 2: Simulations et résultats.....		22
2.1	Introduction.....	22
2.2	Choix de l'outil de simulation.....	22
2.3	Antenne Patch Papillon [2.4-2.5] Ghz.....	23
2.3.1.	<i>Antenne Patch Papillon Simple</i>	23
2.3.1.1	Coefficient de réflexion S [1,1].....	24
2.3.1.2	Adaptation de l'antenne papillon par l'augmentation du patch.....	25
2.3.1.3	<i>Diagramme de rayonnement</i>	25
2.4	Miniaturisation de l'antenne patch papillon.....	26
2.4.1	Etude paramétrique.....	26
2.4.1.1	Antenne patch papillon miniaturisée avec l'Ajout de courts –circuits.....	26
2.4.1.1.1	Le diagramme de rayonnement.....	28
2.4.1.2	Antenne patch papillon miniaturisée avec Insertion.....	28
	de fentes sur l'élément rayonnant	
2.4.1.2.1	<i>Le diagramme de rayonnement</i>	30
2.5	Réalisation pratique.....	31
2.5.1	Les étapes de réalisation des circuits imprimés	31
2.5.1.1	Création du typon.....	31
2.5.1.2	Première étape L'insolation.....	32
2.5.1.3	Deuxième étape la révélation.....	32
2.5.1.4	Troisième étape la gravure.....	33
2.5.1.5	Quatrième étape Etamage.....	34
2.5.2	Prototype de l'antenne papillon simple	34
2.5.3	Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec.....	34
	l'Ajout de courts–circuits	
2.5.4	Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée.....	34
	avec Insertion de fentes sur l'élément rayonnant	
2.6	Conclusion	35
Conclusion générale.....		36

Figure I-1 Structure d'une antenne imprimée	3
Figure I-2 Formes d'une antenne patch.....	3
Figure I-3 Structure d'une Antenne patch Papillon.....	4
Figure I-4 Bande passante et coefficient de réflexion.....	5
Figure I-5 Diagramme de rayonnement Antenne Isotope.....	6
Figure I-6 Diagramme de rayonnement Antenne Omnidirectionnel	7
Figure I-7 Diagramme de rayonnement d'une antenne directif.....	7
Figure I-8 Alimentation du patch par le couplage par fente.....	8
Figure I-9 Alimentation du patch par une ligne microbande en sandwich.....	9
Figure I-10 Alimentation du patch par un guide d'onde coplanaire.....	9
Figure I-11 Antenne patch alimentée par une ligne micro ruban.....	10
Figure I-12 Alimentation par sonde coaxiale d'une antenne patch.....	10
Figure I-13 Antenne patch alimentée par une sonde coaxiale.....	11
Figure I-14 Antenne patch papillon	11
Figure I-15 Niveaux hiérarchiques intra et extra-BAN.....	14
Figure I-16 Illustration des bandes de fréquence RF.....	16
Figure I-17 Différents canaux de transmissions RF.....	17
Figure I-18 Application sportive	18
Figure I-19 Réseau BAN sans fil pour le sport.....	19
Figure I-20 Surveillance à distance du patient	19
Figure I-21 Position des capteurs sans fil.....	20
Figure I-22 Surveillance médicale à distance des personnes âgées	21
Figure II-1 Interface du logiciel CST.....	23
Figure II -2 Structure papillon Simple	24
Figure II-3 Coefficients de réflexion $S [1,1]$ obtenus par CST.....	24
Figure II-4 Coefficients de réflexion $S [1,1]$ obtenus par CST.....	25
Figure II-5 Diagramme de rayonnement	26
Figure II-6 Antenne papillon miniaturisé avec l'ajout de courts –circuits	26
Figure II-7 Présente le coefficient de réflexion obtenue.....	27
Figure II -8 Paramètre S_{11}	27
Figure II -9 Diagramme de rayonnement en 3Det polaire	28
Figure II-10 Antenne papillon miniaturisé avec Insertion de fentes.....	29

sur l'élément rayonnant

Figure II -11 Paramètre S11 des différentes simulations effectuées.....	29
Figure II-12 Antenne patch paillon initiale et antenne et antenne miniature.....	30
Figure II-13 Diagramme de rayonnement en 3D et polaire.....	31
Figure II-14 Ttypon.....	32
Figure II-15 L'insoleuse.....	32
Figure II-16 Le révélateur	33
Figure II-17 Machine de gravure	33
Figure II-18 Prototype de l'antenne papillon simple.....	34
Figure II-19 Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec	34
<i>l' Ajout de courts– circuits</i>	
Figure II-20 Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec insertion	35
<i>de fentes sur l'élément rayonnant</i>	

Liste des Tableaux

Tableau I.1 Paramètre de l'antenne Papillon.....	12
Tableau I.2 Les techniques de la miniaturisation.....	13
Tableau I.3 Listes non exhaustive d'application médicales et non -médicales	15
pour les WBANs	
Tableau I-4 Scénarios WBAN possibles.....	17
Tableau II.1 Dimensions de l'antenne papillon.....	24
Tableau II.2 Dimensions du patch.....	25
Tableau II.3 Dimensions du patch miniature.....	28
Tableau II. 4 Dimensions de l'antenne miniaturisé par fentes.....	29
Tableau II. 5 Dimension de l'antenne patch initiale et miniature.....	30

Introduction générale

Depuis de nombreuses années, on assiste au développement de systèmes intelligents pour des applications de télésurveillance. En effet, les progrès dans le domaine des circuits intégrés, des réseaux, et du traitement de l'information ont permis l'apparition de nouveaux outils et systèmes communicants, composés de capteurs répartis sur le corps ou les vêtements d'un patient. On appelle ces systèmes des réseaux de capteurs corporels (BAN « Body Area Network »). Ce sont des réseaux caractérisés par leur mobilité, leur portabilité, et leur facilité de déploiement, qui révolutionnent le concept de la surveillance et de la prise en charge de patients à distance. En effet, ils permettent d'assurer une continuité du suivi des patients quelque soit le lieu (hôpital, domicile, etc.), et avec la même qualité.

Les BANs représentent donc une réelle opportunité dans le contexte actuel. Le travail présenté a pour objectif la miniaturisation et la réalisation d'une antenne patch de forme papillon pour la bande ISM [2,4-2,5]GHz. Cette dernière peut être utilisée dans le domaine médical visant à fournir des services qui peuvent aider des personnes à améliorer leurs conditions de santé au quotidien. Les informations issues des différents capteurs peuvent alors être transmises à un centre de soins distant pour une analyse par un spécialiste. L'utilisation d'un BAN dans ce contexte peut aider à accroître la mobilité des patients qui nécessitent une surveillance permanente. Nous définissons à titre d'exemple les capteurs de rythme et monitoring cardiaque : ces informations servent à surveiller le rythme cardiaque d'un patient afin de pouvoir réagir très rapidement en cas de crise cardiaque ou de comportement anormal du cœur. Avec les données envoyées par le moniteur, le spécialiste peut décider d'effectuer une intervention immédiate et envoyer une ambulance au patient, avec le traitement nécessaire et approprié. Cela permet de limiter le délai entre le déclenchement de l'alerte et l'application des soins au patient.

Notre mémoire se décompose en deux chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous allons donner une description générale des antennes imprimées, un rappel théorique sur l'antenne patch papillon et les techniques de miniaturisation, puis une présentation des différents Mécanismes d'alimentation. En seconde partie, nous allons passer en revue la technologie WBAN et ses différentes applications.
- Le deuxième chapitre est consacré à la simulation, miniaturisation et la conception d'une antenne patch papillon. Finalement, nous allons donner les prototypes réalisés de notre antenne micro ruban propose.

1.1 Introduction

Dans le domaine de communication radio, il existe plusieurs techniques pour la réalisation et la fabrication des antennes, chacune d'elles possède ses propres caractéristiques et sert à une application bien déterminée. Dans ce chapitre nous présenterons la technologie micro ruban qui est l'origine du développement des antennes imprimées (antennes plaques ou antennes patch). Nous allons donner la description et le mécanisme de fonctionnement d'une antenne patch, ainsi que les différents types d'alimentation et la miniaturisation des dispositifs qui assure ces applications étant très bénéfique d'où la nécessité de réduire la taille des antennes actuelles. Enfin nous allons aborder la technologie WBAN en étudiant une application travaille dans la bande simulée dans notre mémoire à savoir la bande ISM.

1.2 Antenne imprimée

Le concept d'antennes patch est apparu dans les années 50, mais le véritable développement ne s'est fait que dans les années 70 [1], [2]. Les premières réalisations étaient essentiellement réservées à des applications militaires, un peu plus tard, dans les années 1990 des antennes pratiques ont été développées par Howel et Munson [3], un véritable passage au stade industriel. Les antennes imprimées ou micro-rubans, ou « patches » en anglais sont des éléments rayonnants planaires sont réalisées par gravure d'un circuit imprimé. Leurs principaux avantages résident dans leurs faibles coûts de réalisation, et leurs capacités d'intégration. Elles sont Aujourd'hui implantées dans de nombreux dispositifs électroniques et constituent le type d'antenne privilégié aux fréquences microondes dans les systèmes modernes de communication intégrés [3].

1.2.1 Structure d'une antenne imprimée

Une antenne patch consiste en un élément Conducteur (Cuivre, Or...) de forme quelconque (rectangulaire, circulaire, à fente, ou formes plus élaborées), d'épaisseur négligeable qui représente l'élément rayonnant (ou plusieurs éléments rayonnants), déposé sur la surface d'un substrat diélectrique caractérisé à la fois par une permittivité électrique, et une perméabilité magnétique. La face inférieure de la lame diélectrique est métallisée et constitue le plan de masse. La géométrie d'une antenne imprimée est montrée dans la figure (I.1) [4].

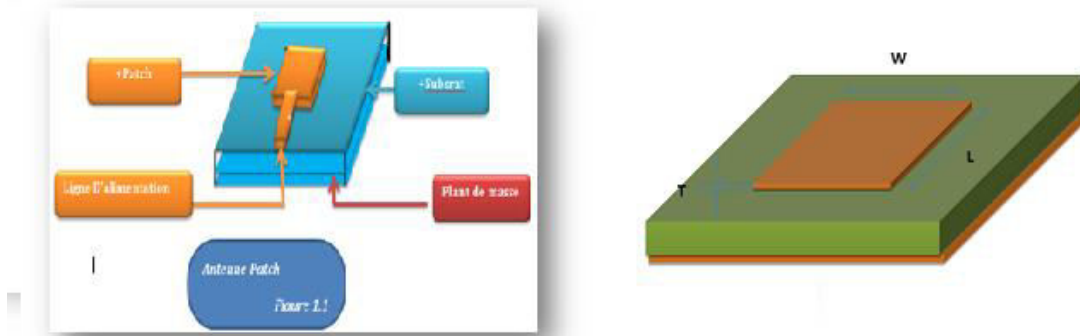


Figure I-1 Structure d'une antenne imprimée

Avec : L : Longueur du patch,

T : épaisseur du patch.

W : Largeur du patch,

h : épaisseur du substrat.

T = 35µm, h = 1,5mm

1.2.2 Les différentes formes d'antenne patch

L'antenne patch prend différentes formes (figure I.2) et s'intègre dans plusieurs applications selon sa fréquence de résonance.

