

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

Mémoire de Master

En Electronique

Thème :

**Réduction des dimensions d'une antenne pour les
communications corporelles (Off-body antenna)**

Encadré par :

Dr. Farid GHANEM

Pr. Med TRABELSI

Réalisé par :

M. Amine HABANI

Promotion : Juin 2015

Sommaire

Résumé	5
Introduction	6
1 Réduction des dimensions des antennes off Body antenna	7
1.1 Réduction de la structure AMC 3x3 patch carré	7
1.2 Réduction de la structure AMC 3x3 I shape	9
2 Validation expérimentale	12
2.1 Structure AMC 3x3 Patch Carré	12
2.1.1 Mesure du coefficient de réflexion S_{11}	13
2.1.2 Mesure du rapport avant arrière	14
2.2 Structure AMC 3x3 I shape reduite	15
2.2.1 Mesure du coefficient de réflexion S_{11}	15
2.2.2 Mesure du rapport avant arrière	16
2.3 Immunité des structures réduites par rapports aux différents matériaux de textiles	17
2.3.1 la structure 3x3 Patch carré réduite	17
Mesure du coefficient de réflexion	17
Mesure du FBR de la structure 3x3 patch réduit	19
2.3.2 La structure 3x3 I shape réduite	20
Mesure du coefficient de réflexion	20
Mesure du FBR de la structure 3x3 I shape	21
2.4 Conclusion	22
Conclusion générale et Perspectives	23
Bibliographie	24

Table des figures

1.1	Structure AMC 3x3 path carré réduite avec encoches, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous	7
1.2	Structure AMC 3x3 path carré réduite avec monopole, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous, (c)Vue de droite	8
1.3	coefficient de réflexion de la structure 3x3 patch carré réduite	8
1.4	rapport avant arrière de la structure 3x3 patch carré réduite	9
1.5	le gain réalisé de la structure PEC avec monopole	9
1.6	Structure AMC 3x3 I shape réduite, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous . .	10
1.7	Structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous (c)Vue de droite	10
1.8	Coefficient de réflexion de la structure 3x3 I shape réduite	11
1.9	rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape réduite	11
2.1	la structure AMC 3x3 Patch carré réduite	12
2.2	la structure AMC 3x3 Patch carré réduite avec monopole	13
2.3	Comparaison du coefficient de réflexion de la structure AMC 3x3 Patch carré réduite avec monopole simulée et mesurée	13
2.4	mesure du rapport avant arrière de la structure patch 3x3 réduite, (a)mesure directe, (b)S21 directe, (c)mesure inverse, (d)S21 inverse	14
2.5	la structure AMC 3x3 I shape réduite	15
2.6	la structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole	16
2.7	Comparaison du coefficient de réflexion de la structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole simulée et mesurée	16
2.8	mesure du rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape réduite, (a)mesure directe, (b)S21 directe, (c)mesure inverse, (d)S21 inverse	17
2.9	mesure du coefficient de réflexion de la structure 3x3 patch carré réduite, (a)mesuré dans le vide, (b)body, (c)body et métal, (d)body et bois	18
2.10	Coefficient de réflexion de la structure 3x3 patch carré réduite, (a)simulé, (b)mesuré dans le vide, (c)body, (d)body et métal, (e)body et bois	18
2.11	représentation du phantom et ses différentes couches respectivement, la peau, la graisse, le muscle, l'os	19
2.12	mesure du coefficient de réflexion de la structure 3x3 I shape réduite, (a)mesuré dans le vide, (b)body, (c)body et métal, (d)body et bois	20
2.13	Coefficient de réflexion de la structure 3x3 I shape réduite, (a)simulé, (b)mesuré dans le vide, (c)body, (d)body et métal, (e)body et bois	21

Liste des tableaux

2.1	les propriétés diélectriques des tissus humains à la fréquence 2.45GHz	19
2.2	le rapport avant arrière de la structure suivant différents matériaux à la fréquence 2.45GHz	20
2.3	le rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape suivant différents matériaux à la fréquence 2.45GHz	21

ملخص:

تم سابقا دراسة وتصميم وبناء هوائيات للاتصالات الجسمية ، التي استجابت بشكل جيد للمعايير المطلوبة، وهي قلة السمك ، ونسبة مرتفعة من الامواج الجبهية مقارنة بالخلفية والحصانة امام شتى انواع الانسجة ولكن هذه الهوائيات لها حرف كبير من 9.6 سم، والغرض من هذا الماجستير هو الحد من الطول الكلي المادي مع الحفاظ على نفس الطول الكهربائي وبالتالي شغلها بالقرب من الشبكة (2.4-2.5 جيجا هرتز)

في النهاية يتم الحد من حجم الهوائية بنسبة 30% و الحفاظ على نسبة 26 ديسيبل من انخفاض الامواج الخلفية، وهو أمر جيد جدا للتكامل مع النسيج.

الكلمات المفتاحية: هوائيات , اتصالات بدنية, فوق جسمية

Résumé :

On a fait précédemment, l'étude, la conception et la réalisation, d'antennes pour les communications corporelles, qui répondaient bien aux exigences demandées, à savoir un faible profile, un rapport avant arrière important et une immunité des caractéristiques de l'antennes face aux différents types de textiles, mais ces antennes étant de taille importante de 9.6 cm, le but de ce master est de réduire la longueur physique totale, tout en gardant la même longueur électrique et ainsi occuper la même bande de fréquence de réseau de proximité à la personne WBAN.

On a finalement pu réduire les dimensions de ces antennes de l'ordre de 30 % en gardant un rapport avant arrière de 26 dB, ce qui est tout à fait bon pour une intégration aux textiles.

Mots clés : antennes, Communications Corporelles, Communications Off-Body.

Abstract :

we previously studied, designed and constructed, antennas for wearable communications, which responded well to the requests, as having a low profile, a significant front to back ratio and immunity characteristics of the antennas dealing with various types of textiles, but these antennas being with a significant size of 9.6 cm, the purpose of this Master is to reduce the total physical length while keeping the same electrical length and thus occupy the same band (WBAN). We finally were able to reduce the size of 30% keeping a front to back ratio of 26 dB, which is quite good for textile integration.

Keywords : antennas, wearable communications, off-body antenna.

Introduction

Lors du projet de fin d'étude, on a fait l'étude détaillée, la conception et la réalisation de 2 antennes corporelles, chacune d'entre elles ayant la dimension de $1.28\lambda = 9.6cm$ et répondant aux trois critères demandés, à savoir, un faible profile, un bon rapport avant arrière et une immunité devant tout type de textiles.

Dans le cadre du master, on s'intéressera à la technique de réduction des dimensions des structures CMA des deux antennes Off Body précédemment créées à savoir la 3x3 patch carré et la 3x3 I shape, de l'ordre de 30%, tout en gardant des caractéristiques proches que les précédentes en termes de fréquence de travail, d'adaptation et surtout de rapport avant arrière, pour qu'elles soient intégrable aux textiles.

