

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المركز الجامعي بلحاج بوشعيب لعين تموشنت
Centre Universitaire de Ain Témouchent - BELHADJ Bouchaïb -
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : SCIENCES & TECHNOLOGIES

Filière : TELECOMMUNICATION

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Thème :

Contribution au développement d'un diviseur de puissance
compact dans la bande X

Présenté par : BENCHAIB Hamza

Soutenu en Septembre 2020 devant le Jury :

YAGOUB Réda	M.A.B	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
MERADI Abdelhafid	M.C.B	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
SLIMANE Zohra	M.C.A	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
EL-BOUSLEMTI Rahmouna	M.C.B	E.N.P.O (Oran)	Co-encadrant

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

A l'issue de ce travail, je remercie en premier lieu ALLAH de m'avoir donné la force et le courage de le mener à terme.

Je tiens également à exprimer ma sincère reconnaissance et ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, notamment mes encadreurs EL BOUSLEMTI RAHMOUNA et SLIMANE ZOHRA pour l'orientation, la confiance, et la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

J'exprime ma reconnaissance à monsieur MERADI ABDELHAFID, enseignant chercheur à l'université d'Ain Temouchant d'avoir accepté de présider le jury.

Nous tenons à remercier également Monsieur YAGOUB RÉDA, enseignant chercheur à l'université d'Ain temouchent d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin, mes remerciements vont à tous mes professeurs qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

*À mes très
chers
parents
Que Dieu
les garde*

*À toute ma
famille et mes
amis*

*A tous mes
collègues de
travail*

*À tous ceux qui sont
proches de mon
cœur et dont je n'ai
pas cité les noms*

*À toute
personne
malade de
mon pays*

Je dédie ce modeste travail.

Sommaire :

Remerciement	02
Dédicace	03
Sommaire	04
Introduction générale	06
Partie 01 : généralité sur les diviseurs de puissances	08
1.1 : Introduction	09
1.2 : Différents diviseurs de puissance.....	10
1.2.1 Diviseur de puissance en jonction T.....	10
1.2.2 Diviseur de puissance équi-reparti	10
1.2.3 Diviseur de puissance non équi-repartie	11
1.2.4 Diviseur de Wilkinson	11
1.2.5 Diviseur de puissance résistif adapte	12
1.2.6 Diviseur de Gysel (GPD :Gysel power divider).....	12
1.2.7 Diviseur de puissance N voie	13
1.2.8 Diviseur micro ruban	14
A/caractéristique d'une ligne micro ruban	14
B/Analyse d'une micro ruban	14
C/l'impédance caractéristique d'un micro ruban.....	15
D/les avantages d'une ligne micro ruban	16
1.3 : Avantage est inconvénient du différent diviseur de puissance.....	17
1.4 Conclusion	17
Partie 02 : diviseur classique	18
2.1 : Introduction	19
2.2 : Conception du diviseur de puissance micro ruban	20
2.3 : Comparaison des résultats expérimentaux entre le diviseur de puissance classique et micro ruban	24
2.4 : Conclusion	24
Partie 03 : la réalisation d'un micro ruban	26
3.1 Introduction	27
3.2 Matériel utilisé	27
Les feuille transparents	27
Plaque circuit imprime pré sensible	27
Insoleuse/insolation	28
Découpeur de circuit imprime	29

Les gans	29
Le révélateur.....	30
Le perchlorure de fer	31
Le connecteur SMA	31
L'analyseur de réseaux	32
3.3 La réalisation :.....	32
1er étape : création d'un typon	32
2eme étape : l'opération de coupage	33
3eme étape : l'insolation	34
4eme étape : la révélation	34
5eme étape : la gravure	34
6eme étape : découpage des plaques et soude des connecteurs SMA	35
3.4 Mesure hyperfréquence	35
3.5 Conclusion	38
Conclusion générale	39
Annexe A : Présentation du logiciel d'Ansoft HFSS.....	41
Références	46
Résumé	48

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Depuis de nombreuses années, le domaine des hyperfréquences connaît une évolution constante. L'une des tendances les plus importantes est le passage, amorcé au début des années 60, des technologies "classiques" (type guide d'onde) aux technologies plaquées (microruban coplanaire, ...). Ces dernières présentent l'avantage de pouvoir être fabriquées suivant les techniques très précises et bon marché des circuits imprimés. De plus, ces technologies planaires se prêtent particulièrement bien à la réalisation et à la miniaturisation des circuits passifs et actifs micro-ondes pour de faibles puissances. Le développement de ces techniques a débouché sur la production industrielle de dispositifs en technologie hybride et des composants MIC (Microwave Integrated Circuits) ou MMIC (Monolithic MIC), dans lesquels les circuits passifs (type lignes de transmission) et les éléments semi-conducteurs (transistors et diodes) sont intégrés sur le même substrat semi-conducteur (Silicium ou Arséniure de Gallium principalement), c'est à dire que les lignes micro ruban généralement utilisées comme élément de liaison ou élément constitutif de plusieurs circuits plus ou moins complexes (micro antennes, amplificateurs, oscillateurs etc...) permettant le guidage de l'onde électromagnétique.

L'objectif de ce travail est la réalisation d'un diviseur de puissance dans la bande X en utilisant la technologie micro-ruban. La Modélisation Numérique est faite à l'aide de logiciel *HFSS*, et la mise en évidence d'une règle de conception qui vise le dimensionnement géométrique et qui assure une miniaturisation du composant sans avoir une dégradation des performances.

Le mémoire s'articule autour de trois parties : la première partie représente une généralité sur les diviseurs de puissance où nous avons présenté les différents diviseurs de puissance les plus importants en se basant davantage sur leurs formes et la façon dont ils fonctionnent, entre autres le diviseur en jonction T et le diviseur de Wilkinson qui est le diviseur de puissance le plus important ; la deuxième partie est consacrée à la modélisation du composant qui est simulé en utilisant le HFSS en technologie microstrip avec des lignes planaires micro ruban , et nous avons représenté les résultats de la simulation des paramètres S, en les comparant avec les résultats de mesures après la réalisation du diviseur de puissance. Enfin, la troisième partie est consacrée à la réalisation du composant qui est effectuée au sein du laboratoire Caractérisation et Simulation des Composants et Circuits électroniques (*CaSiCCe*) de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Oran et les mesures sont faites au Laboratoire de Télécommunications et Traitement Numérique du Signal (*LTTNS*) de l'Université de Sidi Bel Abbas.

Enfin, la conclusion générale portera sur la synthèse du travail mené.

CHAPITRE 1 :

GÉNÉRALITÉS

SUR LES DIVISEURS

DE PUISSANCE

1.1 :Introduction :

Les diviseurs de puissance ont de nombreuses utilisations, y compris les mélangeurs, les amplificateurs et les condensateurs de puissance. Ces composants sont généralement très limités par les contraintes liées à la technologie de fabrication des circuits. En particulier, les diviseurs utilisés à des fréquences micro-ondes sont généralement des structures passives

Généralement les circuits passifs en technologie planaire sont considérés comme des éléments réciproques avec des ports adaptés afin d'atteindre des applications performantes

Les diviseurs de puissance sont composés de composants passifs et sont utilisés dans de nombreux domaines, principalement dans le domaine des micro-ondes et des radiofréquences (RF). Dans la section énergie, le signal d'entrée peut être divisé en deux signaux ou plus pour émettre au moins un, lorsqu'un combineur de puissance mélange deux signaux d'entrée ou plus et les combine sur un port de sortie. Le diviseur contient un certain nombre de ports (trois ou quatre) et les trois ports se croisent pour prendre la forme de la lettre T et peuvent

Généralement, les diviseurs de puissance donnent des signaux de sortie en phase avec un rapport de division de puissance égal (-3 dB), mais des rapports de division de puissance inégaux sont également possibles.

1.2: Différents diviseurs de puissance :

1.2.1 Diviseur de puissance en Jonction T :

Le diviseur de puissance en Jonction T est un simple réseau à trois fenêtres qui est utilisé pour diviser ou combiner l'énergie et peut être appliqué pratiquement en utilisant plusieurs types de lignes de transmission.

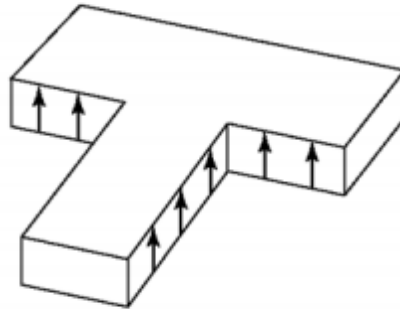


Figure 1.1 : diviseur en jonction T

1.2.2 Diviseur de puissance équi-réparti

Les micro-ondes rencontrent plusieurs problèmes, dont le diviseur de puissance équi-réparti est très utile dans le cas de groupement d'antennes en réseau à alimentation commune. Ce pendant la simple mise en parallèle de branches identiques, renvoyant une partie de la puissance vers le générateur (parfois peut être destructif) et diminuant la puissance transférée vers les charges .

