

Effet de la Couche de Couverture sur les Performances d'une Antenne Patch Rectangulaire.

A.REDDAF,F.LAIDOU DI,Y/FACI,K.FERROUDJI

Thin Films and Application Unit (U.D.C.M.A),Sétif.
Welding and NDT Research Centre (CSC), BP 64 Cheraga,
Algeria
a.reddaf@csc.dz

N.BOUZIT

Laboratoire d'Instrumentation Scientifique (LIS), Université
Ferhat Abbas,
19000-Sétif Algeria.

Résumé—Dans cet article, Nous avons conçu une antenne patch rectangulaire pour une fréquence de résonance de 2.45 GHz et nous étudions l'effet de l'épaisseur et constante diélectrique de la couche de couverture diélectrique sur les caractéristiques de performance de cette antenne. Tout d'abord une approche théorique est présentée pour mettre une conception et une optimisation des dimensions de l'antenne rectangulaire à 2.45 GHz où la constante diélectrique du substrat est de 2.1. Un matériau diélectrique de couverture est posé sur l'antenne, cette couverture est une couche mince protectrice variable en épaisseur; dans notre cas l'épaisseur de la couche varie entre (127-508µm) et cela pour deux matériaux différents. Les résultats de la simulation montrent les effets de la couche protectrice sur la fréquence de résonance, l'adaptation d'impédance, la largeur de la bande passante et le gain ; et il a été observé que la fréquence de résonance est déplacée vers le côté inférieur de la fréquence de fonctionnement 2.45 GHz, tandis que d'autres paramètres ont une légère variation.

Mots clés—antenne patch, couche mince protectrice, hfss, fréquence de résonance

1. INTRODUCTION

Les antennes à micro ruban sont largement dans divers systèmes de communication en raison de leur compacité, efficacité économique, poids léger et la conformabilité à toute structure, mais le seul inconvénient est sa largeur de bande passante est étroite, ce problème a été étudié par plusieurs chercheurs [1] et nombreuses configurations ont été proposées afin d'améliorer cette bande passante. Concevoir une antenne patch rectangulaire demande un certain nombre d'étapes dans lesquelles figure le choix du substrat diélectrique (permittivité et tangente des pertes) et les dimensions.

la couche posé sur la structure de micro-ruban est souvent utilisée pour la protéger contre les risques environnementaux, ou peut être naturellement formé pendant le vol où les conditions climatiques rigoureuses [2]. Alors l'étude de cette couche de couverture est notre intérêt, car elle peut affecter sur les performances des antennes et peut se avérer bénéfique ou néfaste pour les caractéristiques de rayonnement. Hussain.A et al [3], a discuté sur la performance de l'antenne microruban recouvert de couche diélectrique ; Ils ont trouvé des résultats qui montrent que la fréquence de résonance de l'antenne diminue à mesure que l'épaisseur de la couche diélectrique est augmentée. Dans cet article, nous exprimons notre étude pour le cas d'une structure microbande a une couche de couverture variable en épaisseur et en constante diélectrique du matériau

,en utilisant HFSS pour les simuler et nous essayons aussi à optimiser les nouvelles dimensions des antennes avec cette variation des performances en utilisant l'algorithme de conception des antenne à circuits imprimés dans l'environnement Matlab.

I. CONCEPTION DE L'ANTENNE PATCH RECTANGULAIRE

L'antenne micro-ruban est une ligne de transmission constituée d'un mince conducteur métallique (généralement de 17,5 à 35µm d'épaisseur en hyperfréquence) appelé élément rayonnant, il est de forme arbitraire, déposé sur un substrat épais utilisé pour augmenter la puissance rayonnée par l'antenne et réduire les pertes par l'effet joule et améliorer la bande passante de l'antenne, la face inférieure est entièrement métallisée pour réaliser un plan de masse. Cette ligne de transmission ne peut pas supporter le mode pur transverse électrique ou magnétique (TM-TE) de la transmission, étant donné que les vitesses de phase seraient différentes dans l'air et le substrat, à cet effet le mode dominant de propagation serait le mode quasi-TEM[4].

