III.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 rapproché des futures antennes réalisées. Pour cela, il nous faut choisir un outil de simulation électromagnétique adéquat.

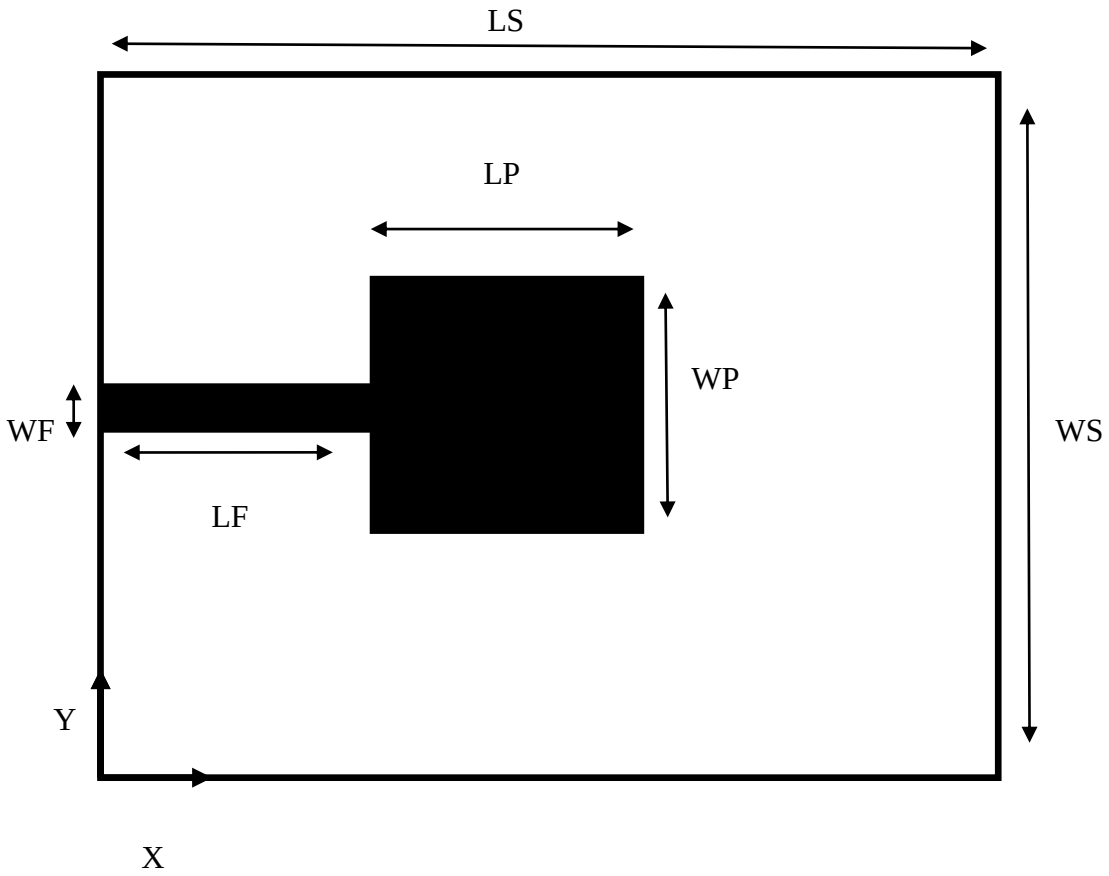
Une fois la structure d'antenne est introduite dans l'environnement de développement HFSS ou CST, ainsi que les conditions aux frontières et les paramètres de la solution selon les étapes expliquées dans le chapitre II, nous pouvons alors exécuter une "Analyze" afin d'estimer les performances de l'antenne.

Ainsi, nous développerons dans ce chapitre la phase de conception en présentant des résultats de simulation d'une antenne à patch rectangulaire alimentée par une ligne microruban. Ensuite on va faire la conception d'une antenne, suivit par des discussions et des commentaires.

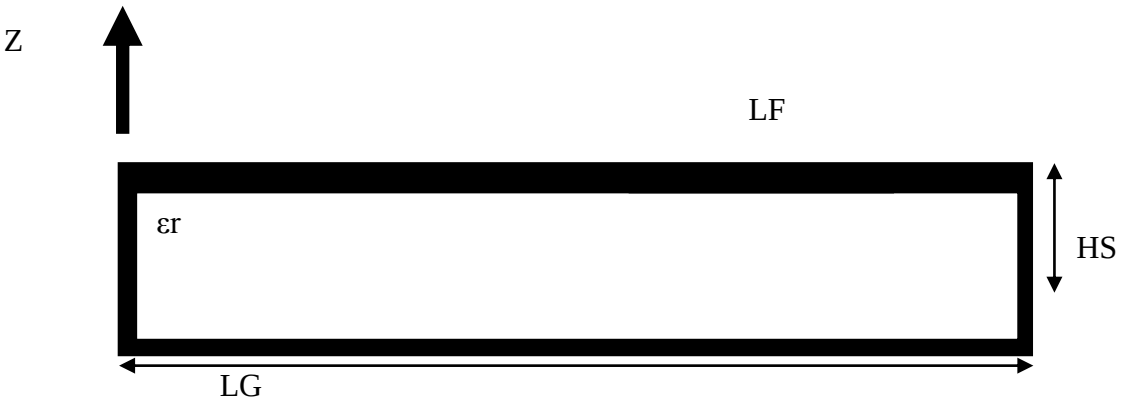
III.2 Antenne patch rectangulaire

La structure de l'antenne patch rectangulaire étudiée est illustrée dans la Figures III.1. La structure étudiée est excitée à travers une ligne microruban, d'impédance caractéristique égale à 50 ohms, de largeur Wf=3mm et de longueur Lf=8mm respectivement. Le patch ou l'élément rayonnant a une longueur et une largeur Lp = 20 mm et Wp =20, respectivement, Le patch est imprimé sur un substrat (diélectrique) de longueur et de largeur Ls*Ws = 40*40 mm^2 et d'épaisseur hs = 1.6mm.