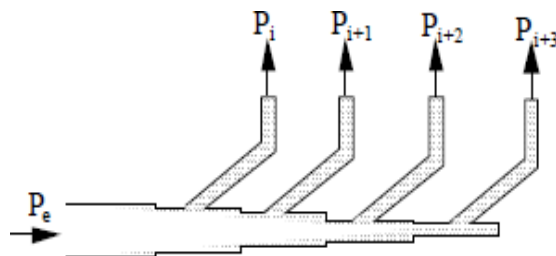


Figure 1.2 : la diviseur de puissance équi-repartie

1.2.3 Diviseur de puissance non équi-reparti :

Presque le même problème que le problème précédent, qui est le diviseur de puissance inégale. Le principe est d'envoyer une puissance différente à chaque des bras. Par exemple, tous les éléments du réseau d'antennes pondérés n'obtiennent pas la même puissance afin de configurer le diagramme de rayonnement d'une manière particulière.

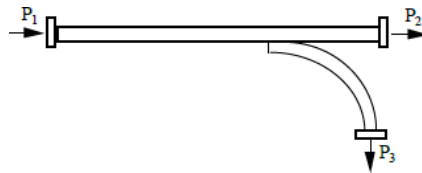


Figure 1.3 : diviseur de puissance non équi-repartie

1.2.4. Diviseur de Wilkinson :

Le diviseur de puissance de Wilkinson est produit en utilisant deux sections de TEM connectées en parallèle avec l'entrée et à la sortie connectées à l'impédance d'équilibre. Ce séparateur est un réseau à trois liaisons et est généralement conçu avec la même impédance pour chacun des ports.

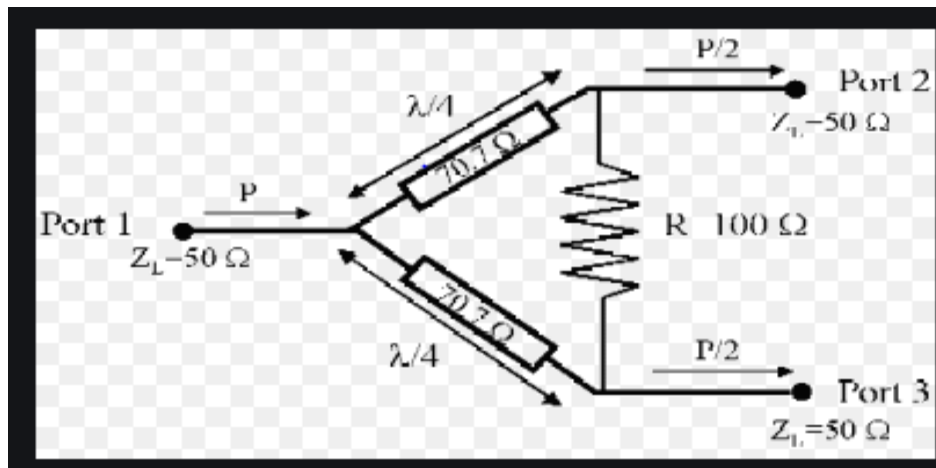


Figure 1.4 : diviseur de Wilkinson

$$\bar{S} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} S_{31} = S_{21} \\ S_{33} = S_{22} \end{matrix} \longrightarrow 4 \text{ paramètres à calculer } (S_{11}, S_{21}, S_{22}, S_{32})$$

Dans ce cas, le diviseur est symétrique, où le réseau est passif et réciproque. Donc la matrice [S] du diviseur est définie par les paramètres suivants :

Ce circuit sera détruit malgré la résistance entre les accès 2 et 3, et ce parce que les signaux qui arrivent aux accès 2 et 3 ont la même amplitude et la même phase ce qui conduit à une chute de potentiel nulle à travers la résistance. Les accès de sortie de ce diviseur sont isolés.

1.2.5. Diviseur résistif adapté :

Un diviseur résistif adapté est réalisé en plaçant des résistances dans les trois accès.

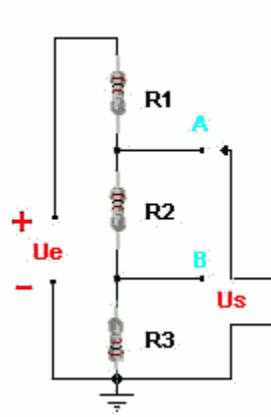


Figure 1.5 : diviseur de résistif adapté

Ce diviseur peut être réalisé pour couvrir une très grande largeur de bande car il n'y a pas de longueur de ligne de transmission qui soit fonction de la fréquence. De plus, quel que soit l'accès utilisé, la puissance appliquée à cet accès est parfaitement divisée entre les deux autres accès sans aucune réflexion parasite.

1.2.6 Diviseur de Gysel (GPD : Gysel Power Divider)

Le diviseur de puissance Gysel est le même que le diviseur de puissance Wilkinson, il possède un réseau de trois ports, mais il contient deux résistances à l'isolation et ses extrémités sont reliées à la terre. Le GPD se distingue également par sa capacité à dissiper la chaleur.

Mais, il n'est pas directement connecté à la terre et la résistance est dans la forme supérieure, cependant en GPD les deux résistances doivent être connectées au plan de masse et cela permet bien dissipation la chaleur..... [1]

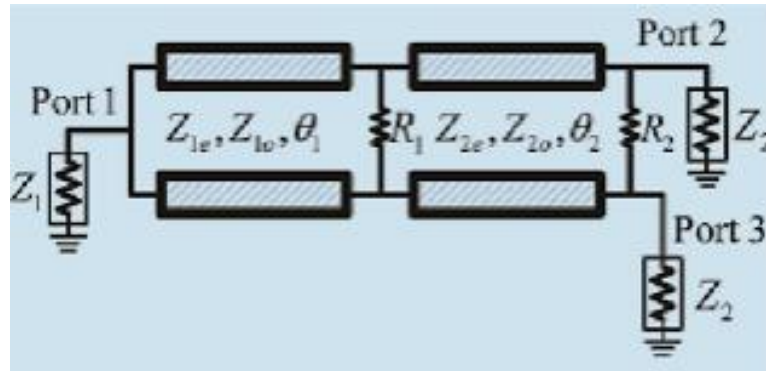


Figure 1.6 : le diviseur de Gysel [3]

1.2.8 Diviseurs de puissance à N voies :

L'émetteur RF utilise de diviseurs /combinateur de puissance pour transmettre une puissance de sortie élevée à l'antenne dans le système de commande de phase [4]. Il est également important de fournir une température d'isolation élevée entre les sorties sur la bande de fréquences.

Ce diviseur est également comme un combineur qui fournit une combinaison de puissances provenant des N sources de signal. Ici, l'impédance d'entrée des lignes de transmission Ni (connectées en parallèle) avec l'impédance nec caractéristique de Z0 est égale à $Z0/\sqrt{n}$.



Figure 1.7 : diviseur de puissance n voies

1.2.8 Diviseur de puissance micro ruban :

En ce moment, planaire est une technologie de base et est développé pour deux raisons

- Economiquement: c'est parce qu'il n'est pas cher financièrement et compense largement les coûts de la recherche et du développement Scientifiques.
- L'autre est que cette technologie se combine aisément aux circuits intégrés.

Grâce aux nombreux avantages des structures planaires, plusieurs formes ont été développées. Dans la suite, notre étude sera réalisée pour les lignes micro-ruban.

A / Caractéristiques d'une ligne micro ruban :

La face supérieure d'une plaque de diélectrique l'autre face étant entièrement métallisée (plan de masse). Le milieu de propagation des ondes n'est pas homogène car une partie des lignes de champ se trouve dans le substrat tandis que l'autre partie se trouve dans l'air.

- La vitesse de phase ou vitesse de propagation
- L'impédance caractéristique Z_c

Ces caractéristiques dépendent des paramètres suivants:

- La largeur du ruban W
- L'épaisseur du substrat h
- La permittivité relative du substrat L

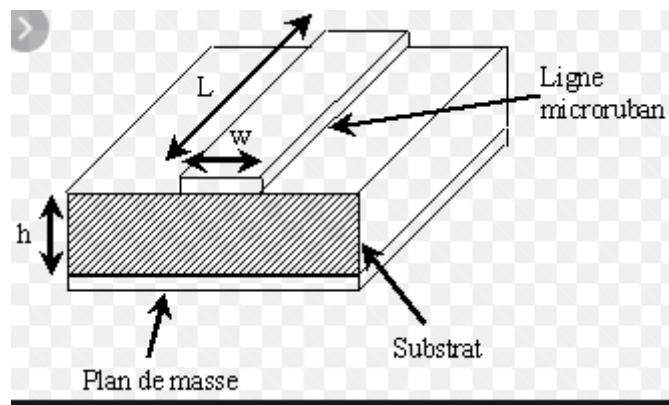


Figure 1.8 : une ligne micro ruban

B /Analyse d'une micro ruban :

Comme la montre la figure1.9 la difficulté de l'étude d'une ligne microruban provient du fait la

propagation s'effectue à la fois dans le substrat de permittivité ϵ_r et dans l'air de permittivité égale à l'unité

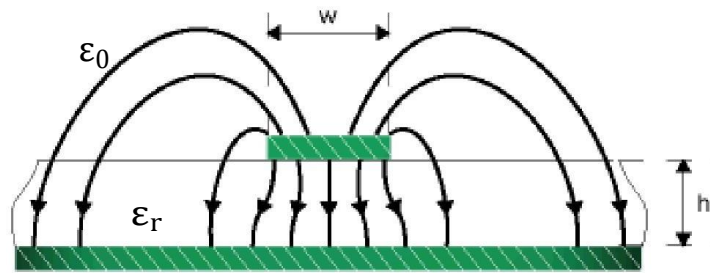


Figure 1.9 : allure de champ électrique dans un ligne micro ruban

Il s'agit d'une propagation par modes hybrides ayant les composantes du champ électromagnétique non nulles [2].

