

### IV.1. introduction

La phase de conception d'une antenne, à l'aide d'un logiciel adapté, est une étape incontournable dans un souci de gain de temps et d'optimisation de structure aux paramètres désirés. La conception permet également de prendre en compte les paramètres diélectriques et conducteurs des matériaux bas coût choisis, qui ne sont pas parfaits, et de nous rapprocher des futures antennes réalisées. Dans ce chapitre, nous choisissons les outils de simulation électromagnétique adéquate telle que HFSS et CST pour effectuer la conception de telles antennes. Nous présentons la conception et la simulation d'une antenne microruban pour l'imagerie micro-ondes du sein pour trouver un cancer dans les tissus du sein. Nous allons calculer les paramètres principaux de l'antenne tels que : le coefficient de réflexion  $S_{11}$ , VSWR, le gain, la directivité et le diagramme de rayonnement en 3D. Nous avons fait aussi une analyse de l'antenne au niveau du sein pour voir la fonction de cette antenne dans la détection de cancer.

### IV.2. la structure de l'antenne proposée :

L'antenne proposée est représentée dans la figure IV.1, et conçue en utilisant le matériau de substrat flexible le FR-4 avec la constante diélectrique de 4,4. L'antenne proposée est alimentée par un linge microruban avec une impédance d'entrée de  $50\Omega$ . Le patch de cette antenne prend la forme circulaire, il y a aussi une fente de forme rectangulaire dans le plan de masse comme DGS (Defect Ground Structure).

Avec l'aide du simulateur HFSS, l'antenne a été optimisée pour résonner dans la fréquence 2,5 GHz pour répondre aux exigences.

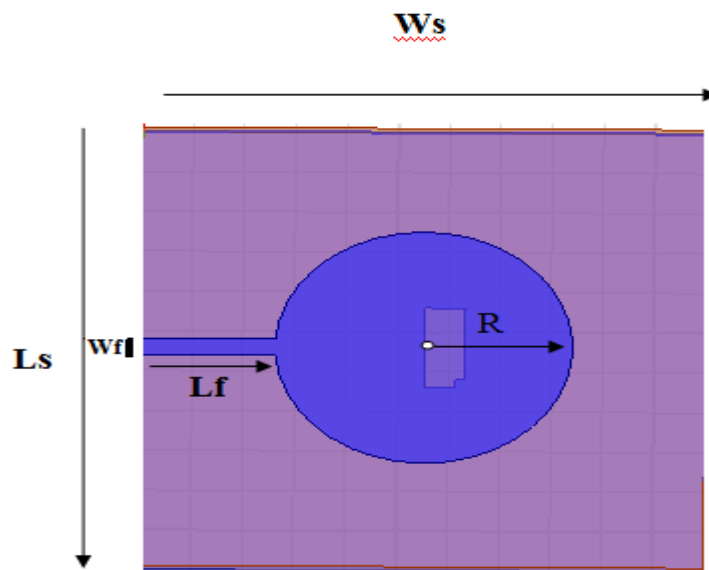


Figure IV.1 Vue de haut de l'antenne patch proposée

Les paramètres géométriques de cette antenne sont représentés dans le Tableau IV.1, la dimension totale de l'antenne atteignant 55\* 55 mm<sup>2</sup>. Les valeurs de ces paramètres sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

| Paramètres | Dimensions (mm) |
|------------|-----------------|
| Ws         | 55              |
| Ls         | 55              |
| Wg         | 55              |
| Lg         | 55              |
| Wf         | 2               |
| Lf         | 13.5            |
| Wp         | 2               |
| Lp         | 1.59            |
| Hs         | 1.59            |
| R          | 14.5            |

Tableau IV-1 dimension du l'antenne

### IV.3.Résultats de simulation et discussions

Dans cette section, on a calculé les paramètres de l'antenne tels que le coefficient de réflexion(RL : return loss), VSWR, directivité, gain et le diagramme de rayonnement a l'aide de simulateurs HFSS et CST.

#### a). Coefficient de réflexion

Si la puissance incidente de l'antenne est  $P_{in}$  et la puissance réfléchie vers la source est  $P_{out}$ , le rapport entre la puissance incidente et la puissance réfléchie est appelé RL.

Dans ce cas, Les résultats de simulations sont obtenus à l'aide des deux simulateurs électromagnétiques HFSS et CST.