Au-dessous du substrat, nous avons un plan de masse supposé théoriquement un conducteur parfait, et ses dimensions sont Lg*Wg=40*40 mm, s'étendant dans le plan (xoy). Le métal utilisé pour les conducteurs (patch, lignes microstrip et plan de masse) est le cuivre. Le matériau du substrat est le FR4 epoxy avec εr=4.4.



Vue de dessus



Vue de coté

Figure III.1 antenne microruban rectangulaire

III.2.1 Présentation de la structure étudiée dans le HFSS

L'environnement de travail de HFSS nous donne la possibilité de concevoir nos schémas en toute finesse comme montre la figure en dessous. La structure de l'antenne patch rectangulaire est présentée en 3D comme montrée dans la Figure III.2. L'un des intérêts de HFSS.

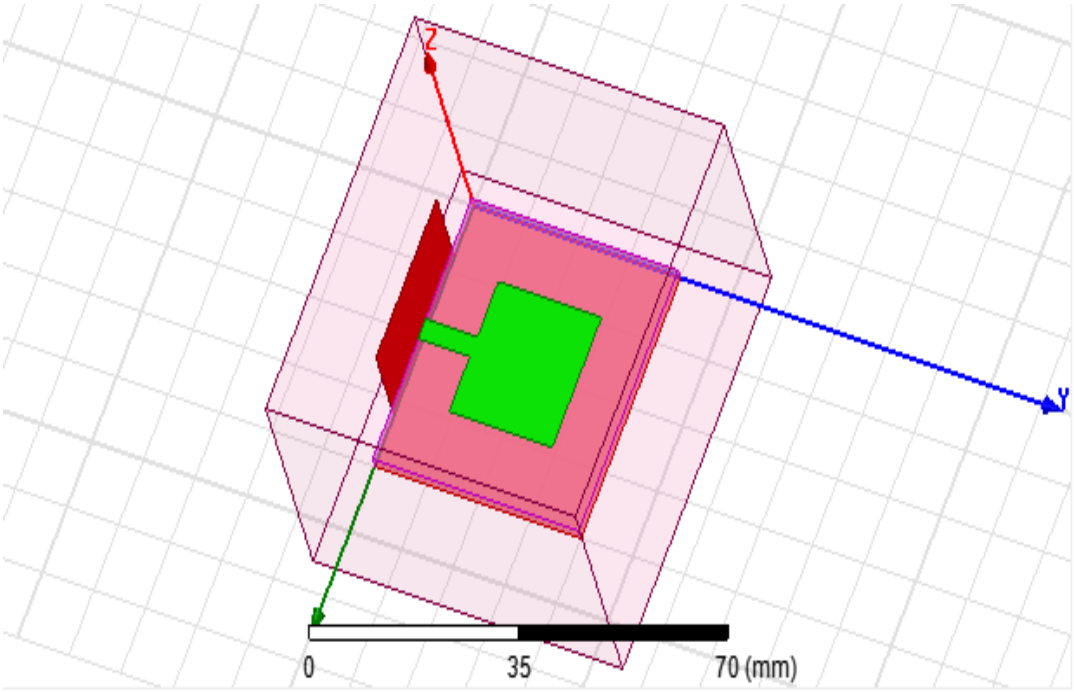


Figure III-2 Structure de l'antenne patch rectangulaire étudiée

III.2.2 Variation du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence de travail

Nous allons représenter pour cette antenne le coefficient de réflexion, qui joue le rôle de perturbation sur la transmission des données.

La Figure III.3, représente le coefficient de réflexion (S_{11} en dB) en fonction de la fréquence. On constate que le coefficient S est de l'ordre de -10dB pour une fréquence de résonance de 7.50Ghz, on constate aussi que la bande passante est très étroite (est égale à 0.23GHz) ce qui est une caractéristique inhérente aux antennes microstrip.

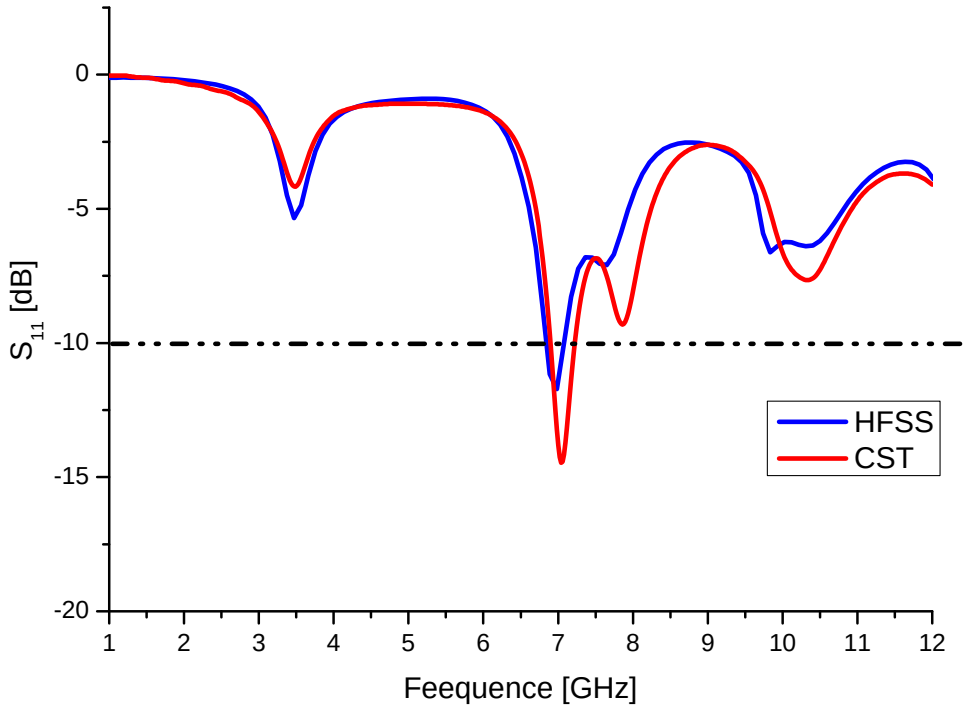


Figure III.3 Coefficients de réflexions S_{11}, obtenus par HFSS et CST

Maintenant, nous allons essayer d'optimiser les paramètres de cette antenne afin d'élargir sa bande passante. Pour cela, on va utiliser l'étude paramétrique pour étudier l'influence de chaque paramètre sur la bande passante de l'antenne.