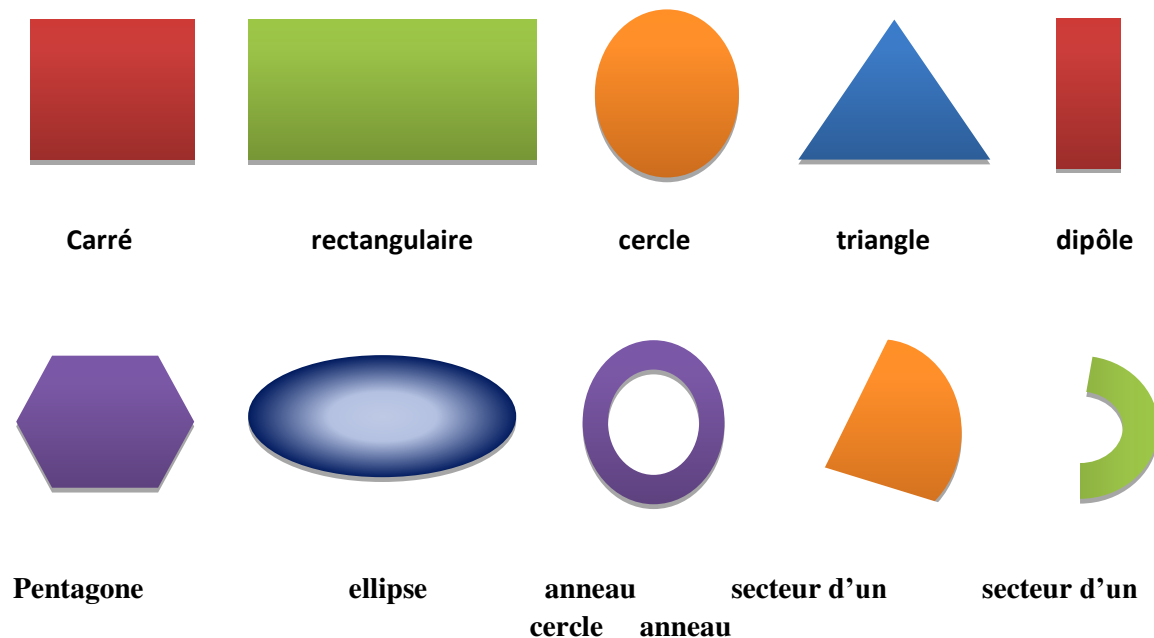
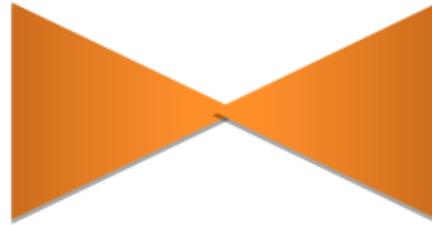


Figure I-2 formes d'une antenne patch

Nous avons choisi d'étudier et de simuler dans notre travail une antenne papillon résonant dans la bande ISM (2.4GHZ - 2.5 GHZ) pour des applications WBAN, La figure (I.3) présente sa structure.



Forme Papillon

Figure I-3 structure d'une Antenne patch Papillon [11]

1.2.3 Caractéristiques de l'antenne

Les antennes se caractérisent généralement par quelques paramètres importants. Ils permettent de comparer les structures entre elles, mais aussi les simulations et les mesures sur prototypes.

1.2.3.1 Coefficient de réflexion (S11)

Le coefficient de réflexion S11 met en évidence l'absorption de l'énergie par l'antenne. C'est sur ce paramètre que l'on se base lors de l'optimisation.

1.2.3.2 Rapport d'onde stationnaire (ROS)

Le Rapport d'Onde Stationnaire ROS ou, en anglais, VSWR pour Voltage Standing Wave Ratio tout comme le coefficient de réflexion traduit l'adaptation ou la désadaptation d'impédance entre deux éléments [6] [7]. Lorsque l'adaptation n'est pas parfaite, la partie de l'onde réfléchie se superpose à l'onde incidente pour ne former qu'une seule onde, appelée onde stationnaire.

En cas de rupture d'impédance, une partie de la puissance P1 émise par l'émetteur est réfléchie à l'endroit de la rupture, vers l'émetteur soit P2. On définit le ROS comme étant le rapport :

$$ROS = \frac{P_1 + P_2}{P_1 - P_2} = \frac{1 + |\Gamma_{in}|}{1 - |\Gamma_{in}|} = 1/S_{11} \quad [I-1]$$

On voit dans le meilleur des cas que si la puissance réfléchie est nulle ROS = 1.

D'autre part si la puissance réfléchiée P_2 est égale à P_1 (aucune puissance émise) le ROS est infini. Dans ce cas l'émetteur est en grand danger de destruction, toute la puissance est dissipée dans l'étage amplificateur de l'émetteur. C'est le cas du fonctionnement de l'émetteur sans antenne.

1.2.3.3 Bande passante [8].

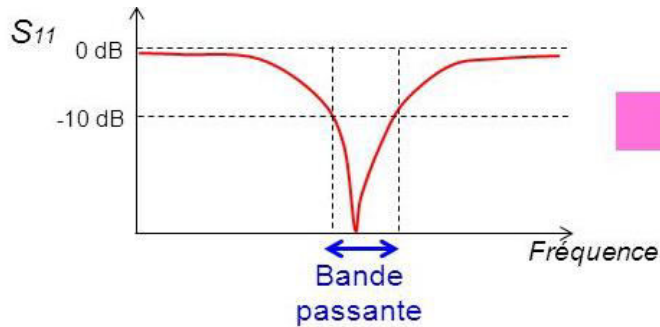


Figure I-4 Bande passante et coefficient de réflexion.

1.2.3.4 Facteur de qualité

D'un point de vue électrique, nous avons vu que l'antenne pouvait être vue comme un circuit résonant RLC. La bande passante BW (bande passante à 3 dB de la valeur du champ) est liée au facteur de qualité Q du circuit RLC à la fréquence de résonance f_{Res} .

Le facteur de qualité représente la quantité de résistance présente lors de la résonance

$$Q = \frac{f_{Res}}{BW} \quad [I-2]$$

Une antenne avec un fort facteur de qualité rayonne très efficacement à la fréquence de rayonnement sur une bande de fréquence très étroite, ce qui peut limiter les interférences hors bande. Cependant, si la bande passante est trop étroite, tout signal émis ou reçu près des bornes de la bande de fréquence de fonctionnement sera atténué [9].

1.2.3.5 Efficacité

L'efficacité est le rapport de la puissance rayonnée P_{RAD} par l'antenne sur la puissance fournie en entrée de l'antenne

$$\eta = \frac{P_{RAD}}{P_A} = \frac{P_{RAD}}{P_{loss}} \quad [I-3]$$

$$\eta_{tot} = \eta_{ray} (1 - S_{11})^2 \quad [I-4]$$

L'efficacité totale prend en compte les pertes de désadaptation, l'efficacité rayonnée dépend uniquement de la structure géométrique de l'antenne. Elle est fixée par les dimensions,

la forme, ou encore l'épaisseur et la largeur des métallisations, mais aussi les pertes dans le substrat diélectrique. Elle représente bien un paramètre intrinsèque à l'antenne [10].

1.2.3.6 Diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement représente la puissance rayonnée par l'antenne dans toutes les directions de l'espace autour d'elle en champ lointain. Ce paramètre n'est pas maîtrisable par le concepteur. Il dépend de la structure globale de l'antenne.

Le diagramme de rayonnement permet de localiser les zones de l'espace entourant l'antenne et les directions où le rayonnement est intense ou faible. Même si chaque diagramme de rayonnement est différent en fonction des antennes, il est possible de différencier trois formes typiques de diagramme de rayonnement :

- **Isotrope, omnidirectionnel et directif** [11] :

Une antenne isotrope (figure I.5) est une antenne qui rayonne son énergie uniformément dans toutes les directions de l'espace. Même si différents travaux tentent de s'approcher de cette propriété [12] [13], cette antenne reste purement théorique et sert de référence pour établir la directivité ou le gain d'une antenne réelle.

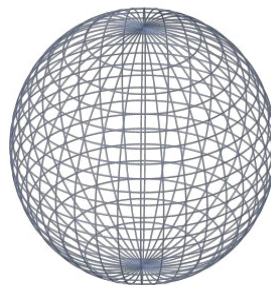


Figure I-5 Diagramme de rayonnement Antenne Isotrope [14].

- Une antenne omnidirectionnelle (figure I.6) se caractérise par la faculté à rayonner de manière égale dans toutes les directions contenues dans un plan.

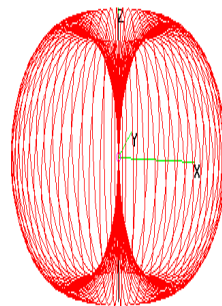


Figure I-6 Diagramme de rayonnement Antenne Omnidirectionnelle [14].

A l'inverse, une antenne directive (figure I.7) est une antenne qui va concentrer l'énergie qu'elle rayonne dans une direction de l'espace

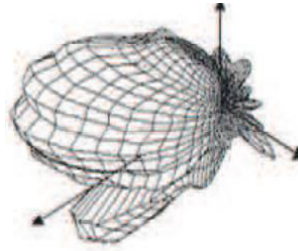


Figure I-7 Diagramme de rayonnement d'une antenne directive [14].

1.2.3.7 Directivité de l'antenne

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ et la puissance que rayonnerait une antenne isotrope.

Le gain $G(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ sur la puissance que rayonnerait une antenne isotrope sans pertes. Directivité et gain caractérise la capacité de l'antenne à focaliser la puissance rayonnée dans une direction donnée de l'espace.

En général, le gain G correspond au gain dans la direction de rayonnement maximal (θ_0, φ_0) [15].

1.2.3.8 Angle d'ouverture à (-3dB)

Si G est le gain maximal d'une antenne donnée dans un plan bien déterminé, alors son ouverture dans ce plan est l'angle qui se trouve entre deux directions de ce plan ayant la moitié du gain maximal (gain à -3 dB), soit $G/2$ [16].

I.3 Mécanismes d'alimentations

Vu la sensibilité des antennes imprimées aux différents types d'alimentation, un soin particulier doit être réservé à cette étape de réalisation. A cet effet, plusieurs techniques d'alimentation sont mises en évidence dans le souci d'atteindre des meilleures performances avec minimum de pertes. La théorie montre qu'il est possible de combiner les circuits d'alimentation et les éléments rayonnants sur un même substrat. Les stratégies d'alimentation peuvent être donc [17] [18].

1.3.1 Alimentation Couplée par fente

Dans ce type d'alimentation, la pièce rayonnante et la ligne d'alimentation sont séparées par le plan de masse (figure I.8). La puissance est couplée au patch par une fente (ouverture) réalisée dans le plan de masse. La quantité du couplage de la ligne d'alimentation au patch est déterminée par : La forme, la taille et le positionnement de la fente. La réduction des rayonnements indésirables est due à la séparation entre le patch et la ligne d'alimentation par le plan de masse. En pratique, deux substrats sont utilisés. Un premier matériau diélectrique employé comme substrat de fond et un second diélectrique employé comme substrat supérieur pour optimiser le rayonnement du patch [16].

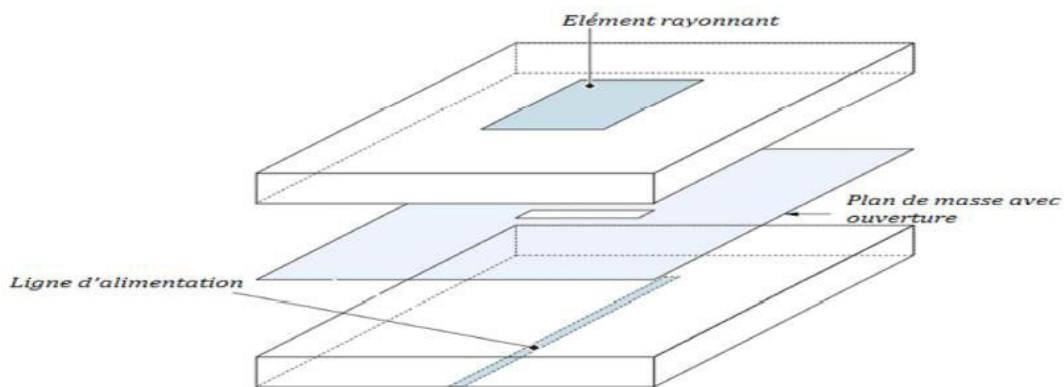


Figure I-8 Alimentation du patch par le couplage par fente

1.3.2 Alimentation couplée par ligne enterrée (Ligne en sandwich)

Il y a deux substrats diélectriques de permittivités ϵ_{r1} , ϵ_{r2} de hauteurs respectivement h_1 et h_2 , (figure I.9). La ligne d'alimentation se trouve entre les deux substrats diélectriques (en sandwich), le patch à la façade supérieure du substrat supérieur et le plan de masse à la façade inférieure du substrat inférieur ; le couplage électromagnétique assure l'alimentation du patch [17].