La Figure VI.2 représente le coefficient de réflexion  $S_{11}$  obtenu par les deux simulateurs.

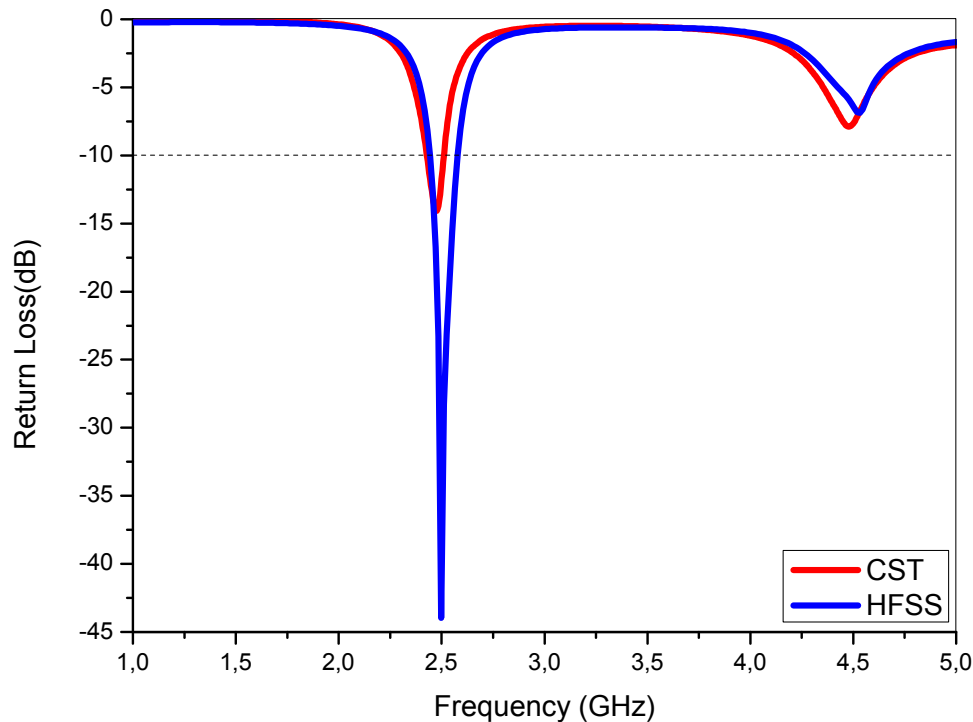


Figure IV.2 RL de l'antenne proposée

A partir des courbes de la Figure IV.2, on remarque que la structure d'antenne possède deux fréquences de travail; l'une est à  $fr1 = 2.5$  GHz et l'autre à  $fr2 = 4.5$  GHz. Ce type de structure d'antenne est appelé antenne à bi-bandes. On constate aussi que le coefficient de réflexion obtenu par HFSS presque identique avec coefficient de réflexion obtenu par CST, sauf il y a un petit décalage entre les deux courbes dans les fréquences de résonances car les deux logiciels n'utilisent pas la même méthode numérique.

Les performances de l'antenne sont considérées satisfaisantes pour un RL inférieur ou égale à -10 dB. Ici, il est d'environ -44dB pour la courbe obtenue par HFSS et d'environ -15dB pour la courbe obtenue par CST.

#### b). VSWR

Il existe une relation entre le taux d'ondes stationnaires VSWR et le coefficient de réflexion (voir l'annexe). Le VSWR dans ce cas obtenu aussi par les deux simulateurs est représenté dans la Figure IV.3. D'après cette figure, on remarque que pour la fréquence 2.5GHz le VSWR est plus élevé. On remarque aussi que le VSWR obtenu par HFSS est presque identique que le VSWR obtenu par CST.