Dans le cas où la fréquence n'est pas élevée les composantes longitudinales du champ électromagnétique sont relativement faibles et peuvent être négligées, dans ce cas les ondes qui s'y propagent sont qualifiées d'ondes quasi-TEM

-Micro ruban contient un isolant électrique assez petit et la vitesse de phase, la propagation de propagation et l'impédance caractéristique sont exprimées par les équations suivantes :

la vitesse de phase $V_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_e}}$

la constante de propagation $B = B_0 \sqrt{\epsilon_e}$

Les lignes de champ existent en partie dans le diélectrique et en partie dans l'air. Le constant diélectrique prend une valeur moyenne comprise entre 1 et la constante diélectrique du diélectrique ϵ_r tel que :

$$1 < \epsilon_e < \epsilon_r$$

C/Impédance caractéristique :

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln\left(\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h}\right) \quad \text{si} \quad \frac{w}{h} \leq 1$$

$$Z_c = \frac{120\pi}{\epsilon e^{\left[\frac{w}{h} + 1.393 + 0.667 \ln\left(\frac{w}{h} + 1.444\right)\right]}} \quad \text{si } \frac{w}{h} \geq 1$$

La permittivité relative et la géométrie de la ligne influent principalement sur l'impédance caractéristique et de la vitesse de propagation et nous utilisons la relation $\lambda_g = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$ pour exprimer la phase d'onde dans une onde micro ruban en fonction de la phase d'onde dans l'air.

Les lignes de champ sont principalement concentrées dans le diélectrique entre la ligne métallique et le niveau du sol, et cela à un niveau de la ligne micro ruban

* Résistances :

Les propriétés des résistances hyperfréquences sont les mêmes que celles des résistances basses fréquences : une bonne stabilité, un faible coefficient thermique de résistance et une bonne capacité à dissiper la puissance.

$$R = P \cdot \frac{1}{T \cdot W} = R \frac{L}{W}$$

- Sachant que :

ρ est la résistivité du matériau de la couche résistive en Ωm

t est l'épaisseur de la couche résistive

l est la longueur de la trace W est la largeur la trace

R_c est la résistance au carré en Ω

D /Les avantages des lignes micro ruban :

Une ligne micro ruban principale est utilisée dans plusieurs domaines, dont la plupart sont dans la fabrication de circuits à micro-ondes et c'est parce qu'elle convient à la fabrication par procédé photo- lithographique et permet également une intégration simple de composants passifs et actives par montage en surface.

Leurs avantages :

- Un faible coût.
- Un faible encombrement.
- Une facilité de fabrication.

Et avec ces avantages c'est un micro ruban sont les meilleurs types de conducteurs pour réaliser des circuits intégrés. Mais n'oubliez pas que le micro ruban de bande n'ont pas de protection et ont donc de faibles puissances et ont des pertes plus importantes

1.3 Avantages et inconvénients des différentes formes de diviseurs de puissance :

Les formes de diviseurs de puissance utilisés dans la technologie de fabrication varient, ce qui crée plusieurs avantages pour les diviseurs :

- Les sorties des Pons sont bien isolées
- Une efficacité élevée
- Des pertes modérées

Nous mentionnons également certains inconvénients

- Causant de grandes pertes
- Support à faible énergie
- Difficulté à adapter et à contenir la technologie MMCI (Monolithic Microwave Integrated Circuits)

1.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié plusieurs formes et types de diviseurs de puissance, qui sont utilisés dans plusieurs domaines, y compris le domaine technologique et de fabrication, et nous avons également abordé la division de puissance micro ruban, qui est largement utilisée dans le domaine des télécommunications. Nous étudierons également le diviseur de puissance micro ruban et le traiterons via logiciel HFSS

CHAPITRE 2 :

DIVISEURS

CLASSIQUES

2.1 Introduction :

Le domaine des micro-ondes s'est considérablement développé au cours des dernières années. Il a de nombreuses applications dans les télécommunications. La conséquence du développement a permis d'apparaître de nouvelles technologies, elle nécessite la réalisation d'équipements compacts et très performants fonctionnant à des fréquences plus élevées.

En effet, les lignes de transmission aux fréquences millimétriques sont des guides d'ondes, pris pour leurs faibles pertes de dissipation ainsi que pour ses performances électriques. Ces guides d'ondes ont été remplacés par des structures triplaques [5.6.7]. L'intégration de structures triplaques dans un circuit électronique s'est avérée très pratique, car il est possible d'ajouter les composants actifs ou passifs à leur surface. Cependant, l'intégration de composants passifs reste nécessaire pour la réalisation de systèmes de télécommunication. Dans ces conditions, la miniaturisation de ces composants est un objectif majeur pour les générations futures d'appareils et de systèmes.

Les lignes de transmission micro ruban et la stripline ont certaines propriétés telles que [6.7]:

- faible coût, léger, petit et compact;
- compatibilité avec les circuits intégrés,
- performances intéressantes,
- meilleure fiabilité et bonne reproductibilité

La ligne de transmission plane la plus courante est la ligne micro ruban [7,8], qui comprend un substrat diélectrique complètement métallisé sur l'une de leurs faces (le plan de masse inférieur) et recouvert d'une bande métallique de l'autre côté. La ligne de transmission plane la plus courante est la ligne micro ruban [7,8], qui comprend un substrat diélectrique complètement métallisé sur l'une de leurs faces (le plan de masse inférieur) et recouvert d'une bande métallique de l'autre côté.

En particulier, le combineur/diviseur de puissance est un élément essentiel dans la conception des amplificateurs et mélangeurs de puissance. Leur rôle est de diviser le signal à amplifier en entrée en plusieurs signaux identiques en sortie. En effet, ces signaux ont une puissance bien inférieure au signal d'entrée. Le diviseur de puissance est un composant passif réciproque, il a au moins trois ports: un port d'entrée et deux ports de sortie ou plus. Les ports de sortie peuvent être isolés ou non

La technologie micro ruban correspond à une seule couche de diélectrique, sur laquelle un motif est imprimé sur une fine couche de métal (le cuivre est généralement utilisé). Les diviseurs / combineurs de puissance les plus populaires sont les structures de Wilkinson [8].

Le diviseur de puissance est composé d'un port d'entrée qui est adapté à une caractéristique d'impédance égale à Z_0 , et de deux lignes quart d'onde d'une impédance caractéristique $Z = 2Z_0$ suivies de deux sorties d'impédance de Z_0 . Une résistance $R = 2 \cdot Z_0$; il est connecté entre les deux ports de sortie et permet de maintenir l'adaptation en cas de déséquilibre de puissance de sortie [9]. Une illustration du diviseur Wilkinson est donnée sur la Fig 2.1

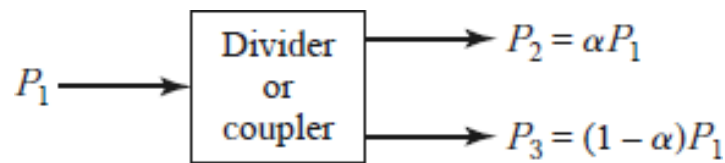


Figure 2.1. Structure Power division [5],

2.2 Conception du diviseur de puissance microstrip :

Une faible réflexion, une bonne isolation entre les ports de sortie, une bonne adaptation et une perte de puissance de transmission minimale sont des spécifications essentielles.

Le diviseur de puissance classique Wilkinson, composé d'une seule ligne micro ruban placée sur un substrat diélectrique, présenté sur la figure 2.2 .

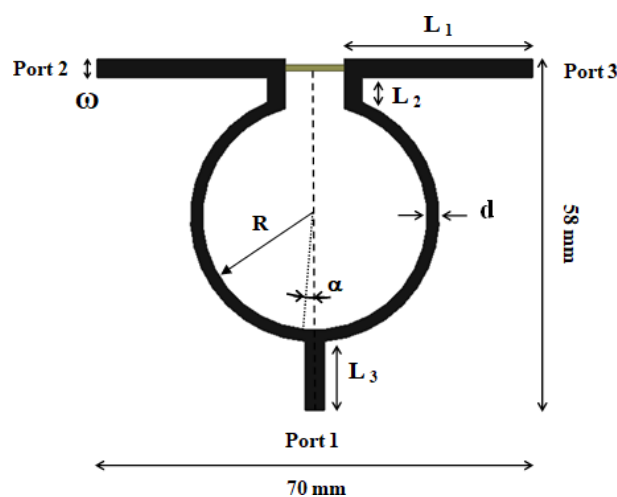


Figure 2.2. Diviseur de puissance classique.

Le diviseur de puissance à microruban réalisé avec la structure des tronçons (stubs) est illustré à la Figure 2.3.

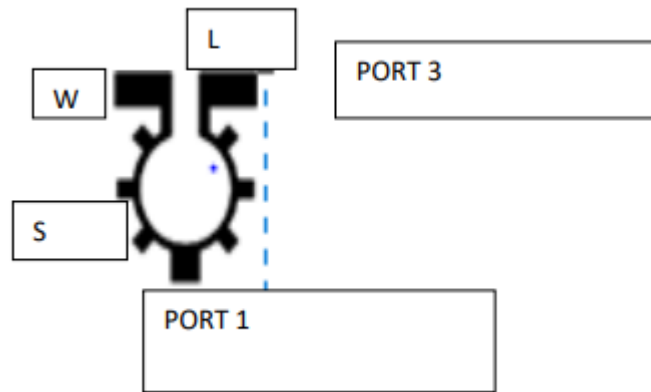


Figure 2.3 : diviseur de puissance proposé en utilisant des stubs.

