

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.06.00.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 04.01.02 Bulletin 02/01.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : THOMSON MULTIMEDIA Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : MINARD PHILIPPE, LOUZIR ALI et PINTOS JEAN FRANCOIS.

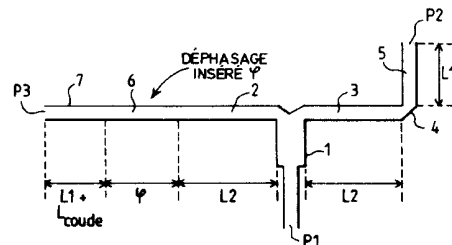
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : THOMSON MULTIMEDIA.

54 CIRCUIT EN T REALISE EN TECHNOLOGIE MICRORUBAN AVEC ELEMENT DEPHASEUR.

57 La présente invention concerne un circuit en T réalisé en technologie microruban avec deux branches (2, 3) de longueur identique  $L_2$  comprenant un élément déphaseur (6) donnant un déphasage  $\Phi$  déterminé en prolongeant l'une des branches, le circuit en T fonctionnant en large bande, le circuit comporte au moins un coude (4) prolongeant la branche (3) sans élément déphaseur et la longueur  $L_2$  est égale à un multiple de  $\lambda_g/2$  où  $\lambda_g$  est la longueur d'onde guidée.

L'invention s'applique notamment au réseau d'alimentation pour antennes.



La présente invention concerne les circuits en T réalisés en technologie microruban comprenant un élément déphaseur donnant un déphasage déterminé, le circuit en T fonctionnant en large bande.

5 La présente invention s'applique notamment au domaine des réseaux d'antennes à large bande. Dans ce type de réseau, la largeur de la bande de fréquences est souvent limitée par la largeur de bande de l'élément rayonnant élémentaire ainsi que par la largeur de bande du réseau d'alimentation. Ceci est en particulier le cas lorsque l'on utilise un déphasage  
10 dans l'excitation des éléments rayonnants. Ce type de déphasage est utilisé notamment lorsque les éléments rayonnants réalisés par exemple en technologie imprimée sont excités selon la technique bien connue de la rotation séquentielle. Pour des réseaux d'éléments rayonnants du type ci-dessus, le réseau d'alimentation est réalisé le plus souvent en technique  
15 microruban et est constitué d'au moins un circuit en T connecté par l'intermédiaire de lignes microruban et de coudes aux différents éléments rayonnants. Le réseau d'alimentation distribue donc l'énergie vers chacun des éléments rayonnants. Afin que ces éléments rayonnants soient excités avec la phase souhaitée, des tronçons de ligne sont ajoutés d'un côté du ou  
20 des circuits en T. Toutefois, ce déphasage n'est valable que sur une bande de fréquences étroite.

En effet, le comportement des lignes microruban, des circuits en T et des coudes est bien connu de l'homme de l'art et permet d'expliquer le fonctionnement sur une bande de fréquences étroite.

25 Dans le cas des lignes microruban, une longueur de ligne microruban introduit un déphasage  $\Phi = \beta L$  avec  $L$  égale à la longueur de la ligne et  $\beta$  la constante de phase. De manière connue,  $\beta$  dépend du substrat, de la fréquence ainsi que de la largeur de la ligne microruban. Sa valeur est donnée par :

30 
$$\beta = 2\pi/\lambda_g$$

avec  $\lambda_g = \lambda_0/\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}$ ,

$\lambda_g$  étant la longueur d'onde guidée.

Dans cette formule  $\epsilon_r$  est la constante diélectrique effective et est fonction de la largeur de la ligne de la hauteur du substrat sur lequel est réalisée la ligne, de l'épaisseur de la métallisation, de la constante diélectrique du substrat et de la longueur d'onde et  $\lambda_0$  la longueur d'onde dans le vide (liée à la fréquence). Ceci explique donc que les lignes ne possèdent pas la même phase en fonction de la fréquence.

De manière connue, un circuit en T tel que celui représenté sur la figure 1, présente des longueurs de lignes équivalentes entre le port 1 et le port 2 et entre le port 1 et le port 3. De ce fait, la valeur  $\text{Ang}(S_{21}) - \text{Ang}(S_{31}) = 0$ , quelle que soit la fréquence de travail.

