

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **81401310.8**

51 Int. Cl.³: **H 01 Q 21/00**

22 Date de dépôt: **17.08.81**

30 Priorité: **09.09.80 FR 8019413**

43 Date de publication de la demande:
24.03.82 Bulletin 82/12

84 Etats contractants désignés:
DE GB IT NL SE

71 Demandeur: **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: **Dudome, Michel**
Thomson-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

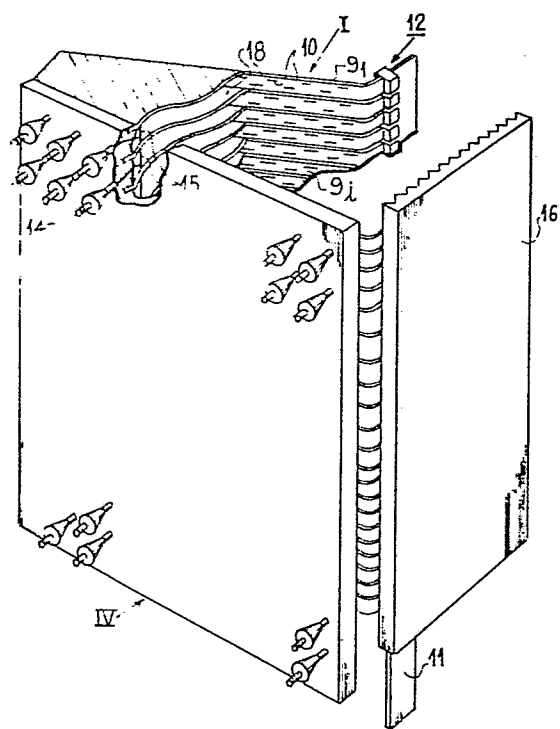
74 Mandataire: **Eisenbeth, Jacques Pierre et al,**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

54 **Antenne réseau non dispersive, et son application à la réalisation d'une antenne à balayage électronique.**

57 **Antenne réseau non dispersive, du type antenne prisme dans laquelle le réseau primaire d'entrée dispersif (I) et le réseau secondaire (IV) de sortie font un angle α entre eux, réalisée par empilement d'antennes réseau non dispersives monodimensionnelles (Figure 3), pour chacune desquelles la propagation entre lesdits réseaux est guidée.**

Application aux antennes prismes à balayage électronique.

FIG_4



ANTENNE RESEAU NON DISPERSIVE ET SON APPLICATION A LA REALISATION D'UNE ANTENNE A BALAYAGE ELECTRONIQUE

La présente invention concerne une antenne réseau et plus particulièrement une antenne de ce type qui soit non dispersive et présente un faible encombrement. Par antenne réseau non dispersive on entend une antenne pour laquelle la direction de rayonnement maximal est pratiquement indépendante de la fréquence. La présente invention concerne également l'application d'une telle antenne à la réalisation d'une antenne à balayage électronique.

On connaît des antennes réseau qui répondent à la caractéristique de non dispersivité et l'on pourra citer une antenne réseau dite en chandelier pour laquelle la voie d'alimentation se divise et chaque nouvelle voie d'alimentation ainsi obtenue est connectée à des éléments rayonnants pouvant constituer des sources élémentaires suivant la terminologie utilisée dans les antennes réseau. Une telle structure d'antenne qui comporte un certain nombre de Tés magiques ou de diviseurs, est pour le moins complexe, encombrante, et risque d'être lourde et d'un prix de revient élevé.

Une autre structure d'antenne non dispersive est également connue qui comporte un guide d'alimentation auquel sont couplés, par l'intermédiaire de coupleurs directifs des guides alimentant des sources élémentaires, l'ensemble étant tel que les longueurs électriques de chaque circuit d'alimentation d'une source élémentaire sont égales.

Cette structure d'antenne, bien que moins encombrante que la première citée, présente le défaut d'être compliquée au point de vue de sa réalisation mécanique qui, à partir d'un nombre de sources élémentaires important, de l'ordre de la centaine, entraîne à nouveau un certain encombrement gênant.

D'autres réalisations d'antennes non dispersives peuvent encore être citées, notamment les lentilles actives et les réseaux réflecteurs qui sont alimentés en espace libre au moyen d'une simple source primaire. Toutefois ces antennes présentent l'inconvénient

d'un encombrement longitudinal égal à la distance focale du système qui est grande ; d'autre part, il y a risque de débordement du rayonnement primaire sur la périphérie du réseau ce qui peut produire un rayonnement diffus gênant.

5 Une autre réalisation d'antenne réseau non dispersive a été proposée par la Demanderesse dans sa demande de brevet français N° EN 77.07331 qui consiste en un premier réseau dispersif alimentant un second réseau dont la direction générale fait un certain angle avec le premier, l'alimentation du second réseau par le
10 premier se faisant par propagation en espace libre.