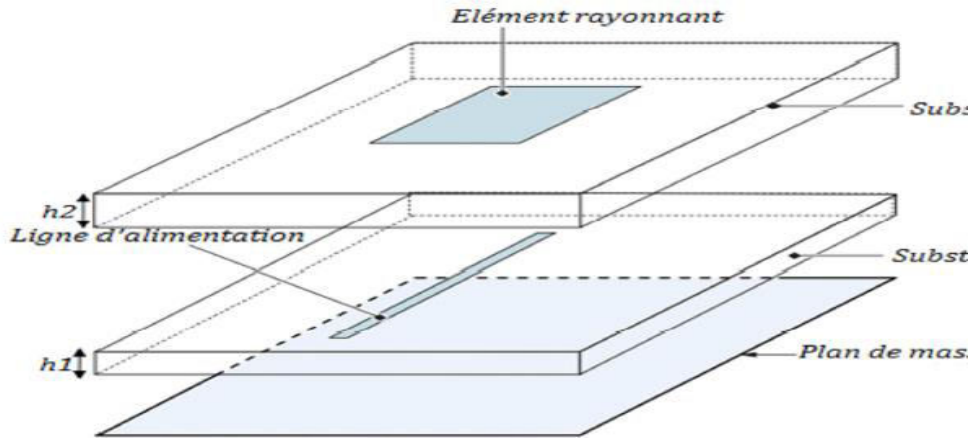


Figure I-9 Alimentation du patch par une ligne microbande en sandwich

I.3.3 Alimentation par Guide d'onde coplanaire

L'élément rayonnant se trouve sur la face supérieure du substrat. La ligne d'alimentation et le plan de masse se trouvent à la même façade inférieure du substrat (figure I.10).

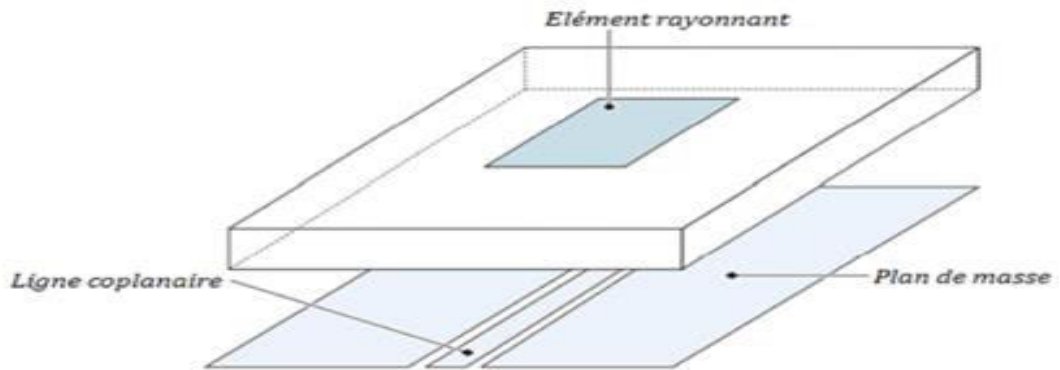


Figure I-10 Alimentation du patch par un guide d'onde coplanaire.

I.3.4 Alimentation par ligne micro-ruban

Cette technique consiste à placer une ligne micro-ruban (généralement de 50Ω) en contact avec l'élément rayonnant figure (I.11). La longueur de la ligne est considérée plus petite que les dimensions du patch. Ce principe assez simple à réaliser fournit la possibilité de fabriquer une structure planaire sur un substrat diélectrique. Cet avantage est l'origine d'une large utilisation d'une alimentation micro-ruban dans les réseaux d'antenne imprimées de différentes formes [19]. Nous avons utilisé ce type d'alimentation pour notre antenne papillon (figure I.11).

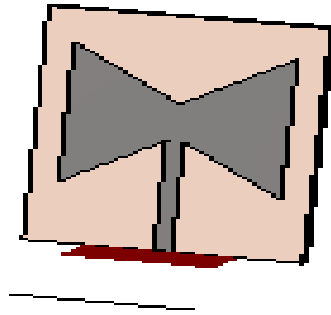


Figure I-11 Antenne patch alimentée par une ligne micro ruban

L'impédance caractéristique d'alimentation « Z_c » est donnée par l'équation I.5 en ohm :

$$Z_c = \frac{119.9 \pi}{\sqrt{2(\epsilon_r + 1)}} \times \left\{ \ln \left(4 \frac{h}{w} + \sqrt{16 \left(\frac{h}{w} \right)^2 + 2} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{\pi}{4} \right) \right\} \quad [I.5]$$

Avec ϵ_r : Permittivité du substrat.

W : la largeur de la ligne micro ruban.

h : la hauteur de substrat

I.3.5 Alimentation par une sonde coaxiale

L'alimentation par sonde coaxiale est une technique très couramment utilisée pour l'alimentation des antennes patchs micro-rubans. Comme le montre la (figure I.12), le conducteur interne du connecteur coaxial s'étend à travers le diélectrique pour être soudé au patch, tandis que le conducteur extérieur est relié au plan de masse. Le principal avantage de ce type d'alimentation est la possibilité de placer la sonde coaxiale à n'importe quel endroit à l'intérieur du patch afin de rechercher l'adaptation. Cette méthode d'alimentation est simple à concevoir.

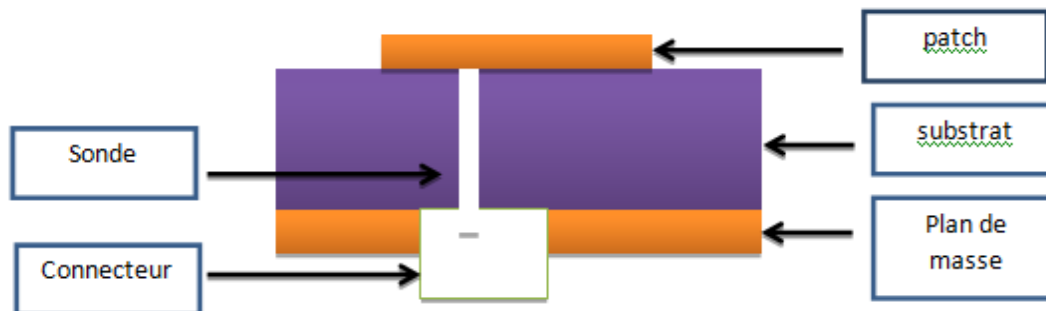


Figure I-12 Alimentation par sonde coaxiale d'une antenne patch.

Nous avons utilisé ce type d'alimentation pour notre antenne papillon (figure I.13).

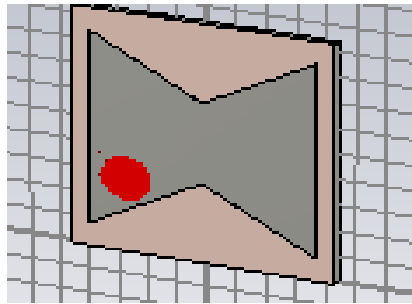


Figure I -13 Antenne patch alimentée par une sonde coaxiale

I.4 Antenne patch papillon (Bow -tie)

I.4.1 Définition

Dans le domaine de télécommunication les antennes imprimées sont les plus utilisées avec des diverses structures, et parmi ces derniers nous avons choisi l'antenne papillon (Bow-tie). Nous nous sommes basé sur les équations de la structure rectangulaire afin de construire notre antenne papillon. Cette dernière est constituée de deux triangles symétriques. Ce type d'antenne (figure I.14) est largement utilisé dans nombreuses applications telle que les systèmes radars, les stations mobiles et les applications WBAN dans le domaine de fréquence ISM [2.4GHZ – 2.5GHZ] [20].

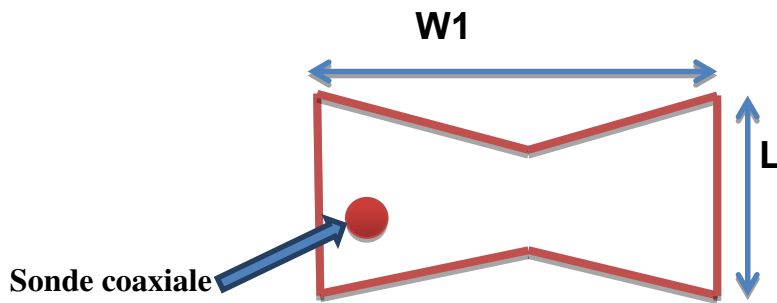


Figure I-14 Antenne patch papillon

Les équations de l'antenne rectangulaire [20] utilisées pour le calcul des paramètres du papillon sont données sur le tableau I.1 :

Paramètre d'antenne	Equation	légende
Largeur efficace de l'antenne(W)	$W = \frac{1}{2fr\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon r + 1}}$	Fr : fréquence de résonance

Constante diélectrique (ϵ_{eff})	$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}}$	ϵ_r : permittivité du substrat h : l'épaisseur du substrat
L'extension de la longueur (ΔL)	$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)}$	
Longueur réelle (L)	$L = \frac{1}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}\sqrt{\mu_r\epsilon_0}} - 2\Delta L$	
Longueur effective (L_{eff})	$L_{eff} = L + 2\Delta L$	

Tableau I.1 Paramètre de l'antenne papillon[11]

I.5 Les antennes miniatures

La miniaturisation d'antennes résulte d'une action de réduction de l'encombrement de l'antenne afin de satisfaire des critères surfaciques ou volumiques de plus en plus critiques. D'après les travaux menés par Wheeler [10], une antenne est dite miniature si sa plus grande dimension est bornée par :

$$L_{max} \leq \frac{\lambda_0}{2\pi} \quad \text{[I-11]}$$

λ_0 étant la longueur d'onde dans l'air. Typiquement, pour des antennes linéaires comme les dipôles, nous définissons la miniaturisation par la diminution de la longueur. Cependant pour des antennes de type planaires telle qu'une antenne micro-ruban, il peut être plus pertinent de considérer la miniaturisation en termes de diminution de surface. La problématique de la miniaturisation d'antennes n'est pas récente. Toutefois avec l'apparition de nouvelles technologies associées à la montée en fréquence (gain, bande passante). Dans la littérature plusieurs auteurs [21, 22] montrent des avancées significatives dans la miniaturisation des structures rayonnantes, notamment pour ce qui concerne la téléphonie cellulaire. Deux aspects ont principalement été analysés : d'une part les limites théoriques à la miniaturisation d'aérien et d'autre part l'examen des techniques de miniaturisation. Les performances de l'antenne sont principalement liées aux matériaux utilisés qui doivent présenter des pertes minimales hors rayonnement. Les techniques actuelles de miniaturisation d'antenne consistent généralement à charger l'élément rayonnant (matériaux diélectriques, charges localisées, introduction de fentes ou court-circuit) et à agir sur la géométrie de la structure (pliage, formes spécifiques) [23]. Les structures les plus compactes résultent souvent d'une

combinaison des différentes techniques et il semble qu'on ait atteint les limites de ces techniques, la miniaturisation d'antenne s'accompagne de dégradations des performances (réduction de la bande de fonctionnement, de l'efficacité, perte de pureté de polarisation, augmentation de la sensibilité au proche contexte) dictées par les lois de la physique [23].

I.5.1 Les techniques de miniaturisation

Une antenne miniature peut être obtenue par diverses techniques, elles sont résumées sur le tableau ci-dessous :

Modification de la forme de l'élément rayonnant :	-Ajout de courts –circuits verticaux entre l'élément rayonnant et le plan de masse -Utilisation d'un substrat à haute constante diélectrique
Insertion de fentes dans l'élément rayonnant pour :	-la création de nouvelles résonances -l'allongement des longueurs électriques - la création de nouveaux résonateurs

Tableau I.2 *Les techniques de la miniaturisation*

I.6 La technologies réseaux corporels sans fil

De manière générale, le terme BAN désigne une technologie de réseau de capteurs portables opérant au voisinage du corps humain. On parlera de Wireless BAN (WBAN) pour spécifier le caractère sans fil des communications de ce type de réseau. L'institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE «Institute of Electrical and Electronics Engineer») a publié un premier standard pour les WBAN en 2012 (IEEE 802.15.6) et en donne la définition suivante [24] :

« Une norme de communication optimisée pour les appareils à basse consommation et qui fonctionnent sur, dans ou autour du corps humain (mais non limitée aux humains) pour servir une diversité d'applications (y compris médicales), l'électronique grand public, le divertissement et autre».

Les WBANs ont ainsi pour objectif d'organiser la collecte des données de leur porteur (humain ou non) et de permettre leur traitement. De plus, cette définition peut être

complétée en notant qu'un WBAN est décomposé en deux niveaux hiérarchiques : l'intra-BAN et l'extra-BAN, comme montrés (figure I.15). Les communications intra-BAN ont lieu entre les nœuds de transmissions, associés aux capteurs, et le collecteur que l'on appelle nœud coordinateur.

Les WBANs ont pour finalité d'être portés, et se distinguent donc des réseaux de capteurs classiques (WSN « Wireless Sensor Network ») par la présence du corps du porteur et de son impact et également par de nombreux points clés.

