



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 90117354.2

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01Q 25/00, H01Q 3/26, H01Q 3/40**

(22) Date de dépôt: 10.09.90

(30) Priorité: 13.09.89 FR 8911967

(43) Date de publication de la demande:  
20.03.91 Bulletin 91/12

(84) Etats contractants désignés:  
DE FR GB IT SE

(71) Demandeur: **ALCATEL ESPACE**  
11, avenue Dubonnet  
F-92407 Courbevoie Cédex(FR)

(72) Inventeur: **Jones, Trevor, c/o SOSPI**  
14-16, rue de la Baume  
F-75008 Paris(FR)  
Inventeur: **Roederer, Antoine, c/o SOSPI**  
14-16, rue de la Baume  
F-75008 Paris(FR)  
Inventeur: **Lenormand, Régis**  
18, rue Bacquié Fonade  
F-31700 Blagnac(FR)  
Inventeur: **Raguenet, Gérard**  
1710 Chemin de Tucaut  
F-31600 Eaunes(FR)

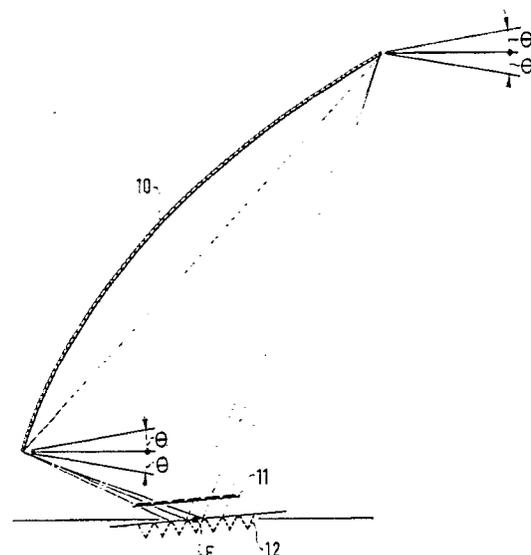
(74) Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**  
Lennéstrasse 9 Postfach 24  
W-8133 Feldafing(DE)

(54) **Antenne multifaisceaux orientable par commutation bas niveau.**

(57) L'invention concerne une antenne multifaisceaux orientable par commutation bas niveau comprenant un réseau (11) de sources élémentaires, un réflecteur (10) focalisant l'énergie, le réseau (11) étant situé dans la zone focale du réflecteur, de manière à réaliser la synthèse du champ électromagnétique dans cette zone focale, et la zone de couverture étant réalisée par m spots, chaque spot correspondant chacun à un nombre défini de sources élémentaires actives.

Application notamment au domaine des télécommunications spatiales.

FIG. 1



## ANTENNE MULTIFAISCEAUX ORIENTABLE PAR COMMUTATION BAS NIVEAU

L'invention se rapporte à une antenne multifaisceaux orientable par commutation bas niveau.

Un ouvrage intitulé "télécommunications spatiales" de la collection technique et scientifique des télécommunications notamment dans son tome I pages 92 à 94 et pages 259 à 261 (Masson, 1982) décrit d'une part le fait de grouper plusieurs antennes, alimentées simultanément par le même émetteur avec interposition de diviseurs de puissances et de déphaseurs, les caractéristiques de rayonnement de ce groupement dépendant à la fois du diagramme de chaque antenne et de la répartition des puissances en amplitude et phase. Cette propriété est mise à profit pour obtenir un diagramme qui ne pourrait pas être obtenu avec une seule source rayonnante. Si, en outre, on modifie les caractéristiques des diviseurs de puissance et des déphaseurs par des moyens électroniques, on peut obtenir une modification quasi-instantanée du diagramme. Le groupement le plus simple de sources rayonnantes est le réseau, dans lequel toutes les sources sont identiques et se déduisent l'une de l'autre par une translation quelconque. On peut réaliser ainsi des réseaux rectilignes ou plans.

Ce document décrit, d'autre part, l'utilisation d'antennes à réflecteur pour la génération de plusieurs faisceaux mobiles qui présentent l'avantage d'une faible masse liée à l'utilisation d'étages amplificateurs optimisés. Le système d'illumination du réflecteur est en général, décentré par rapport à celui-ci de façon à éviter tout blocage de l'ouverture rayonnante et faciliter l'implantation sur la plate-forme dans le cas d'une application spatiale. Le réflecteur principal est par exemple un paraboloïde. Les faisceaux mobiles sont en fait la combinaison de faisceaux élémentaires, obtenus en plaçant un ensemble de sources d'illumination au voisinage du foyer, chaque source correspondant à un faisceau élémentaire.