De plus, dans un réseau d'alimentation en technologie microruban, on utilise aussi des lignes coudées qui permettent entre autres de changer de direction afin d'amener l'énergie à l'élément rayonnant. En terme de déphasage, il est possible de trouver une longueur de coude équivalente à la longueur d'une ligne. Ainsi, le déphasage d'un coude est égal à  $\Phi = \beta_{\text{coude}} \times L_{\text{coude}}$ ,

où  $\beta_{\text{coude}}$  est la constante de phase dans le coude et,

$L_{\text{coude}}$  est la longueur électrique dans le coude.

Comme représenté sur la figure 2, des circuits en T comportant un élément déphaseur ont déjà été réalisés dans l'art antérieur. Ces circuits sont basés sur le principe qu'un circuit en T avec des lignes de longueurs identiques  $L_2$  de part et d'autre de la sortie du T et suivies de lignes coudées comportant des tronçons de ligne  $L_1$  de longueur identique, dans le mode de réalisation représenté. Le circuit présentera une différence de phase  $\text{Ang}(S_{31}) - \text{Ang}(S_{21}) = 0$ , quelle que soit la fréquence, si la longueur des lignes entre le port 1 et le port 2 et entre le port 1 et le port 3 est la même. De ce fait, pour introduire un déphasage d'une valeur donnée, par exemple de  $180^\circ$ , entre les ports de sortie 2 et 3, il suffit de rallonger une des lignes d'une longueur  $L$  telle que  $\beta L = 180^\circ$ . Ceci peut être fait par des tronçons de ligne de chaque côté d'un coude, de longueur telle que  $\Phi = 180^\circ$  et  $\Phi - 1 = 0^\circ$ , comme représenté sur la figure 2. Toutefois, l'ensemble des simulations réalisées sur un tel circuit en T montre que cette condition n'est valable qu'à

la fréquence centrale et que le déphasage de  $180^\circ$  n'est plus obtenu lorsque l'on s'écarte de cette fréquence centrale.

Ainsi, la présente invention a donc pour but de proposer un circuit en T réalisé en technologie microruban comprenant un élément déphaseur tel que le circuit en T puisse fonctionner sur une bande de fréquences importante.

En conséquence, la présente invention a pour objet un circuit en T réalisé en technologie microruban avec deux branches de longueur identique L2 comprenant un élément déphaseur donnant un déphasage  $\Phi$  déterminé, prolongeant l'une des branches, le circuit en T fonctionnant en large bande, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un coude prolongeant la branche sans élément déphaseur et en ce que la longueur L2 est égale à un multiple de  $\lambda_g/2$  où  $\lambda_g$  est la longueur d'onde guidée.

Dans ce cas, l'élément déphaseur est formé par une ligne microruban de longueur  $L = \Phi / \beta$  où  $\beta$  est la constante de phase,  $\beta$  étant calculé comme mentionné ci-dessus, De préférence, l'élément déphaseur se prolonge par un élément de ligne de longueur  $L'1 = L1 + L_{\text{coude}}$  et le coude se prolonge par un élément de ligne de longueur L1, ces éléments permettant, par exemple, la connexion à des éléments rayonnants.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, l'élément déphaseur est formé par un coude de longueur telle qu'un déphasage de  $\Phi/2$  soit réparti de chaque côté du coude. Dans ce cas, chaque coude se prolonge par un élément de ligne de longueur identique L1 pour la connexion, par exemple, à un élément rayonnant.

La présente invention concerne aussi un circuit d'alimentation pour un réseau d'antennes à large bande réalisé en technologie microruban, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un circuit en T présentant les caractéristiques décrites ci-dessus.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de différents modes de réalisation, cette description étant faite avec référence aux dessins ci-annexés, dans lesquels :

Figure 1 déjà décrite est une vue de dessus schématique d'un circuit en T selon l'art antérieur,

Figure 2 déjà décrite est une vue de dessus schématique d'un circuit en T muni d'un élément déphaseur conformément à l'art antérieur,

5 Figure 3 est une vue de dessus schématique d'un circuit en T selon un premier mode de réalisation de la présente invention,

Figures 4, 5 et 6 sont des diagrammes représentant la variation du déphasage du circuit de la figure 3, respectivement dans le cas d'un circuit conformément à la présente invention et, par comparaison, à des circuits classiques,

10 Figure 7 est une vue schématique de dessus d'un circuit en T selon un autre mode de réalisation de la présente invention,

Figures 8, 9 et 10 sont des diagrammes représentant la variation du déphasage du circuit de figure 7, respectivement dans le cas d'un circuit conformément à la présente invention et, par comparaison, à des circuits classiques,

15 Figures 11 et 12 sont deux vues schématiques de dessus d'antennes imprimées utilisant des circuits d'alimentation réalisés en utilisant des circuits en T conformes à la présente invention.