On peut voir qu'ils se différencient des WSN, notamment par la taille (miniaturisation des capteurs) et le nombre des nœuds très faible comparé aux cas classiques, mais aussi par les caractéristiques des batteries associées. Ainsi, les ressources énergétiques sont fortement limitées, et la mise en place de systèmes à basse consommation est alors essentielle étant donné la durée de vie recherchée.

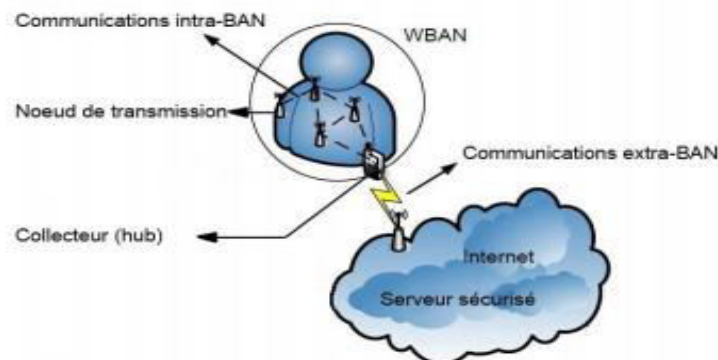


Figure I-15 Niveaux hiérarchiques intra et extra-BAN [25]

1.6.1 Applications

Le groupe de travail IEEE 802.15.6 pour la normalisation des WBANs a subdivisé applications en 2 catégories, à savoir les applications médicales (classe A) et celles non médicales (classe B), détaillées dans le tableau I-3[23.25]. Les WBANs étant un domaine de recherche récent, cette liste d'applications est loin d'être exhaustive, et est amenée à se développer dans les années à venir. Néanmoins, les applications sont déjà suffisamment nombreuses pour présenter une large variété de besoins, en termes de puissance et de débit.

Classe A : Applications médicales	Classe B : Applications non médicales
A1 : Télémétrie médicale (WMTS, « Wireless Medical Telemetry Service »)	B1 : Echange de flux
Electroencéphalogramme (EEG) Electrocardiogramme (ECG) Electromyogramme (EMG) Température Respiration Rythme cardiaque Oxymétrie de pouls SpO2 Pression sanguine pH	Reconnaissance de mouvement Localisation Détection d'émotions Identification Porte clé connecté
A2 : Implants	B2 : Divertissement
Glucose Arythmie cardiaque Pression du liquide céphalo-rachidien Capsule endoscopique (gastro-intestinal) Capsule de livraison de traitement Stimulation cérébrale Neurostimulation visuelle Neurostimulation auditive Interface cerveau-machine Pacemaker Défibrillateur Pompe à insuline	Jeux vidéo Réseau sociaux Informations sur le corps et ses signaux vitaux à des fins de divertissement
	B3 : Urgences (non médicales) civiles ou militaires
	Etat physique d'un intervenant (policier, pompier, militaire etc.) Information sur l'environnement (oxygène, méthane, CO ₂ , etc.)

Tableau I.3 Liste non exhaustive d'applications médicales et non-médicales pour les WBANs

1.7 Le standard IEEE 802.15.6

La normalisation IEEE 802.15.6 vise à fournir une norme internationale pour des communications radiofréquences dans l'environnement proche du corps humain, faible puissance, courte portée, avec une grande fiabilité et pour une gamme de débits de données variés allant de quelques dizaines de kbps jusqu'à plusieurs Mbps. Parmi les caractéristiques du standard [24], on peut noter que les nœuds doivent pouvoir communiquer de manière fiable même lorsque la personne est en mouvement.

1.7.1 Éléments de la Couche Physique (PHY)

Si on s'intéresse en particulier à la couche physique, le choix de la technologie va dépendre de l'application (médicale ou non) et de la localisation des nœuds (implants, sur le corps, ou dans l'environnement). La norme IEEE 802.15.6 a spécifié trois couches physiques différentes utilisables en fonction des applications visées, comme détaillé ci-dessous, et illustré sur la figure (I.16) :

- La couche PHY NB (NB pour « Narrow Band ») autorise des transmissions à bande étroite dans les bandes ISM (« Industrial, Scientific and Medical ») et MICS («

Medical Implant Communication Services ») traditionnelles avec des débits pouvant atteindre 1 Mbps. La bande WMTS (« Wireless Medical Telemetry Service ») pour la commande et la supervision d'appareils médicaux est spécifique aux USA.

- La couche physique PHY UWB s'appuie sur la technologie radio ultralarge bande(UWB) et permet des débits nettement supérieurs allant jusqu'à 15.6 Mbps dans des bandes de fréquences situées autour de 4 GHz et 8 GHz.

- Enfin, la couche PHY HBC (HBC pour «Human Body Communication ») s'inspire du standard de communication en champ proche et exploite les bandes 16 MHz et 27MHz.

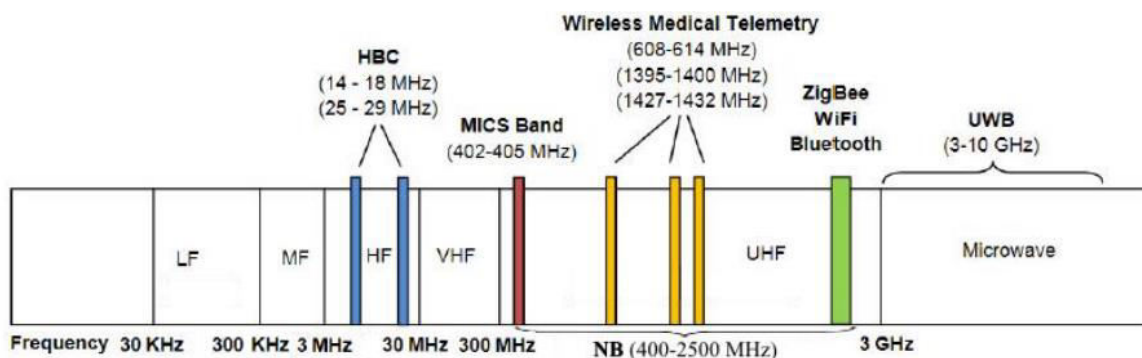


Figure I-16 Illustration des bandes de fréquence RF

I.7.2 Les canaux de transmission

La nature du canal radioélectrique est très variable du fait de la présence du corps humain qui interagit différemment avec les ondes radio suivant la fréquence, la distance au corps et la polarisation. Cela engendre des phénomènes de propagation complexes d'autant plus que l'environnement de l'utilisateur et son activité contribuent également à la variabilité du canal. C'est donc une contrainte forte pour les communications WBAN. Ainsi, le standard définit les modèles de canaux de transmission en fonction de différents scénarios comme indiqué sur la figure (I-17)[24].

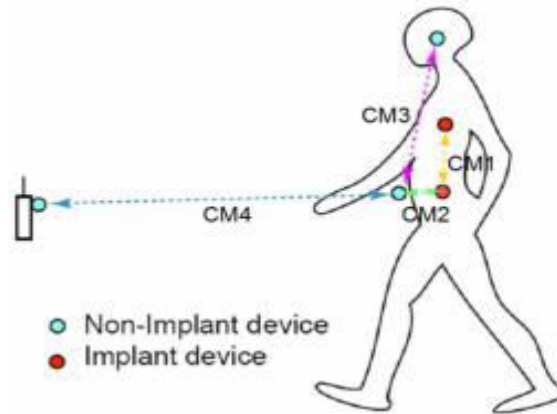


Figure I-17 Différents canaux de transmissions RF [24]

Les canaux CM1, CM2 et CM3 correspondent à ce que l'on a précédemment défini comme l'intra-BAN. Plus précisément, les canaux CM1 et CM2 considèrent l'utilisation d'implants, tandis que le canal CM3 ne considère que des éléments sur la surface du corps. Le canal CM4 correspond à une communication extra-BAN, et permet de faire le lien entre le réseau corporel, et les différents services associés (serveur de données, internet, etc.). Les bandes de fréquences correspondantes sont reportées dans le tableau I-4 [24].

Scénario	Description	Bande de fréquence	Canal
S1	Implant vers Implant	402-405 MHz	CM1
S2	Implant vers surface du corps	402-405 MHz	CM2
S3	Implant vers l'extérieur	402-405 MHz	CM2
S4	Surface du corps vers surface du corps (LOS, Line Of Sight)	13.5, 50, 400, 600,900 MHz 2.4 GHz	CM3
S5	Surface du corps vers surface du corps (NLOS, no-LOS)	3.1-10.6 GHz (UWB)	CM3
S6	Surface du corps vers l'extérieur (LOS)	13.5, 50, 400, 600,900 MHz 2.4 GHz	CM4
S7	Surface du corps vers l'extérieur (NLOS)	3.1-10.6 GHz (UWB)	CM4

Tableau I-4 Scénarios WBAN possibles

Le contexte de notre mémoire portant sur les communications intra-BAN sur le corps qui correspondent au cas du canal CM3 à savoir la bande ISM [2.4-2.5] GHz et la bande 900Mhz.

1.7.3 Réseaux WBAN pour des applications médicales dans les bandes simulées

1.7.4.1 Domaine sportif

Les possibilités offertes par le BAN en termes de monitoring sportif sont présentées sur la figure (I.18) pour évaluer les performances des sportifs de haut niveau, l'évolution de leurs constantes physiologiques, etc. Le réseau BAN pourra ici contenir un capteur d'humidité pour mesurer la sudation, des capteurs de mouvements, un capteur cardiaque. L'inter-connectivité entre le BAN et le Smartphone s'effectue par Bluetooth ou Zig Bee [25].

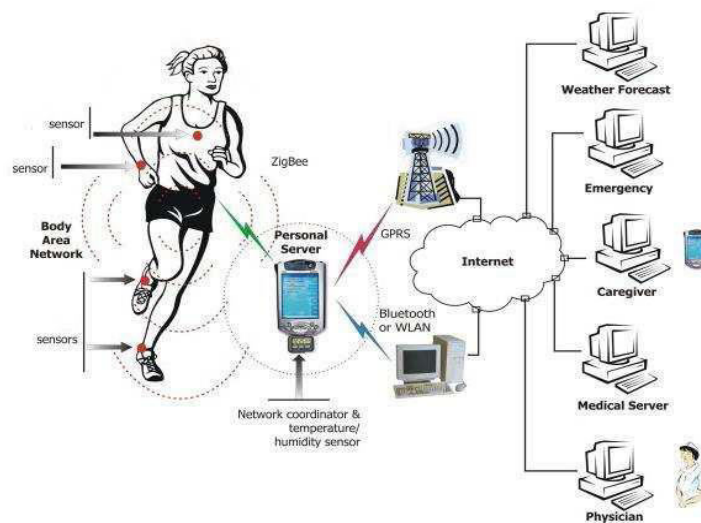


Figure I-18 Application sportive

- La figure (I.19) présente la situation du coureur équipé de capteurs sans fil transmettant l'information au collecteur (téléphone mobile) qui sert de relais avec le coach sportif, ce qui permet au coureur de bénéficier de la liberté de pratiquer son exercice dans l'environnement qui lui convient le mieux. La deuxième catégorie d'applications sportives consiste à collecter les mêmes informations physiologiques en vue d'améliorer les caractéristiques mécaniques de l'équipement de sorte qu'il soit mieux adapté à l'utilisation par le sportif. En effet, l'environnement dans lequel l'activité est pratiquée, les conditions climatiques et la réaction du corps en fonction de l'effort fourni sont autant d'éléments qui influencent les performances du sportif. La connaissance de leur impact peut aider à adapter l'équipement au travers de nombreux

paramètres (textiles, chaussures...) en vue d'optimiser la résistance à l'effort et les performances du sportif [26].

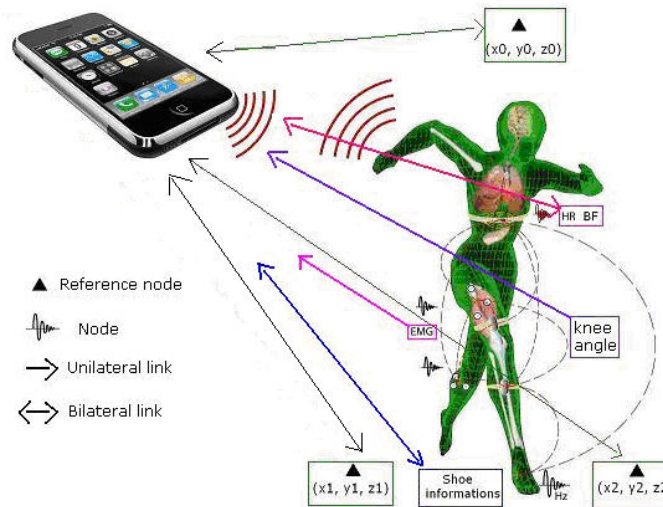


Figure I-19 Réseau BAN sans fil pour le sport

- La figure I.20 montre la mesure la température corporelle, le taux respiratoire, l'ECG (électrocardiogramme). L'électrocardiogramme (ECG) est défini comme un test couvre l'activité électrique du cœur en utilisant des électrodes attachées à la peau et enregistrées par un dispositif externe. Cette section décrit la WBAN mise à disposition pour la médecine. Le WBAN comprend les mesures cinématiques du corps et ECG via des capteurs sans fil. On pense que la mesure de la cinématique corporelle et de l'ECG aidera à mieux comprendre les artefacts du mouvement. De plus, l'utilisation de capteurs sans fil connectés via les WBAN aidera à surveiller les patients pendant de longues périodes, ce qui est essentiel dans les cas nécessitant une surveillance à long terme [27].