On a démontré pour une telle antenne, appelée antenne réseau prisme, que pour une fréquence f_0 de l'onde progressive alimentant le réseau primaire, les valeurs de l'angle α entre les deux réseaux en fonction de la direction de rayonnement Θ_0 du réseau primaire
15 étaient données par la formule :

$$\text{tg}(\Theta_0 + \alpha) = - \frac{\frac{K_0}{K_{g0}} - \sin \Theta_0}{\cos \Theta_0}$$

dans laquelle K_0 est le nombre d'onde $2\pi/\lambda_0$ en espace libre et K_{g0} le nombre d'onde dans le guide à fentes constituant le réseau primaire à la fréquence f_0 .

20 La figure 1 représente cette antenne réseau prisme de l'art antérieur dans laquelle 1 est le réseau primaire dispersif linéaire, un simple guide à fentes alimenté par son extrémité 2 avec son autre extrémité fermée sur une charge absorbante 3. Un panneau 8 absorbant peut être prévu sur le troisième côté du triangle, absor-
25 bant les rayonnements réfléchis liés au coefficient actif des réseaux. Le réseau secondaire 4, également linéaire, fait un angle α avec le réseau primaire. Sur la figure 1, ce réseau secondaire est un réseau double face dont les faces sont constituées d'éléments rayonnants du genre cornet 5 et 6. Entre les deux faces du réseau
30 secondaire sont disposés des déphaseurs 7, qui pour l'exemple décrit, ont une valeur fixe chacun, l'ensemble des déphasages suivant une loi linéaire du premier déphaseur au dernier. Cette loi est telle que

l'onde rayonnée par le réseau secondaire a une direction de rayonnement perpendiculaire audit réseau. Il en résulte que le déphasage auquel est soumise l'onde alimentant le réseau secondaire a pour effet de compenser la loi de phase produite par l'incidence oblique sur le réseau secondaire de l'onde rayonnée primaire, déterminant ainsi sur le réseau secondaire une loi de phase stationnaire.

Dans la demande de brevet citée précédemment on a étendu les enseignements tirés de la réalisation monodimensionnelle de l'antenne réseau, à une antenne réseau bidimensionnelle avec laquelle on veut effectuer un balayage électronique.

La figure 2 présente une réalisation de cette antenne relevant également de l'art antérieur.

Le réseau I est formé par un certain nombre de guides à fentes 91 à 9n semblables au guide 1 de la figure 1, comportant chacun un même nombre de fentes 10. Tous ces guides sont alimentés en parallèle par une de leurs extrémités, par une voie 11. Des déphaseurs 12 du type électronique par exemple sont prévus pour permettre d'effectuer avec cette antenne un balayage électronique dans un plan vertical perpendiculaire au plan de la figure.

Le réseau secondaire IV est constitué par un panneau 13 comportant un certain nombre d'éléments rayonnants qui sont dans le cas décrit, des hélices rotatives 14 alimentées par des dipôles 15. L'utilisation d'hélices rotatives rend inutile l'interposition de déphaseurs entre les deux faces du réseau IV. La troisième face du trièdre est un panneau absorbant 16.

Une antenne à balayage électronique telle que celle qui a été décrite présente les avantages d'être apériodique au premier ordre et de ne présenter ni effet de masque, ni débordement. Toutefois l'optimisation de la non dispersivité du pointage en fonction de la fréquence n'est pas réalisée pour tous les sites balayés. En effet, lors d'un dépointage dans le plan site, la propagation de l'onde entre le réseau primaire I et le réseau secondaire IV ne se fait plus rigoureusement dans le plan de gisement, mais dans un plan incliné de la valeur de l'angle de site considéré. De ce fait, au cours du

balayage électronique, il se crée des différences de longueur électrique pour les ondes se propageant entre les deux réseaux, différences qui ne sont plus compensées par le réseau secondaire.

Un but de l'invention est de remédier à cet inconvénient.

5 Suivant l'invention, une antenne réseau non dispersive comportant un réseau primaire directif constitué par une superposition de réseaux primaires monodimensionnels, alimentés chacun à travers un déphaseur, un réseau secondaire sous la forme d'un panneau comprenant des sources élémentaires sur les faces interne et externe du
10 panneau, avec des déphaseurs passifs introduits entre les deux faces, le réseau secondaire faisant un angle α avec le réseau primaire, et un panneau absorbant fermant l'angle défini entre les deux réseaux, est caractérisée en ce que la propagation des ondes entre les
15 réseaux primaire et secondaire s'effectue en espace guidé par des plans parallèles disposés de façon telle qu'ils matérialisent l'antenne comme un empilement d'une pluralité d'antennes élémentaires non dispersives monodimensionnelles, pour chacune desquelles la propagation entre le réseau primaire et le réseau secondaire est guidée.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit, donnée à l'aide des figures qui représentent outre les figures 1 et 2 relatives à l'art antérieur :

- la figure 3, une antenne réseau monodimensionnelle suivant l'invention ;
- la figure 4, une antenne réseau bidimensionnelle suivant
25 l'invention ;
- la figure 5, un exemple de réseau primaire photogravé en technologie ligne à fente ;
- la figure 6, un exemple du réseau primaire photogravé en technologie ligne microstrip.