20 Dans les figures, les mêmes éléments portent les mêmes références.

On décrira tout d'abord avec référence aux figures 3 à 6 un premier mode de réalisation d'un circuit en T avec un élément déphaseur conforme à la présente invention.

25 Comme représenté sur la figure 3, le circuit en T avec élément déphaseur comporte dans ce cas un seul coude. De manière plus précise, le circuit en T est constitué d'une branche 1 comportant un port d'entrée P1 et deux branches perpendiculaires 2, 3 de même longueur L2. Conformément à la présente invention, la longueur L2 est choisie de manière à être un multiple de  $\lambda g/2$  avec  $\lambda g$  égale à la longueur d'onde guidée dans les branches réalisées en technologie microruban.

30

Comme représenté sur la figure 3, la branche 3 se prolonge par un coude 4 qui lui-même se prolonge par un élément de ligne 5 de longueur  $L_1$  pour arriver au port de sortie P2. D'autre part, l'autre branche 2, conformément à la présente invention, se prolonge par un élément de ligne 6  
5 donnant un déphasage de  $\Phi$  puis par un élément de ligne 7 de longueur  $L_1 + L_{\text{coude}}$  de manière à déboucher sur le port P3. L'élément de ligne 6 présente une longueur  $L'$  telle que  $L' = \Phi/\beta$ . Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 3, conformément à la présente invention, le coude 4 est placé du côté du bras le plus court et la longueur  $L_2$  doit être un multiple  
10 de  $\lambda_g/2$ .

Les avantages d'une telle structure apparaîtront suite aux simulations réalisées en utilisant des logiciels du commerce tels que IE3D ou HPESSOF, ces résultats de simulation étant représentés sur les figures 4, 5 et 6. Ces simulations ont été faites en réalisant le circuit en T avec élément  
15 déphaseur sur un substrat Rogers 4003 présentant un  $\epsilon_r = 3,38$ , une hauteur égale 0,81 mm, une tangente  $\Delta = 0,0022$  et  $T = 17,5$  micromètres. Dans ce cas, la largeur de la ligne 50 ohms utilisée pour les simulations est de  $W = 1,5$  mm.

Sur la figure 4 qui représente un circuit en T avec élément  
20 déphaseur à un coude dans lequel la variation du déphasage du T avec élément déphaseur à un coude est comparée avec une ligne de longueur  $L$  telle que  $\beta L = 180^\circ$  est représentée sur la figure 4. Dans ce cas, on voit que la variation de phase est égale à  $23^\circ$  au lieu de  $30^\circ$  sur une largeur de bande comprise entre 11 – 13 GHz.

25 Sur les figures 5 et 6, on a représenté la variation du déphasage d'un T déphaseur avec un coude conçu selon d'autres règles. Ainsi, sur la figure 5, le coude n'est pas placé du côté du bras 3, comme représenté sur la figure 3, mais à la place de l'élément de ligne  $\Phi$ , la branche 3 se prolongeant par un élément de ligne du type de l'élément 7. Dans ce cas, on  
30 s'aperçoit que le déphasage du circuit en T est sensiblement identique à celui de la ligne à  $180^\circ$ .

Sur la figure 6, on a représenté le cas d'un circuit en T avec élément déphaseur à un coude dans lequel la longueur de chaque branche  $L_2$  est différente de  $\lambda g/2$ . Les résultats de la simulation montrent que la variation du déphasage en fréquences est supérieure au déphasage d'une  
5 ligne de longueur  $180^\circ$ .

On décrira maintenant, avec référence aux figures 7, 8, 9 et 10, un autre mode de réalisation d'un circuit en T avec élément déphaseur conforme à la présente invention. Dans ce cas, comme représenté sur la  
10 figure 7, le circuit en T comporte deux coudes 40, 70. De manière plus particulière, le circuit de la figure 7 comporte une branche 10 d'entrée du T connectée au port d'entrée 10 et deux branches perpendiculaires 20, 30 qui, conformément à la présente invention, présentent une même longueur  $L_2$  égale à un multiple de  $\lambda g/2$ .