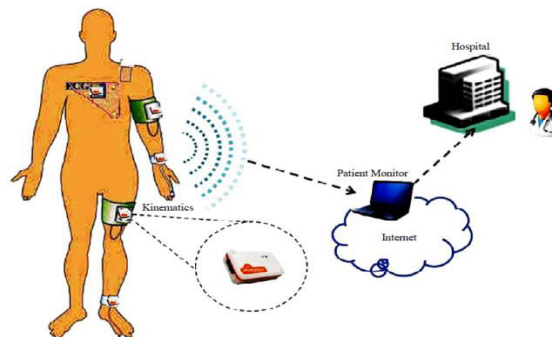


Figure I-20 Surveillance à distance du patient

- Une autre application (la figure I.21) où des capteurs gyroscopiques placés sur les bras et les jambes permettent de connaître l'amplitude des mouvements du corps et de contrôler les progrès de la guérison d'une fracture, par exemple les capteurs peuvent être implantés dans le corps humain ou attachés dans des vêtements ou des chaussures. De plus, les actionneurs peuvent être utilisés de manière différente ; par exemple la délivrance de médicaments, les pompes neurales-stimulatrices et d'insuline, etc. [27].

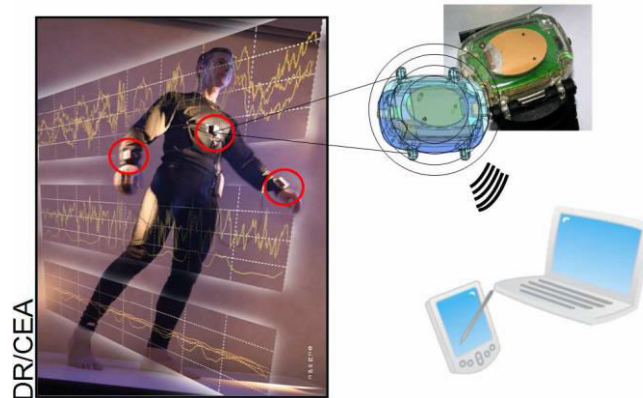


Figure I-21 Position des capteurs sans fil

1.7.5 Les avantages du WBAN

Les avantages apportés par les systèmes WBAN dans le domaine médical l'un des défis majeurs du monde de ces dernières décennies est l'augmentation continue de la population des personnes âgées dans les pays développés. Les études de population prévoient que dans les 20 prochaines années, les personnes ayant plus de 65 ans représenteront 20% de la population totale [9]. D'où la nécessité de fournir des soins de qualité à une population en croissance rapide, tout en réduisant les coûts des soins de santé. Les applications médicales des réseaux de capteurs sans fil améliorent la qualité des soins et la surveillance médicale surtout pour les personnes âgées et les patients ayant des maladies chroniques. Ceci en offrant plusieurs avantages dans le domaine médical. La Figure I.22 représente un système de surveillance médicale à distance pour les personnes âgées[28].

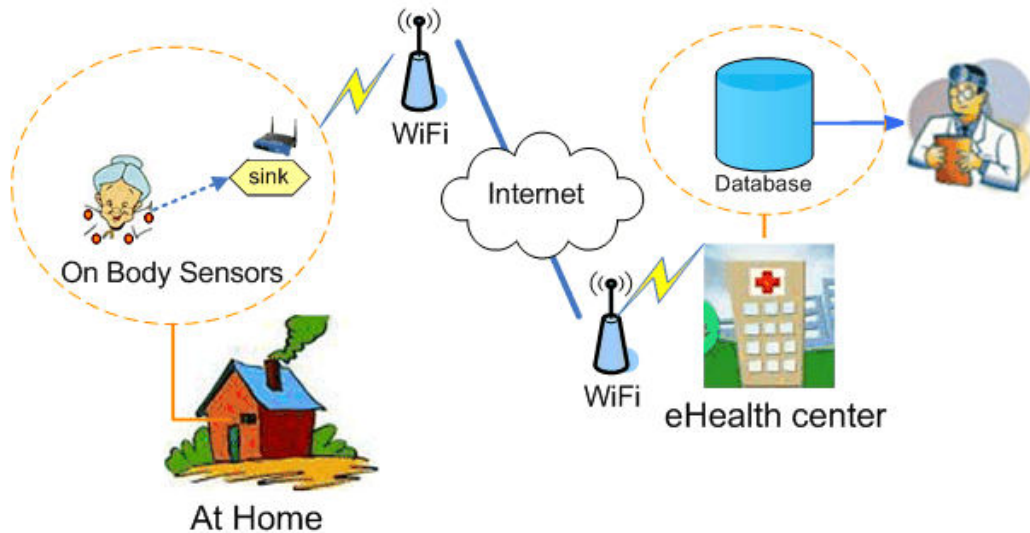


Figure I-22 Surveillance médicale à distance des personnes âgées

Cette technologie se base donc sur :

- ✓ La surveillance en temps réel
- ✓ Les soins à long termes
- ✓ La liberté du mouvement pour le patient
- ✓ La surveillance permanente de l'état physiologique
- ✓ La surveillance permanente des organes vitaux du patient

1.7.6 Les désavantage du WBAN

Le coût des appareils .

Le retrait social qui peut être engendré lors d'une utilisation importante .

Les difficultés pour gérer les interruptions (arrêt de l'activité avec l'outil, dysfonctionnement informatique possible) .

Les difficultés pour gérer la perte de l'appareil en cas d'endommagement.

1.8 Conclusion

Ce chapitre a fait l'objet d'une description des caractéristiques des antennes imprimées utilisées pour des applications en télécommunications. Nous avons présenté des généralités sur les antennes patch, leurs techniques d'alimentation les plus utilisés, leurs caractéristiques ainsi que leurs différents domaines d'applications. Nous avons ensuite détaillé les structures des antennes patch papillon qui présentent l'objectif de notre travail. A la fin, nous avons parlé sur la technologie WBAN, son avantage et son application dans le domaine médicale.

Dans le chapitre deux, nous allons simuler l'antenne choisit pour des applications en bande ISM.

2.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de miniaturiser une antenne patch papillon, à l'aide du logiciel CST. Nous avons choisi deux techniques, le premier est l'usage du court-circuit entre le plan de masse et le patch, et la deuxième étant d'utiliser des fentes au niveau de ce dernier. Les résultats de simulations en termes de paramètre de réflexion S11 et de diagramme de rayonnement sont présentés.

2.2 Choix de l'outil de simulation

Nous avons choisi dans notre travail le logiciel CST Microwave Studio qui reprend à deux normes IEEE 802.15.4 et IEEE802.15.6 au point de vue rayonnement et gain, tout en gardant les meilleures caractéristiques de l'antenne d'un point de vue bande passante et adaptation. Micro wave Studio de CST (Computer Simulation Technology), le logiciel que nous employons, fait usage de la méthode des intégrales finies (FIT, Finite Integration Technique) développée par Weiland [25] en 1977. La méthode FIT permet de faire une discrétisation spatiale des équations de Maxwell sous leur forme intégrale. La FIT procède par la description des équations de Maxwell sur un espace de grille, en préservant les propriétés de conservation de l'énergie, et en constituant des équations différentielles particulières telles que celle de Poisson ou l'équation d'onde. Il s'agit d'une approche très sophistiquée, et on peut l'utiliser à la fois dans le domaine du temps et dans le domaine de fréquence. Les interfaces graphiques des logiciels CST Micro wave Studio et An soft HFSS sont similaires, et peuvent en réalité être utilisés de la même façon. Dans l'un comme dans l'autre, l'utilisateur est amené à représenter la structure de l'antenne, indiquer les caractéristiques des matériaux, définir les ports, valider et simuler le modèle dans le logiciel. Plus que les autres méthodes que l'on utilise couramment, l'effort numérique de CST croît plus faiblement que l'ampleur du problème, ce qui lui donne son plus grand avantage. Cet avantage est plus éloquent au fur et à mesure que les circuits s'agrandissent et que les fréquences augmentent. En outre, vu que le calculateur du domaine de temps du logiciel agit rapidement sur une immense bande de fréquence correspondant à une faible impulsion d'entrée dans le domaine temporel, le CST se trouve plus approprié pour simuler sur des gammes de fréquence élevées. L'une des raisons de notre choix de ce logiciel est le gain de temps de calcul obtenu lors de la simulation d'antenne large bande, à travers l'usage d'un outil de résolution.[12]

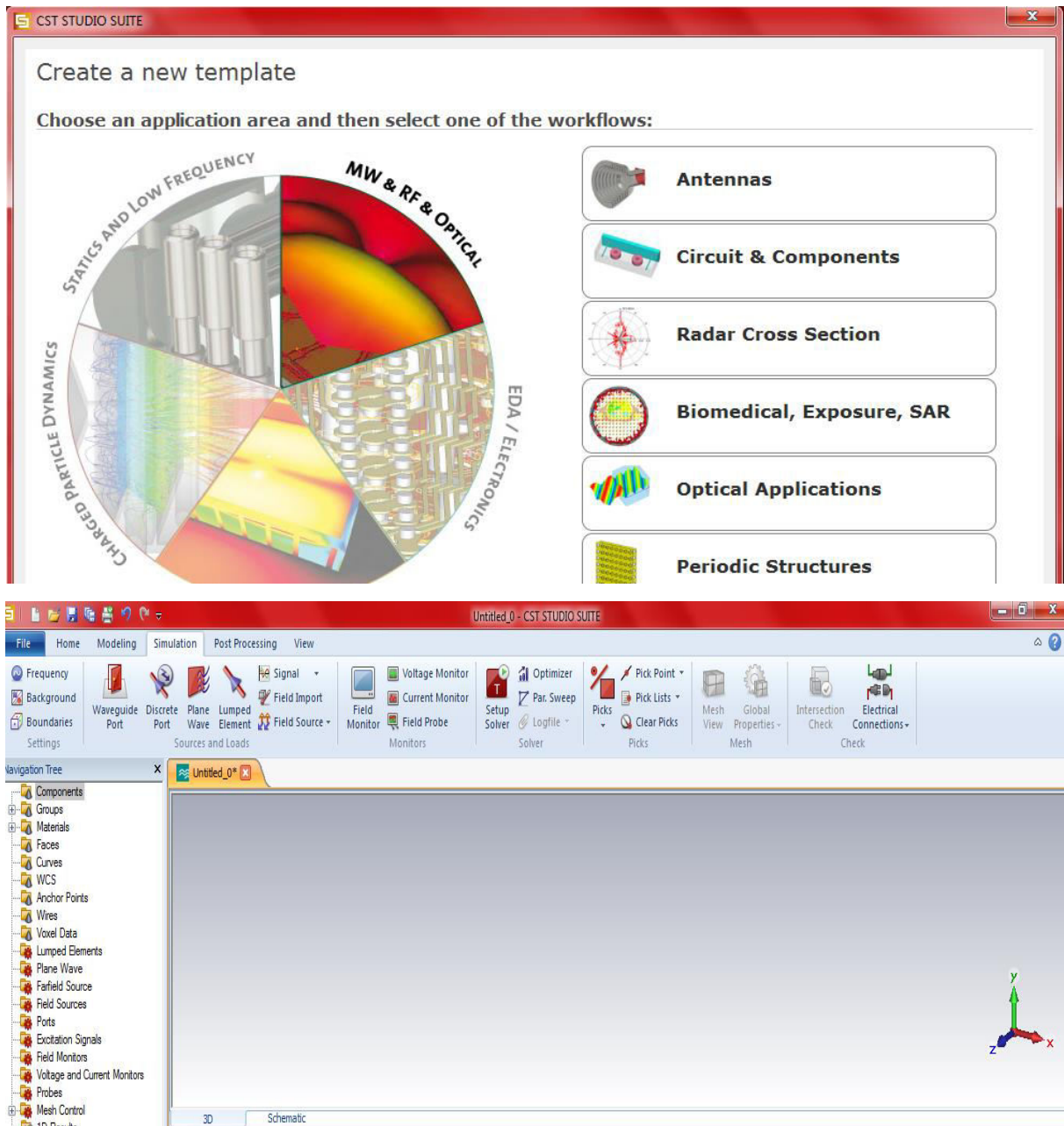
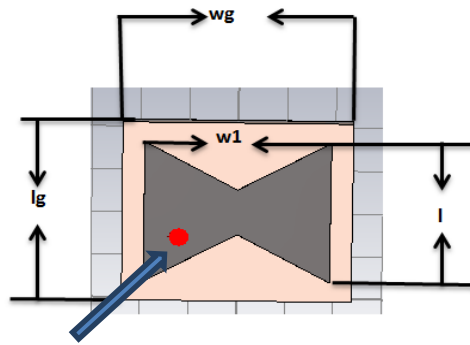