Chapitre 1

Réduction des dimensions des antennes off Body antenna

1.1 Réduction de la structure AMC 3x3 patch carré

Pour cette structure, on inclura des inclusions(encoches) aux patchs carrés, pour réduire la dimension du côté du patch carré, ainsi on augmentera l'effet capacitif et on réduira la longueur physique totale de la structure tout en gardant la même longueur électrique responsable de la fréquence de travail sur la bande WBAN (2.4, 2.5)GHz , de cette manière on est arrivé à réduire la dimension totale de la structure AMC de $96mm \simeq 1.28\lambda$ à $69mm \simeq 0.92\lambda$ soit une réduction de près de 30 %.

la structure AMC 3x3 patch carré réduite est donnée dans la (figure 1.1)

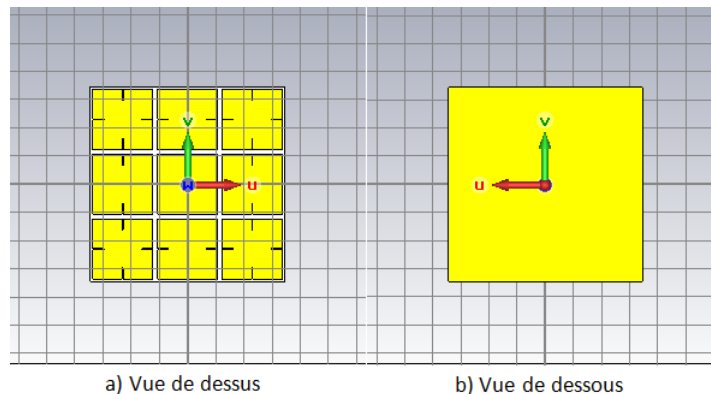


FIGURE 1.1 – Structure AMC 3x3 path carré réduite avec encoches, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous

l'antenne totale après insertion du monopole (figure 1.2)

Après optimisation de la position du monopole sur la structure 3x3 patch carré réduite, on obtient un FBR = 25.9 dBi (figure 1.4) ce qui est acceptable pour une structure miniaturisée

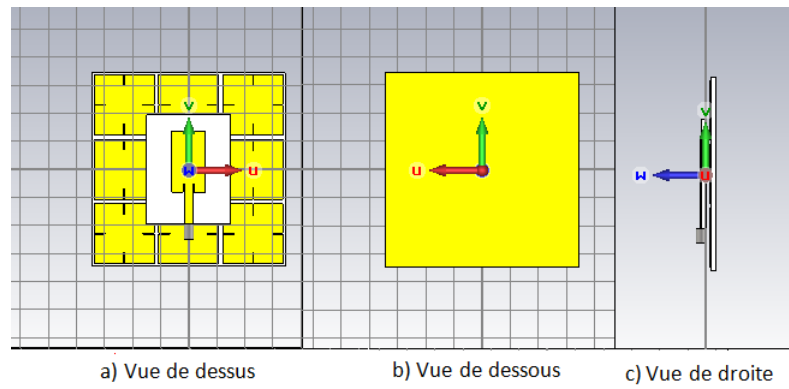


FIGURE 1.2 – Structure AMC 3x3 patch carré réduite avec monopole, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous, (c)Vue de droite

comparée à celle de (1.28λ) de $FBR= 33.18 \text{ dB}$, parce que cette structure étant de dimension petite par rapport à la première, elle ne peut stopper les ondes qui sont émises du monopole qui s'échappent de la structure de 0.92 à 1.28λ

la position du monopole sur la structure AMC est : vertical = 0mm, horizontal = 0, h = 1.7mm ($\lambda/36.4$)

mais l'antenne est désadaptée, on apporte des modifications au monopole de telle manière à retrouver l'adaptation à la fréquence 2.45 GHz de $S_{11} = -11.01\text{dB}$ et une fréquence de résonance à 2.5GHz de $S_{11} = -20.62\text{dB}$ (figure 1.3)

la modification consiste à augmenter la hauteur du plan de masse de 10mm à 16mm .

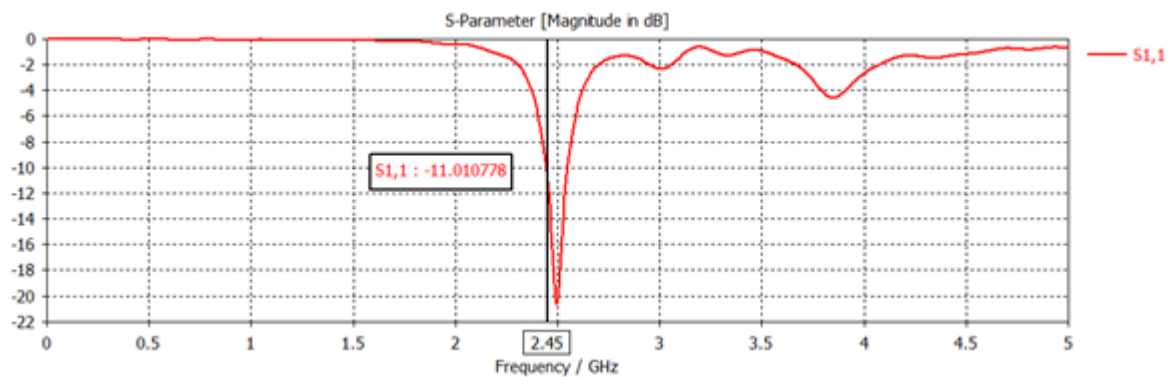


FIGURE 1.3 – coefficient de réflexion de la structure 3x3 patch carré réduite

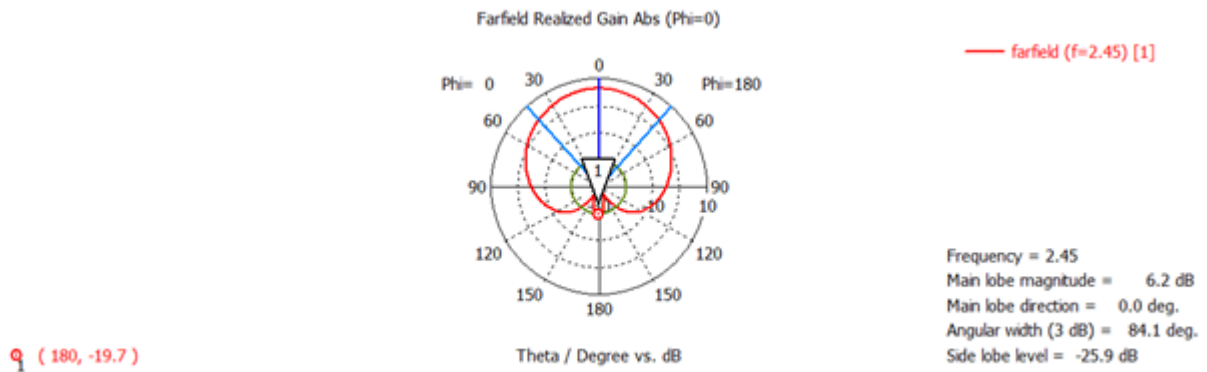


FIGURE 1.4 – rapport avant arrière de la structure 3x3 patch carré réduite

On compare cette structure à la structure PEC de même dimension (0.92λ) à la même distance ($\lambda/58$) (figure 1.5)