Les paramètres les plus sensibles sont la largeur du plan de masse et la position de la ligne d'alimentation, donc nous allons faire l'étude paramétrique de ces variables.

III.3 Etude paramétrique

Quelques paramètres définissant la géométrie de l'antenne patch rectangulaire seront modifiés, afin de constater leurs influences sur les performances de la structure, notamment la bande passante de cette antenne.

III.3.1 Effet de la largeur du plan de masse

Afin d'étudier l'influence de la largeur du plan de masse sur les caractéristiques de l'antenne, nous allons faire couper le plan de masse, donc on fait la simulation pour plusieurs valeur de LG (de 40 à 6 mm, avec un pas de -0.5mm), mais les variables qui se trouvent dans le tableau (Tab III-1) seulement sont représentées dans la figure **(III.5)**

Paramètre « LG »	LG 1	LG 2	LG 3	LG 4	LG 5	LG 6
Dimension du plan de masse (mm)	40	30	18	15	9	6

Tab III-1 dimension du plan de masse

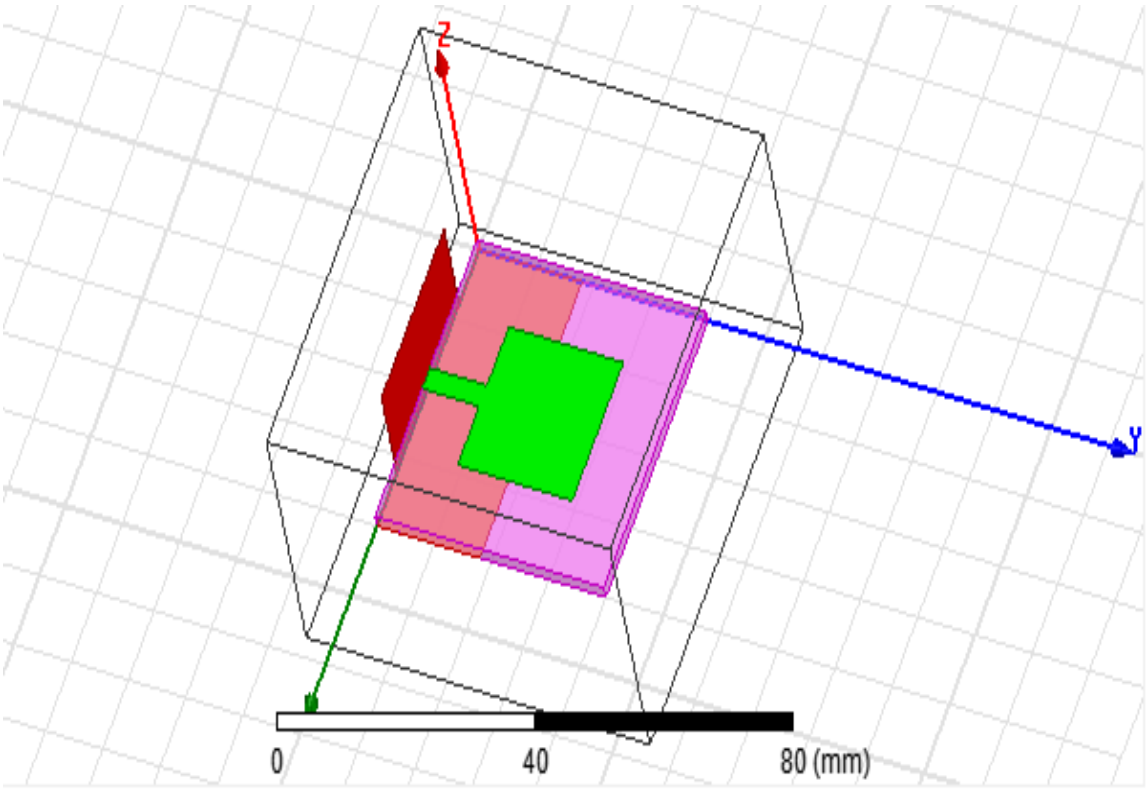


Figure III-4 couper le plan de masse LG

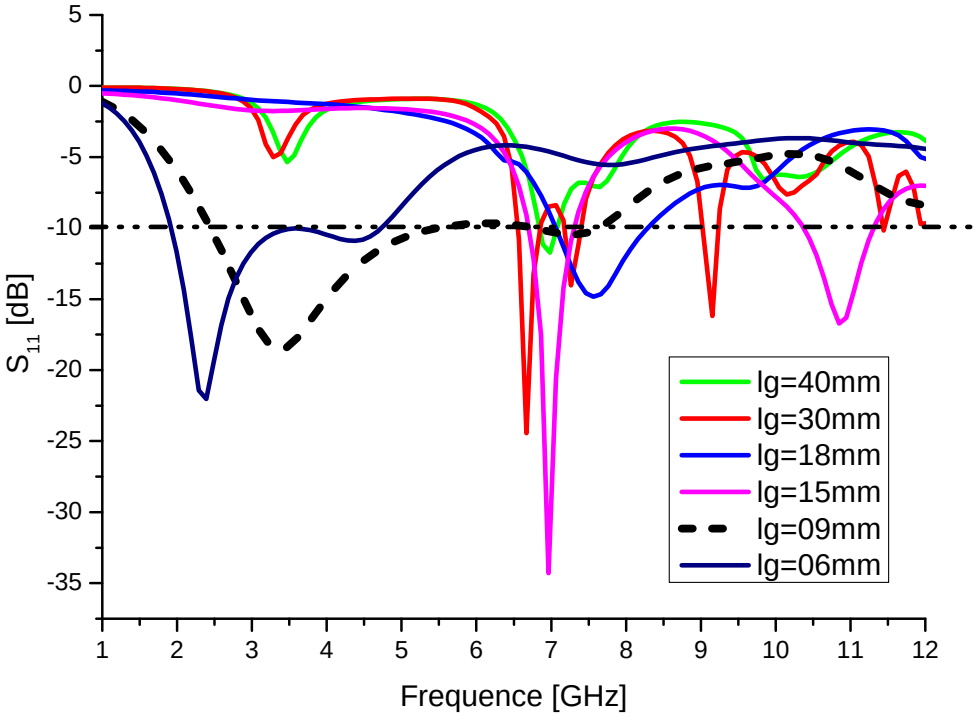


Figure III.5 Le coefficient de réflexion S11, pour différents valeurs de LG simulés sous HFSS