La valeur de ϵ_{eff} de l'antenne est légèrement inférieure à ϵ_r parce que les champs sont limités autour de la périphérie de l'antenne et ne sont pas confinés dans le substrat diélectrique car sont également répartis dans l'air. La constante diélectrique efficace a des valeurs dans la plage de $1 < \epsilon_{eff} < \epsilon_r$, Lorsque la constante diélectrique du substrat est beaucoup plus grande que l'unité ($\epsilon_r \gg 1$), la valeur de ϵ_{eff} sera plus proche de la valeur ϵ_r du substrat [5], donc nous avons :

où: $w/h > 1$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12\frac{h}{w}}} \quad (1)$$

Dont:

ϵ_{eff} = constante diélectrique efficace.

ϵ_r = constante diélectrique du substrat.

h = hauteur du substrat diélectrique.

w = Largeur du patch.

Les dimensions de l'antenne patch le long de sa longueur ont été prolongés à chaque extrémité par distance ΔL , qui est

en fonction de la constante diélectrique effective ϵ_{eff} et le rapport largeur-hauteur.

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \quad (2)$$

La longueur effective de l'antenne est:

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (3)$$

La largeur qui conduit à une bonne efficacité, et bons rendements de rayonnement:

La longueur réelle de l'antenne patch peut alors être déterminée par :

$$L = \frac{1}{2fr \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

La conductance du patch peut être représentée sous la forme :

$$G1 = \begin{cases} \frac{1}{90} \left(\frac{w}{\lambda_0} \right)^2 & w \ll \lambda_0 \\ \frac{1}{120} \left(\frac{w}{\lambda_0} \right)^2 & w \gg \lambda_0 \end{cases} \quad (5)$$

$$Z_{in} = \frac{1}{Y_{in}} = R_{in} = \frac{1}{2G1} \quad (6)$$

$$R_{in} = \frac{1}{2(G1 \pm G12)} \quad (7)$$

II. EFFET DE LA COUCHE DE COUVERTURE

L'antenne patch rectangulaire ayant couvercle diélectrique est représentée sur la figure 1. En réalité, l'antenne micro-ruban intégré à un dispositif électronique sera protégé par un couvercle diélectrique (couche supérieure) qui agit comme un blindage contre les effets de l'environnement dangereux. Ces matériaux de blindage, normalement en matière plastique (diélectriques avec faible pertes), diminuent les performances globales des caractéristiques de fonctionnement de l'antenne comme la fréquence de résonance, l'impédance et la bande passante du rayonnement efficacité [4-5]. Dans cet article, nous avons utilisé le couvercle diélectrique de différents épaisseurs et analyser les effets de la couverture diélectrique sur les différents paramètres de l'antenne. Il a été remarqué que la constante diélectrique du substrat utilisé est le paramètre le plus sensible et le plus essentiel dans l'antenne.

$$\frac{\Delta fr}{fr} = \frac{\sqrt{\epsilon_r - \epsilon_{eff}}}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

Si

$$\epsilon_r = \epsilon_{eff} + \Delta \epsilon_r \quad (9)$$

et

$$\Delta \epsilon_r \leq 0.1 \quad (10)$$

donc

$$\frac{\Delta fr}{fr} = \frac{1}{2} \frac{\Delta \epsilon_r / \epsilon_{eff}}{1 + \frac{1}{2} \Delta \epsilon_r / \epsilon_{eff}} \quad (11)$$

Où

ϵ_{eff} = constante diélectrique effectif avec couche de couverture.

ϵ_r = constante diélectrique effectif sans couche de couverture.

$\Delta \epsilon_r$ = changement de la constante diélectrique en raison de couche supérieure diélectrique.

Δfr = changement fractionnel de fréquence de résonance.

fr = fréquence résonance.