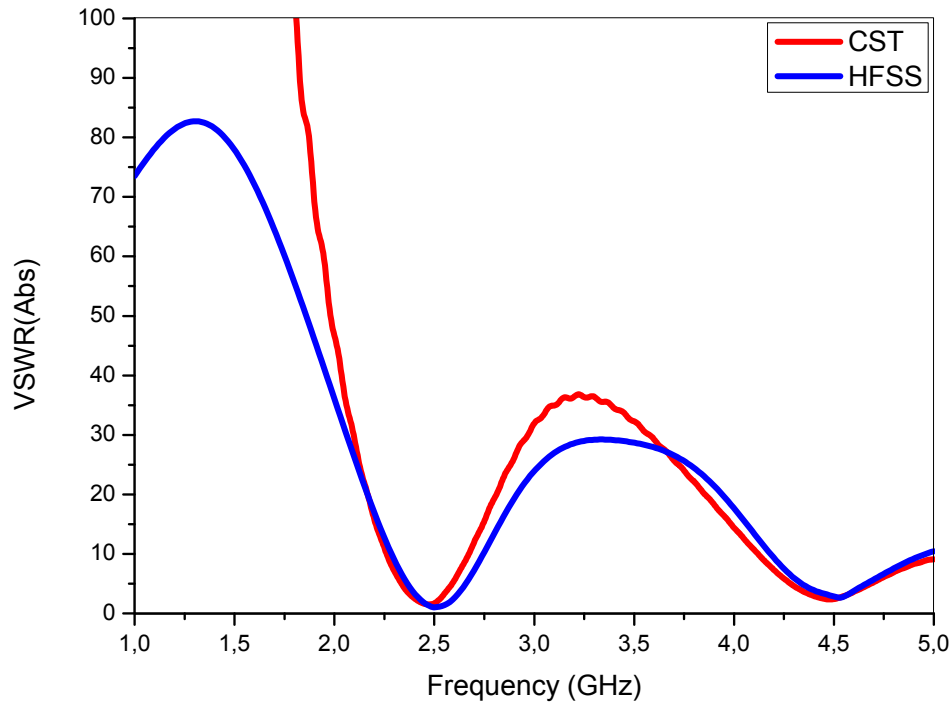


Figure IV.3 VSWR de l'antenne proposée

### c). Le gain

Le gain d'une antenne dans une direction peut être exprimé par le rapport de la puissance rayonnée dans une direction par la puissance absorbée par une antenne isotrope (voir l'annexe).

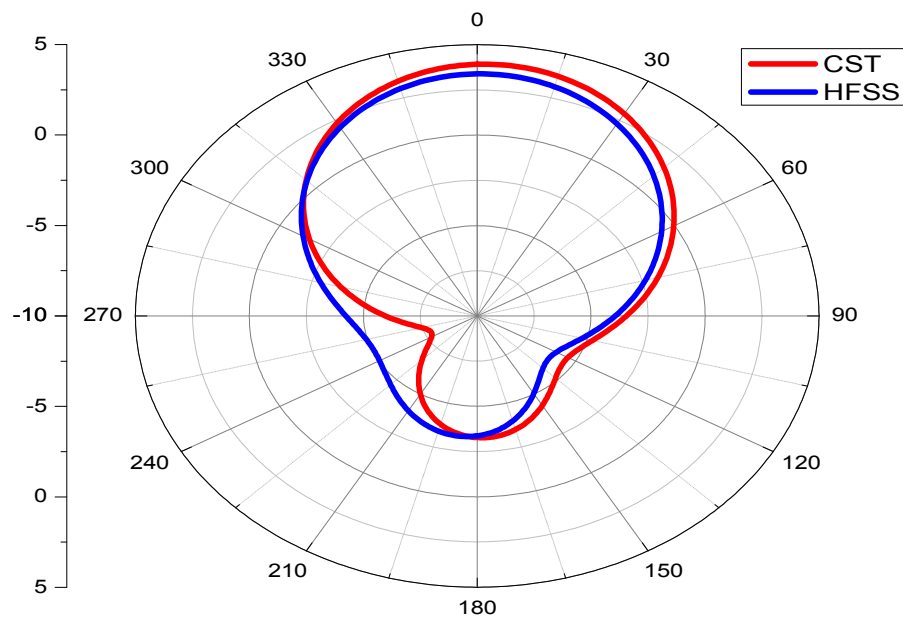
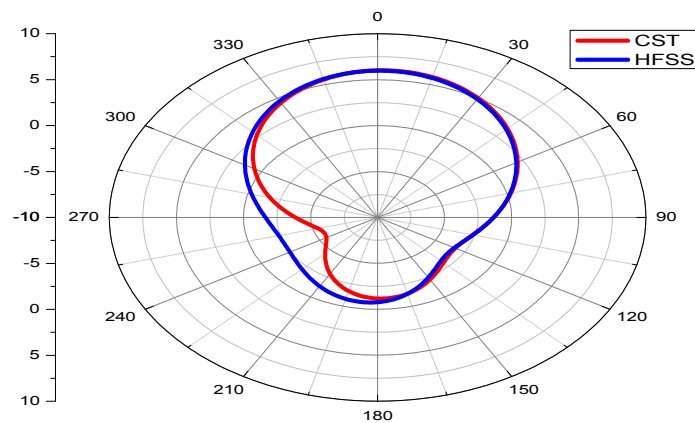