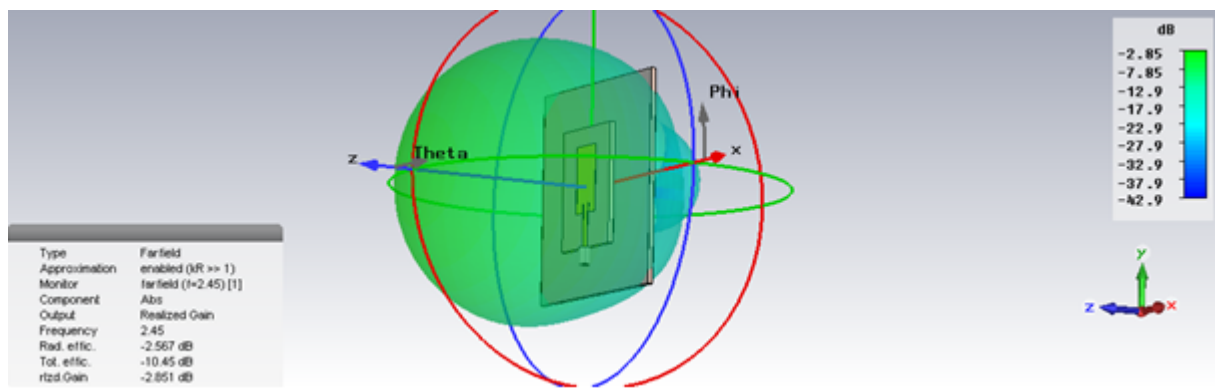


FIGURE 1.5 – le gain réalisé de la structure PEC avec monopole

Le gain réalisé est négatif avec la structure PEC de même distance à la même dimension ce qui prouve bien que c'est bien la géométrie spécifique des patches qui sont responsable de la réduction du back radiation en maintenant un gain satisfaisant et ceci grâce aux interstices entre les patch qui augmente l'effet capacitif de la structure et ainsi combiné avec l'inductance due à l'épaisseur h de la structure, elle agira ainsi sur la fréquence spécifique de 2.45 GHz

1.2 Réduction de la structure AMC 3x3 I shape

Pour cette structure, on découpera seulement la structure précédente de 1.28λ de telle manière qu'elle fasse 0.92λ soit une réduction de près de 30 %.

la structure AMC 3x3 I shape réduite est donnée dans la (figure 1.6)

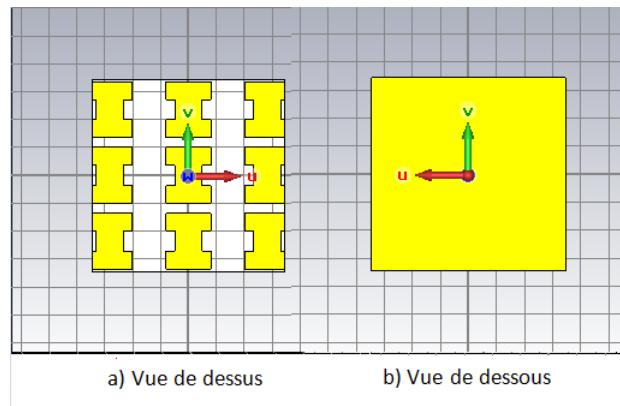


FIGURE 1.6 – Structure AMC 3x3 I shape réduite, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous

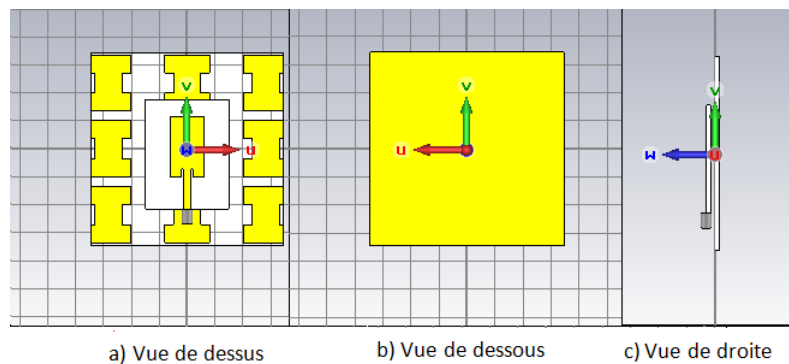


FIGURE 1.7 – Structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole, (a)Vue de dessus, (b)Vue de dessous (c)Vue de droite

l'antenne totale après mise du monopole (figure 1.7)

Après optimisation de la position du monopole sur la structure 3x3 I shape réduite, on obtient un FBR = 21.66 dBi (figure 1.9) ce qui est acceptable pour une structure miniaturisée comparée à celle de (1.55λ) de FBR= 25.91 dBi , parce que cette structure étant de dimension petite par rapport à la première, elle ne peut stopper les ondes qui sont émises du monopole qui s'échappent de la structure de 0.92 à 1.28λ

la position du monopole sur la structure AMC est : vertical = -2mm, horizontal = 0, h = 1.3mm ($\lambda/58$)

mais l'antenne est désadaptée, on apporte des modifications au monopole de telle manière à retrouver l'adaptation à la fréquence 2.45 GHz de $S_{11} = -18.25dB$ et une fréquence de résonance à 2.43GHz de $S_{11} = -24.93dB$ (figure 1.8)

la modification consiste à augmenter la hauteur du plan de masse de 10mm à 15mm.