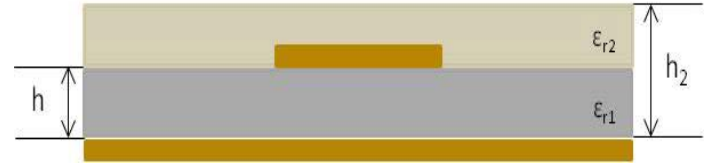


Fig.1. Antenne patch à couverture

III. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de l'antenne simple patch a été conçu avec la spécification de l'impédance d'entrée au bord d'un patch rectangulaire peut être approchée et calculée par l'équation (7) et la résolution de cette équation est faite à l'aide du logiciel MATLAB, nous obtenons = 44-j1 qui ne correspond pas bien avec un micro standard de 50 Ω . Le logiciel utilisé pour concevoir et simuler l'antenne Microstrip Patch est HFSS V13, nous avons obtenu les dimensions de l'antenne grâce au programme réalisé sous MATLAB en se basant sur les équations décrites ci-dessus .

Les spécifications des antennes simulées sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau I: Les Dimensions de L'antenne Patch.

Fréquence de fonctionnement	2.45 GHz
substrat	Téflon
Épaisseur de substrat	2 mm
Constante diélectrique de substrat	2.1
Longueur de substrat	123 mm
Largeur de substrat	86 mm
Longueur de patch	41.2 mm
Largeur de patch	49.2 mm
Position de l'alimentation	12.5mm
Couche de couverture N°1	plexiglass
Couche de couverture N°2	polyamide
Constante diélectrique de la couche N°1	3.4 et tg =0.001
Constante diélectrique de la couche N°2	4.3 et tg =0.004

Pour les différents épaisseurs de la couche de couverture de 127,254 et 508 μm et différentes permittivités nous montrons les paramètres de performances des antennes simulées en les comparant avec l'antenne patch simple sans couverture voila les figures de 2 à 11 . ces resultants sont concernés pour la premiere couche de couverture (plexiglass).