Figure II-1 Interface du logiciel CST

2.3 Antenne Patch Papillon [2.4-2.5] Ghz

2.3.1. Antenne Patch Papillon Simple

L'antenne patch choisie est d'une forme papillon présentée dans la figure (II.2) :



Sonde coaxiale

Figure II -2 Structure papillon Simple

Les dimensions de notre antenne sont mentionnées dans le tableau II.1

Paramètres	dimensions (mm)
w1	38,39
L	32,59
Wg	47,39
Lg	41,59

Tableau II.1 Dimensions de l'antenne papillon

2.3.1.1 Coefficient de réflexion S [1,1]

Nous allons représenter le coefficient de réflexion, qui va nous permettre de visualiser le niveau d'adaptation et la bande passante à la fréquence de résonance pour cette antenne :

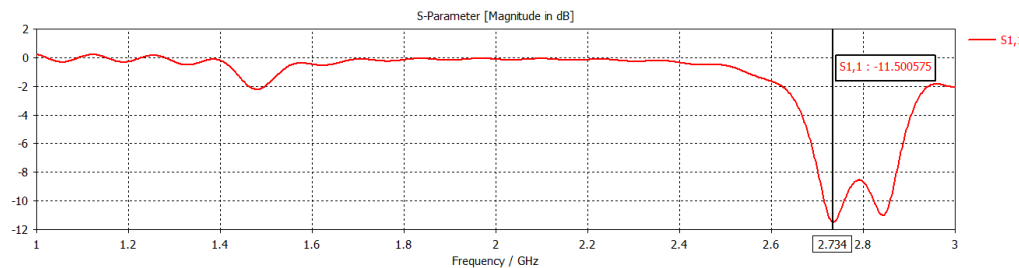


Figure II-3 Coefficients de réflexion S [1,1] obtenus par CST

L'antenne simulée avec le CST (figure II.3) présente un coefficient de réflexion de -11.50 dB à la fréquence 2.734Ghz. Dans la section suivante, nous allons essayer d'adapter notre antenne à la bande ISM désirée.

2.3.1.2 Adaptation de l'antenne papillon par l'augmentation du patch

Pour obtenir la fréquence voulue on a procédé à une étude paramétrique de la largeur et la longueur du patch respectivement, les valeurs du W1 et L sont mentionnées respectivement dans le tableau II.2 :

Paramètres	Simulation 1	Simulation2
W1 (mm)	38.39	37.39
L (mm)	32.59	36.39

Tableau II.2 Dimensions du patch

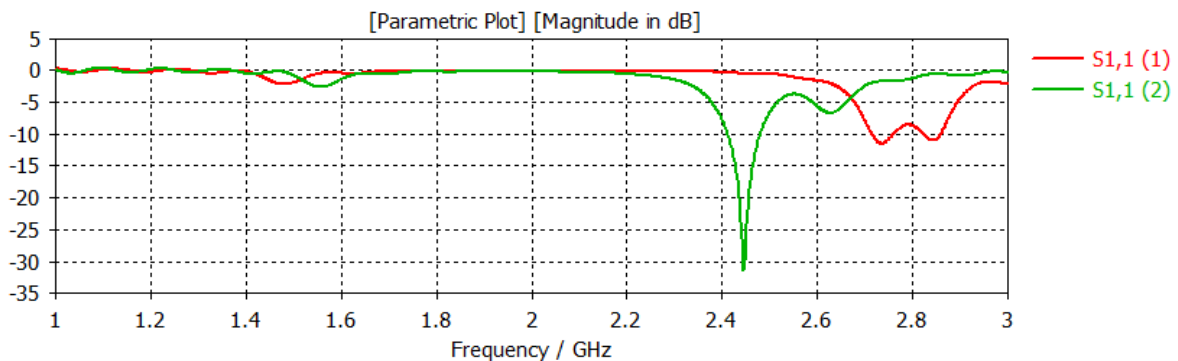


Figure II-4 Coefficients de réflexion $S [1,1]$ obtenus par CST

L'antenne simulée avec le CST (figure II.4) est adaptée à la fréquence de résonance 2.446 GHz avec un coefficient de réflexion de -31.24. Nous avons bien obtenu une fréquence dans la bande étudiée [2.4-2.5] GHz. Nous avons obtenu une fréquence très proche à celle de l'ISM 2.45 GHz, cette différence est due à la structure géométrique et les paramètres typiques qu'on a utilisés pour la conception. La bande passante à -10 dB est de 100 MHz autour de la fréquence de résonance (2.446 GHz).

2.3.1.3 Diagramme de rayonnement:

CST permet de visualiser les diagrammes de rayonnement 3D de l'antenne (figure II.5). C'est une représentation qui nous informe sur le gain et la directivité de l'antenne. Il nous donne la possibilité de visualiser le rayonnement sur un plan polaire ; ceci nous donne une idée sur l'angle d'ouverture.

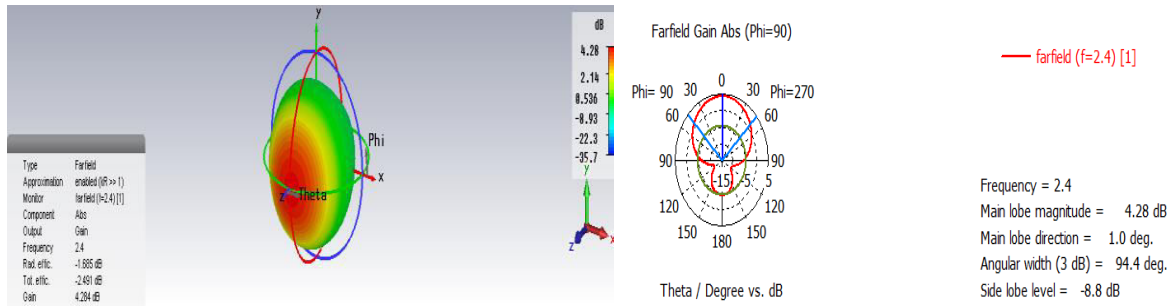


Figure II-5 *Diagramme de rayonnement*

Le diagramme de rayonnement permet de visualiser les lobes dans deux ou trois dimensions, dans le plan horizontal ($\phi=0^\circ$ ou dans le plan vertical ($\phi=90^\circ$) incluant le lobe le plus important. En observant les diagrammes de rayonnement 3D, on peut constater que la plupart du rayonnement est dans la direction Z. Les antennes simulées dans ce travail sont omnidirectionnelles, ils ont un gain important, le gain maximal atteint est de l'ordre 4.284 dB à l'angle $\theta=0^\circ$. Les résultats des antennes alimentées par le sonde coaxiale sont satisfaisants

2.4 Miniaturisation de l'antenne patch papillon

2.4.1. Antenne patch papillon miniaturisée avec l'ajout de courts-circuits

La figure II.6 montre le schéma de l'antenne patch papillon avec l'ajout du court-circuit entre le plan de masse et le patch. Nous avons fait plusieurs essais afin de trouver la bonne position du court-circuit qui nous donne une fréquence inférieure à celle de résonance afin de pouvoir miniaturiser notre antenne :

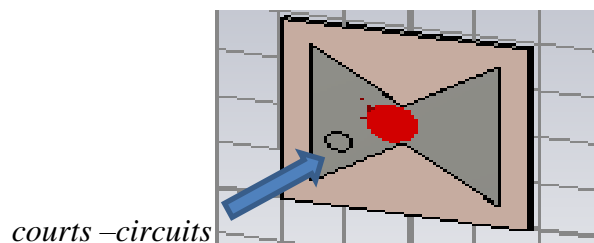


Figure II-6 *Antenne papillon miniaturisée avec l'ajout de courts-circuits*

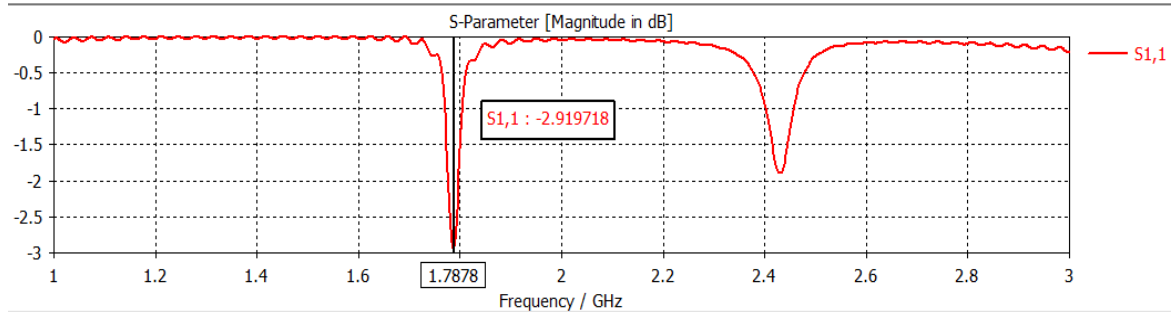


Figure II.7Présente le coefficient de réflexion obtenue

Nous avons bien obtenue une fréquence de 1.78GHz comme le montre la figure II.7, nous allons maintenant diminuer les dimensions du patch tout en gardant un gain positif.

Les résultats de simulations sont donnés sur la figure II.8, et les dimensions de l’antenne miniature obtenue sont mentionnées sur la table II.3 :

Paramètres	Dimensions initiales	Simulation 1	simulation	Dimensions finale
W1 (mm)	38.39	37	34	30
L (mm)	38,5	36	34	30

Tableau II.3Dimensions du patch miniature

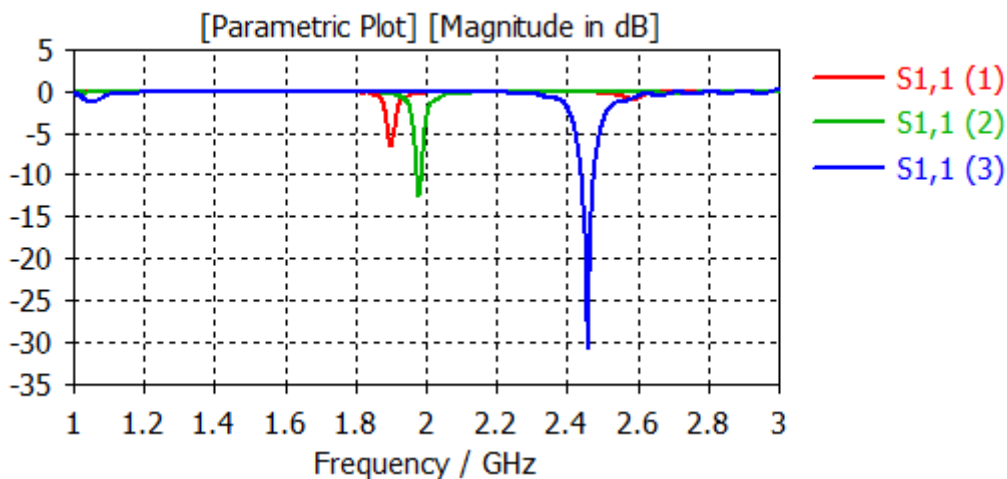


Figure II-8Paramètre S11

La simulation (figure II.8) donne un coefficient de réflexion de -30.52 dB pour une fréquence de 2,458GHz. Nous avons bien miniaturisé notre antenne papillon à 40%. La longueur et la largeur du patch sont (W1= 30, L=30) mm respectivement.