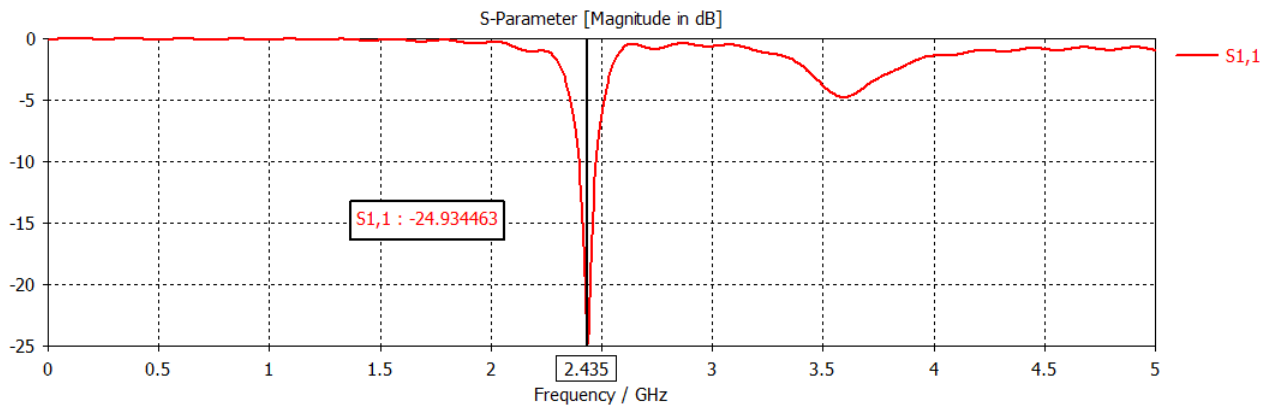


FIGURE 1.8 – Coefficient de réflexion de la structure 3x3 I shape réduite

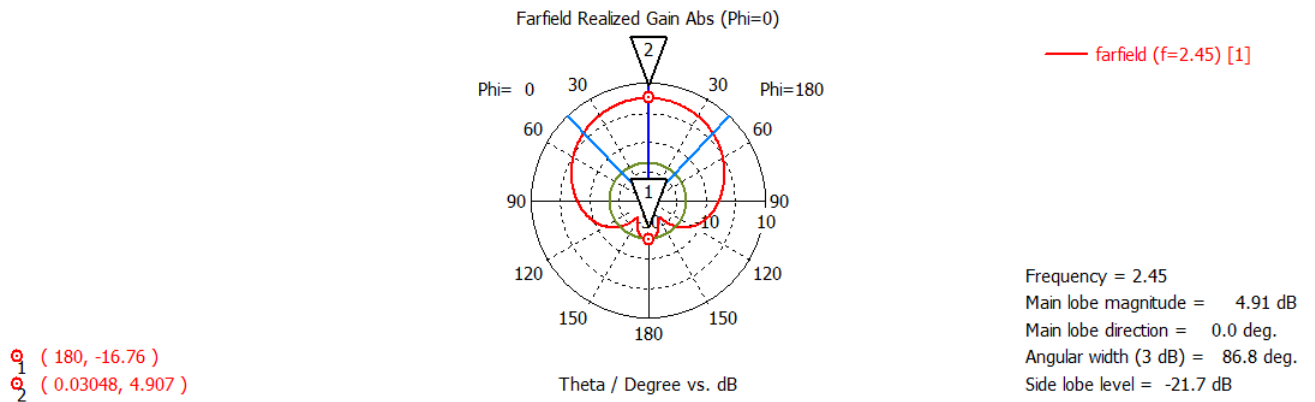


FIGURE 1.9 – rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape réduite

Chapitre 2

Validation expérimentale

Dans ce chapitre on fera la réalisation de nos antennes off body miniaturisée et on comparera leur performances en termes de fréquence de résonance, d'adaptation et de front to back ratio par rapport aux résultats de la simulation par CST Studio Suite.

2.1 Structure AMC 3x3 Patch Carré

la réalisation de cette structure par méthode de photolithographie est montrée ci dessous (figure 2.1) :

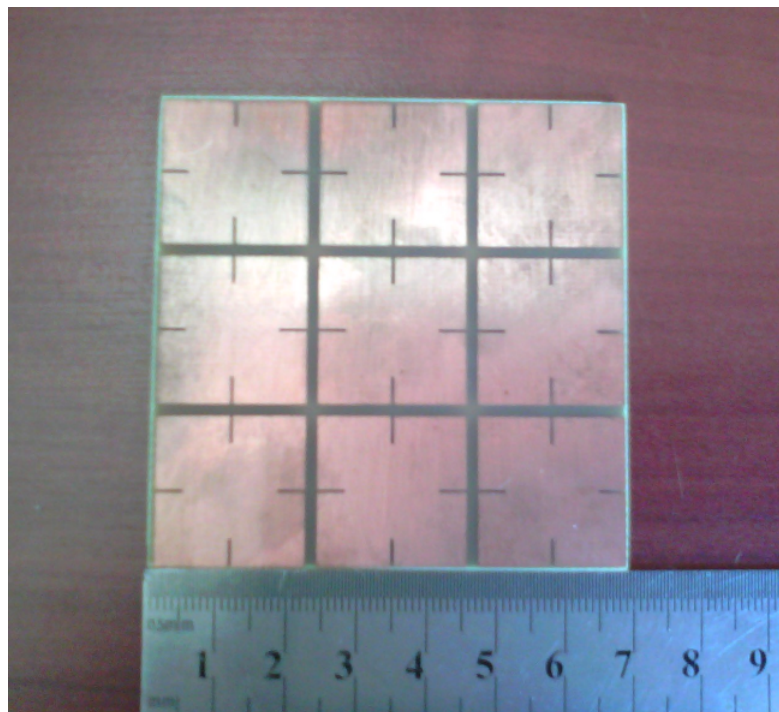


FIGURE 2.1 – la structure AMC 3x3 Patch carré réduite

le montage finale de la structure AMC 3x3 patch carré réduit avec monopole donne (figure 2.2)

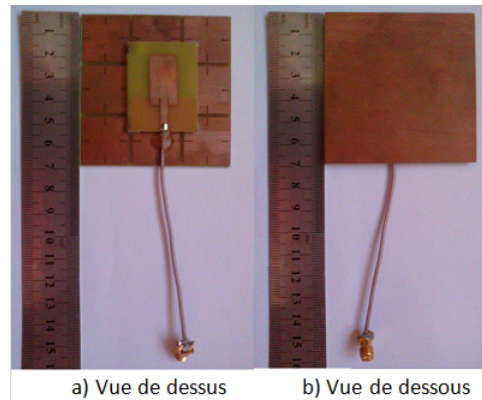


FIGURE 2.2 – la structure AMC 3x3 Patch carré réduite avec monopole

2.1.1 Mesure du coefficient de réflexion S_{11}

la mesure du coefficient de réflexion de la structure S_{11} se fait dans la chambre anéchoïque pour éviter l'effet des chemins multiples, absorbés par la mousse à l'intérieur de la chambre et loin de toute perturbation des ondes externes.

la fréquence de résonance trouvée est de $f_r = 2.45GHz$ tel que $:S_{11} = -19.29dB$, (figure 2.3)

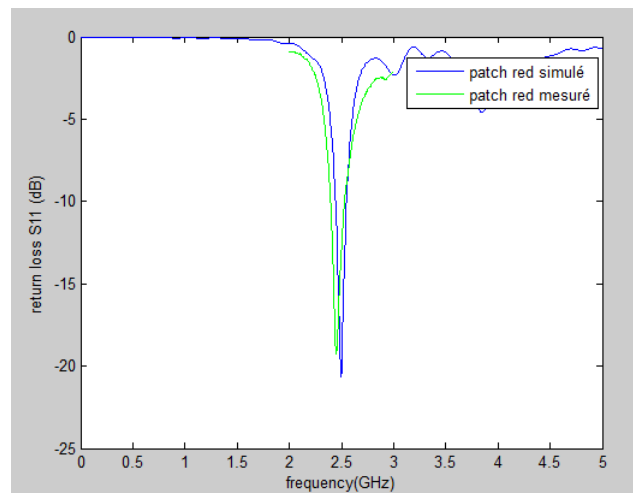


FIGURE 2.3 – Comparaison du coefficient de réflexion de la structure AMC 3x3 Patch carré réduite avec monopole simulée et mesurée

$$\text{la différence est de : } \text{equart}(\%) = \frac{|2.45 - 2.495| \times 100}{2.45} = 1.8\%$$