30 On a vu dans ce qui précède que l'on pouvait réaliser une antenne dite prisme sous une forme monodimensionnelle et sous une forme bidimensionnelle, cette dernière permettant d'effectuer un balayage électronique de l'espace.

Ces antennes ont pour caractéristique principale que la direc-

tion du rayonnement maximal est pratiquement indépendante de la fréquence, cette caractéristique étant liée au fait que les réseaux primaire et secondaire qui constituent cette antenne forment entre eux un angle α qui peut être choisi et déterminé de façon optimale pour que la phase de l'onde alimentant le réseau secondaire soit stationnaire, la propagation entre le réseau primaire et le réseau secondaire se faisant en espace libre.

En fonctionnement, une telle antenne principalement lorsqu'elle est monodimensionnelle, ne pose pas de problème, sauf en cas de débordement où une partie de l'onde directement émise par le réseau primaire peut se recombiner à l'onde sortant du réseau secondaire et en altérer la direction. Il est remédié à un tel inconvénient en supprimant le débordement, en fermant l'espace libre existant entre les réseaux primaire et secondaire. Dans ces conditions l'onde émise se propage en espace guidé et le débordement ne peut avoir lieu. Les performances de l'antenne dont la structure est ainsi modifiée par rapport à l'antenne réseau de l'art antérieur, ne sont pas modifiées. De fait, un calcul, en tout point semblable à celui qui a été fait dans la demande de brevet déjà citée montre que, aussi bien avec une propagation en espace libre qu'avec une propagation en espace guidé entre les réseaux primaire et secondaire, on peut obtenir des valeurs de l'angle α entre les deux réseaux linéaires pour lesquelles le réseau secondaire est alimenté avec une onde dont la phase est stationnaire. Cette valeur de l'angle α en fonction de la direction de rayonnement Θ_0 du réseau primaire à la fréquence f_0 est donnée par la formule

$$\operatorname{tg}(\Theta_0 + \alpha) = \frac{\frac{K_0(Z)}{K_0(R)} - \sin \Theta_0}{\cos \Theta_0}$$

dans laquelle pour la fréquence f_0 , $K_0(Z)$ est la constante de propagation dans l'espace entre les réseaux, que cette propagation soit libre ou guidée, c'est-à-dire qu'en espace libre, $K_0(Z)$ prend une valeur K_0 et qu'en espace guidé, $K_0(Z)$ prend la valeur K_{go} , sauf dans le cas où le vecteur polarisation est vertical et alors $K_0(Z)$ est

égal à K_0 , et $K_0(R1)$ est la constante de propagation dans le guide que constitue le réseau primaire. Cette formule est identique à celle donnée pour la réalisation suivant l'art antérieur pour laquelle la propagation se fait en espace libre.

5 La figure 3 représente une antenne réseau de type monodimensionnel suivant l'invention. Cette figure n'est pas très différente de celle de la figure 1 de sorte que les éléments communs aux deux figures portent les mêmes références. On retrouve ainsi le réseau primaire 1 alimenté par son extrémité 2, l'autre extrémité
10 étant fermée par une charge absorbante 3, le réseau secondaire 4 avec pour sources rayonnantes dans le cas de la figure, des hélices 6 alimentées sur la face interne du réseau 4 par les dipôles 5. On notera que l'utilisation d'hélices permet de supprimer l'étage de déphaseurs entre la face interne et la face externe du réseau
15 secondaire 4. En 17 on a représenté la plaque fermant l'ouverture supérieure de l'espace de propagation entre les réseaux 1 et 4. Une plaque identique se trouve du côté de l'ouverture inférieure qui n'est pas visible sur la figure 3.

20 En 8 on a représenté une charge absorbante fermant l'angle α entre les réseaux linéaires 1 et 4.

On constate que, suivant l'invention donc, on a réalisé un module compact, utilisable en tant que tel comme une antenne réseau non dispersive monodimensionnelle.

25 Suivant l'invention, un tel module est utilisé pour constituer un élément d'une antenne réseau bidimensionnelle, une telle antenne étant constituée par un empilement d'une pluralité de ces éléments. Réalisée de la sorte, une telle antenne ne présente plus l'inconvénient signalé dans le cas du balayage électronique.

30 De fait on a vu, dans la définition de l'art antérieur qu'une antenne réseau non dispersive à balayage électronique n'était pas optimisable pour toute valeur de l'angle de site θ et que pour les sites balayés, la compensation des longueurs électriques dans l'espace de propagation libre entre les réseaux n'est plus correctement réalisée par le réseau de sortie et qu'il s'ensuit une erreur dans la direction

du pointage en gisement.