Du fait que l'on ne peut pas les placer exactement au foyer, l'illumination n'est pas géométriquement parfaite et il se produit des aberrations de phase qui dégradent quelque peu les performances de rayonnement, donc des baisses de gain par rapport aux valeurs réalisables au foyer. Ces dégradations sont d'autant plus importantes que l'on s'écarte du foyer et que la courbure du réflecteur est importante. On doit donc réaliser des réflecteurs aussi "plats" que possible, c'est-à-dire avec un rapport distance focale à diamètre d'ouverture élevé. Ceci conduit à des structures de dimensions importantes qui posent des problèmes de précision et de tenue mécanique.

Les applications spatiales, qui nécessitent une déflexion électronique de l'onde rayonnante sur un

large champ de vue, conduisent à des déviations angulaires de plusieurs largeurs de pinceau. En conséquence la possibilité de contrôler précisément la forme du diagramme de l'antenne est essentielle.

La configuration de ces grandes antennes doit aussi tenir compte de plusieurs aspects système :

- limitation en volume du satellite, liée à la nécessité pour une antenne de transmettre et de recevoir simultanément ;

- compatibilité d'un agencement mécanique aisé sur la plate-forme, et sur le lanceur avant et pendant le fonctionnement ;

- bon contrôle thermique ;
- multiplicité éventuelle des missions et des utilisateurs.

L'objet de l'invention est de réaliser une antenne orientable à commutation bas niveau permettant de résoudre ces différents problèmes qui puisse fonctionner avec une très bonne efficacité globale du sous système antenne + amplificateurs quel que soit le nombre d'utilisateurs ; nombre pouvant être faible, par exemple inférieur à cinq.

L'invention propose à cet effet une antenne multifaisceaux orientable par commutation bas niveau comprenant un réflecteur focalisant l'énergie, un réseau de sources élémentaires, situé dans la zone focale du réflecteur de manière à réaliser la synthèse du champ électromagnétique dans cette zone focale et une électronique comprenant un étage d'amplification à m entrées et m sorties, caractérisée en ce que la zone de couverture est réalisée par m spots, correspondant chacun à un nombre défini de sources élémentaires actives, et en ce que l'électronique comporte au moins un commutateur bas niveau permettant de relier une entrée à l'une des f sorties.

Par rapport aux solutions mécaniques, l'invention présente l'avantage de ne pas nécessiter de mouvements de la source ou du réflecteur. Elle permet d'utiliser des focales faibles (antenne compacte), et d'assurer plusieurs liaisons simultanées.

Les avantages par rapport à une solution réseau à rayonnement direct sont les suivants :

- La performance de l'antenne n'est pas liée directement à la dimension totale du réseau ;

- L'implantation n'est pas obligatoirement sur la face terre du satellite.

Par rapport à une solution réseau imageur à simple réflecteur, la solution proposée présente les avantages suivants :

- la dimension hors tout de réseau est réduite ;

- l'efficacité antenne est améliorée.

Enfin, si on compare la solution proposée à une solution réseau imageur à double réflecteur, la

compacité de l'antenne de l'invention est clairement mise en évidence.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple non limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 illustre schématiquement l'antenne à balayage selon l'invention ;
- la figure 2 illustre le fonctionnement de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 3 illustre une première réalisation de l'électronique de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 4 illustre un étage de l'électronique telle que représentée à la figure 3 ;
- la figure 5 illustre une seconde réalisation d'une électronique de l'antenne selon l'invention.

L'antenne de l'invention, représentée à la figure 1, comprend un réflecteur parabolique 10 excentré alimenté par un réseau plan 11 de sources situé au voisinage du foyer F du réflecteur, le réseau 12 représentant le réseau de sources virtuelles, correspondant à ce réseau 11.

La figure 2 donne un exemple de plusieurs répartitions en amplitude lors de déplacements selon deux directions OX et OY au niveau du réseau 11 de sources.

Les diamètres des disques portés sur la figure 2 représentent l'amplitude du signal reçu par les différentes sources du réseau.

L'efficacité pour capter ces différentes répartitions d'énergie, lorsque le capteur a une loi de répartition fixe, ne peut être optimale. Il en est de même pour la répartition en phase.

Ainsi si l'on déplace fictivement une source par rapport au foyer du réflecteur on dégrade le rendement de l'antenne.

Lorsque la couverture spécifiée est réalisée en utilisant plusieurs spots, la performance de directivité antenne est définie par le niveau de recouvrement des spots.