2.1.2 Mesure du rapport avant arrière

la mesure du rapport avant arrière se fait aussi dans la chambre anéchoïque en calculant le coefficient de transmission S_{21} entre l'antenne off body en émission et une antenne travaillant dans la même bande de fréquence 2.45 GHz en réception, à la distance de 30cm cette dernière se fait en deux temps :

- mesure directe, l'élément rayonnant faisant face à l'antenne de réception, mesurant ainsi le gain à l'avant de l'antenne.
- mesure inverse, l'élément rayonnant du monopole faisant dos à l'antenne de réception, mesurant ainsi le gain à l'arrière de l'antenne.

on remarque d'après le calcul du S_{21} inverse la présence d'un GAP sur la bande autour de 2.45GHz, ce qui prouve bien que cette structure bloque le passage des ondes de cette bande précisément.

le FBR de la structure 3x3 patch réduit (figure 2.4)est de $FBR = -25.726 - (-58.181) = 32.455$ dB à la fréquence de 2.45 GHz,

la différence est de $equart(dBi) = |valeurmesurée - valeursimulée| = |32.455 - 25.9| = 6.55dB$

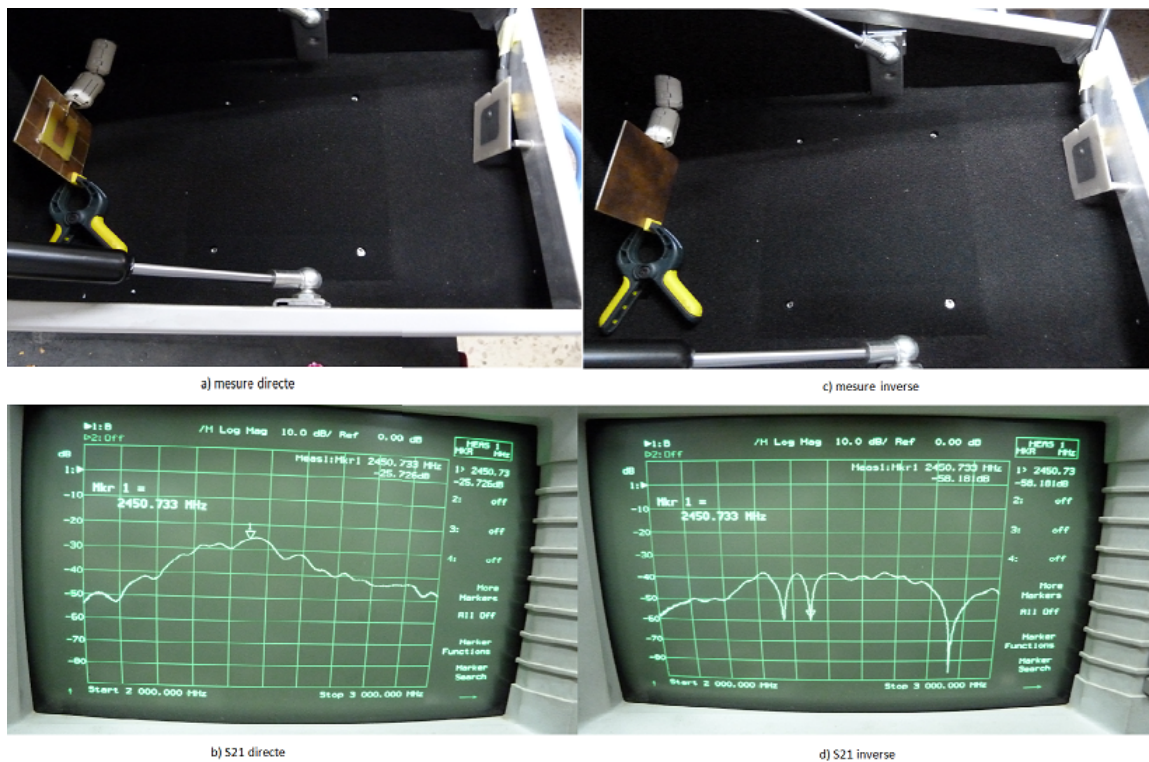


FIGURE 2.4 – mesure du rapport avant arrière de la structure patch 3x3 réduite, (a) mesure directe, (b) S21 directe, (c) mesure inverse, (d) S21 inverse

on explique cette différence entre la valeur mesurée et celle simulée par les conditions de mesures, les câbles d'alimentation non blindés dont le rayonnement parasite est incluse aux mesures, la non fermeture totale de la chambre anéchoïque et les rebords métalliques de cette dernière qui réfléchit les ondes ...

la valeur du rapport avant arrière est de 23 à 34 dB le long de la bande du WBAN ce qui fiabilise bien le travail de cette structure.

2.2 Structure AMC 3x3 I shape reduite

la réalisation de cette structure est montrée ci dessous (figure 2.5) :

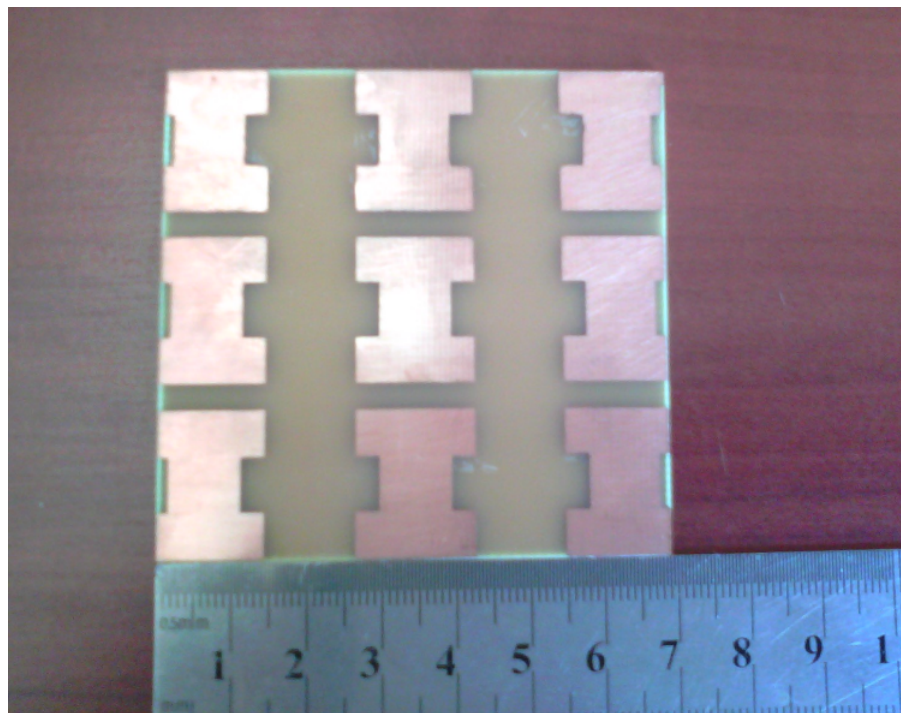


FIGURE 2.5 – la structure AMC 3x3 I shape réduite

le montage finale de la structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole donne (figure 2.6)