2.4.1.1.1 Le diagramme de rayonnement

La figure(II.9) montre le diagramme de rayonnement en 3D et polaire de l’antenne papillon adapté à la fréquence 2.458GHz :

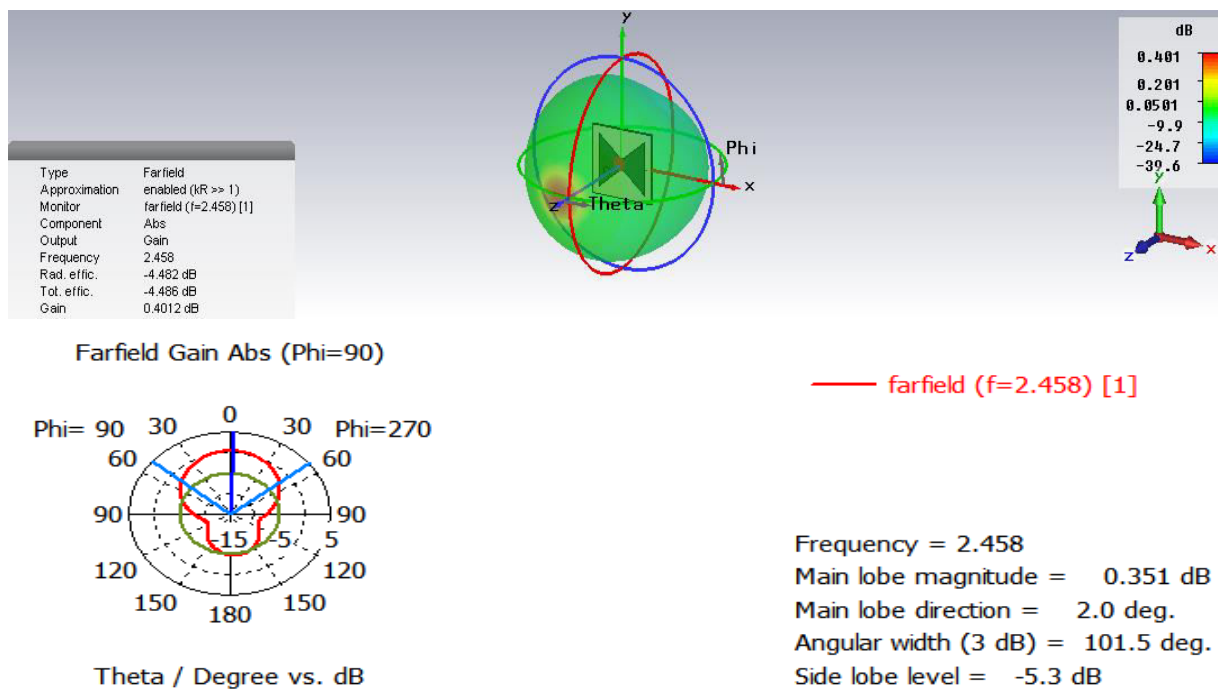


Figure II-9 Diagramme de rayonnement en 3D et polaire

Le diagramme de rayonnement de l’antenne papillon miniature est omnidirectionnel. Elle présente un gain de 1.4012 dB et un angle d’ouverture à 3dB de 101.5 degrés.

2.4.1.2 Antenne patch papillon miniaturisée avec Insertion de fentes sur l’élément rayonnant:

La figure II.10 montre le schéma de l’antenne papillon avec l’ajout des fentes au niveau du patch. Nous avons créé des encoches carrées (figure II.10) de telle sorte qu’en diminue la fréquence de résonance afin de pouvoir miniaturiser notre antenne,

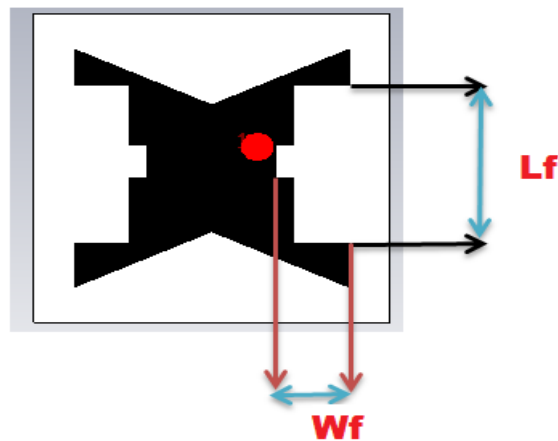


Figure II-10 Antenne papillon miniaturisé avec Insertion de fentes sur l'élément rayonnant

Nous avons effectuées une étude paramétrique sur les dimensions W_f et L_f de la figure II.10 afin de miniaturiser notre antenne. Les paramètres de notre antenne sont mentionnés dans le tableau II.4 et les résultats de simulations sont présentées sur la figure II.11 :

Paramètres	Simulation1	Simulation 2	Simulation 3
L_f	3	8	5
w_f	8	5	8

Tableau II. 4 Dimensions de l'antenne miniaturisée par fentes

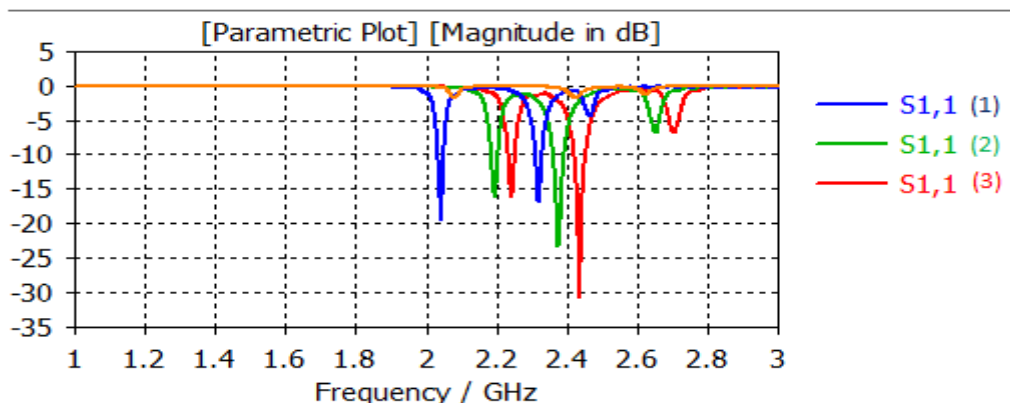


Figure II-11 Paramètre S_{11} des différentes simulations effectuées

L'insertion de fentes au niveau du patch donne une fréquence de 2.048 GHz avec un S11 de -20dB, nous avons miniaturisé notre antenne tout en faisant varier les paramètres des fentes afin d'obtenir une meilleure adaptation en terme de paramètre de réflexion et de gain.

La simulation (figure II.11) donne un coefficient de réflexion de -30.84 dB pour une fréquence de 2,436 GHz. Nous avons bien miniaturisé notre antenne papillon à 40 %. La longueur et la largeur du patch sont ($W1= 30$, $L=30$) mm respectivement. Le tableau II.5 compare les dimensions initiales avec celle obtenue de l'antenne miniature :

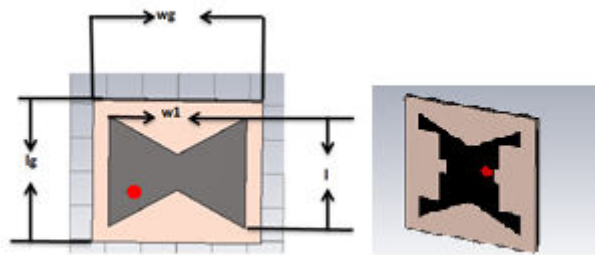


Figure II-12 Antenne patch papillon initiale et antenne miniature

Paramètres	Dimensions initiales	Dimensions finale
W1 (mm)	38.39	30
L (mm)	38,5	30

Table II.5 Dimension de l'antenne patch initiale et miniature

2.4.1.2.1 Le diagramme de rayonnement

La figure (II.13) montre le diagramme de rayonnement en 3D et polaire de l'antenne papillon miniature adapté à la fréquence 2.436GHz :

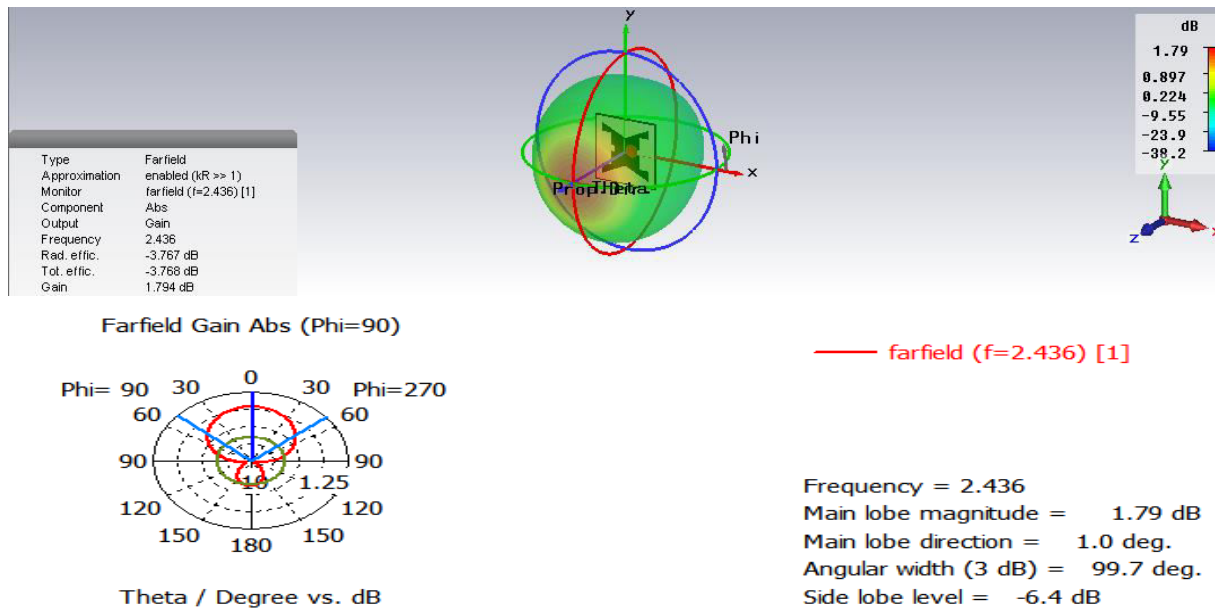


Figure II-13 Diagramme de rayonnement en 3D et polaire

Le diagramme de rayonnement de l'antenne papillon miniature est omnidirectionnel. Elle présente un gain de 1.753dB et un angle d'ouverture à 3dB de 99.7 degrés.

2.5 Réalisation pratique

Notre antenne patch papillon a fait l'objet d'une réalisation pratique.

2.5.1 Les étapes de réalisation des circuits imprimés

Les différentes étapes de réalisation sont déroulées dans le laboratoire de circuits imprimés de génie électrique de Centre universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent. Nous utilisons le circuit imprimé "époxy", constitué d'une plaque en résine époxy recouverte d'une couche de cuivre de 40 à 60 μm. Il est à noter que entre chaque étape de réalisation, il faut passer par une étape de nettoyage avec l'eau puis avec l'air du compresseur.

2.5.1.1 Création du Typon

Pour la création du typon, il suffit d'imprimer sur papier transparent l'antenne réalisée sur CST. Nous imprimons un typon dans un sens, et un deuxième en le faisant tourner d'un quart de tour (les bandes restent dans le même sens). On Superpose ensuite les typons.



Figure II-14 *Typon*

2.5.1.2 *Première étape L'insolation*

Nous utilisons l'insoleuse. Un temps d'insolation de 3 minutes 15 secondes donne de bons résultats (dépend des plaques et de l'insoleuse). Pour réaliser un insolation, il faut une insoleuse UV. Placer le typon directement sur la vitre puis le circuit dépourvu de son film de protection là où se trouve les pistes. Il faut faire attention à ne pas mettre le typon à l'envers et à bien chasser les bulles d'air entre le typon et le film. L'insolation sera de meilleure qualité si la partie imprimé du typon est directement en contact avec le circuit. L'insolation dure en moyenne 1min30 à 2mins.