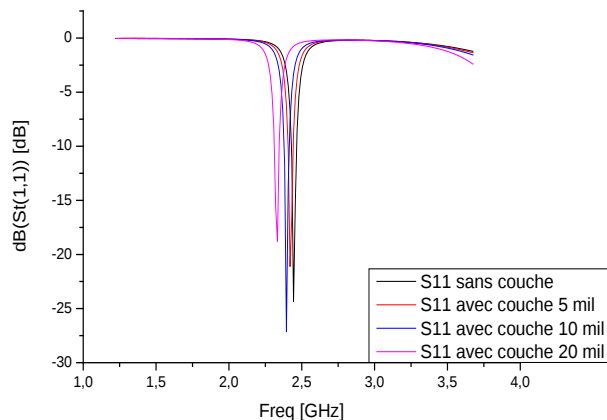


Fig2. Le S11 en fonction de la fréquence

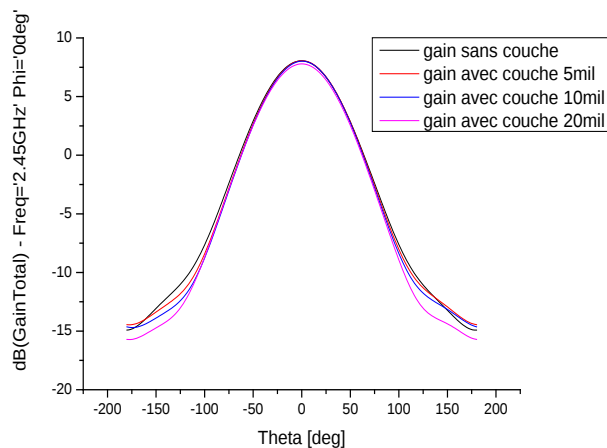


Fig3. Le gain total à 0 Deg en fonction de la fréquence

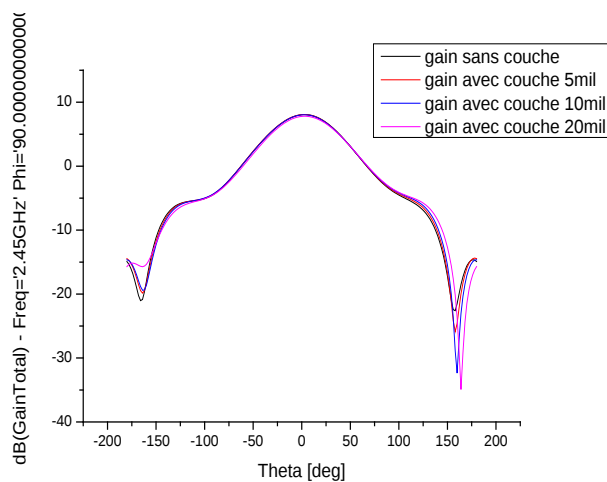


Fig4. Le gain total à 90Deg en fonction de la fréquence

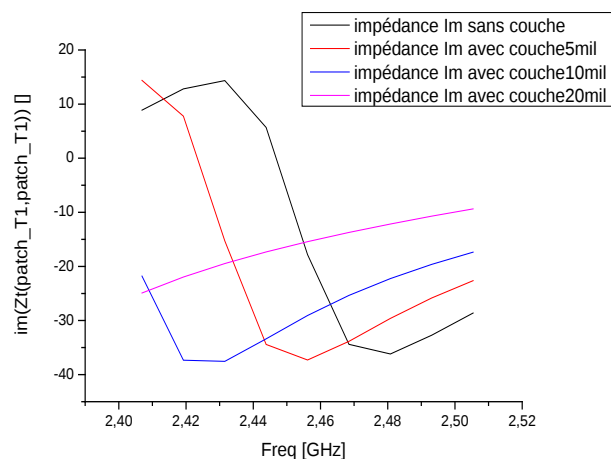


Fig5. L'impédance imaginaire en fonction de la fréquence

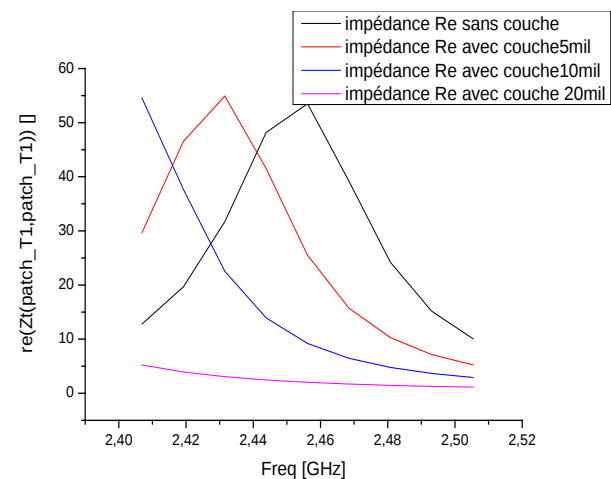


Fig6. L'impédance réelle en fonction de la fréquence

ces resultants sont concernés pour la deuxieme couche de couverture (polyamide).