2.2.1 Mesure du coefficient de réflexion S_{11}

la mesure du coefficient de réflexion de la structure S_{11} se fait de la même manière que précédemment.

la fréquence de résonance trouvée est de $fr = 2.44GHz$ tel que $:S_{11} = -25.98dB$, (figure 2.7)

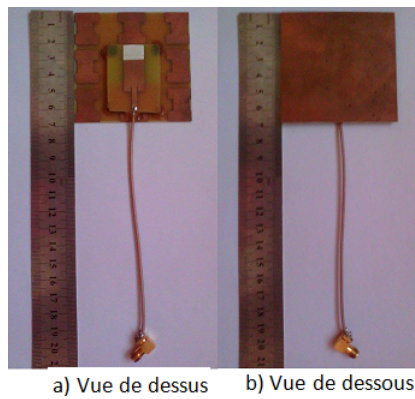


FIGURE 2.6 – la structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole

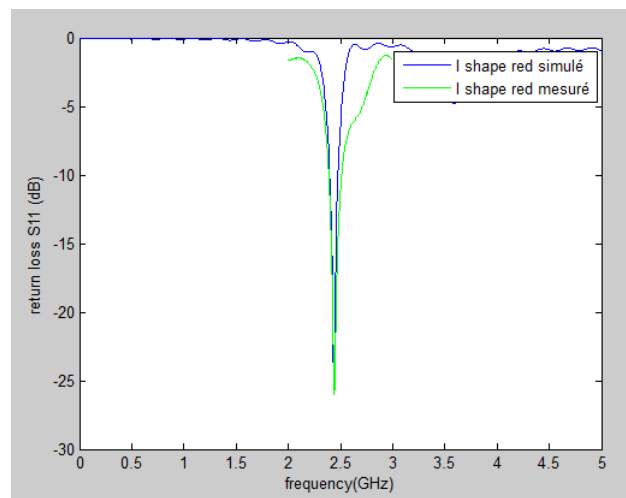


FIGURE 2.7 – Comparaison du coefficient de réflexion de la structure AMC 3x3 I shape réduite avec monopole simulée et mesurée

$$\text{la différence est de : } \text{equart}(\%) = \frac{|2.44 - 2.435| \times 100}{2.44} = 0.2\%$$

2.2.2 Mesure du rapport avant arrière

la mesure du rapport avant arrière se fait aussi de la même manière que précédemment dans la chambre anéchoïque en calculant le coefficient de transmission S_{21} entre l'antenne off body en émission et une antenne travaillant dans la même bande de fréquence 2.45 GHz en réception,

on remarque d'après le calcul du S_{21} inverse la présence d'un GAP sur la bande autour de 2.45GHz, ce qui prouve bien que cette structure bloque le passage des ondes de cette bande précisément et nul autre.

le FBR de la structure 3x3 patch réduit (figure 2.8) est de $\text{FBR} = -26.624 - (-44.999) =$

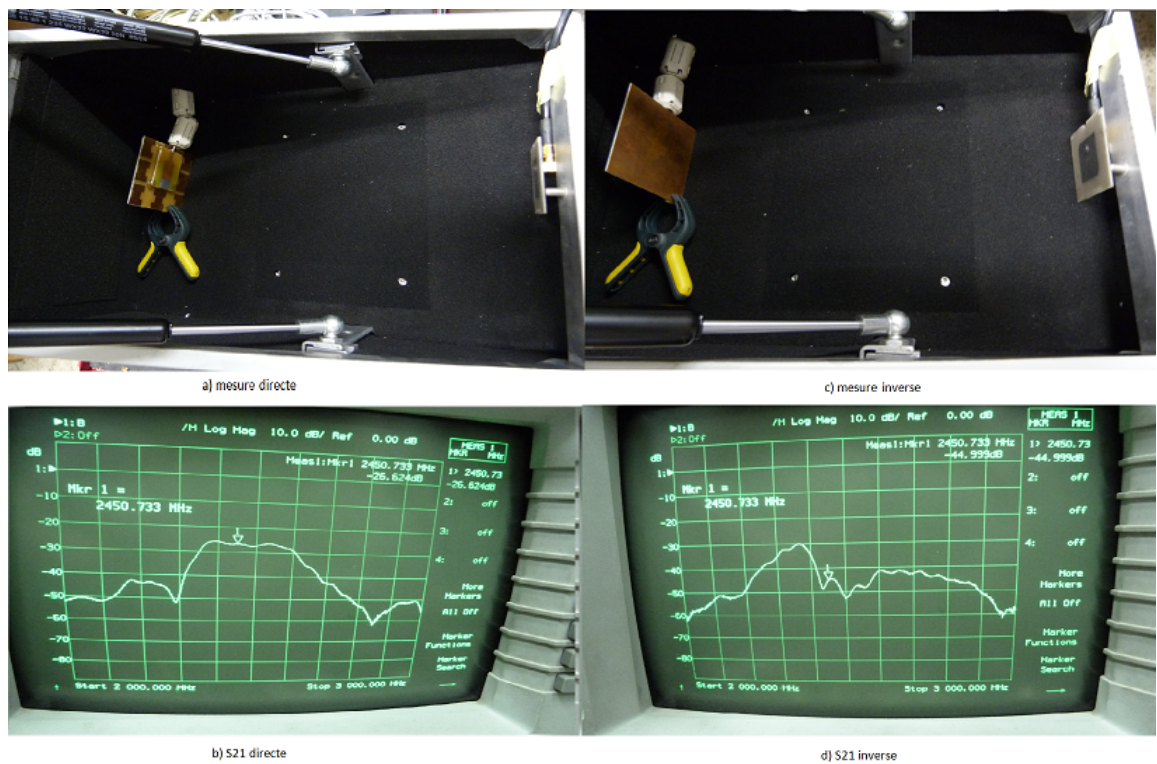


FIGURE 2.8 – mesure du rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape réduite, (a) mesure directe, (b) S21 directe, (c) mesure inverse, (d) S21 inverse

18.376 dB à la fréquence de 2.45 GHz,

la différence est de $equart(dBi) = |valeur\ mesurée - valeur\ simulée| = |18.376 - 21.66| = 3.284 dBi$

on explique cette différence entre la valeur mesurée et celle simulée par les conditions de mesures de la même manière que pour l'antenne patch carré réduite.

la valeur du rapport avant arrière est de 18 à 27 dB le long de la bande du WBAN ce qui fiabilise bien le travail de cette structure.