15 Comme représenté sur la figure 7, la branche 30 se prolonge par un coude 40 et un élément de ligne 50 de longueur  $L_1$  pour déboucher sur un port de sortie P20. D'autre part, la branche 20 se prolonge par un coude 70 précédé et suivi d'éléments de lignes 60 et 80 qui permettent d'obtenir le déphasage  $\Phi$ . Conformément à la présente invention, les éléments 60 et 80  
20 sont réalisés de manière à donner chacun un déphasage identique de  $\Phi/2$ . D'autre part, l'élément 80 se prolonge par un élément de ligne 90 de longueur  $L_1$  débouchant sur un port P30.

Des simulations ont été réalisées de manière identique aux simulations réalisées avec le premier mode de réalisation. Ainsi, la figure 8  
25 représente la variation du déphasage d'un circuit en T en fonction de la fréquence, conformément au mode de réalisation ci-dessus. Dans ce cas, la variation du déphasage d'un circuit en T avec élément déphaseur comportant deux coudes est comparée avec une ligne de longueur  $L$  telle que  $\beta L = 180^\circ$ . Dans ce cas, la variation de phase  $a'$  n'est plus que d'environ  
30  $14^\circ$  au lieu de  $30^\circ$  sur une largeur de bande de 11 à 13 GHz.

Sur la figure 9, on a représenté un circuit en T avec élément déphaseur à deux coudes dans laquelle le déphasage  $\Phi$  n'est pas réparti de

manière égale. Comme représenté sur la figure 9, on s'aperçoit que, dans ce cas, la variation du déphasage est sensiblement identique à la variation du déphasage d'une ligne à  $180^\circ$ .

Sur la figure 10, on a simulé le cas d'un circuit en T avec élément  
5 déphaseur et deux coudes dans lequel la longueur des deux branches 20, 30 n'est pas égale à  $\lambda g/2$ . On voit dans ce cas que la variation du déphasage en fréquence est supérieure au déphasage d'une ligne de longueur  $180^\circ$ .

Sur les figures 11 et 12, on a représenté deux exemples  
10 d'application utilisant des circuits en T avec élément déphaseur tels que décrits ci-dessus.

La figure 11 représente un réseau d'antennes imprimées avec un circuit d'alimentation utilisant un circuit en T avec élément déphaseur conforme à la présente invention. De manière plus particulière, il s'agit d'un  
15 réseau de quatre pastilles ou « patchs » 100, 101, 102, 103 imprimées connectées à un circuit d'alimentation réalisé en technologie microruban. Le réseau des quatre « patchs » 100, 101, 102, 103 est connecté à chaque  
20 branche du T de la manière suivante : les deux « patchs » 100, 101 sont connectés par des éléments de ligne de longueur identique  $l$  à un point C et les deux « patchs » 102, 103 sont connectés par des éléments de ligne de longueur identique  $l$  à un point C'. Les points C et C' forment les ports P20 et P30 d'un circuit d'alimentation constitué par un circuit en T avec élément déphaseur à deux coudes tel que décrit ci-dessus. Ce circuit d'alimentation  
25 comporte donc un T avec deux branches de longueur  $L2 = \lambda g/2$ , l'une des branches  $L2$  se prolongeant par un élément de ligne de longueur  $L1$  jusqu'au point C tandis que l'autre branche  $L2$  se prolonge par un coude avec un déphasage de  $90^\circ$  équiréparti de chaque côté du coude puis par un élément de ligne  $L1$  jusqu'au point de connexion C'.

Selon un autre mode de réalisation, la présente invention peut  
30 être utilisée comme représenté sur la figure 12 avec des réseaux de pastilles ou « patchs » montés de manière connue en rotation séquentielle. De manière plus spécifique, le réseau d'antennes imprimées comporte quatre