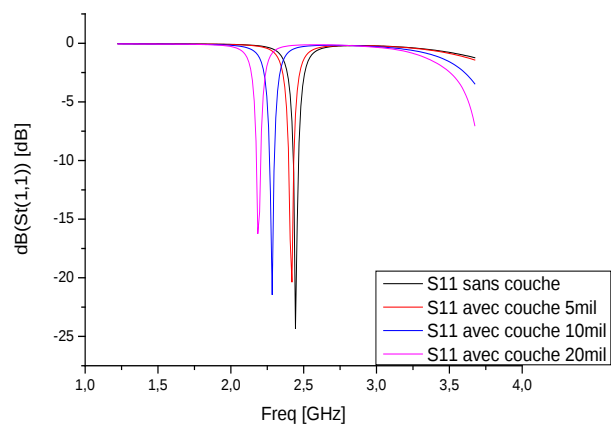


Fig7. Le S11 en fonction de la fréquence

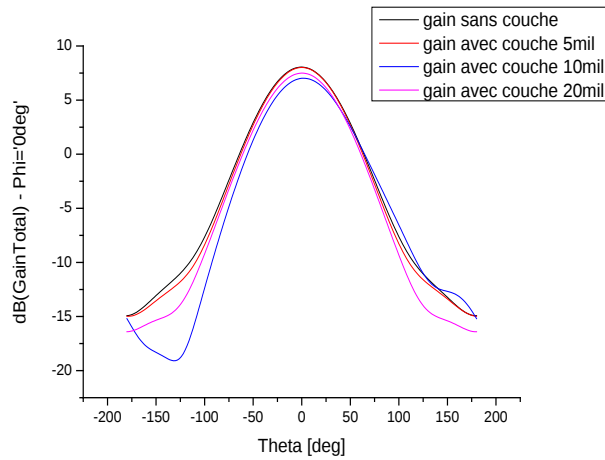


Fig.8. Le gain total à 0 Deg en fonction de la fréquence

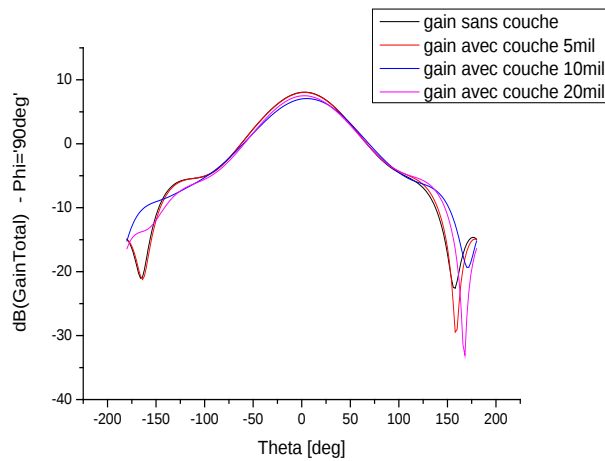


Fig.9. Le gain total à 90 Deg en fonction de la fréquence

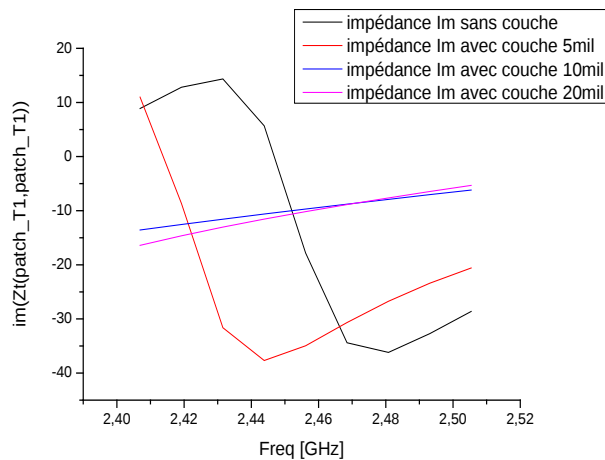


Fig.10. L'impédance imaginaire en fonction de la fréquence

L'antenne proposée patch microruban rectangulaire a été analysé en utilisant différentes épaisseurs de la couche de couverture de 127 au 508 μm et la fréquence correspondante sera déplacée de 2,45 GHz à 2,25GHz le cas de la couche

N°2., la bande passante est devenue très étroite ainsi il y a un légerement diminution au niveau de gain et directivité.