2.3 Immunité des structures réduites par rapports aux différents matériaux de textiles

2.3.1 la structure 3x3 Patch carré réduite

Mesure du coefficient de réflexion

on mesure le coefficient de réflexion S_{11} de la structure dans respectivement le vide, en présence d'un corps, métal sur corps et bois sur corps on trouve d'après la (figure 2.9) que

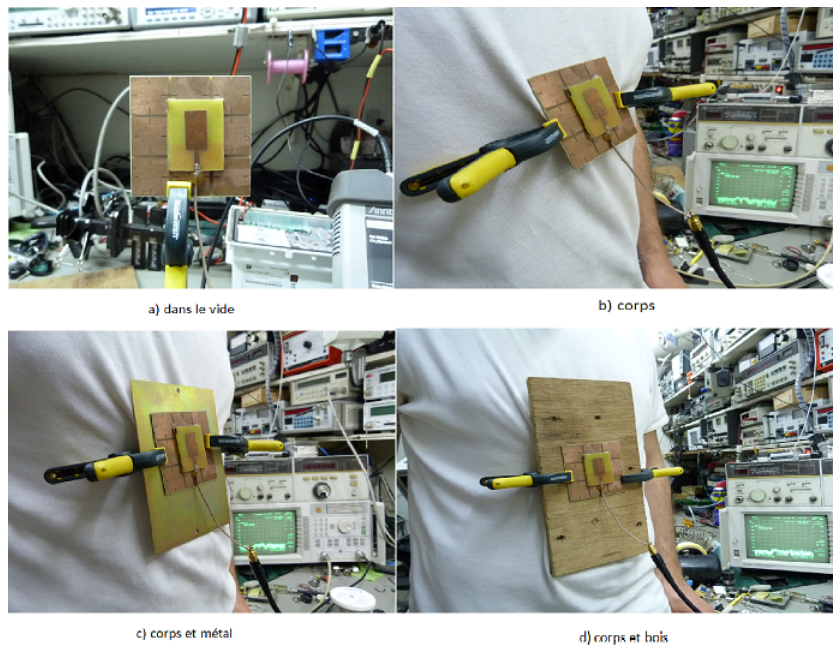


FIGURE 2.9 – mesure du coefficient de réflexion de la structure 3x3 patch carré réduite, (a) mesuré dans le vide, (b) body, (c) body et métal, (d) body et bois

quelque soit le type de matériaux mis en arrière de la structure, cette dernière n'est pas affectée, en effet, on enregistre la même fréquence de travail avec une différence de 1.8%.

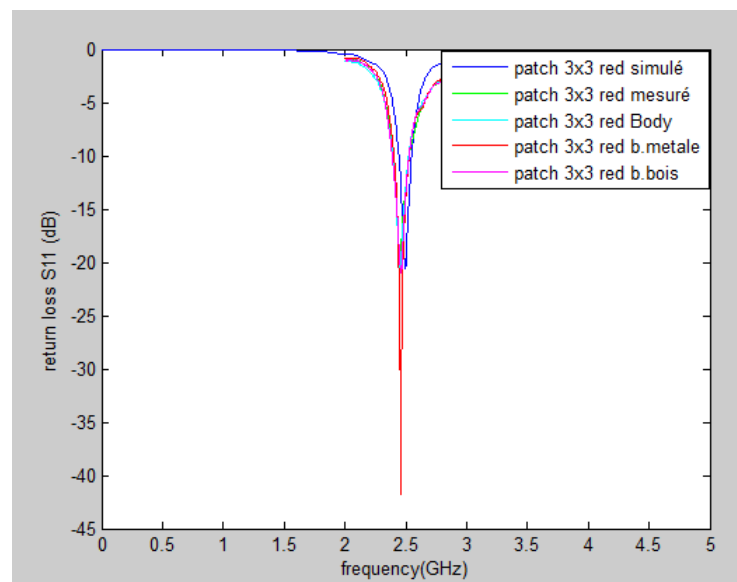


FIGURE 2.10 – Coefficient de réflexion de la structure 3x3 patch carré réduite, (a) simulé, (b) mesuré dans le vide, (c) body, (d) body et métal, (e) body et bois

Mesure du FBR de la structure 3x3 patch réduit

Vu l'absence d'un phantom liquide dans notre laboratoire pour effectuer les mesures du rapport avant arrière ou bien du DAS (Débit d'absorption spécifique), on se restreindra sur de la simulation avec le logiciel (CST studio suite) avec une portion de phantom de dimension (150x150)mm (figure 2.11), représentant respectivement la peau, la graisse, le muscle et l'os dont les épaisseurs et les propriétés de conductivité et de permittivité ont été prises de l'article [1] et résumé dans le tableau suivant :

propriétés Tissus	$\sigma(s/m)$	$\epsilon(F/m)$	$e(mm)$
Skin	1.49	37.95	2
Fat	0.11	5.27	5
Muscle	1.77	52.67	20
Bone	0.82	18.49	13

TABLE 2.1 – les propriétés diélectriques des tissus humains à la fréquence 2.45GHz

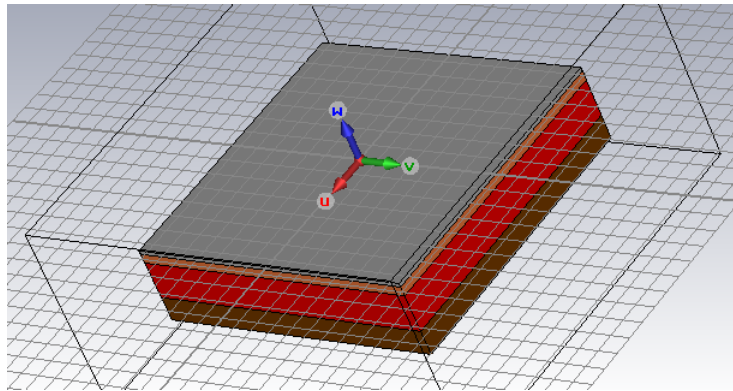


FIGURE 2.11 – représentation du phantom et ses différentes couches respectivement, la peau, la graisse, le muscle, l'os

les valeurs de rapport avant arrière de la structure 3x3 patch carré réduite simulé et à proximité respectivement du corps (phantom), du conducteur et de l'isolant sont données dans le tableau ci-dessous :

On remarque bien d'après le tableau que la valeur du rapport avant arrière varie entre 16.6 dB et 25.89 dB d'après le type du matériau derrière l'antenne, mais elles restent toutes supérieures à la valeur du FBR de l'antenne patch naturellement directive qui est de 10.11 dB dans le vide comparé par exemple à la valeur de 16.6 dB valeur extrême lors de la présence du métal, cette antenne est par conséquent tout à fait intégrable autant que technologie off body.