D'après la figure **III.5,** on peut observer que la meilleure largeur de plan de masse LG =9mm, tel que la bande passante est égale à 5 GHz.

III.3.2Effet de la position de la ligne d'alimentation

La position de la ligne d'alimentation serra aussi variée pour différents valeur (0 à 17mm avec un pas 0.1mm) afin de trouver la meilleure position, cette variation est paramétrée par le paramètre « PF », dans le tableau III-2. On cite les valeurs de la position que nous avons représentée dans la figure **III.6**

Paramètre « PF »	**PF 1**	**PF 2**	**PF 3**	**PF 4**	**PF 5**	**PF 6**
Valeur en mm	**0**	**2**	**5**	**8**	**10**	**13**

Tableau III-2 la position de la ligne d'alimentation

L'impact de cette variation sur la bande passante est montré dans la figure III-6 qui présente le module de coefficient de réflexion pour différents valeurs de « PF ».

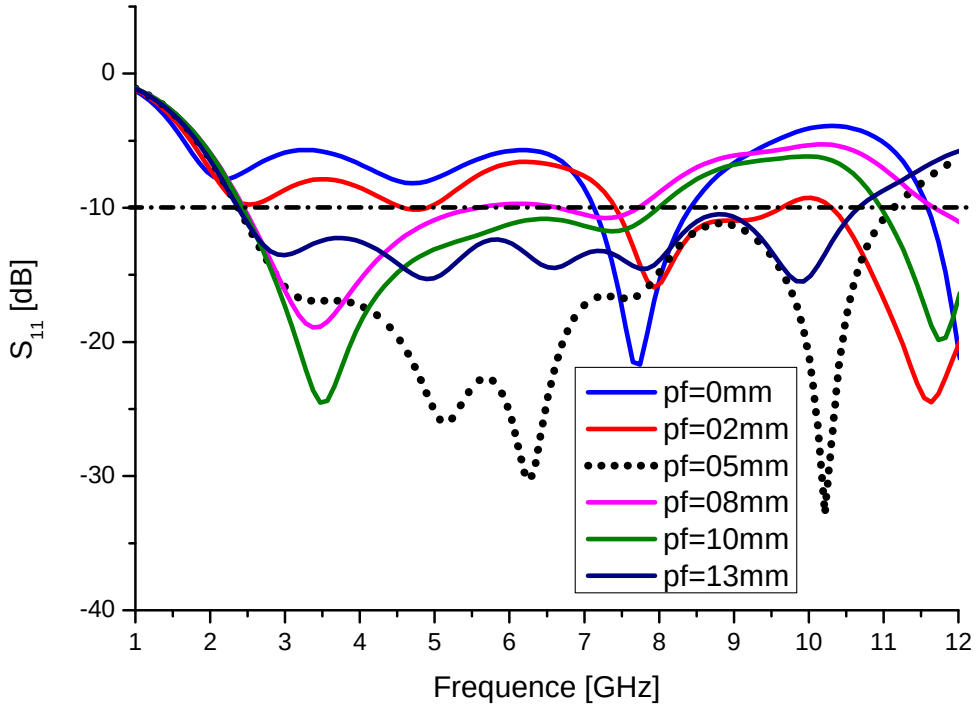


Figure III-6 Le coefficient de réflexion S11, pour différents valeurs de PF simulés sous HFSS

D'après la figure III.6**,** on peut observer que la meilleure position de la ligne d'alimentation PF=5mm, tel que la bande passante est égale à 8.5 GHz.

III.4 L'Antenne patch rectangulaire optimisée

A partir des études paramétriques menées précédemment, nous pouvons déduire les paramètres finals qui donnent la bande passante large.

Tous les paramètres sont cités dans le tableau (III-3)

Paramètres	WS	LS	WG	LG	PF
Dimensions (mm)	**40**	**40**	**40**	**9**	**05**

Tableau III-3 les paramètres optimisés

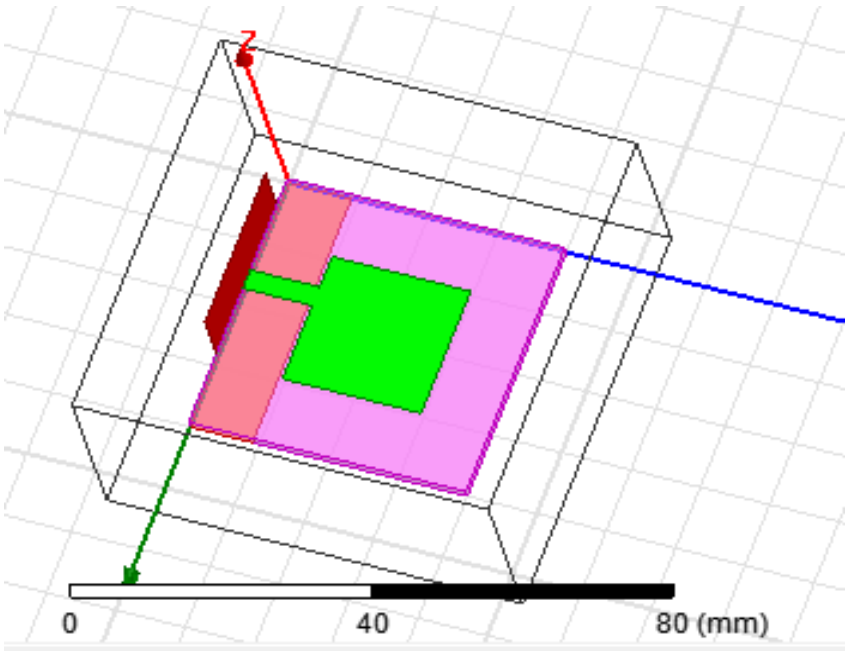


Figure III-7 L'antenne patch rectangulaire ainsi optimisée

L'antenne ainsi conçue à partir de notre étude paramétrique et représentée dans la figure III-7. Elle possède un plan de masse partiale de largeur LG = 9 mm, et la position de la ligne d'alimentation a été optimisée pour atteindre une valeur PF = 15 mm.