Ainsi l'antenne de l'invention est prévue pour un nombre m de spots, un nombre déterminé d'éléments rayonnants ou sources correspondant à chaque spot ; tous les éléments rayonnants, correspondant à un spot donné fonctionnant de manière non simultanée. Une réalisation d'une électronique d'une telle antenne selon l'invention, telle que représenté à la figure 3, comporte :

- . un commutateur, ou "switch", bas niveau C1 permettant de relier l'entrée E à un des groupes d'éléments rayonnants correspondant à un spot  $SP_i$  ;
- . un étage d'amplification 16 à m entrées et m sorties comprenant un premier et un second coupleurs généralisés 17 et 18 disposés de part et d'autre de m amplificateurs 19 disposés en parallèle ; m filtres 20 étant disposés en sortie de ces amplificateurs 19.

Comme représenté à la figure 4, dans un exemple de réalisation à 16 entrées et 16 sorties ( $m=16$ ), l'étage d'amplification 16 comprend un premier et un second coupleurs généralisés 17 et 18 respectivement formés d'une association de coupleurs hybrides 21 de part et d'autre d'amplificateurs 19, associés respectivement à un filtre 20, de telle façon que chaque entrée du premier coupleur 17 soit répartie sur tous les amplificateurs 19 et donc sur toutes les sorties des coupleurs hybrides du premier coupleur généralisé 18. Les amplificateurs 19 ont ainsi une puissance d'entrée constante et peuvent ainsi fonctionner à leur capacité nominale.

Dans cet étage d'amplification 16 un signal appliqué à la première entrée, par exemple, ressort amplifié sur la première sortie. Ainsi si un signal est appliqué à l'une des entrées de rang i par exemple, à la sortie correspondante (de rang i) le signal sera amplifié par tous les amplificateurs et aucune autre sortie ne recevra de signal : En effet un signal injecté à l'une des portes d'entrée d'un coupleur généralisé est divisé en n composantes d'amplitude égales, au niveau des n sorties, si et seulement si, aucun signal lui étant cohérent, est injecté à une autre entrée.

Ainsi on adresse une source, ou un groupe de sources correspondant à un spot, en partant de l'entrée E : Il y a donc routage d'énergie entre les deux. A un spot correspond l'entrée E à un moment déterminé : on réalise donc une désignation successive des différents spots  $SP_1$  à  $SP_n$ .

Dans le cas de plusieurs utilisateurs on peut doubler les entrées en utilisant au moins un second commutateur  $C_i$ , la combinaison des signaux s'effectuant sur chaque entrée  $E_i$  de l'étage d'amplification 16, par l'intermédiaire de coupleurs connus de l'homme de l'art et non représentés.

Ainsi dans l'antenne selon l'invention la couverture à réaliser a été divisée en m zones. Pour chacune des m zones, un groupement de sources du réseau primaire de l'antenne, rayonne un faisceau  $SP_i$ . Par principe chacune des sources contribue au rayonnement d'un seul faisceau  $SP_i$ . Le niveau de recouvrement entre faisceaux, défini à la frontière des zones, fait l'objet de l'optimisation des coefficients d'excitation des sources.

Dans la pratique, ces coefficients définis en amplitude et en phase sont réalisés par un répartiteur fixe  $R_i$ .

L'antenne ainsi définie fait correspondre à une couverture donnée, m accès indépendants. Il s'en suit qu'un étage amplificateur, incluant des coupleurs généralisés à m entrées/sorties permet d'utiliser les m amplificateurs 19 de manière optimale (charge d'entrée constante) quel que soit le spot  $SP_i$  considéré.

Ainsi un signal est rayonné dans une direction

quelconque de la couverture par l'adressage dudit signal d'entrée de l'étage d'amplification 16 qui correspond à la zone contenant cette direction.

Les m amplificateurs 19 sont dimensionnés pour obtenir la puissance rayonnée requise. L'extension à un fonctionnement multi-utilisateurs (p utilisateurs) est réalisé grâce à un regroupement par couplage de p circuits de connexions Ci.

Ce regroupement se fait en utilisant des techniques bas niveau. Dans ce cas les amplificateurs sont dimensionnés en fonction de la somme des puissances à rayonner.

Il est bien entendu que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et que l'on pourra remplacer ses éléments constitutifs par des éléments équivalents sans, pour autant, sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

1/ Antenne multifaisceaux orientable par commutation bas niveau comprenant un réflecteur (10) focalisant l'énergie, un réseau (11) de sources élémentaires, situé dans la zone focale du réflecteur de manière à réaliser la synthèse du champ électromagnétique dans cette zone focale et une électronique comprenant un étage d'amplification (16) à m entrées et m sorties, caractérisée en ce que la zone de couverture est réalisée par m spots, correspondant chacun à un nombre défini de sources élémentaires actives, et en ce que l'électronique comporte au moins un commutateur bas niveau (Ci) permettant de relier une entrée (Ei) à l'une des f sorties.