En constituant, suivant l'invention, l'antenne bidimensionnelle par un empilement de modules, tels qu'ils ont été définis précédemment et décrits à l'appui de la figure 3, modules dans lesquels la
5 propagation est guidée, on constate qu'au niveau de chaque module, c'est-à-dire au niveau des antennes réseaux élémentaires horizontales dans l'exemple décrit qu'ils constituent, le déphasage introduit par le déphaseur, disposé à l'entrée des guides d'alimentation d'une antenne élémentaire, est intégralement retransmis au réseau secondaire de sorte que pour l'ensemble de l'antenne la loi de phase
10 appliquée à ces déphaseurs est intégralement transmise dans le plan de site à la sortie du réseau secondaire.

La figure 4 représente une antenne réseau bidimensionnelle suivant l'invention, représentation qui ne diffère pas beaucoup de la
15 représentation de la figure 2 où la propagation entre les réseaux linéaires primaire ou d'entrée et secondaire ou de sortie s'effectuent en espace libre. Dans ces conditions, les parties communes aux deux figures portent les mêmes références.

On retrouve ainsi le panneau I, réseau constitué par un certain
20 nombre de guides à fentes 91 à 9n avec chacun un même nombre de fentes 10. L'entrée de chacun de ces guides comporte un déphaseur, dont l'ensemble est repéré par 12 et l'alimentation est assurée par un guide 11. Les déphaseurs 12 de type électronique permettent d'effectuer un balayage électronique dans un plan vertical perpen-
25 diculaire au plan de la figure.

Le réseau IV secondaire est constitué par un panneau 13 comportant un certain nombre d'éléments rayonnants, des hélices rotatives par exemple 14 alimentées par des dipôles 15. Un panneau absorbant 16 est prévu pour compléter le trièdre que constitue cette
30 antenne réseau bidimensionnelle. Cette structure d'antenne est complétée par des plans parallèles 18 qui matérialisent, à l'intérieur de l'antenne réseau bidimensionnelle, les antennes réseaux élémentaires ou modules conformes à la figure 3, dans lesquels la propagation est guidée.

On notera que dans la structure d'antenne suivant l'invention, dans laquelle la propagation entre les réseaux primaire et secondaire est guidée que la polarisation des ondes transmises est de type horizontal ou vertical ; par contre la polarisation de l'onde sortant
5 du réseau secondaire peut être quelconque, dépendant uniquement des éléments rayonnants.

On notera également que dans les exemples de réalisation, on a considéré le réseau primaire comme un guide à fentes alimenté par une onde progressive. Les fentes sont disposées sur le petit ou le
10 grand côté du guide. Cependant, le réseau primaire peut tout aussi bien être un réseau composé d'éléments rayonnants couplés d'une manière quelconque à une ligne d'alimentation. Cette ligne peut être un guide mais également une ligne fabriquée par un procédé quelconque de photogravure c'est-à-dire déposée sur un substrat en
15 diélectrique, comme dans les technologies ligne à fente, ligne bifilaire, microstrip, triplaque. Les éléments rayonnants, s'ils présentent une géométrie plane, peuvent également être gravés sur ce même diélectrique. Ces éléments peuvent être des brins quart
20 d'onde, des dipôles, demi ou onde entière, yagis, zigzag, log périodique, lignes à fentes rayonnantes évasées.

Les figures 5 et 6 montrent des exemples de réseau primaire photogravé. La figure 5 représente une réalisation en technologie ligne à fentes avec coupleurs 19 et lignes évasées 20 et la figure 6
25 une réalisation en technologie microstrip avec coupleurs 19 et dipôles 21.

Les éléments internes et externes au réseau de sortie peuvent être constitués de n'importe quel type d'éléments rayonnants photogravés ou non.

Si la polarisation émise sur les deux faces du réseau secondaire reste la même, l'ensemble des éléments rayonnants de ce réseau
30 secondaire avec des déphaseurs passifs intercalés entre eux est réalisable par la métallisation d'une seule plaquette de diélectrique. Les éléments photogravés sont les mêmes que ceux désignés pour le réseau primaire.

On a ainsi décrit une antenne réseau non dispersive de faible encombrement et de poids réduit à balayage électronique, réalisable par un empilement d'une pluralité de modules constituant eux-mêmes chacun une antenne monodimensionnelle non dispersive.