Les résultats de simulation obtenus pour les coefficients de réflexion sont représentés dans la figure III-8. Une comparaison entre les deux outils de simulation HFSS et CST pour la structure optimisée est aussi représentée.

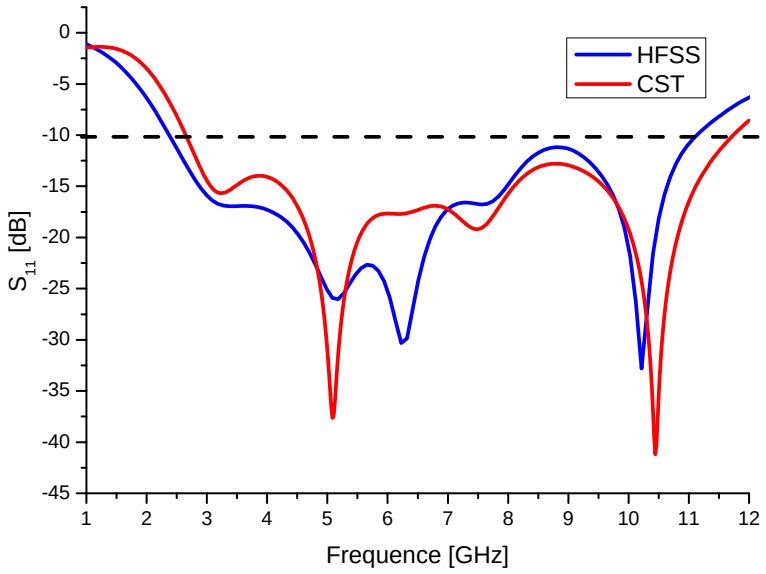


Figure III-8 Coefficients de réflexion pour la novelle antenne optimisée

III.5 Comparaisons entre la structure optimisée et la structure conventionnelle

Nous allons maintenant comparer les performances de la structure optimisée avec la structure conventionnelle en utilisant les deux outils de simulation HFSS et CST. La Figure III-9 présente les coefficients de réflexion des deux antennes.

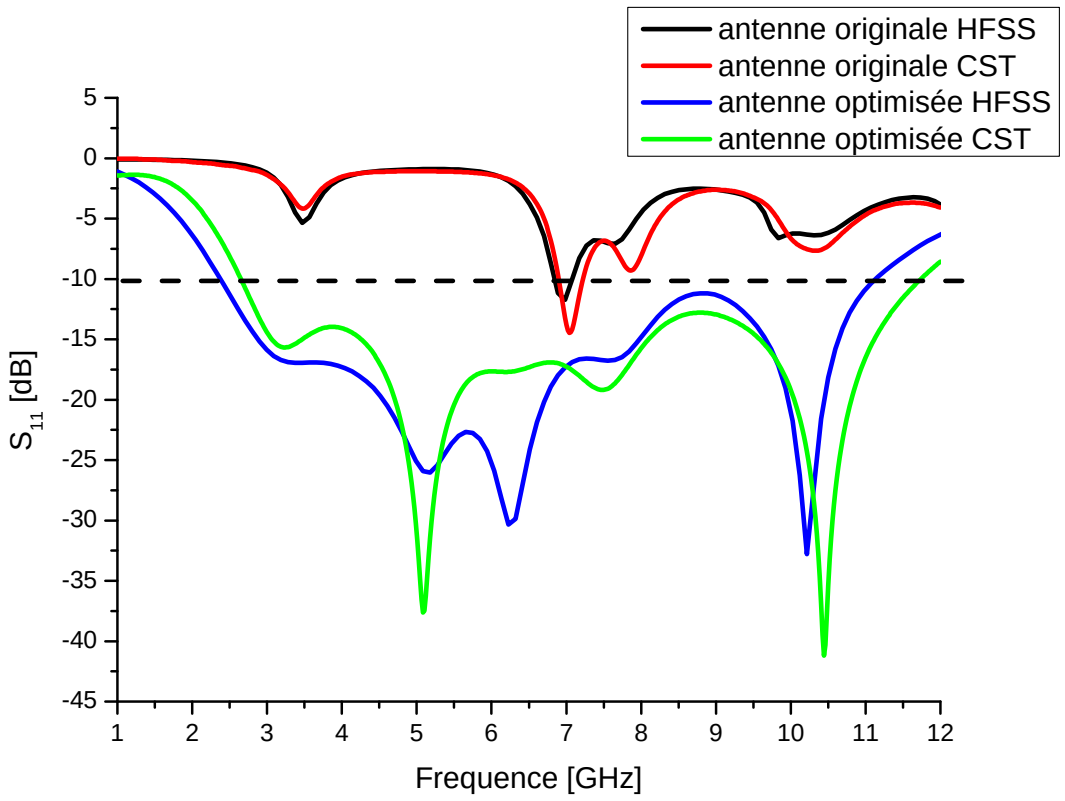


Figure III-9 Coefficients de réflexion de l'antenne optimisée et initiale

On remarque, d'après la figure, que la largeur de la bande passante de l'antenne optimisée est largement supérieure à celle de l'antenne conventionnelle. Ainsi la bande de l'antenne optimisée est 36 fois plus grande que celle l'antenne originale

III.6 Taux d'onde stationnaire (VSWR : Voltage Standing Wave Ratio)

Le taux d'onde stationnaire (VSWR : Voltage Standing Wave Ratio) c'est un quotient entre les champs électriques maximaux et minimaux dans une ligne de transmission. En d'autre manière, il caractérise la quantité du signal qui s'est réfléchie aux bornes d'une composante micro-onde. La norme acceptable dans un système de rayonnement électromagnétique est celle d'une valeur de VSWR inferieur à 2. La figure III-10 représente le VSWR dans la gamme de fonctionnement de l'antenne étudiée. D'après la figure, on constate que le taux d'ondes stationnaires est inférieur à 2 dans toute la gamme de fréquence de l'antenne étudiée.