« patchs » 200, 201, 202, 203 connectés deux à deux avec un premier circuit en T à deux coudes réalisé comme décrit ci-dessus, les deux circuits en T étant reliés par un circuit en T supplémentaire à deux coudes à une source d'excitation. De manière plus spécifique, les pastilles 200 et 201 sont connectées entre elles par un circuit en T à élément déphaseur, donnant un déphasage de  $90^\circ$  entre l'onde reçue par le « patch » 200 et l'onde reçue par le « patch » 201. Il en est de même pour les « patchs » 202 et 203. Ce circuit comporte donc deux branches de longueur  $L_4$  égale à un multiple de  $\lambda g/2$ , la branche se connectant à la pastille 200 se prolongeant après un coude par un élément de ligne  $L_3$  tandis que l'autre branche  $L_4$  se prolonge dans des éléments de ligne autour du coude, réalisés de manière à donner un déphasage de  $45^\circ$  de chaque côté puis par un élément de ligne  $L_3$ . De manière identique, la « patch » 203 est connecté à l'entrée du T par un élément de ligne  $L_3$  puis, après un coude par la branche  $L_4$  de longueur  $\lambda g/2$  tandis que la pastille 202 est connectée par un élément de ligne  $L_3$  suivi d'un coude avec des éléments de ligne donnant un déphasage équiréparti de  $45^\circ$  et une branche de longueur  $L_4$  égale à  $\lambda g/2$ . Les deux circuits en T décrits sont connectés au circuit d'excitation par un autre circuit en T comportant des éléments de ligne  $L_1$  suivis d'une branche  $L_2$  de longueur égale à un multiple de  $\lambda g/2$  pour un côté, et un élément de ligne  $L_1$  suivi d'un coude donnant un déphasage équiréparti de  $90^\circ$  de chaque côté du coude et une branche de longueur  $L_2 = \lambda g/2$ . De ce fait, on obtient un déphasage de  $180^\circ$  entre les ondes envoyés sur le circuit en T alimentant les « patchs » 200 et 201 et le circuit en T alimentant les « patchs » 202 et 203.

La présente invention peut aussi s'appliquer à d'autres types de réseaux tels que des réseaux phasés et elle permet d'envisager des réseaux adaptés sur une largeur de bande plus importante qu'avec les circuits connus.

## REVENDEICATIONS

1 – Circuit en T réalisé en technologie microruban avec deux branches de longueur identique  $L_2$  comprenant un élément déphaseur donnant un déphasage  $\Phi$  déterminé en prolongeant l'une des branches, le circuit en T fonctionnant en large bande, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un coude prolongeant la branche sans élément déphaseur et en ce que la longueur  $L_2$  est égale à un multiple de  $\lambda_g/2$  où  $\lambda_g$  est la longueur d'onde guidée.

10

2 – Circuit en T selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément déphaseur est formé par une ligne microruban de longueur  $L = \Phi/\beta$  où  $\beta$  est la constante de phase.

15

3 – Circuit en T selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'élément déphaseur se prolonge par un élément de ligne de longueur  $L'_1 = L_1 + L_{\text{coude}}$  et le coude se prolonge par un élément de ligne de longueur  $L_1$ .

20

4 – Circuit en T selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément déphaseur est formé par un coude de longueur telle qu'un déphasage de  $\Phi/2$  soit réparti de chaque côté du coude.

5 – Circuit en T selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque coude se prolonge par un élément de ligne de longueur identique  $L_1$ .

25

6 – Circuit d'alimentation pour un réseau d'antennes à large bande réalisé en technologie microruban, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un circuit en T selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