Figure IV.4 Le gain de l'antenne proposée

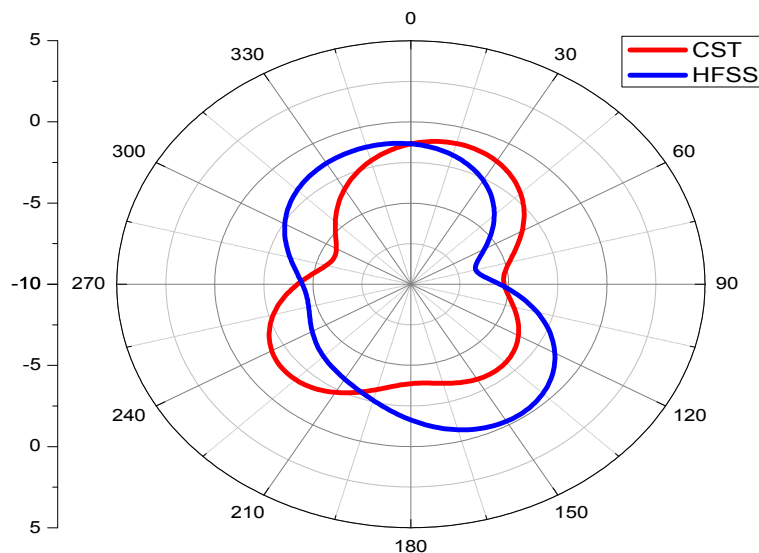
Le gain de l'antenne obtenu par les deux logiciels est tracé dans la figure IV.4. L'antenne proposée à un gain d'environ 4,404 dB. On remarque que les gains obtenus par les deux simulateurs sont presque identiques.

#### d). Directivité

Il décrit le diagramme de rayonnement d'une antenne. La directivité de l'antenne est représentée dans la Figure IV.5, où les résultats obtenus pour les deux simulateurs HFSS et CST sont montrés. On a tracé les diagrammes dans les deux plans ; plan E, qui contient le champ électrique, sachant que  $\phi$  est constant ( $\phi=0^\circ$ ) et  $\theta$  varie et le plan H, qui contient le champ magnétique, sachant que  $\phi$  varie et  $\theta$  est constant ( $\theta=90^\circ$ ), comme illustré dans les figures IV.5(a) et (b) respectivement.



(a) La directivité de l'antenne proposée dans le plan E



(b) La directivité de l'antenne proposée dans le plan H

Figure IV.5 La directivité de l'antenne proposée

La directivité de l'antenne est d'environ 4,48 dB à  $\phi$  égal à 0 degré à la fréquence 2,5 GHz. Dans le plan E on remarque que l'antenne est directive par contre dans le plan H l'antenne est bidirectionnel. On remarque aussi que les résultats obtenus par les deux simulateurs.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne à la fréquence de 2.5 MHz est représenté dans la figure III.IV.6, ce qui donne un rayonnement directionnel, ses résultats sont bien visibles sur le tracé en 3D.

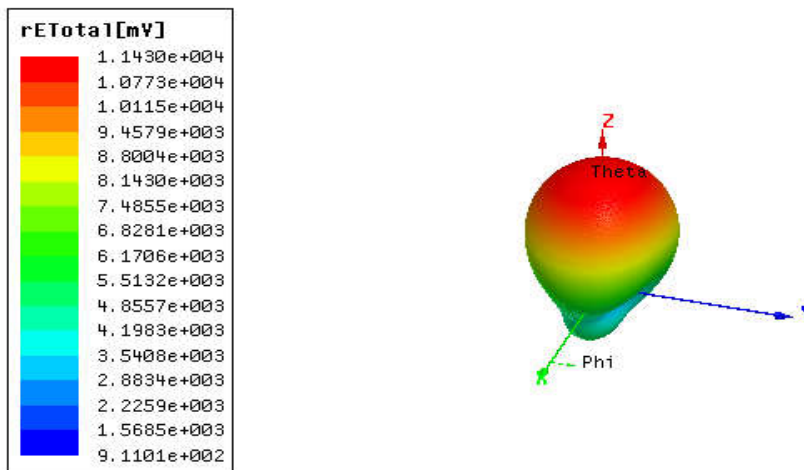


Figure IV.6 Représentation du diagramme de rayonnement de l'antenne proposée en 3D