De nombreux paramètres peuvent caractériser la ligne de transmission microruban et les performances d'un diviseur de puissance microstrip. On note, en supposant un mode de propagation quasi TEM [10];

- la vitesse de phase en micro ruban est donnée par $V_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$

Où: c est la célérité de la lumière (ms^{-1}) et ϵ_{eff} est la permittivité relative effective qui est égale à 2.9 pour de nombreuses lignes micro ruban [11].

- L'impédance caractéristique de la ligne de transmission Z_0 est donnée par [14]:

$$Z_c = \frac{120\pi}{\epsilon\epsilon \left[\frac{w}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{w}{h} + 1.444 \right) \right]}$$

Où W est la largeur de la ligne conductrice, mentionnée par ω sur la figure 3, et h est la hauteur du substrat

- Ondes de surface et modes d'ordre supérieur ; En ligne microruban, seul le mode dominant se propage. Ce mode est souvent appelé quasi TEM. Ces ondes de surface sont indésirables.

Le mode onde de surface crée un couplage avec le mode quasi-tem qui ne devient significatif qu'à la fréquence f_s [2]:t diélectrique.

$$F_s = \frac{c \cdot \tan(\epsilon r)^{-1}}{2 \cdot \pi \cdot h \sqrt{\epsilon r^{-1}}}$$

- Fréquence de coupure des modes d'ordre supérieur

on peut éviter l'excitation des modes d'ordre élevé en opérant à une fréquence basse de celle de la fréquence de coupure du premier mode d'ordre supérieur, qui est calculée par [16]:

$$f_c = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r(2w+0.8h)}}$$

- La fréquence de fonctionnement d'une ligne microtrip en pratique est prise par cette inéquation et elle est calculée selon la formule suivante ci-dessous [14]

$$F_c < \text{Min}(f_s, f_c)$$

Il est calculé par: $F_c(\text{GHz}) = 0.3 \frac{z_0}{1-h\sqrt{\epsilon_r}}$ (h in cm)

La figure 2. 3 montre la conception plane qui a été choisie pour fabriquer (si on pourra le faire) le prototype proposé selon les spécifications données en introduction. C'était une sorte de circulateur à moitié tri plaque [12], avec des accès triplaques. Le conducteur central circulaire d'où partent les trois lignes d'accès est situé à la surface centrale de l'échantillon. Parmi les objectifs fixés dans ce travail, est d'obtenir une impédance caractéristique proche de 50 Ω. La formule donne une valeur théorique d'impédance caractéristique qui est égale à 49 Ω qui est très proche de la valeur souhaitée de 50 Ω.

Il est possible de déterminer la largeur W des lignes d'accès selon l'angle de couplage et le rayon du cercle central comme suit :

$$W = 2 R \sin \alpha$$

Nous avons ajusté la largeur des lignes d'accès W à 3 mm afin d'avoir une impédance caractéristique de 50 Ω.

Les différents paramètres de géométrie mentionnés sur le tableau sont optimisés par des simulations électromagnétiques 3D utilisant An soft HFSS (High Frequency Electromagnetic Field Simulation) ; Leur description détaillée pourra être trouvée dans l'Annexe **. Une modélisation numérique a permis d'optimiser les performances de diviseur proposé. Les paramètres géométriques de ce diviseur sont décrits dans le tableau ci-dessous. Les résultats de simulation de ces deux diviseurs de puissance proposés sont présentés sur la figure 2.4.

power divider	L₁ mm	L₂ Mm	L₃ mm	d ~ S mm	S₁ mm	S₂ mm	W mm
classical	30.34	5	11.5	1.5	—	—	3
proposed	5	—	—	0.6	1.6	1.2	3

Tableau 1: Spécifications de conception du diviseur de puissance proposé

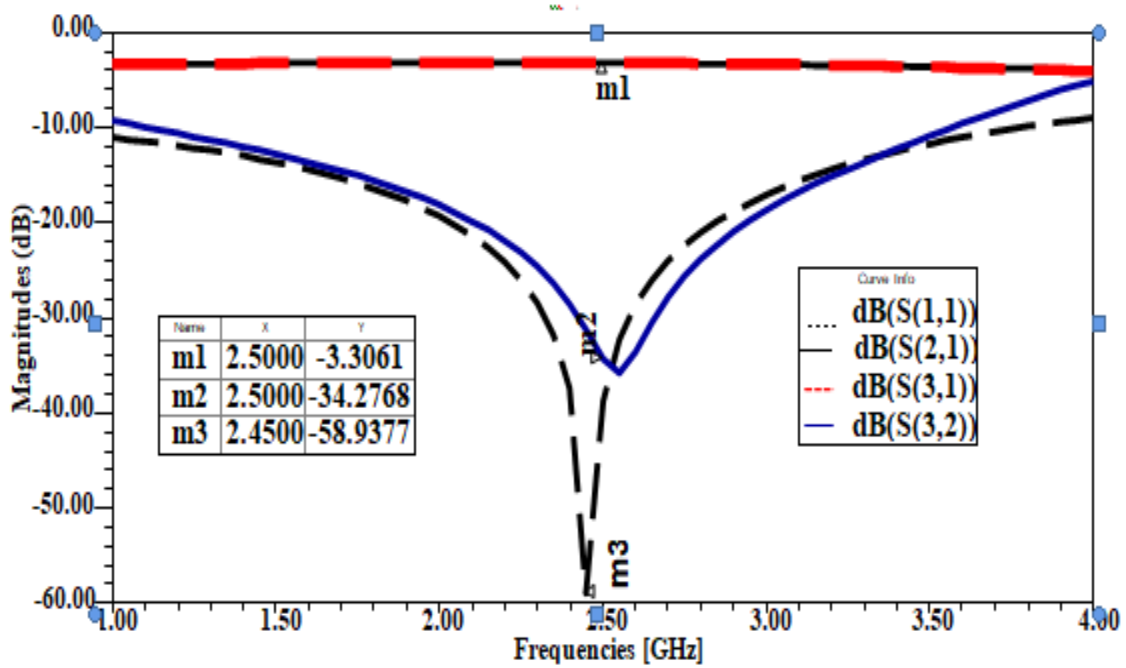


Figure 2.4 : Paramètres S de diviseur de puissance proposé.

La géométrie proposée dans ce travail est une miniaturisation d'un diviseur de puissance en utilisant la technologie triplaque et des stubs ouverts. Pour valider cette méthode, nous devons étudier la variation de la longueur du stub (S2), comme le montre la figure 2.5 , pour évaluer son impact sur les performances du diviseur. La variation de longueur de ce tronçon affecte les paramètres S.

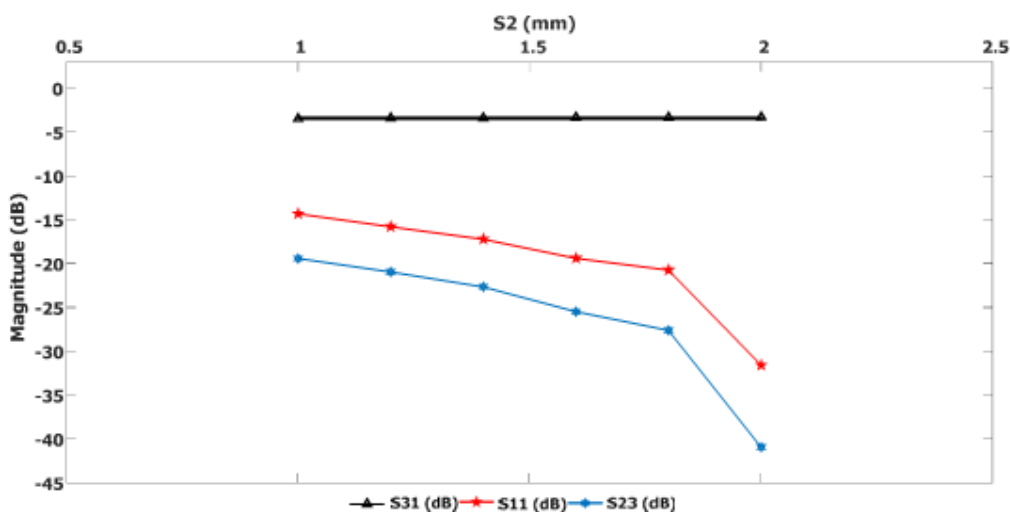


Figure 2.5 : Effet de la variation de la largeur du stub sur la fréquence fonctionnement

Après avoir modifié la taille du stub, il est possible d'observer que l'augmentation de la longueur du stub influe sur les performances de diviseur de puissance, la perte d'insertion S_{21} , la perte de réflexion S_{11} et de l'isolement S_{32} qui augmentent progressivement, comme le montre la figure 2.5.