FBR Structure(dB) \ matériaux	vide	phantom	conducteur	isolant
3x3 patch réduit	25.89	16.60	19.56	23.09

TABLE 2.2 – le rapport avant arrière de la structure suivant différents matériaux à la fréquence 2.45GHz

2.3.2 La structure 3x3 I shape réduite

Mesure du coefficient de réflexion

on mesure le coefficient de réflexion S_{11} de la structure dans respectivement le vide, en présence d'un corps, métal sur corps et bois sur corps (figure 2.12) on trouve d'après la (figure 2.13) que quelque soit le type de matériaux mis en arrière de la structure, cette dernière n'est pas affectée, en effet, on enregistre la même fréquence de travail avec une différence de 0.2%.

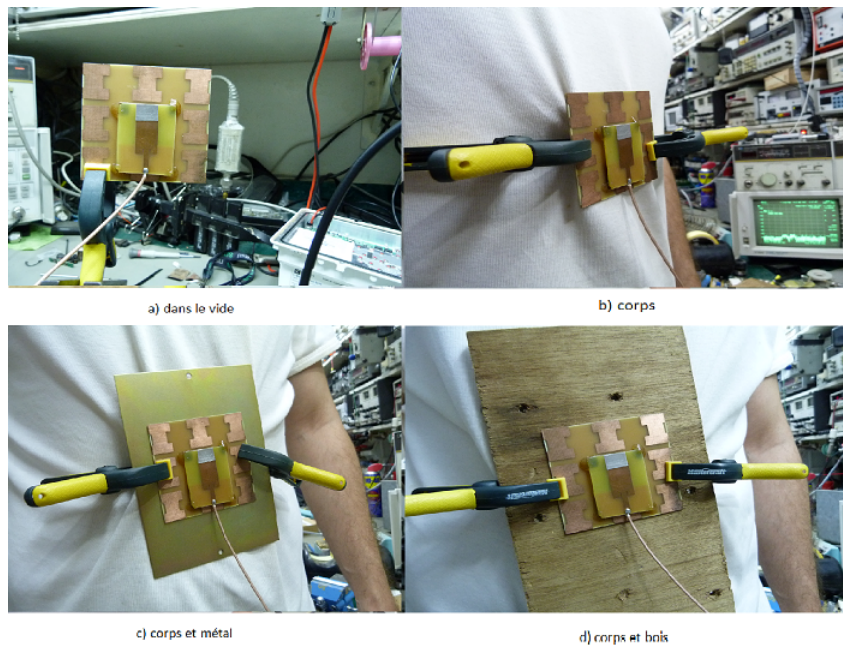


FIGURE 2.12 – mesure du coefficient de réflexion de la structure 3x3 I shape réduite, (a) mesuré dans le vide, (b) body, (c) body et métal, (d) body et bois

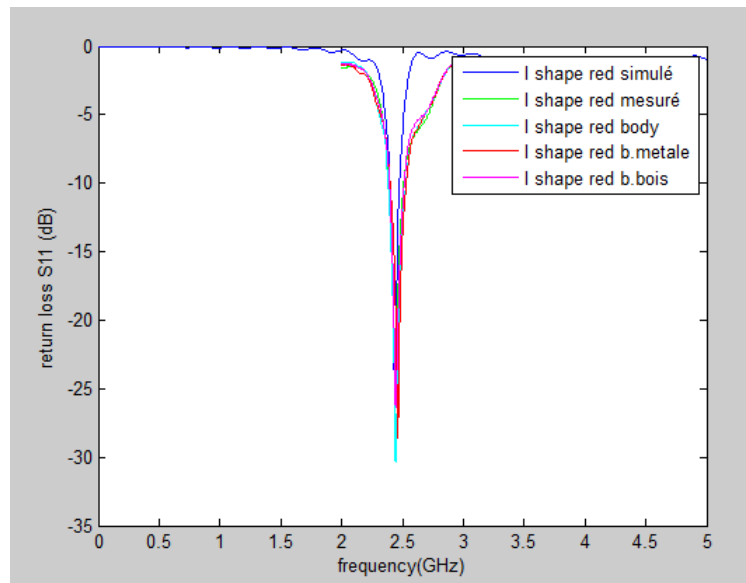


FIGURE 2.13 – Coefficient de réflexion de la structure 3x3 I shape réduite, (a)simulé, (b)mesuré dans le vide, (c)body, (d)body et métal, (e)body et bois

Mesure du FBR de la structure 3x3 I shape

On procède de la même manière que précédemment, avec la simulation à l’aide du logiciel CST studio Suite,

les valeurs de rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape réduite simulée et à proximité respectivement du corps (phantom), du conducteur et de l’isolant sont données dans le tableau ci-dessous :

matériaux	vide	phantom	conducteur	isolant
FBR Structure(dB)				
3x3 I shape réduit	21.66	21.67	19.05	22.40

TABLE 2.3 – le rapport avant arrière de la structure 3x3 I shape suivant différents matériaux à la fréquence 2.45GHz

2.4 Conclusion

On remarque bien d'après le tableau que la valeur du rapport avant arrière varient entre 19.05 dB et 22.40 dB d'après le type du matériau derrière l'antenne, mais elles restent toute fois tout a fait supérieur à la valeur du FBR de l'antenne patch naturellement directive qui est de 10.11 dB dans le vide comparé par exemple à la valeur de 19.05 dB valeur extrême lors de la présence du métal (le double), cette antenne est par conséquent tout a fait intégrable autant que technologie off body.

Conclusion générale et Perspectives

Ce master est une suite logique du projet de fin d'étude. En effet, on a mis à profit les connaissances acquises durant la préparation de ce dernier à savoir la technologie des antennes corporelles Off Body et on s'est aventuré dans la miniaturisation et la minimisation des dimensions de ces structures à base de méta-matériaux (conducteurs magnétiques artificiels).

Ainsi pour des raisons de confort et de facilité d'intégration dans les textiles, On a pu réduire la dimension totale de la structure de 1.28λ à 0.92λ , on a assisté à une diminution légère du rapport avant arrière de l'ordre de 5 dBi qui revient essentiellement aux ondes qui se propagent de 1.28λ à 0.92λ qui ne sont plus bloqué par la structure ainsi réduite, mais les pertes sont assez minimales et les antennes sont parfaitement intégrables sur les vêtements.

Pour les perspectives d'avenir, une implémentation réelle de l'antenne off body sur textile dans une application médicale créant une cellule de télémédecine capable d'envoyer à distance l'électrocardiogramme mesuré à l'aide de capteurs sur le corps, serait parfaitement souhaitable pour valider le fonctionnement fidèle de cette antenne.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Douglas H. Werner Zhi Hao Jiang. Robust low-profile metasurface-enabled wearable antennas for off-body communications. *Department of Electrical Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.*