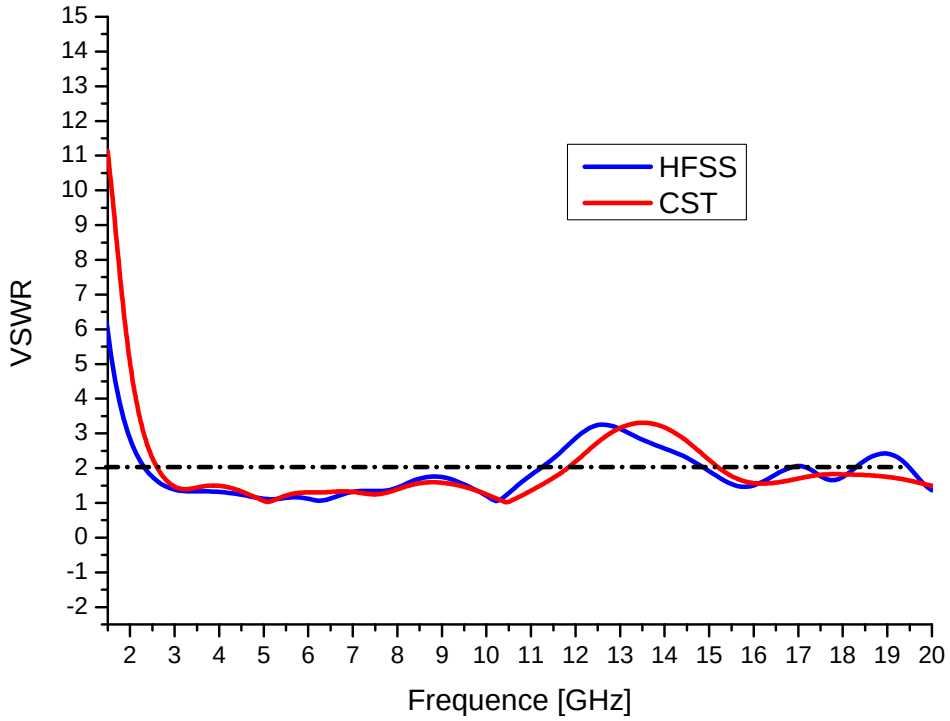


Figure III-10 le taux d'onde stationnaire

III.7 Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée (résistance et réactance) est un paramètre important de l'antenne microstrip. Une meilleure adaptation de l'antenne est traduite par une résistance plus proche possible de 50Ω en partie réelle, et nulle en partie imaginaire. Cette valeur est dictée par le fait que l'impédance caractéristique de la ligne d'alimentation est d'environ 50Ω. Pour arriver à cela, il faut que l'antenne soit adaptée sachant que l'adaptation dépend du type d'alimentation et de la position du point d'alimentation.

Les figures (III-11 et III-12) représentent l'impédance d'entrée (résistance et réactance) de l'antenne micro ruban à patch rectangulaire étudiée. La partie réelle de l'impédance d'entrée représente la puissance rayonnée (active) et la partie imaginaire correspond à une puissance (réactive) emmagasinée autour de l'antenne (pertes par rayonnement). D'après les deux figures, on constate que la partie réelle de l'impédance d'entrée est proche de 50 Ω et que la partie imaginaire est proche de 0 dans toute la bande passante de l'antenne. Ce qui confirme la bonne adaptation de la structure étudiée.

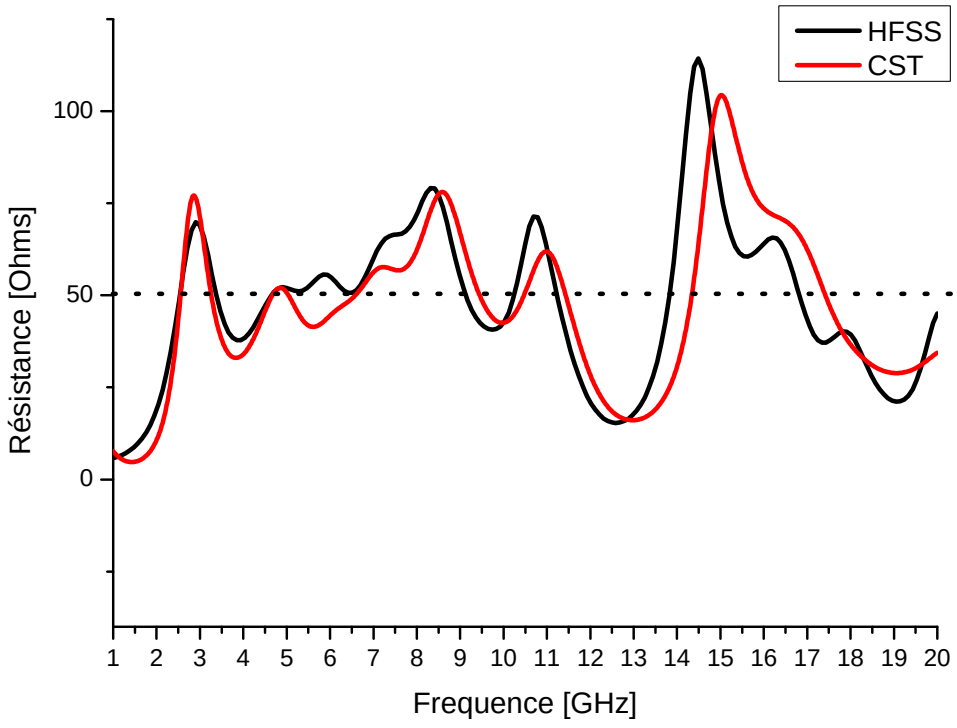


Figure III-11 représente l'impédance d'entrée (résistance) d'antenne patch rectangulaire