2.3 Comparaison des résultats de simulation entre le diviseur de puissance classique et celui proposé :

En comparant les résultats expérimentaux obtenus pour les deux diviseurs de puissance proposés, nous pouvons observer que la différence est très faible. Aux fréquences de fonctionnement, les pertes d'insertion (S_{21} et S_{31}) sont de l'ordre de $-3,41$ dB pour les deux prototypes. L'affaiblissement de retour (S_{11}) est de $-25,75$ dB pour le diviseur avec les stubs ouverts et $-27,64$ dB pour le diviseur avec les talons croisés. Les résultats expérimentaux de l'isolement entre les ports de sortie (2 & 3); la grosseur de S_{23} est de $-26,35$ dB pour le diviseur avec les stubs ouverts et

$-28,25$ dB pour le diviseur avec les talons croisés.

On observe également que l'isolation (S_{23} ou S_{32}) du diviseur proposé s'est considérablement améliorée pour les deux structures proposées. Il est supérieur à -20 dB par rapport au diviseur classique d'isolation. Ces améliorations de l'isolement sont illustrées sur la figure 12.

En particulier ; ces diviseurs de puissance proposés sont faciles à fabriquer, ils occupent respectivement $15,6 \times 18,8$ mm² et $15,6 \times 17,6$ mm²; qui peut atteindre 92,77% de réduction de taille pour le premier prototype et 93,23% pour l'autre, par rapport au diviseur de puissance classique de la Fig. 2. La surface est calculée sans connecteurs SMA.

La différence de phase dans une gamme de fréquences de fonctionnement est de 0° à 2,5 GHz; ce qui prouve que les signaux des ports de sortie sont en phase.

Surtout, on constate que les pertes de retour d'entrée et de sortie (S_{11} , S_{22} et S_{33}) sont optimisées. La perte d'insertion (S_{21} et S_{31}) est proche de la valeur idéale de 3 dB et l'isolation de sortie ($S_{23} = S_{32}$) a été améliorée de manière significative, voire aussi une réduction de taille très remarquable.

2.4 Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la conception et la modélisation d'un diviseur de puissance Wilkinson. Une nouvelle géométrie a été introduite à l'aide d'une structure microstripe avec des stubs ouverts. En ce qui concerne les diviseurs de puissance proposés, les performances sont évaluées par une bonne isolation entre les différents ports de sortie, une très bonne isolation entre les ports des sorties et une faible perte de réflexion à l'entrée.

Le diviseur de puissance proposé avec des stubs ouverts a montré une réduction de la taille considérable par rapport au diviseur classique. Cette étude montre que l'approche proposée était valable pour développer un composant qui soit facilement fabriqué. Et pour les perspectives d'avenir, il serait intéressant d'étudier une telle structure avec un plus grand nombre de ports de sortie (> 3) afin de mettre en évidence les avantages d'une telle topologie.

CHAPITRE 3 :

RÉALISATION

D'UN DIVISEUR

DE PUISSANCE

3.1 Introduction :

Dans cette partie on va faire la réalisation d'un diviseur de puissance (micro ruban) et le mettre sous test. La réalisation est effectuée au sein du laboratoire Caractérisation et Simulation des Composants et Circuits électroniques de l'université d'Oran

L'objectif de cette étude est d'effectuer la mesure de la caractéristique de la transmission du diviseur de puissance en considérant le diviseur micro ruban et le diviseur classique et comparer les résultats obtenus.

3.2 Matériels utilisés :

Pour réaliser ce travail on a besoin de matériels et des outils suivants :

➤ Les feuilles transparentes

On a besoin des feuilles transparentes disponibles dans le marché pour imprimer le circuit du diviseur sur ces feuilles.



Figure 3.1 des feuilles transparentes

➤ Plaque de circuit imprimé pré sensibilisée

Une plaque de circuit imprimé pré sensibilisée est une plaque de circuit imprimé standard (en bakélite ou en époxy) qui a été recouverte d'une couche de produit chimique sensible aux UV (ultraviolets). Pour ne pas être exposé aux rayonnements UV naturels du soleil, ce type de plaque est livré avec un film protecteur anti-UV, qu'il convient de retirer au dernier moment.



Figure 3.2 Une plaque de circuit imprimé époxy FR4.

➤ **Insoleuse / insolation**

Une insoleuse est un appareil fort simple, doté de très peu de composants, que l'on peut parfaitement fabriquer soi-même si l'on est un minimum soigneux. Ce type d'appareil est doté de 1 à 4 tubes rayonnant des UV, et est destiné à insoler des plaques de circuit imprimé pré sensibilisées (sous-entendu sensible aux UV). Il est aussi possible d'utiliser une ampoule spéciale, mais les temps d'insolation sont bien plus longs et la régularité de l'insolation n'est pas excellente, surtout pour les grands circuits.



Figure 3.3 une Insoleuse

➤ **Découpeur des circuits imprimé**

Les plaques de circuit imprimé sont vendues dans un format standard, généralement :

- 100*160
- 200*300
- 300*600

Donc il faut souvent les redécouper pour les mettre à la dimension de la carte qu'on veut réaliser.



Figure 3.4 : Le découpeur des circuits imprimés

➤ **Les gans :**

On utilise des gants de protection destinés à être portés aux mains afin de prévenir les risques chimiques.



Figure 3.5 : des gants de protection

➤ Le Révélateur

Le révélateur est un produit chimique disponible sous forme des sachets de poudre à diluer dans un volume d'eau du robinet. Le révélateur doit être mis dans une bassine en plastique (PVC) ou en verre, le temps de révéler le circuit imprimé, puis devra être remis dans son récipient de stockage juste après usage. La température optimale d'utilisation de ce produit est généralement de 20 à 24°C. Le temps de révélation peut varier de quelques secondes à quelques dizaines de seconde, mais cela reste rapide dans tous les cas, et est parfaitement visible. Pendant que vous remuez (délicatement) la bassine, vous voyez apparaître petit à petit le cuivre nu (couleur rose) aux endroits exposés aux UV,



Figure 3.6 : Le révélateur

➤ Le perchlorure de fer

On trouve le perchlorure de fer sous forme liquide ou en granules. L'utilisation du perchlorure de fer peut se résumer à le mettre dans une bassine en plastique (PVC) ou en verre, le temps de réaliser la gravure. On plonge la plaque de circuit imprimé dans la bassine, et on bouge légèrement la bassine afin de faire au produit de légères vagues au-dessus de la plaque, afin d'éviter les dépôts et surtout pour accélérer le processus de gravure. Ce procédé est simple mais un peu long (20 à 30 minutes), Surveillez bien l'évolution de la gravure, et retirez la plaque du perchlorure dès que le cuivre qui devait être dissout l'est entièrement. Dès que la plaque est retirée du perchlorure de fer, la rincer abondamment à l'eau.



Figure 3.7 : Le perchlorure de fer

➤ **Les connecteurs SMA**

Un connecteur SMA (SubMiniature version A) est un type de connecteur coaxial développé dans les années 1960, l'impédance caractéristique est proche de 50 Ohms.



Figure 3.8 : Connecteur SMA

➤ **L'analyseur de réseaux**

Un analyseur de réseau est un instrument de mesure qui permet de déterminer les paramètres S d'un circuit électrique, pouvant être utilisé sur d'autres réseaux (avec notamment un plus grand nombre de pôles). On utilise généralement un analyseur de réseau dans le domaine des radiofréquences afin de caractériser les filtres, les câbles et les antennes. L'analyseur de réseau permet de tracer le nomogramme de Smith (ou abaque de Smith) du réseau étudié.



Figure 3.9 : Analyseur de réseaux

3.3 La réalisation

➤ **1ere étape : création d'un typon**

On dessine notre composant dans le logiciel de simulation HFSS, ensuite on utilise le logiciel AUTOCAD afin d'imprimer le model sur un papier transparent.



Figure 3.10 Plusieurs typons en papiers transparent.

➤ **2eme étape : l'opération de découpage**

On coupe notre plaque de circuit imprimé époxy FR4 pré sensibilisée à l'aide d'une cisaille à des morceaux de circuit aux dimensions du composant.

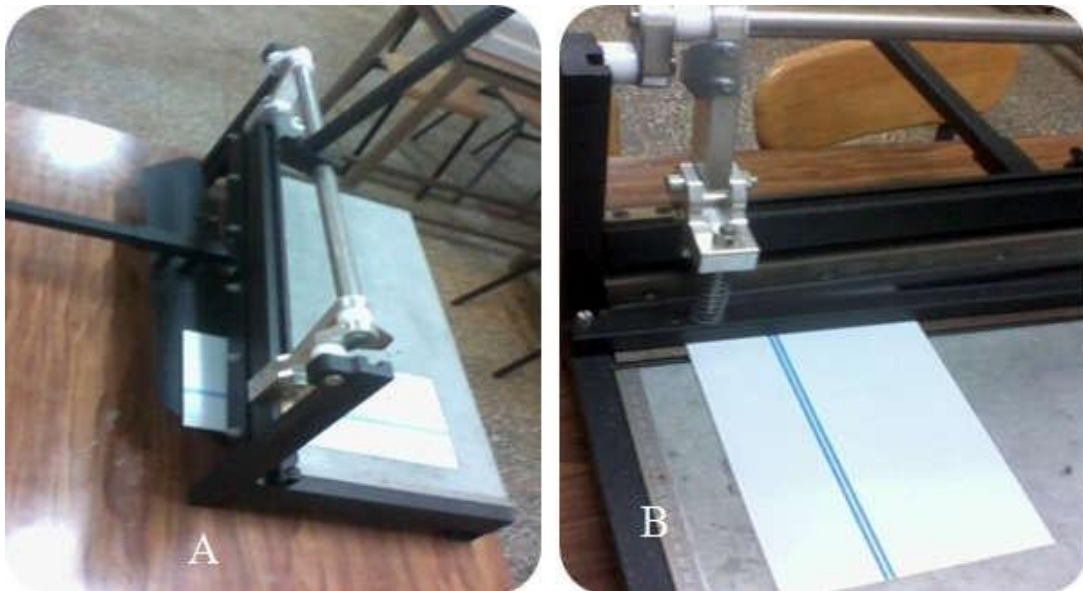


Figure 3.11 : La coupure de la plaque en morceaux

➤ **3eme étape : l'insolation**

Après la coupure de la plaque, il faut éteindre toutes la lumière dans la salle de la réalisation (laboratoire), et allumer la lumière rouge parce que la plaque de cette réalisation est très sensible à la lumière.