#### IV.4. Le modèle du sein

La figure suivante représente le modèle du sein. Ce modèle se compose de la couche extérieure qui est la peau, couche intérieure qui est les tissus adipeux et le cancer est une sphère. Le modèle du sein a été développé en HFSS qui est représenté par un cône élevé avec huit facettes, les dimensions de cône est la largeur 0.05 cm et la hauteur 4 cm. Le volume de la poitrine se compose de la peau du sein de largeur 0.05 cm avec coefficient diélectrique 39 et de la conductivité de 1,1 Siemens / m et le volume restant constitué par les tissus adipeux du sein avec coefficient diélectrique de 4,49 et la conductivité de 0,59 Siemens/m.

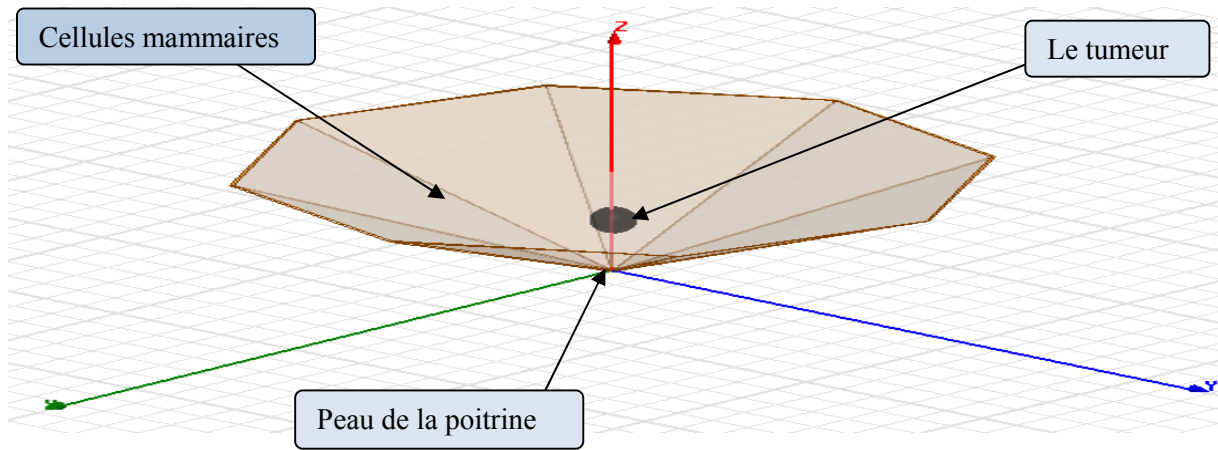


Figure IV.7 Le modèle de peau du sein

La tumeur est représenté sous forme d'une sphère avec rayon de 5 mm, de permittivité diélectrique 50 et de conductivité 4 S / m. Les caractéristiques électriques du sein sont illustrées dans le tableau suivant :

| Paramètre          | Constante diélectrique<br>$\epsilon_r$ | conductivité<br>$\sigma(\text{S/m})$ |
|--------------------|--|--------------------------------------|
| les tissus cutanés | 39                                     | 1.1 Siemens/m                        |
| les tissus adipeux | 4.49                                   | 0.59 Siemens/m                       |
| cancer             | 50                                     | 4 Siemens/m                          |

Tableau IV.2 Caractéristiques électriques du modèle de sein.