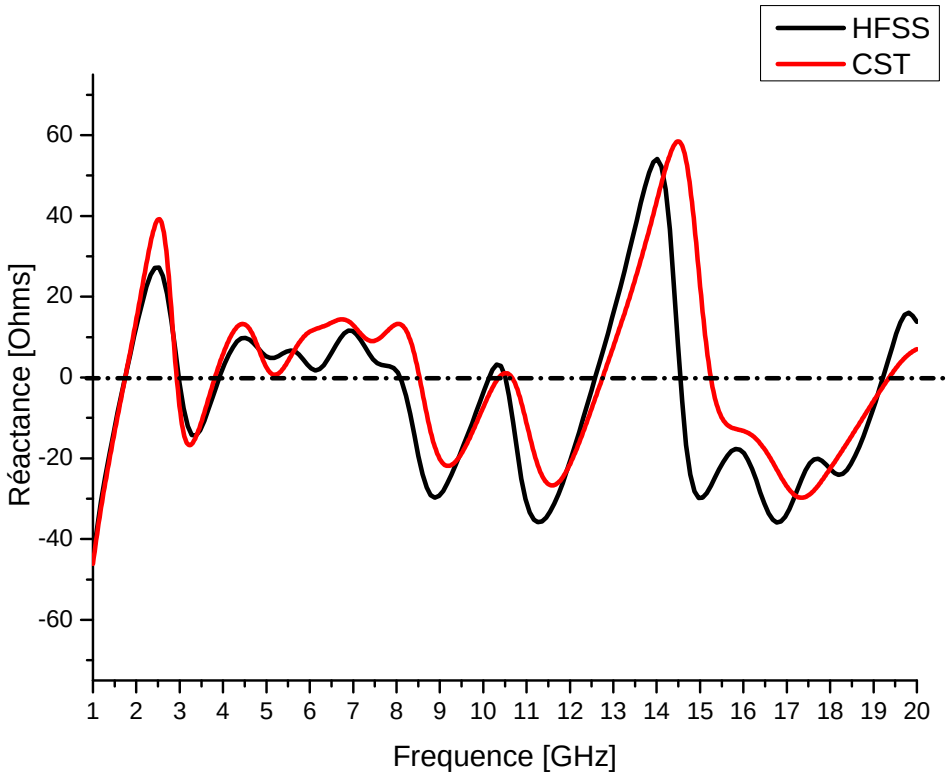


Figure III-11 représente l'impédance d'entrée (réactance) d'antenne patch rectangulaire

III.8 Le gain

Nous allons maintenant nous intéresser au gain de l'antenne. Le gain d'une antenne mesure en quelque sorte l'aptitude de l'antenne à convertir l'énergie électrique entrante à l'antenne en énergie électromagnétique rayonnée en espace libre. La Figure III-12 représente le gain en dB, pour la structure d'antenne microruban étudiée, en fonction de la fréquence. On constate que le gain varie entre -9.5 et 6 dB sur toute la bande (2 à 11.5 GHZ). On remarque aussi qu'à la fréquence 11.5 GHz, le maximum de gain observé est de 6 dB.