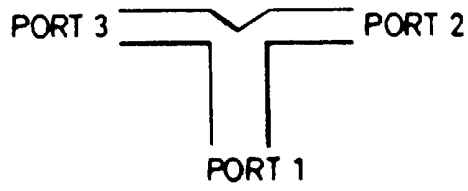


FIG.1

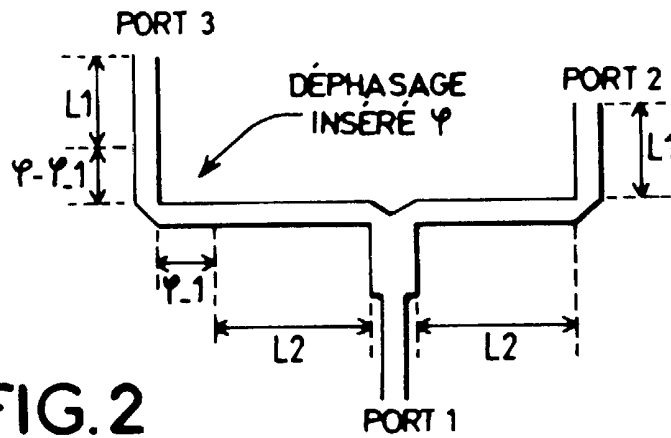


FIG.2

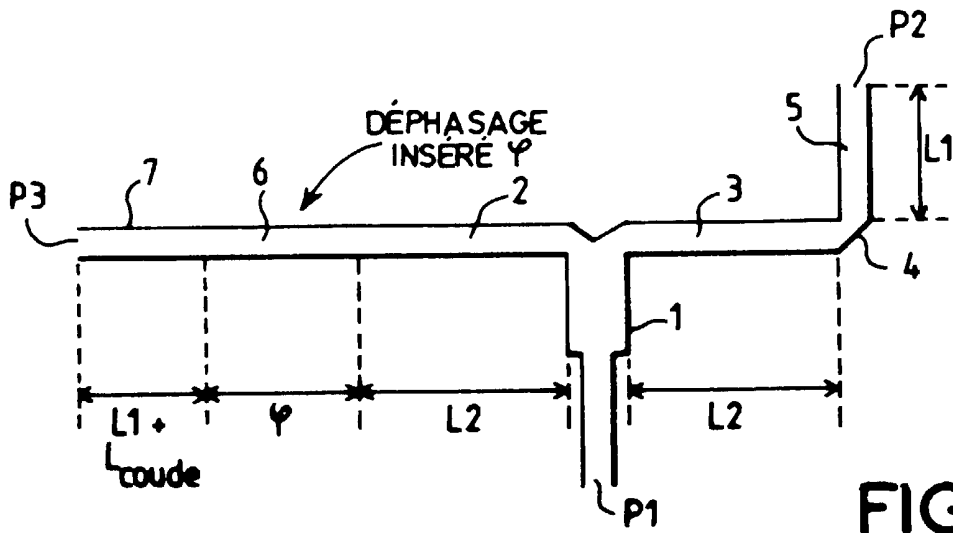


FIG.3

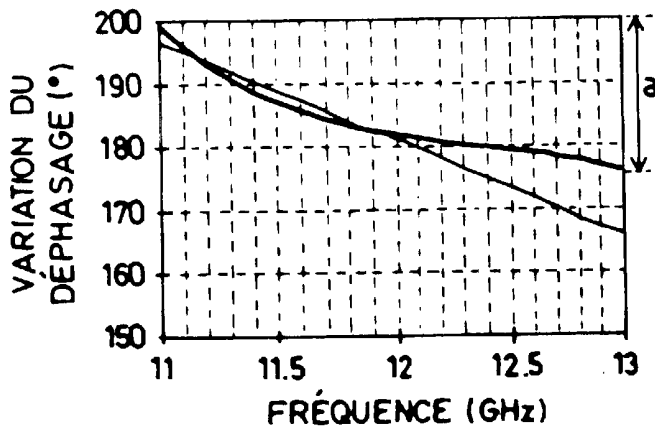


FIG. 4