REVENDICATIONS

1. Antenne réseau non dispersive comportant un réseau primaire directif (I) constitué par une superposition de réseaux primaires monodimensionnels (91 à 9n), alimentés chacun à travers un déphaseur (12) pour permettre d'effectuer un balayage électronique, un réseau secondaire (IV) sous la forme d'un panneau (13) comprenant des sources élémentaires (15-14) sur ses faces interne et externe avec des déphaseurs passifs (7) introduits entre les deux faces, le réseau secondaire faisant un angle α avec le réseau primaire, et un panneau absorbant (16) fermant l'angle défini entre les deux réseaux, caractérisée en ce que la propagation des ondes entre les réseaux primaire (I) et secondaire (IV) s'effectue dans un espace guidé par des plans parallèles (18) disposés de façon telle qu'ils matérialisent l'antenne comme un empilement d'une pluralité d'antennes non dispersives monodimensionnelles (figure 3) pour chacune desquelles la propagation entre le réseau primaire (I) et le réseau secondaire (4) est guidée.

2. Antenne réseau non dispersive suivant la revendication 1, caractérisée en ce que chaque antenne élémentaire monodimensionnelle (figure 3) constitue un module compact optimisable reproductible.

3. Antenne réseau suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le réseau primaire (I) d'un module est un guide à fentes (9) alimenté par une onde progressive, et que le réseau secondaire (4) est un réseau double face avec des éléments rayonnants (5-6) sur les faces interne et externe et des éléments déphaseurs (7) situés entre eux.

4. Antenne réseau suivant la revendication 3, caractérisée en ce que le réseau secondaire (4) comporte des dipôles (15) sur la face interne du réseau et des hélices rotatives (14) incorporant des déphaseurs sur la face externe.

5. Antenne réseau suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le réseau primaire (I) d'un module est une

ligne réalisée sur un substrat en diélectrique par photogravure, les éléments rayonnants du réseau étant, s'ils présentent une géométrie plane, gravés sur ce substrat.

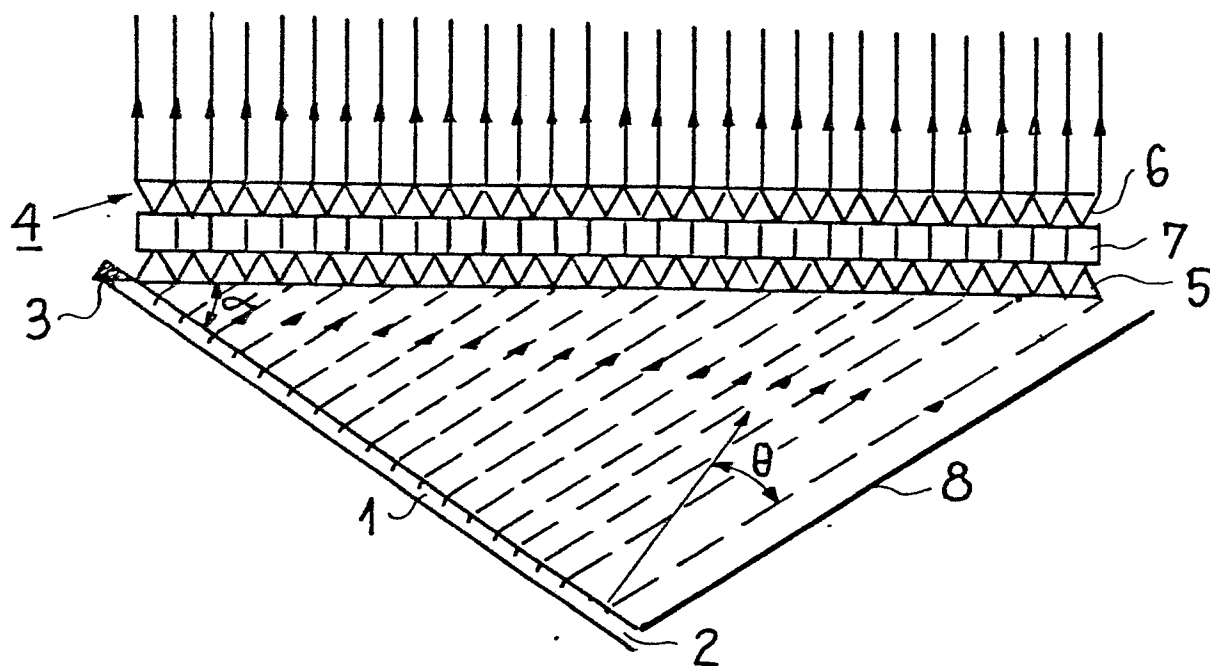
5 6. Antenne réseau suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le réseau secondaire d'un module est réalisé par photogravure sur substrat diélectrique.

10 7. Antenne réseau suivant l'une des revendications 1 ou 2, pour laquelle la polarisation des ondes entrant et sortant du réseau secondaire reste la même, caractérisée en ce que l'ensemble des éléments rayonnants du réseau secondaire et des déphaseurs passifs situés entre eux est réalisé par métallisation d'une seule plaquette de diélectrique.