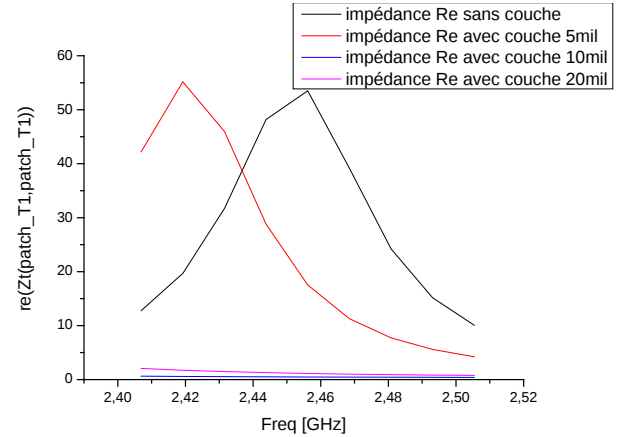


Fig.11. L'impédance réelle en fonction de la fréquence

Ainsi que l'efficacité de S11 return loss (RL) est varié de -24.34 dB à -16.24 dB, même si pour le ROS est varié de 1,567 à 5,581 les données correspondantes sont reportés dans le tableau .

TABLEAU II: Résumé des Resultants du Simulation.

L'antenne	Fréquence de résonance	S11(dB)	Bande passante (MHz)
Sans couche	2.443 GHz	-24.34	369
Avec couche N°1 127 μm	2.419 GHz	-21.13	346
Avec couche N°1 254 μm	2.394 GHz	-27.15	180
Avec couche N°1 508 μm	2.333 GHz	-18.79	175
Avec couche N°2 127 μm	2.419 GHz	-20.43	360
Avec couche N°2 254 μm	2.28 GHz	-21.86	205
Avec couche N°2 508 μm	2.18 GHz	-16.24	195

IV. OPTIMISATION

Cette optimization des dimensions est appliquée sur une antenne à couverture de 127 μm d'un matériau plexiglass.

D'après les figures précédentes on constate que la fréquence de résonance n'est pas centrée à la fréquence de résonance théorique calculée 2.45GHz, pour tous les antennes à couverture .Des ajustements sur le modèle seront donc nécessaires afin de recentrer la fréquence de résonance. Pour ce faire, la méthode d'optimisation sera utilisée de telle manière à trouver des nouvelles dimensions pour l'antenne patch.

Comme mentionné dans la théorie auparavant, on sait que la fréquence de résonance dépend de la longueur L de l'élément de rayonnement. Aussi, plus on diminue la taille d'un élément, plus la fréquence de résonance va être grande. Donc,

l'optimisation sera d'abord effectuée pour $40 \text{ mm} < L < 55 \text{ mm}$. après la vérification avec le paramètre (RL) la fréquence est au juste 2.45GHz mais l'impédance d'entrée est dégradée. Il sera donc nécessaire encore une fois de faire un ajustement. Comme la théorie précédente le spécifie, la position de l'alimentation sur l'élément de rayonnement va affecter le couplage d'impédance, aussi on pourrait faire varier la largeur W. Cependant, la prochaine optimisation va être sur la position de l'alimentation. L'optimisation sera d'abord effectuée pour $12 \text{ mm} < y_0 < 13.5 \text{ mm}$. Et nous avons constaté, bien que la position d'alimentation ne devrait pas changer la fréquence de résonance, elle a été déplacée vers 2.5 GHz. On peut expliquer en partie ce changement par la méthode d'alimentation utilisée qui en quelque sorte modifie grandement l'élément de résonance parce que l'on enlève une partie de l'élément pour insérer l'alimentation.

Cependant, on voit que les paramètres S à la nouvelle fréquence de résonance indiquent que le signal réfléchi est plus faible par rapport . Par contre la fréquence de résonance change avec la position d'alimentation, la prochaine optimisation va se faire avec 2 paramètres en même temps, y_0 et L. Cette optimisation sera la dernière et devrait atteindre l'objectif fixé. Cette dernière optimisation donne comme paramètre $L = 4.48 \text{ mm}$ et $y_0 = 12.7 \text{ mm}$. Voici les résultats.