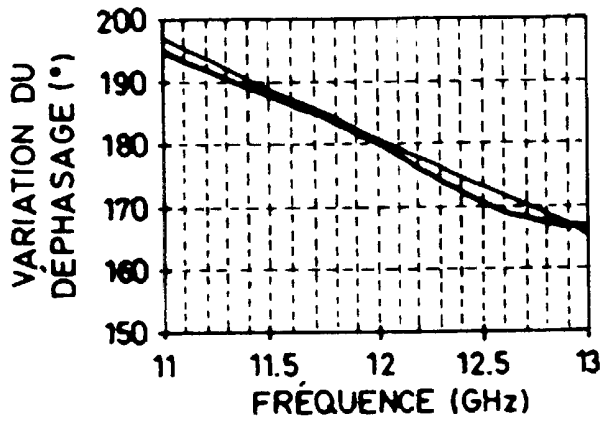


FIG. 5

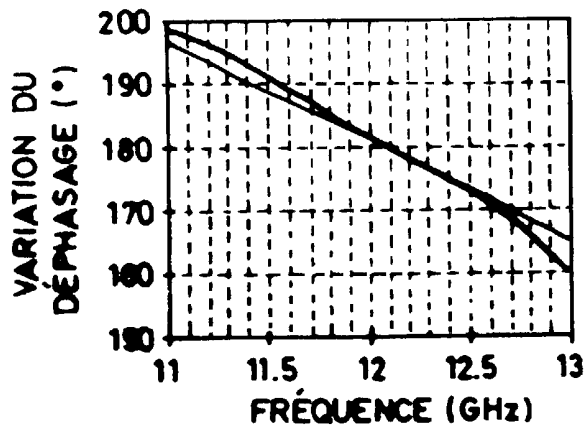


FIG. 6

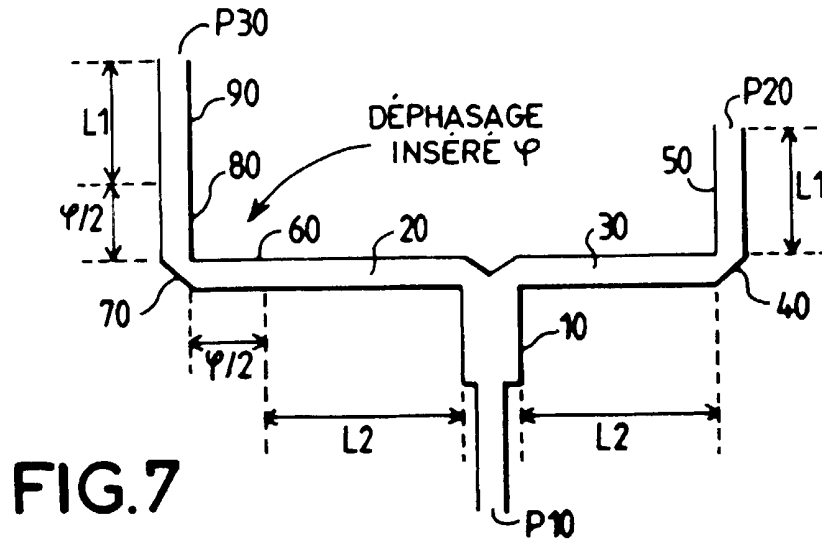
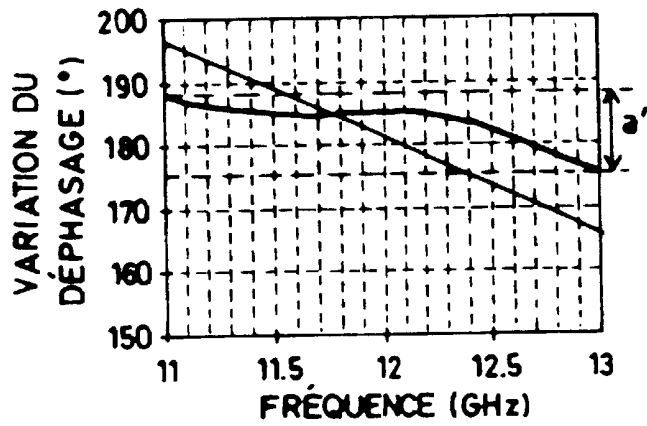
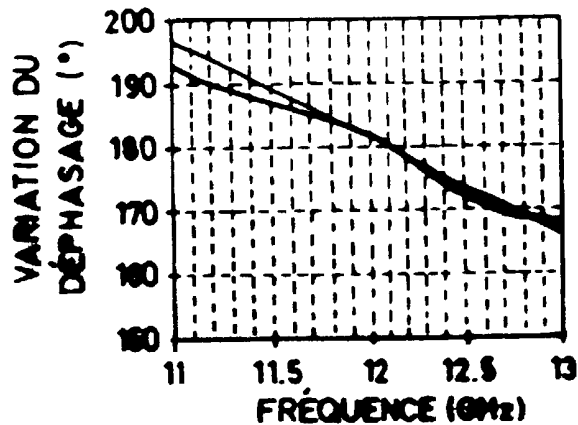