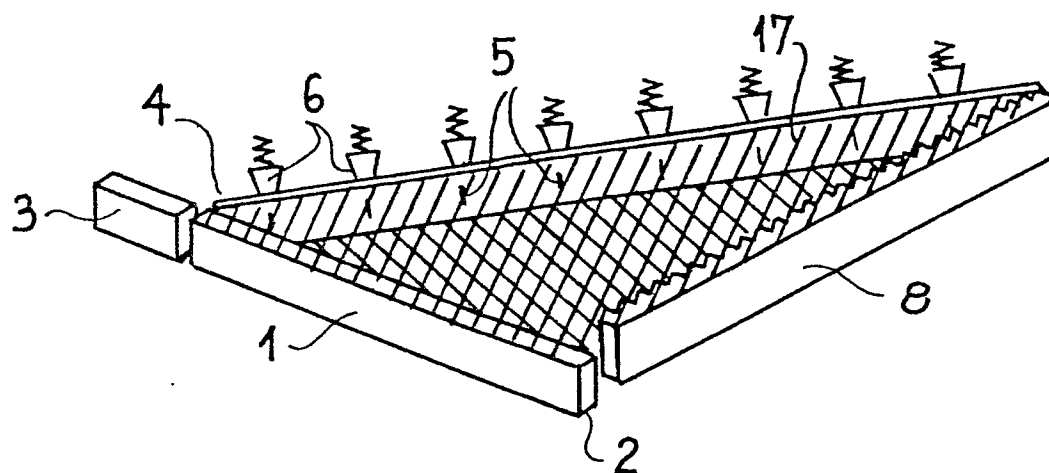
15 8. Antenne réseau suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que dans l'espace de propagation entre les réseaux primaire (1, I) et secondaire (2, IV) la polarisation des ondes transmises est indifféremment verticale ou horizontale.