Les plaques photosensibles sont recouvertes d'une couche protectrice photosensible dure et très adhérente, d'une couleur bleu-violet et d'une épaisseur de 2.5 microns. Cette couche protectrice protégera le cuivre lors de la gravure.

Pour que l'insolation puisse s'effectuer, il faut retirer l'adhésif opaque qui protège la couche photosensible des rayons ultra-violets de la lumière ambiante. Une fois l'adhésif retiré, placez la plaque pré sensibilisée dans l'insoleuse, avec le typon côté cuivre.

On doit fermer le capot protecteur de l'insoleuse et régler la minuterie sur 2 min 30 sec. Les ultra-violets émis par les tubes de l'insoleuse vont détruire la couche photosensible aux endroits non protégés par le tracé du typon. Lorsque la minuterie s'arrête, on doit ouvrir le capot protecteur de l'insoleuse et sortir la plaque pré sensibilisée. On peut observer le tracé des pistes imprimé sur la résine

➤ **4eme étape : la révélation**

Le plus important dans cette étape est la sécurité. On a préparé la solution du révélateur (un bain marin) par un litre d'eau mélangé à un sachet de produit chimique NaOH, il faut le mélanger très bien.

On doit ramper la plaque pré sensibilisée dans le bain révélateur en suivant bien les consignes de sécurité. Si le révélateur est récent ou très actif, l'opération risque d'être très courte, On peut observer bien l'action du produit qui désagrège la couche photosensible brûlée par les ultra-violets, ne laissant que le tracé de modèle sur la couche de cuivre.

Une fois la révélation effectuée, le circuit doit être rincé à l'eau puis séché, avant d'être plongé dans le produit de gravure.

➤ **5eme étape : la gravure**

On plonge notre plaque dans un bac à graver qui contient un produit acide : le perchlorure de fer. Cet acide va dissoudre le cuivre autour des pistes protégées par la résine. Le Perchlorure de Fer suractivé est un liquide de couleur marron très foncé. On l'utilise pour graver les circuits imprimés car il a la particularité de détruire (par réaction chimique) tout le cuivre qui n'est pas recouvert de résine photosensible .Cela a pour conséquence de ne laisser sur le cuivre que les pistes qui nous intéresse



Figure 3.12 : Le bain au Perchlorure de fer.

Au bout de deux heures suivant la qualité du perchlorure de fer et de la température, la plaque est gravée. On voit facilement les pistes gravées sur le composant

Une fois la plaque est gravée, il reste à enlever les traces de résine qui subsistent sur les pistes protégées. Nous utiliserons du dissolvant. Le but est d'obtenir une plaque avec des pistes bien nettes.

➤ **6eme étape : Découpage des plaques et soudure des connecteurs SMA**

A la fin on découpera les plaques pour avoir le composant souhaité et on soude les connecteurs SMA dans l'entrée et la sortie du composant

3.4 Mesures hyperfréquences :

L'analyseur de réseau est l'outil principal de mesure aux hautes fréquences. Il permet de mesurer les ondes transmises et réfléchies sur un dispositif sous test.

Il existe deux catégories d'analyseurs de réseaux : les scalaires et les vectoriels, les scalaires ne donnent accès qu'au module des paramètres S et les vectoriels donnent le module et la phase des paramètres Pour cela, nous pouvons effectuer les mesures de ces paramètres par un analyseur de réseau vectoriel à deux ports à condition de maintenir une charge de 50Ω sur chacun des autres ports.

L'utilisation de la matrice de répartition, ou matrice de paramètre S permet de caractériser une ligne

comme étant un élément de circuit aux caractéristiques connues représentable sous la forme d'un quadripôle

Pour valider l'approche de conception, les diviseurs de puissance ont été fabriqués sur un substrat FR4 ($\epsilon_r = 4,5$, $h = 1,6$ mm). Un analyseur de réseau E5071C a été utilisé pour les mesures des paramètres S. La figure 3.13 montre la photographie des prototypes fabriqués, du conventionnel et des diviseurs de puissance proposés. Une seule résistance SMD est placée entre les deux ports de sortie pour améliorer l'isolation.

Les figures 3.14 et 3.15 illustrent la comparaison entre les résultats expérimentaux et numériques du diviseur proposé.

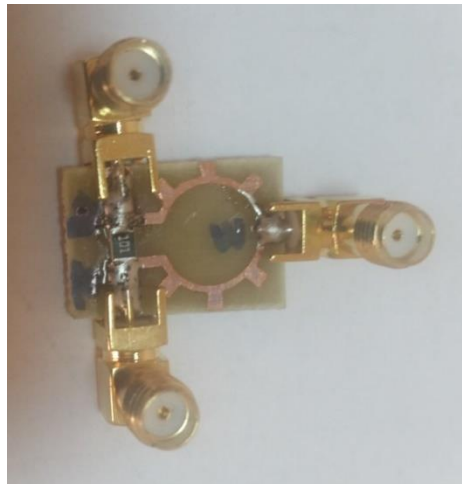


Figure 3.13 : Photographie du diviseur de puissance proposé à 2,5 GHz.

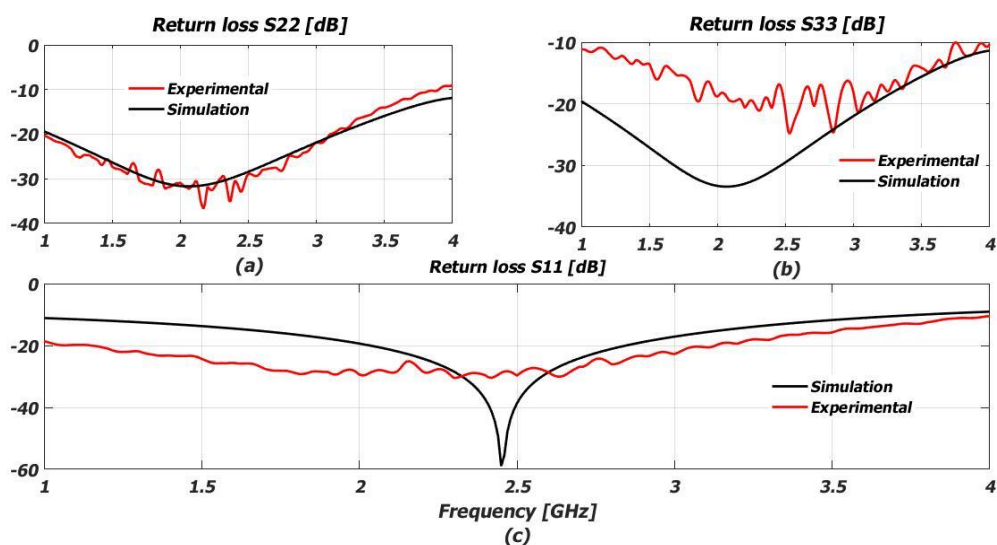


Figure 3.14 : Résultats mesurés et simulés du diviseur de puissance proposé (a) S22; (b) S33; (c)

S11.

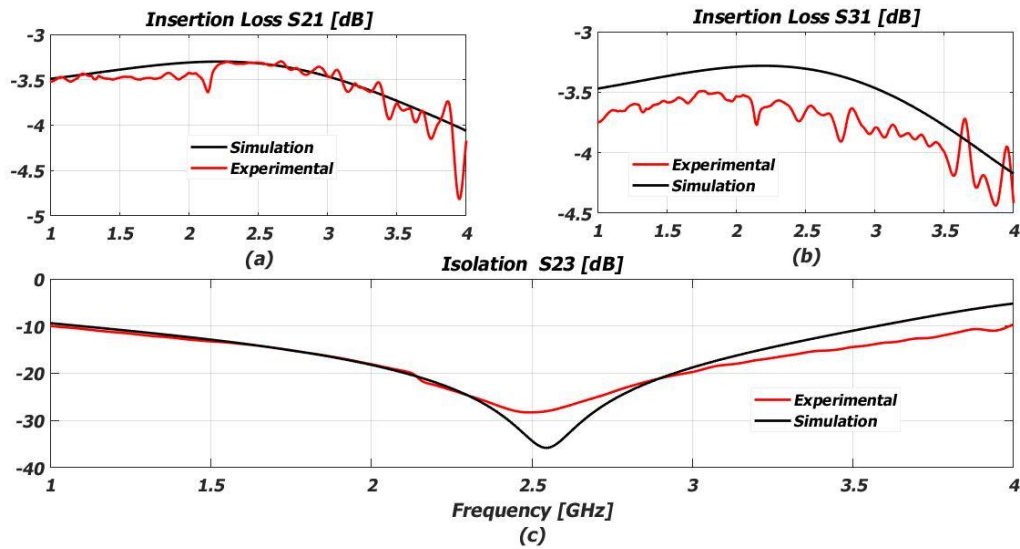


Figure 3.15 : Résultats mesurés et simulés du diviseur de puissance proposé : (a) S21; (b) S31; (c) S23.