FIG.7



— LIGNE 180°  
 - - - UN T ET DEUX COUDES

FIG.8



— LIGNE 180°  
 - - - UN T ET DEUX COUDES AVEC DÉPHASAGE NON ÉQUI-RÉPARTI AUTOUR DU COUDE

FIG.9

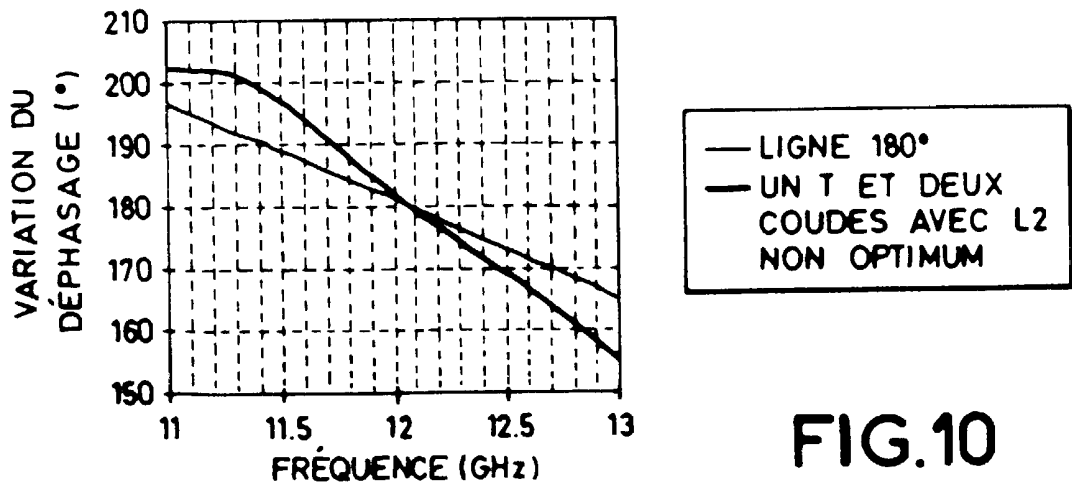


FIG.10

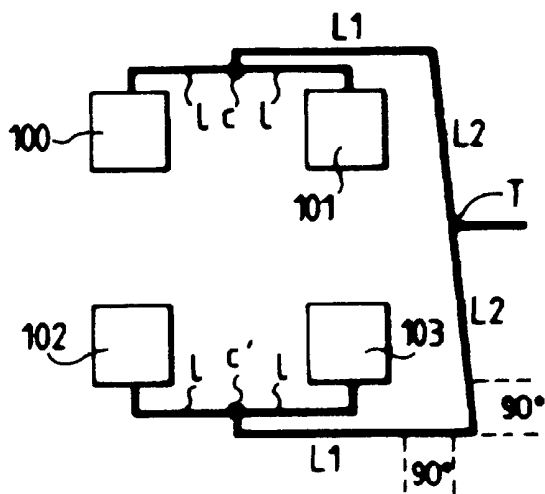


FIG.11

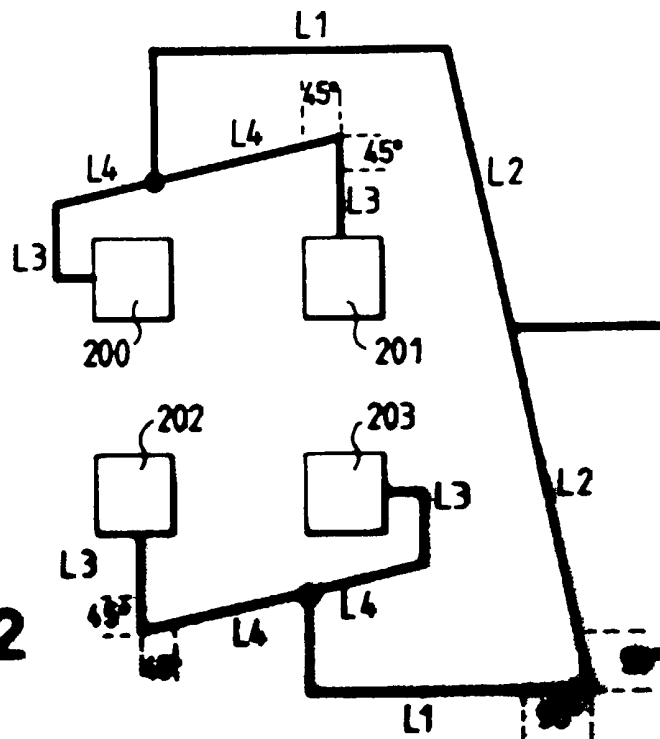


FIG.12

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 487 (E-1427), 3 septembre 1993 (1993-09-03) & JP 05 121935 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC), 18 mai 1993 (1993-05-18) * abrégé *	1,2,6	H01Q13/20 H01Q21/00
A	--- US 5 216 430 A (RAHM ET AL.) 1 juin 1993 (1993-06-01) * colonne 2, ligne 49 - colonne 5, ligne 68; figure 1 *	1,2,6	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 035 (E-1310), 22 janvier 1993 (1993-01-22) & JP 04 256201 A (DX ANTENNA CO LTD), 10 septembre 1992 (1992-09-10) * abrégé *	1,2,6	
A	--- US 4 967 172 A (ARIEL ET AL.) 30 octobre 1990 (1990-10-30) * colonne 2, ligne 49 - colonne 3, ligne 18; figure 5 *	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H01P H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 février 2001		Den Otter, A	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

2