#### IV.5 Modèle proposé avec antenne

Après la conception du modèle d'antenne et le sein individuellement, la dernière étape consiste à combiner ces deux modèles. Comme indiquée dans Figure IV.8

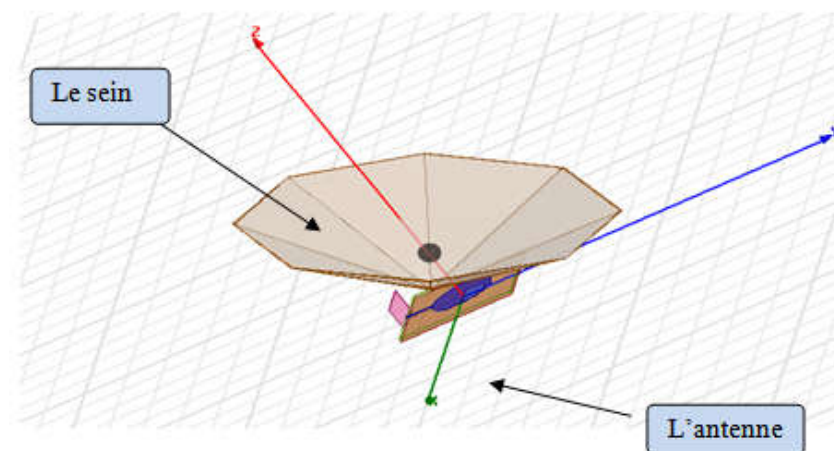


Figure IV.8 Modèle de sein avec l'antenne.

Pour comprendre mieux ce modèle les tissus de sein est considérés comme des couches diélectriques (multicouches) existant sur l'haute de l'antenne comme illustré dans la Figure IV.8.

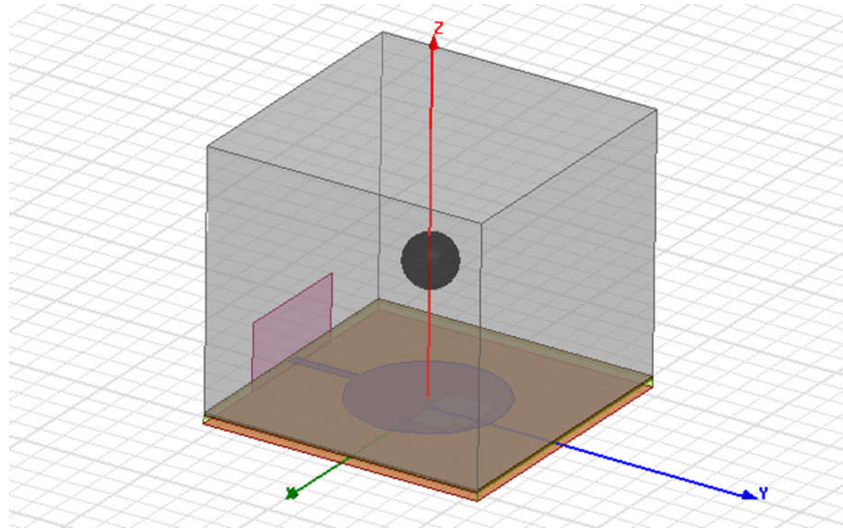


Figure IV.9.L'antenne avec multicouches du sein.

#### IV.6 Résultats de simulation pour le modèle

Quand le sein est placé sur la surface de l'antenne, les caractéristiques de performance de l'antenne sont changées. Dans ce cas de figure, les résultats de simulation obtenus sont résumés ci-dessous.

##### a). Le coefficient de réflexion :

Le coefficient de réflexion de l'antenne seul et avec le sein est montré dans laFigure IV.10.