Les performances du diviseur de puissance proposé à la fréquence de fonctionnement 2,5 GHz sont résumées dans le tableaux 3.1.

	S21 dB	S31 dB	S11 dB	S22 dB	S33 dB	S23 dB	$ S_{31} - S_{21} $ $\leq \pm 1$ dB
Simulation	3.34	3.34	31.59	27.92	26.82	40.83	0.00
Mesuré	3.45	3.46	25.75	25.05	27.57	26.37	0.01

Tableau 3.1. Performance du diviseur de puissance proposé à la fréquence de fonctionnement.

D'après le tableau ci-dessus, les pertes d'insertion sont de 3,34 dB à 2,5 GHz. Les pertes de retour (S11, S22 et S33) sont meilleures que 25 dB; et l'isolation entre les ports de sortie S23 est supérieur à 26 dB. Les résultats montrent une bonne cohérence entre les mesures expérimentales et les simulations.

3.5 Conclusion :

Ce chapitre présente l'étude d'un nouveau diviseur de puissance utilisant la technologie de structure stubs. Son étude paramétrique est décrite en détail et un diviseur de puissance est conçu pour fonctionner à 2,5 GHz. Ses dimensions étaient de 15,6 x 18,8 mm² sur un substrat FR4. Ce type de structure compacte permettra la conception d'un composant RF miniature.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale :

Ce mémoire s'intéresse à la « Contribution au développement d'un diviseur de puissance compact dans la bande X » et a été réalisée en partie au sein du laboratoire 'Caractérisation et Simulation des Composants et Circuits électroniques' « *CaSiCCe* » de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Oran et en une autre partie au Laboratoire de Télécommunications et Traitement Numérique du Signal (*LTTNS*) de l'Université de Sidi Bel Abbès.

Dans ce travail on a présenté la réalisation d'un diviseur de puissance microstrip.

Le mémoire est composé de trois parties ; dans la première partie, nous avons présenté les différents types de diviseur de puissance les plus importants tels que le diviseur en jonction T, le diviseur de Wilkinsonetc, et nous avons également mentionné leurs formes et leurs tailles et leurs modes de travail ; nous avons également introduit la technologie micro ruban qui est la base de la réalisation de notre composant.

En deuxième partie : nous avons démontré une étude paramétrique sur le fonctionnement du diviseur par la Modélisation Numérique à l'aide du *simulateur HFSS* d'ANSOFT basée sur la technologie microruban. D'après les résultats de simulation on conclut sur la possibilité d'avoir un fonctionnement de ce composant autour de 2.5 GHz. Les performances attendues de ce dispositif étudié sont les pertes d'insertion inférieurs à -3.41 dB, une isolation à -28.25 dB et des réflexions supérieurs à -25.75 dB.

La dernière partie a été consacrée à la réalisation du composant. Nous avons obtenus avec notre configuration des performances tout à fait acceptables, avec des résultats très intéressants par rapport ce que l'on trouve aujourd'hui dans la littérature. Les résultats de mesure montrent clairement la faisabilité de notre conception ;

ANNEXE

Annexe **Présentation du logiciel d'Ansoft HFSS**

Le logiciel Ansoft HFSS « High Frequency Structure Simulator » permet de concevoir des structures en 3D. La version utilisée dans les applications est la version 14. C'est un logiciel permettant la modélisation et l'analyse électromagnétiques des structures passives et tridimensionnelles. Il intègre des simulations, des visualisations et une interface automatisée facile à utiliser pour résoudre rapidement et de façon efficace les problèmes électromagnétiques en 3D. Il aide l'utilisateur à analyser de diverses propriétés électromagnétiques de la structure telles que les diagrammes de rayonnement, les paramètres de dispersion tels que les paramètres S, les fréquences de résonance et les champs électromagnétiques. C'est un outil permettant le calcul du comportement électromagnétique d'une structure.

Son principe de calcul est basé sur la méthode *des éléments finis* (méthode fréquentielle). Le simulateur possède des outils et un poste de traitement pour une analyse plus détaillée des structures en 3D. Il permet de calculer les points suivants :

- Les quantités de base : champs proches et lointains.
- Les impédances caractéristiques des ports et leurs constantes de propagation.
- Les paramètres S normalisés par rapport à une impédance de port spécifique afin de générer une solution du champ électromagnétique [14].

Avantages et inconvénients de la méthode

➤ **Avantage :**

- Etude de structures très complexe (Mécanique, EM...).
- Solutions exactes aux nœuds du maillage.
- Prise en compte de la dépendance fréquentielle ou temporelle.
- HFSS utilise un algorithme nommé ALPS (Adaptative Lanczos Pade sweep) qui lui permet de générer un maillage adaptatif automatiquement.

➤ **Inconvénients :**

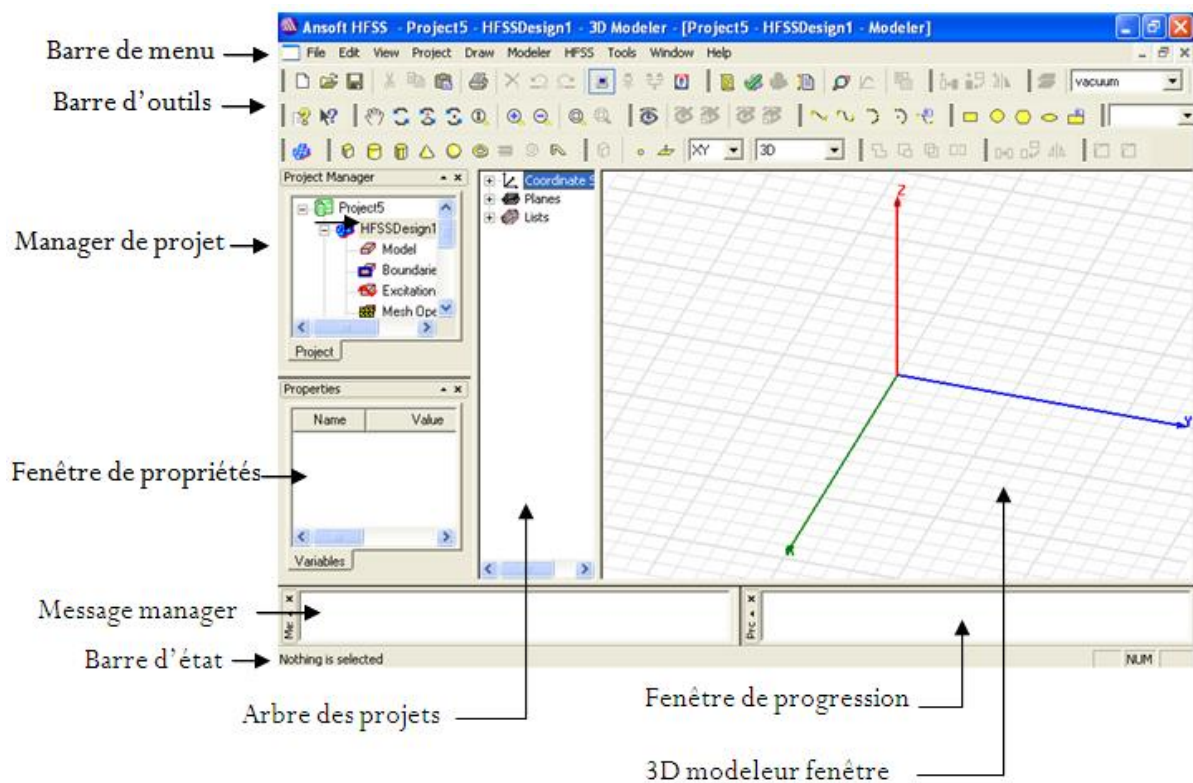
- Gourmande en ressources informatiques (mémoire, temps CPU...).
- Solutions approximées.

- Erreurs de calculs numériques.
- Difficultés pour modéliser un espace libre (structure fermée).

❖ **Aperçu du processus**

La première étape est de dessiner le modèle géométrique de la structure qui doit être analysée. La seconde étape est de choisir les matériaux que les divers objets utilisés pour la conception de la structure. Une définition précise des frontières pour la structure doit être faite, comme, le conducteur magnétique ou électrique parfait. Au niveau HFSS, un port ou une source de tension doit être défini pour exciter la structure. Ceci est fait en tant qu'élément de définition des frontières. Une fois que la structure est complètement modélisée, l'analyse de la structure est lancée, ceci inclut la définition de divers paramètres tels que la fréquence à laquelle l'amélioration adaptative de la maille a lieu et le critère de convergence. En conclusion, et une fois la simulation terminée, un poste traitement des données de la solution nous permet de visualiser le diagramme de rayonnement en champ lointain, le diagramme de Smith et les valeurs des paramètres S.

La figure A.1 illustre la première fenêtre que l'utilisateur rencontre dès qu'il ouvre un nouveau projet. Le menu de projet contient un gestionnaire de tâches telles que l'ouverture et l'enregistrement des différents projets



❖ Procédure générale en HFSS :

Ansoft HFSS fournit un organigramme, facile à utiliser pour la conception de dispositifs passifs RF. La création des dessins et des modèles, nécessite les éléments suivants :

1. **Parametric Model Generation** : Création de la géométrie, des frontières, et des excitations.
2. **Analysis Setup** : Définition des solutions d'installation et des fréquences de balayage.
3. **Results** : Création des rapports des plans en 2D.
4. **Solve Loop** : La solution du processus est entièrement automatisée [15].