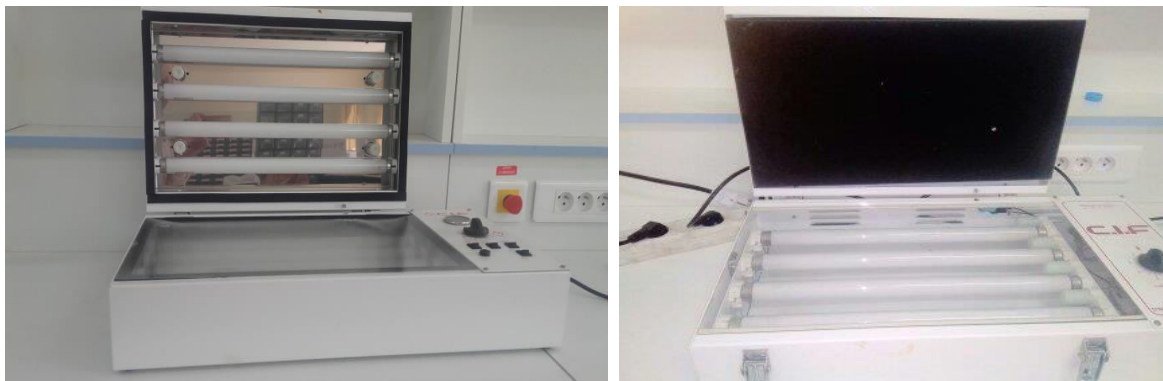


Figure II-15 *L'insoleuse*

2.5.1.3 *Deuxième étape la révélation*

La révélation est l'étape de développement du circuit imprimé. Plonger le circuit dans un bain de révélateur à température tiède en agitant légèrement pendant le temps qu'il faut pour que les pistes apparaissent sur le circuit (Il est parfois nécessaire de le nettoyer avec un chiffon pour l'aider mais sans trop appuyer). Bien rincer après révélation.



Figure II-16 *Le révélateur*

2.5.1.4 *Troisième étape la gravure*

Nous faisons la gravure avec une machine de gravure ; elle va permettre au cuivre non protégé par la couche de résine (issu de la révélation ou des méthode 1 et 2) de se dissoudre. Plonger le circuit dans un bain de perchlorure de fer à 50 ° pendant le temps nécessaire à la dissolution en agitant fortement. Attention, le perchlorure de fer est un acide toxique et corrosif pour la peau mais aussi pour la tuyauterie. Ne pas laisser trop longtemps le circuit dans le bain sinon tout sera dissous. Bien rincer après gravure. Le nettoyage du circuit se fait avec de l'acétone ou du dissolvant à ongle.

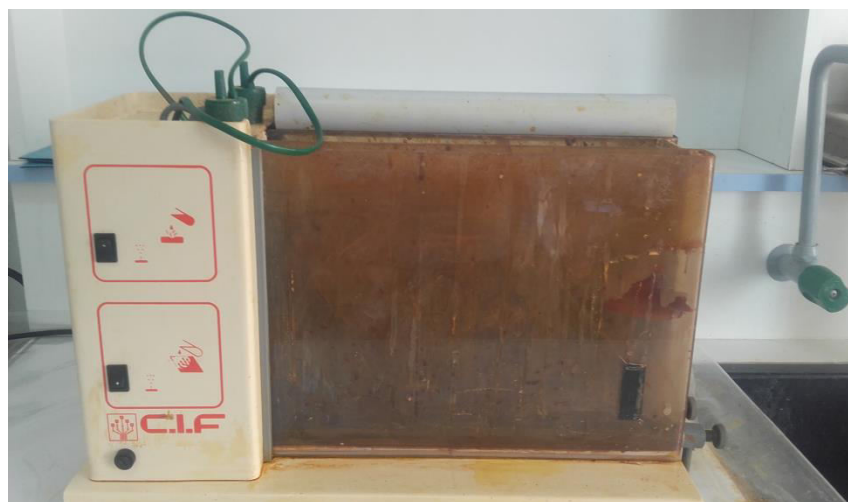


Figure II-17 *Machine de gravure*

2.5.1.5 Quatrième étape Etamage

Il empêche l'oxydation du circuit, et ça facilite le soudage

Nous présentons ci-dessus les prototypes des antennes réalisées.

2.5.2 Prototype de l'antenne papillon simple



Figure II-18 *Prototype de l'antenne papillon simple*

2.5.3 Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec l'ajout de courts-circuits



Figure II-19 *Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec l'ajout de courts-circuits*

2.5.4 Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec Insertion de fentes sur l'élément rayonnant

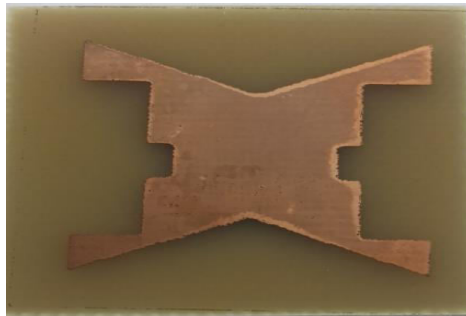


Figure II-20 *Prototype de l'antenne patch papillon miniaturisée avec insertion de fentes sur l'élément rayonnant*

2.6 Conclusion

La validation des résultats de simulation de l'antenne patch papillon pour l'application WBAN miniaturisé, simulé et conçue par le logiciel CST a fait l'objet de notre travail. Les résultats de simulations sont satisfaisants et l'antenne est bien adaptée à la norme WBAN à savoir la bande ISM. Nous avons bien miniaturisé notre antenne papillon à 40 % avec les deux techniques : l'ajout de courts-circuits et l'insertion de fentes sur l'élément rayonnant. A la fin de ce chapitre nous avons présenté les prototypes de notre antenne proposée. Comme perspective de ce chapitre, nous citons de poursuivre ce travail en implémentant notre antenne à l'intérieur du corps humain « Intra BAN », et de définir d'autres applications médicales afin de fournir des services qui peuvent aider des personnes à améliorer leurs conditions de santé au quotidien.

Conclusion générale

Concevoir et miniaturiser une antenne imprimée exige un certain nombre d'étapes dans lesquelles, figure le choix de ses paramètres et du substrat diélectrique du fait que les caractéristiques de l'antenne ainsi conçue vont dépendre étroitement de ce diélectrique que ce soit en dimensions ou en caractéristiques diélectriques (permittivité et tangente des pertes). La caractérisation de l'antenne sera mise en évidence par la détermination de ses paramètres hyperfréquences, à savoir, la fréquence de résonance, la bande passante, le diagramme de rayonnement et le gain.

Dans ce mémoire, nous avons proposé une antenne micro-ruban miniature de forme papillon destinée à une application WBAN (Bande ISM) dans le domaine Médical. L'antenne répond de manière satisfaisante aux exigences imposées, Une bonne adaptation en termes d'impédance est obtenue entre l'antenne et son alimentation grâce à l'usage d'une sonde coaxial. Le coefficient de réflexion a été établi par le simulateur CST et le rayonnement de cette antenne a été analysé. Le gain assez modeste pourrait être amélioré dans des travaux futurs bien que nous le considérons suffisant pour l'application en question étant donné la proximité entre l'élément rayonnant et la partie du corps humain que nous devons explorer.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip antenna technology," IEEE trans.AntennasPropagat.,vol. AP-29, pp. 2-24, Jan. 1981.
- [2] F. Bouttout, "Analyse rigoureuse de l'antenne microbande circulaire multicouche. Application à la structure annulaire", Thèse de doctorat d'état, Département d'électronique, Université de Sétif, 2001.
- [3] I. J. Bahl and P. E. Bhartia, "Microstrip antennas," Dedham, MA ArtechHouse, 1980.
- [4] Boualem Mekimah, "Etude du fonctionnement en mode bi fréquence des patchs microbandes empilés et excentrés" Thèse de Magister, 2013.
- [5] Touati Mohamed Houssein Eddine, « Conception et Simulation d'une Antenne micro-ruban circulaire », Mémoire de Fin d'Etudes MASTER, Université Mohamed Khider Biskra Année universitaire : 2013 / 2014
- [6] Soltane Samia " Etude et caractérisation d'antennes imprimées pour système Ultra-large bande " Thèse de Magister, 2015
- [7] Florence Sagnard, Faroudja Bentabet & Christophe Vignat, "In situ Measurements of the Complex Permittivity of Materials Using Reflection Ellipsometry in the Microwave Band: Experiments (Part II)," IEEE Trans. On Instrument & Meas, vol. 54, N°. 3, pp. 1274-1282, June 2005.
- [8] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, Inc., Norwood, 2001
- [9] ADIL KAMIL " conception d'une antenne patch ultra-large bande (3.1 ghz-10.6 ghz) " Mémoire présenté pour l'obtention du grade du Maitre ès sciences (M.Sc) 2011
- [10] Bendahmane Zhor, Kellal Rahmouna " Etude et Conception Logicielle des Antennes Imprimées pour les Réseaux Sans Fil 802.11n " projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de MASTER 2015, Centre Universitaire BLHADJ Bouchaïb d'Ain Témouchent 2015

- [11] TchouarFaiza, BensenouciRabea "Etude et Conception D'une Antenne Micro ruban pour des applications WBAN" projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de MASTER 2017, Centre Universitaire BLHADJ Bouchaib d'Ain Témouchent 2017
- [12] F. Roudet, S. Tedjini, and V. Tan-Phu, "Design of compact size excitation device for antenna pattern using fractal architectures," in *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005 IEEE*, 2005, pp. 223-226 vol. 1B.
- [13] M. Huchard, C. Delaveaud, and S. Tedjini, "Miniature Antenna for Circularly Polarized Quasi Isotropic Coverage," in *Antennas and Propagation, 2007. EuCAP 2007. The Second European Conference on*, 2007, pp. 1-5
- [14] Dreina Emmanuel, "Conception, optimisation et intégration RF d'un système d'antennes miniatures multicapteurs utilisant la diversité en vue d'augmenter les performances radio d'un terminal mobile 4G", Thèse de Doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble, 2010.
- [15] Alexandre Boyer, "Antennes", Support de cours, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Octobre 2011.
- [16] Chouti Leila, "Contribution à l'étude d'antennes imprimées rectangulaires double bande et multi bandes tenant compte de l'effet de couplage", Thèse de Magister, Université de Constantine. 2009.
- [17] Constantine A. Balanis, "Antenna theory analysis and design", A John Wiley & Sons, INC Publication, Third Edition. Hoboken, New Jersey 2005.
- [18] L. I. Basilio, M. A. Khayat, J. Williams, S. A. Long, "The dependence of the input impedance on feed position of probe and microstrip line fed patch antennas", *IEEE transactions Antennas Propagat*, Vol. 49, pp. 45-47, Janvier 2001.
- [19] DIDOUH, M. ABRI et F. T. BENDIMERAD "Modélisation des Antennes Imprimées Multicouches de type Bowtie par des Circuits Equivalents pour l'Applications radars" Laboratoire de Télécommunications, Département de Génie Electrique Faculté de Technologie, Université Abou-Bekr Belkaid- Tlemcen BP 230, Pole Chetouane, 13000 Tlemcen- Algérie 2011
- [20] C.A Balanis "Analysis Design Third Edition" Copyright John Wiley & Sons .2005.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [21] O. Staub, J.-F. Zurcher, A. Skrivervik, and J. Mosig, "Pcs antenna design : the challenge of miniaturization", in Antennas and Propagation Society International Symposium, 1999.IEEE, vol. 1, pp. 548–551 vol.1, 11-16 July 1999.
- [22] A. Skrivervik, J.-F. Zurcher, O. Staub, and J. Mosig, "Pcs antenna design : the challenge of miniaturization", Antennas and Propagation Magazine, IEEE, vol. 43, no. 4, pp. 12–27, Aug 2001.
- [23] François Grange: "Matériaux composites pour antenne miniature intégrée", Thèse De Doctorat. Université de RENNES 1, le 23 novembre 2010.
- [24] Ludovic Chevalier "Performances de l'optique sans fil pour les réseaux de capteurs corporels" Performances de l'optique sans fil pour les réseaux de capteurs corporels. Autre. Université de Limoges, 2015. Français. 17/03/2016.
- [25] Thierry Emmanuel Pires ALVES "conception d'antennes pour le réseau ban et modélisation du canal de propagation" thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université paris-est spécialité : électronique' université paris-EST, Ecole doctorale MSTIC
- [26] Pr. Geneviève Baudoin, Pr. Martine Villegas "Etude et conception d'une couche physique UWB-IR pour les réseaux BAN " thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR de l'Université Paris-Est Spécialité : Electronique, 2012
- [27] Juan Gabriel BARROS GAVILANES "Réseaux de capteurs pour applications de suivi médical" THÈSE En vue de l'obtention du DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE 03/11/2013
- [28] Stephane Mebaley Ekome. "Etude et conception d'une couche physique UWB-IR pour les réseaux BAN". Autre. Université Paris-Est, 2012. Français.