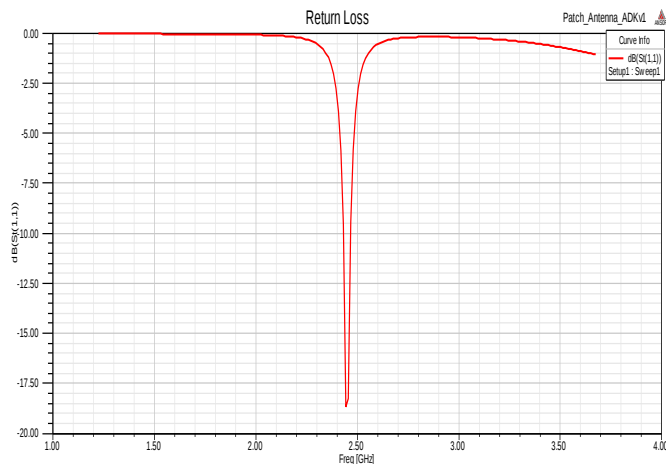


Fig.12. Le nouveau S11 en fonction de la fréquence

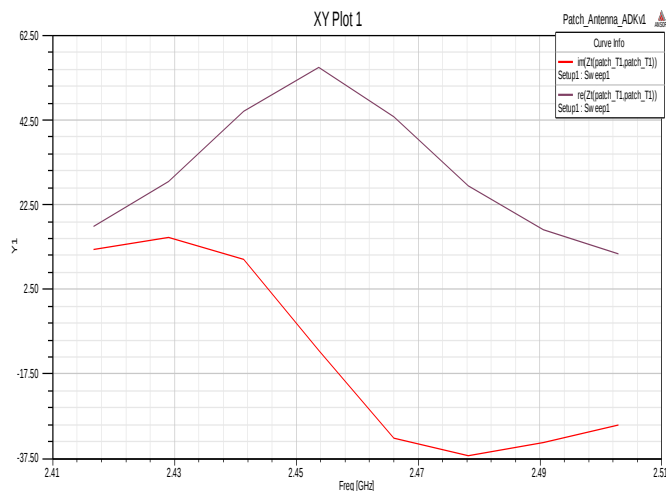


Fig.13. La nouvelle impédance en fonction de la fréquence

V. CONCLUSION

Comme on peut le constater, plus la constante diélectrique de la couche de couverture est grande plus cela va affecter sur les caractéristiques de l'antenne. Il est donc nécessaire de prévoir la couche dans la conception de notre antenne dès le départ.

Certaines caractéristiques peuvent même être améliorées en utilisant la couche de couverture, comme le gain et la bande passante de l'élément de rayonnement.

Une alimentation par un câble coaxial n'aurait pas le même problème, mais ce n'est pas une solution envisageable quand on veut utiliser une matrice d'éléments de rayonnement.

REFERENCES

- [1] Samirdev Gupta, Amitsingh "Design and Analysis of multilayer microstrip antennas with superstrate layer characteristics International Journal of Advances in Engg& Tech., vol.3,issue1, p.p no.55-68.
- [2] Hussain, A. Hammus, " Radiation performance evaluation of microstrip antenna covered with a dielectric layer", Eng& Tech Journal, vol.27, 2009.
- [3] M. Wnuk, R. Przesmycki, L. Nowo-sielski, and M. Bugaj "Multilayer Microstrip Antenna on Flat Base in the X Band (8.5GHz–12GHz)", Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS ONLINE, 7,pp. 216-220, 2011
- [4] Mohammed Younss, Acharaf, YacoubDiallo, Ahmed EI Moussaoui and Noura Aknin, "Study of a Microstrip Antenna with and without Superstrate for Terahertz Frequency", International Journal of Innovation and Applied Studies, p.p. 1-3, 2013
- [5] A. A.Deshmukh, G.Kumar, "Formulation of resonant frequency for compact rectangular microstrip antennas," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, 2007,pp. 498-501.