1/4

FIG_1

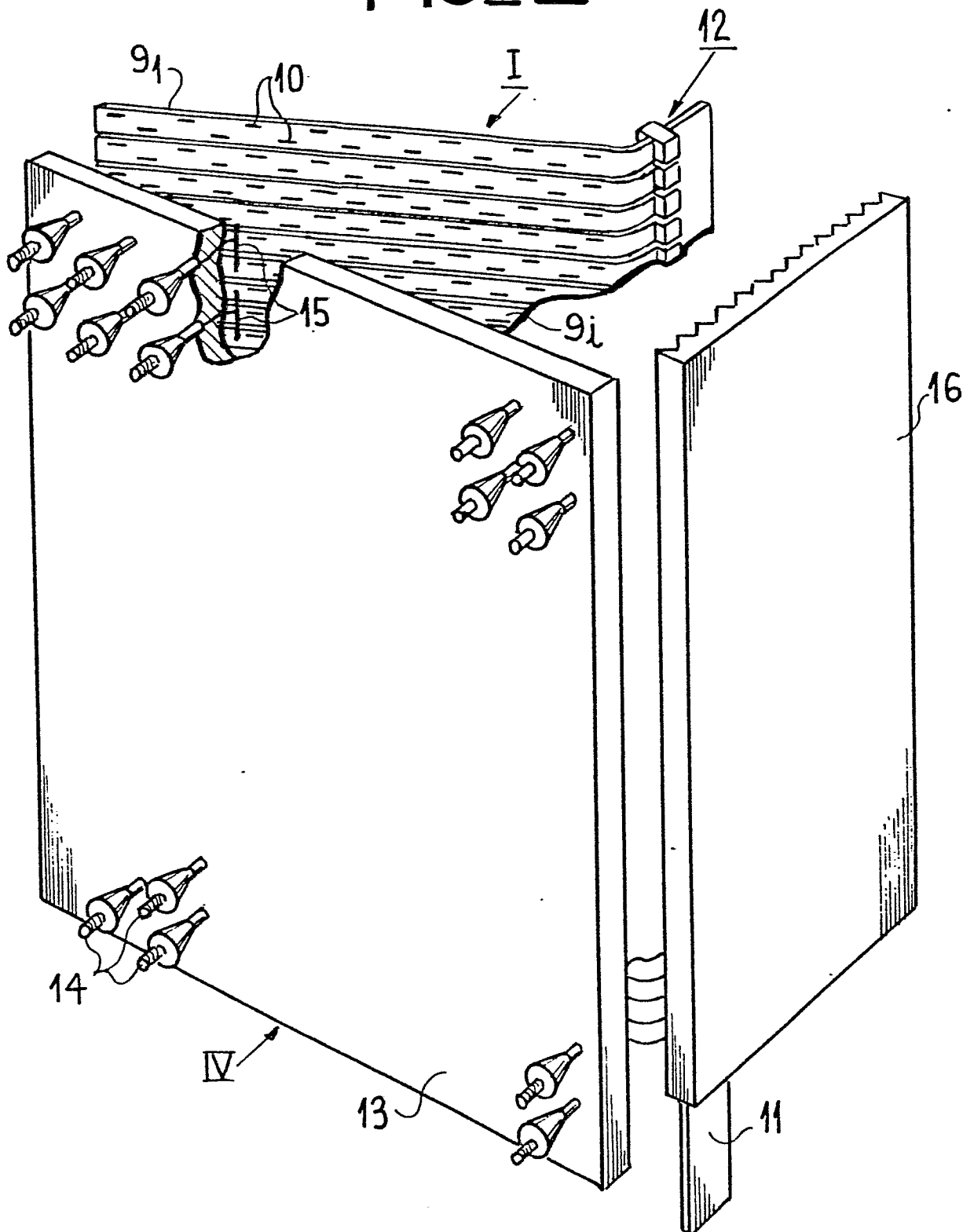


FIG_3



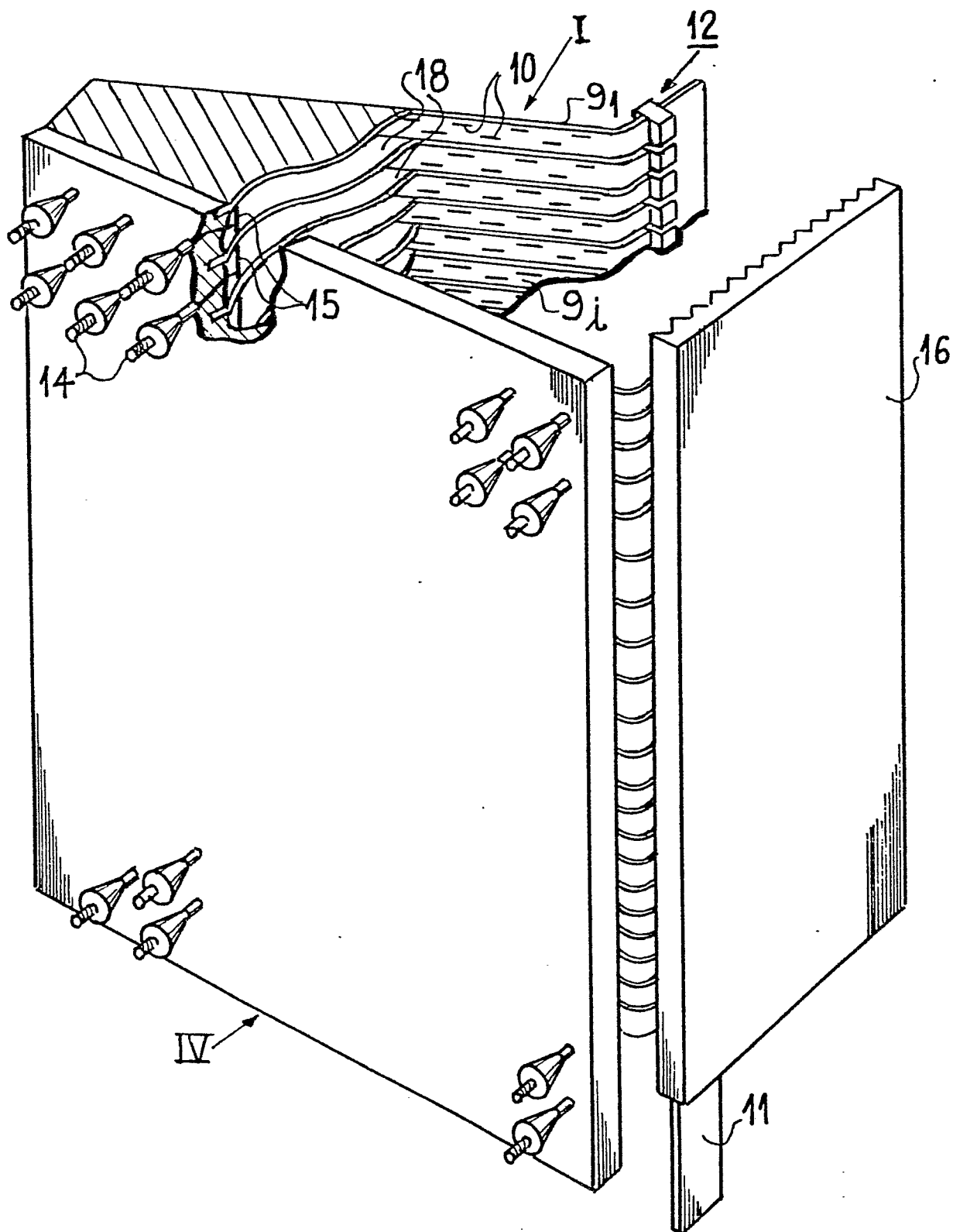
2/4

FIG. 2

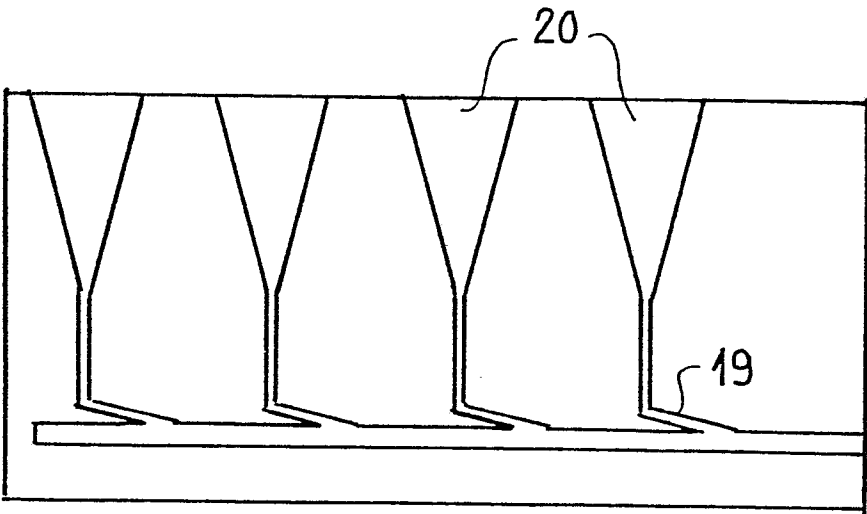


3/4

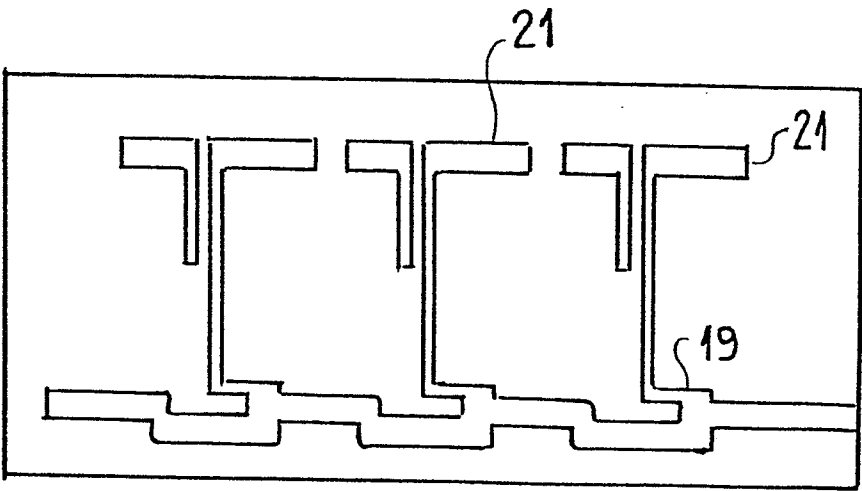
FIG. 4



FIG_5



FIG_6





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0048190

Numéro de la demande

EP 81 40 1310

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	PHASED ARRAY ANTENNAS; PROCEEDINGS OF THE 1970 PHASED ARRAY ANTENNA SYMPOSIUM, juin 1970, DEDHAM (US) R.T. HILL: "Phased Array Feed Systems, a Survey", pages 197-211 * figure 20; page 208, colonne 2, ligne 18 à ligne 32 * ---	1	H 01 Q 21/00
A	PROCEEDINGS OF THE IEEE, vol. 56, no. 11, novembre 1968, NEW YORK (US) E.C. DUFORT: "A Design Procedure for Matching Volumetrically Scanned Waveguide Arrays", pages 1851-1860 * figure 1 * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) H 01 Q 3/00 H 01 Q 21/00
A	US - A - 4 187 507 (CRANE) * figures 1-3; colonne 2, ligne 35 à colonne 4, ligne 32 * ---	1	
A	US - A - 3 045 237 (ARTHUR E. MARSTON) * figure 5; colonne 2, ligne 49 à ligne 71 * ---	1,4	
A	US - A - 3 524 188 (D.F. BOWMAN) * figure 1; abrégé * ---	1,2	
A/D	FR - A - 2 353 530 (THOMSON CSF) * figure 4 * ---	1	
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		07.12.1981	VAN DER PEEI



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	<u>US - A - 3 631 503</u> (R. TANG) * figure 1 * ---	1	
A	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. MTT-16 no. 7, juillet 1968, NEW YORK (US) G.T. ROOME et al.: "Thin Ferrite Devices for Microwave Integrated Circuits", pages 411-420 * figure 24 * ---		
A	<u>US - A - 4 010 474</u> (J.H. PROVEN- CHER) * figure 5 * ---	5,6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
A	<u>US - A - 3 803 621</u> (POPE PATT- ERSON BRITT) * figures 1,3; colonne 2, ligne 44 à ligne 66 * *****	5,6	