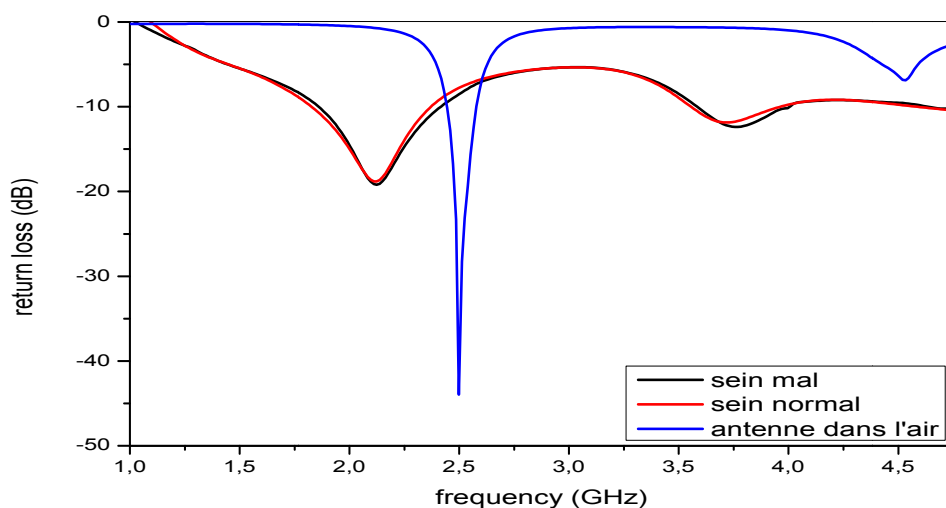


Figure IV.10. Coefficient de réflexion de l'antenne seul et avec le sein



On remarque selon cette figure que le coefficient de réflexion de l'antenne seul change si l'antenne est placée avec le sein à cause des caractéristiques électriques du sein qui influent sur l'antenne. On remarque aussi que ce paramètre ne change pas si on compare avec un sein ne comportant pas de tumeur car la tumeur est dans son début.

#### b). La densité de courant sur le sein:

La Figure IV.11 représente la densité du courant volumique sur le sein qui contient une tumeur. On observe que le maximum de la densité de courant est concentré sur le cancer comparé avec les autres tissus. Cette densité commence à diminuer en s'éloignant de la tumeur. Puisque le cancer influe sur les tissus du sein et leur caractéristique électrique, cette propriété permet d'utiliser l'antenne micro-ruban pour l'imagerie micro-onde pour la détection du cancer, de façon précoce, dans les tissus de sein.

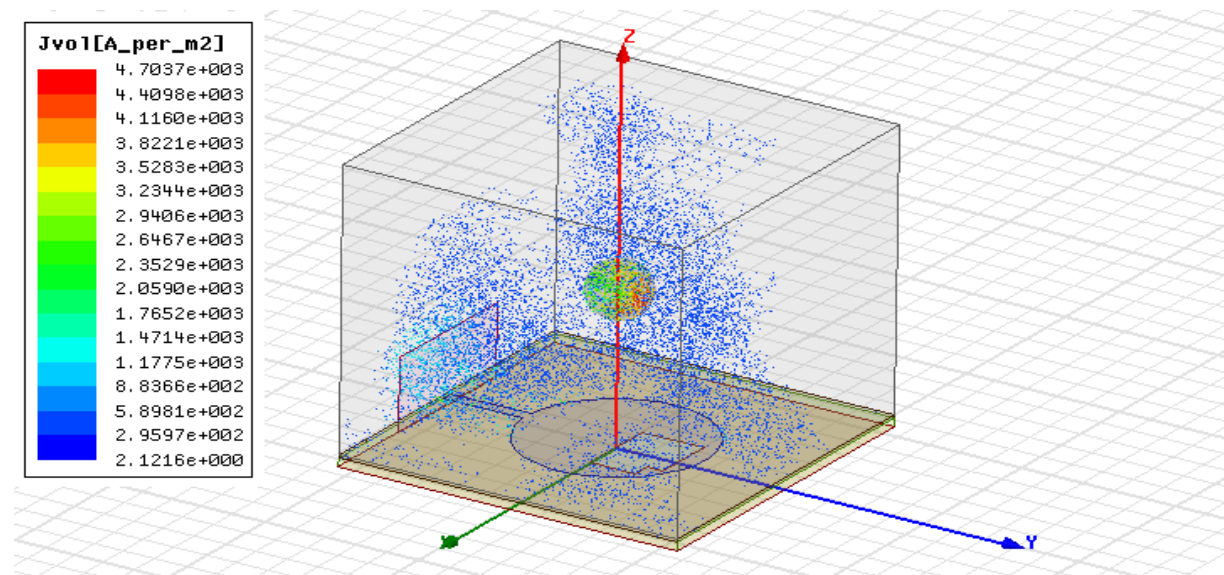


Figure IV.11 Densité de courant sur sein mal.

**IV.7. Conclusion**

Dans ce chapitre, une antenne patch miniature et simple qui peut être placée sur le sein a été présentée. Cette antenne résonne à la fréquence 2.50GHz. Aussi, un modèle de sein a été discuté. Les modèles de simulation mis au point et les résultats présentés montrent que les paramètres de performance de l'antenne changent si on place l'antenne en contact avec le sein.

On a vu aussi que le maximum de la densité du courant engendré par l'antenne soit concentré sur la tumeur par rapport aux autres tissus du sein, cette propriété permet d'utiliser l'antenne patch pour la détection du cancer de sein.