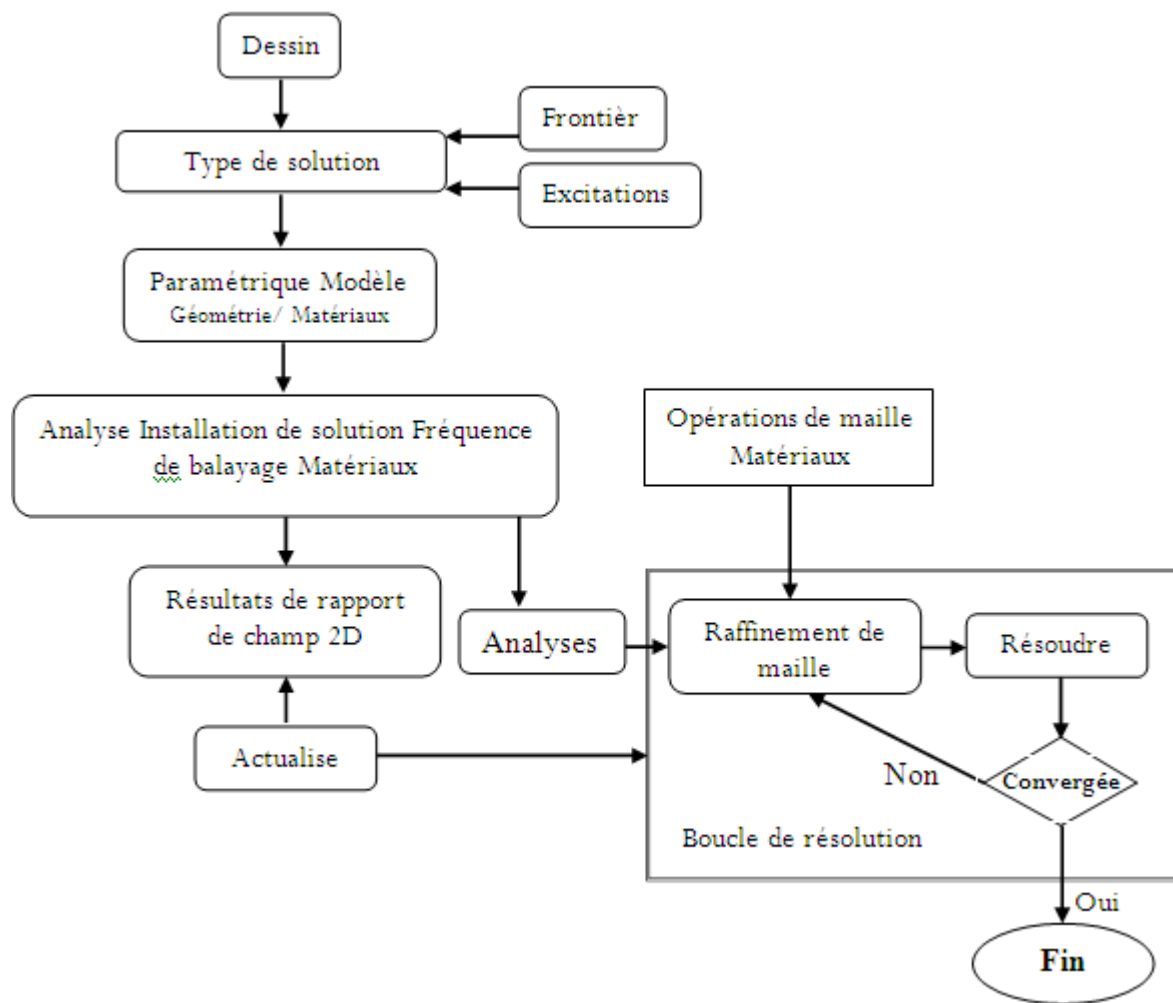


Figure A.2: procedure generale en HFSS.

Le lecteur intéressé est encouragé à étudier des manuels spécifiques et des helps pour un arrangement complet de tous les dispositifs dans HFSS.

REFERENCES

References

- [1] K.-K. M. Cheng and P.-W. Li, "A novel power-divider design with unequal power-dividing ratio and simple layout," *IEEE Trans. Microw. Theory Techn.*, vol. 57, no. 6, pp. 1589–1594, Jun. 2009..
- [2] P.F.Combes, «micro-ondes ligne, guide et cavité cours et exercices tome 1» DUNOD ,Année 1995
- [3] M. A. Maktoomi, M. S. Hashmi, and F. M. Ghannouchi, "Systematic design technique for dualband branch-line coupler using T- and Pi-networks and a novel wide band-ratio crossover," *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, vol. 6, No. 5, pp. 784-795, Apr. 2016.
- [4] David pozar, "microwave engineering" fourth edition, Wiley & son, Edition 2012.
- [5] Michael Steer, —Microwave and RF design, A system approach, SciTech Publishing, Inc, 161–280, 2010.
- [6] Jia-Sheng Hong, M. J. Lancaster, —Microstrip Filters for RF/Microwave Applications, John Wiley & Sons, Inc. 77–106, 2001.
- [7] Andrei Grebennikov, RF and microwave transmitter design, A John Wiley & Sons, Inc. 24–192, 2011.
- [8] Gupta, K. C., Ramesh Garg, Inder Bahl, and Prakash Bhartia, —microstrip lines and slotlines, 2th ed, Artech House, INC, 1–152, 1996
- [9] David M. Pozar, —Microwave Engineering, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc, 248–372, 2012.
- [10] Bahl and D. K. Trivedi, —A designer's Guides to Microstrip line Line, Microwaves, 174-180. May 1977.
- [11] Kenneth L. Kaiser, —Electromagnetic compatibility handbook, CRC Press edition, 2–28, 2004.
- [12] G. D. Vendelin, —Limitations on stripline Q, *Microwave Journal*, 13, 63–69, May 1970.
- [13] H. Bosma, —On Stripline Y-Circulation at UHF, *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions, vol. 12, 61–72, 1964.
- [14] I.BARDI, Z. CENDES, Ansoft Corp, New directions in HFSS for designing microwave devices, publication, reprinted with permission of MICROWAVE JOURNAL, Horizon House Publications, Inc, August 1998.
- [15] Ansoft, Getting started with HFSS: RCS, Ansoft LLC, february 2009.

Résumé

Les développements technologiques des systèmes de télécommunications tendent depuis plusieurs années vers l'utilisation des composants passifs hyperfréquences par la miniaturisation des circuits et la réduction des coûts avec des masses et des pertes. Parmi ces composants, nous présentons comme un cas général les diviseurs de puissance.

L'objectif de ce travail est de concevoir un diviseur optimal à la base de la technologie microruban opérant dans la bande de fréquence X. Les topologies ont été optimisées afin d'assurer un fonctionnement correct. La simulation est accentuée sur l'amélioration du coefficient de réflexion et de transmission. Les différentes simulations ont été effectuées grâce au simulateur HFSS. Ce dispositif est un élément à 3 ports, permettant d'avoir un déphasage de 90° entre les deux ports de sorties.

Les caractérisations hyperfréquences de ce composant montrent des bonnes performances en termes de couplage et d'adaptation du dispositif qui a été réalisé avec succès.

Mots clés : diviseur, la technologie microruban, bande X, HFSS, microonde.

Abstract

Technological developments in telecommunications systems have been tending for several years towards the use of passive microwave components through the miniaturization of circuits and the reduction of costs with masses and losses. Among these components, we present as a general case the power dividers.

The objective of this work is to design an optimal divider based on microstrip technology operating in the X frequency band. The topologies have been optimized to ensure correct operation. The simulation is emphasized on improving the coefficient of reflection and transmission. The various simulations were carried out using the HFSS simulator. This device is a 3-port element, allowing to have a 90° phase shift between the two output ports.

The microwave characterizations of this component show good performance in terms of coupling and adaptation of the device which was carried out successfully.

Keywords: divider, microstrip technology, X-band, HFSS, microwave.

المخلص

كانت التطورات التكنولوجية في أنظمة الاتصالات تميل لعدة سنوات نحو استخدام مكونات الموجات الدقيقة السلبية من خلال تصغير الدوائر وتقليل التكاليف مع الكتل والخسائر. من بين هذه المكونات، نقدم كحالة عامة مقسمات القوة. الهدف من هذا العمل هو تصميم فاصل أمثل يعتمد على تقنية microstrip العاملة في نطاق التردد X . وقد تم تحسين الهيكل لضمان التشغيل الصحيح. تم التأكيد على المحاكاة على تحسين معامل الانعكاس والإرسال. تم إجراء عمليات المحاكاة المختلفة باستخدام محاكي HFSS. هذا الجهاز عبارة عن عنصر مكون من 3 منافذ، مما يسمح بتحويل طور بمقدار 90 درجة بين منفذي الإخراج. تُظهر توصيفات الميكروويف لهذا المكون أداءً جيداً من حيث الاقتران وتكييف الجهاز الذي تم تنفيذه بنجاح.

الكلمات المفتاحية: مقسم، تقنية الشريط الصغير، X-band، HFSS، ميكروويف.