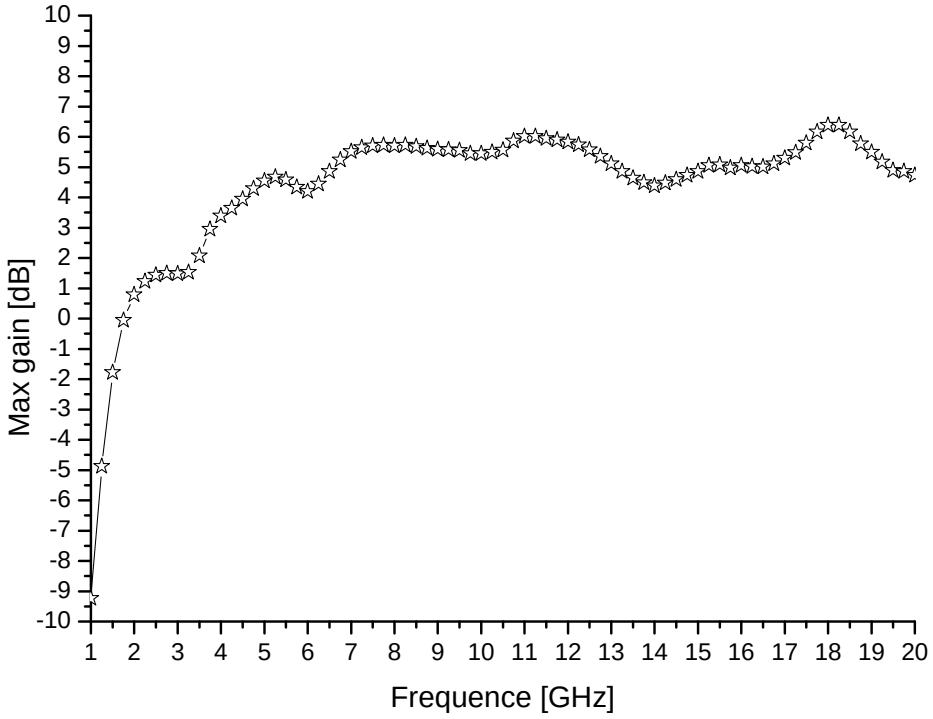


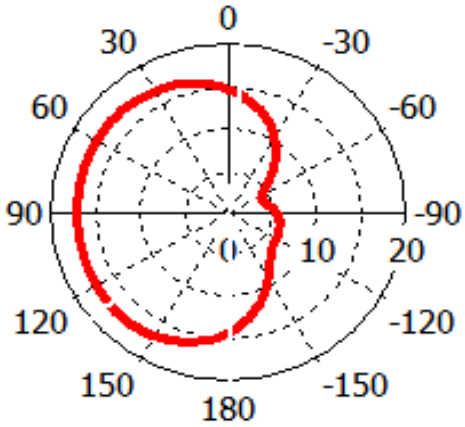
Figure III-12 le gain de l'antenne

III.9 Diagramme de rayonnement en 2D et 3D

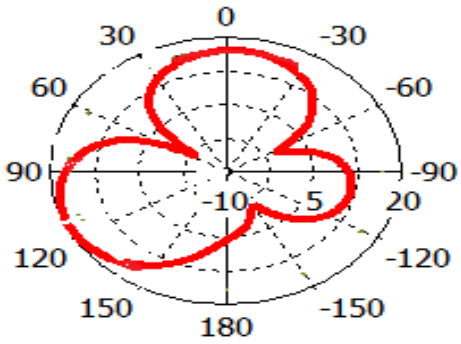
On étudie dans ce paragraphe les caractéristiques de rayonnement d'une antenne imprimée. Le diagramme de rayonnement est une caractéristique importante d'une antenne. En effet, le diagramme de rayonnement d'une antenne nous renseigne sur la façon avec laquelle l'antenne dirige sont rayonnement dans une direction ou une autre dans l'espace. On a tracé les diagrammes dans les deux plans principaux de l'antenne: le plan H et le plan E.

Les figures (III-12, III-13) représentent le diagramme de rayonnement simulé est dans le plan E (φ =0) et dans le plan H (θ=90°) pour différentes fréquences de résonance (5 GHZ et 10.5 GHZ) de la bande passante, respectivement.

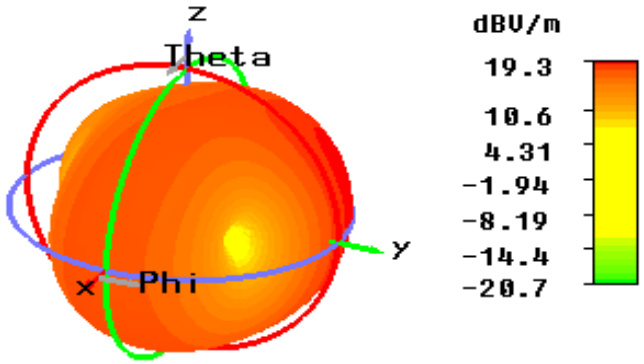
On constate que le diagramme de rayonnement en 2D à 5 GHZ possède un lobe principal dans le plan E dans la direction θ=90° et 2 lobes principaux dans 2 directions (60° et 120°) dans le plan H. Pour la fréquence 10.5 GHZ, on remarque que le nombre de lobes augmente à 3 lobes dans le plan E et plusieurs lobes pour le plan H. On constate aussi que le gain maximal est [19.3 ,20.3] dB pour (5 GHZ et 10.5 GHZ) respectivement.



(a)



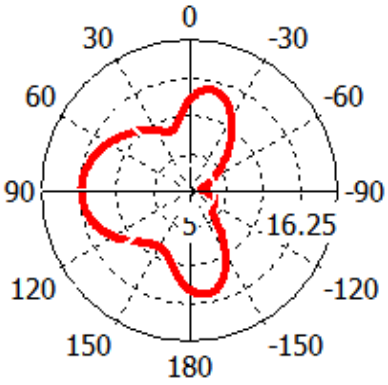
(b)



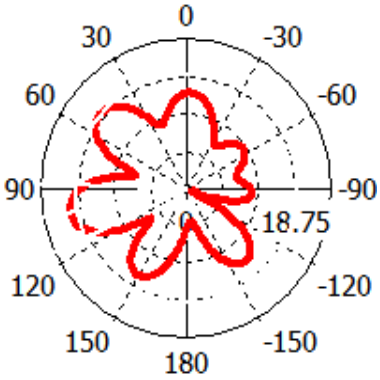
(c)

Figure III- 12 Diagramme de rayonnement à la fréquence 5 GHZ

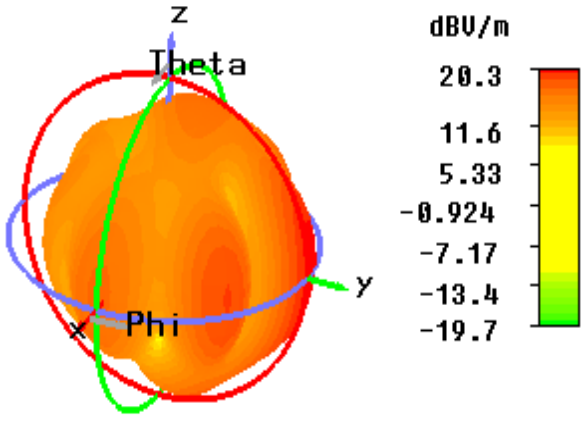
(a) Plan E, (b) plan H, (c) 3D



(a)



(b)



(c)

Figure III- 13 Diagramme de rayonnement à la fréquence10. 5 GHZ

(a) Plan E, (b) plan H, (c) 3D

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre, une étude paramétrique a été menée pour concevoir une antenne microruban optimisée ayant de meilleures performances par rapport à l'antenne microruban conventionnelle. Le logiciel HFSS et CST nous a permis de mener une telle étude et ainsi de simuler les performances de l'antenne. En effet, les différents paramètres de l'antenne tels que : le coefficient de réflexion, le taux d'ondes stationnaire, le gain et le diagramme de rayonnement ont été simulés et calculés. On a ainsi démontré que la bande passante de l'antenne proposée a été améliorée considérablement, par rapport à l'antenne classique, on utilisant un plan de masse partiel et en choisissant délicatement le point d'alimentation et la largeur de la ligne microruban d'alimentation.