2/ Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'étage d'amplification (16) comprend un premier et un second coupleurs généralisés (17 et 18) disposés de part et d'autre de m amplificateurs (19) en parallèle, un filtre (20) étant associé en série à chaque amplificateur (19).

3/ Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce que le premier et le second coupleurs généralisés (17 et 18) sont respectivement formés d'une association de coupleurs hybrides (21) de telle façon que chaque entrée du premier coupleur (17) soit répartie sur tous les amplificateurs (19) et donc sur toutes les sorties des coupleurs hybrides du premier coupleur généralisé (17), le second coupleur généralisé (18) ayant une structure inverse de celle du premier.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

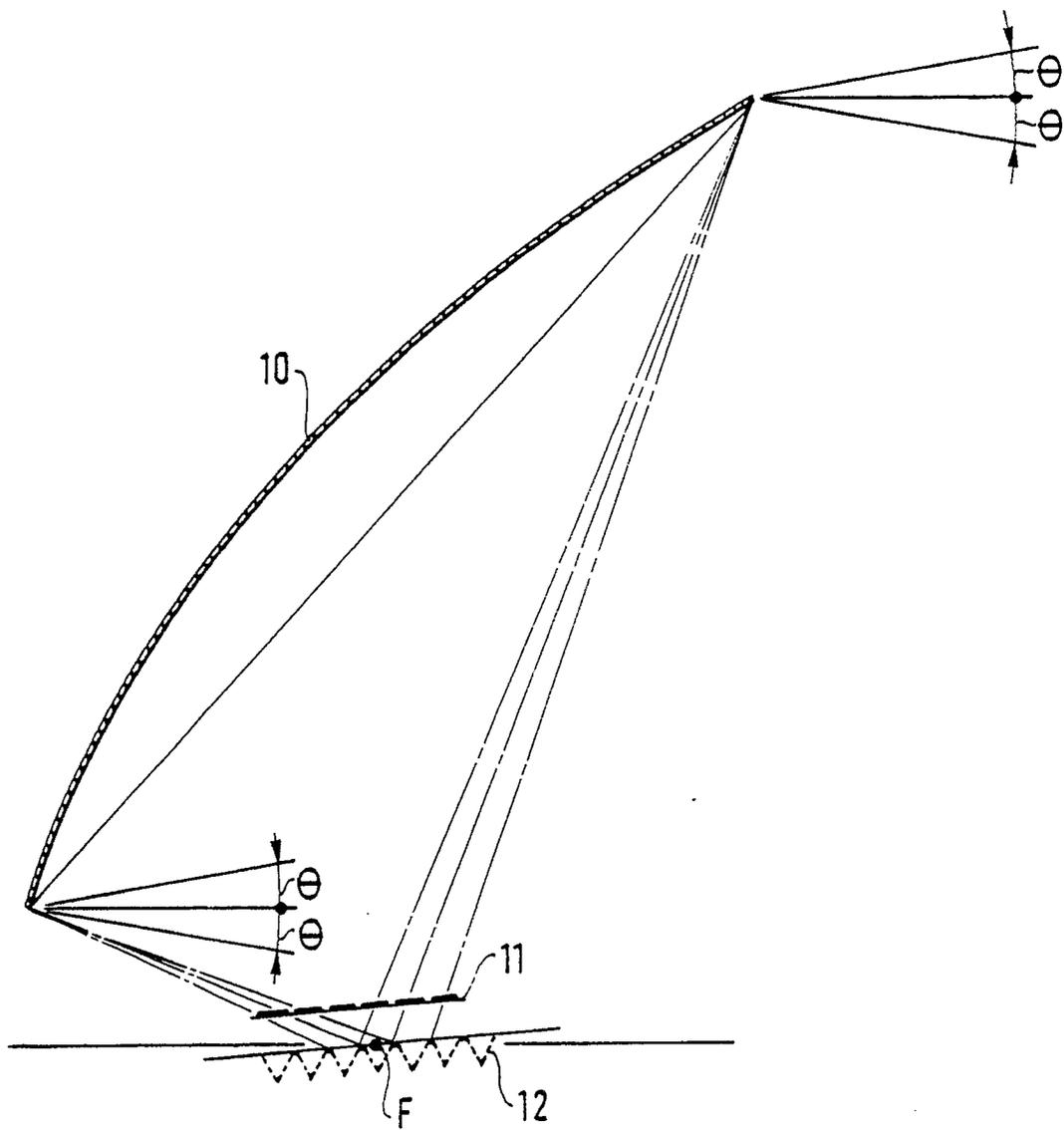


FIG. 2

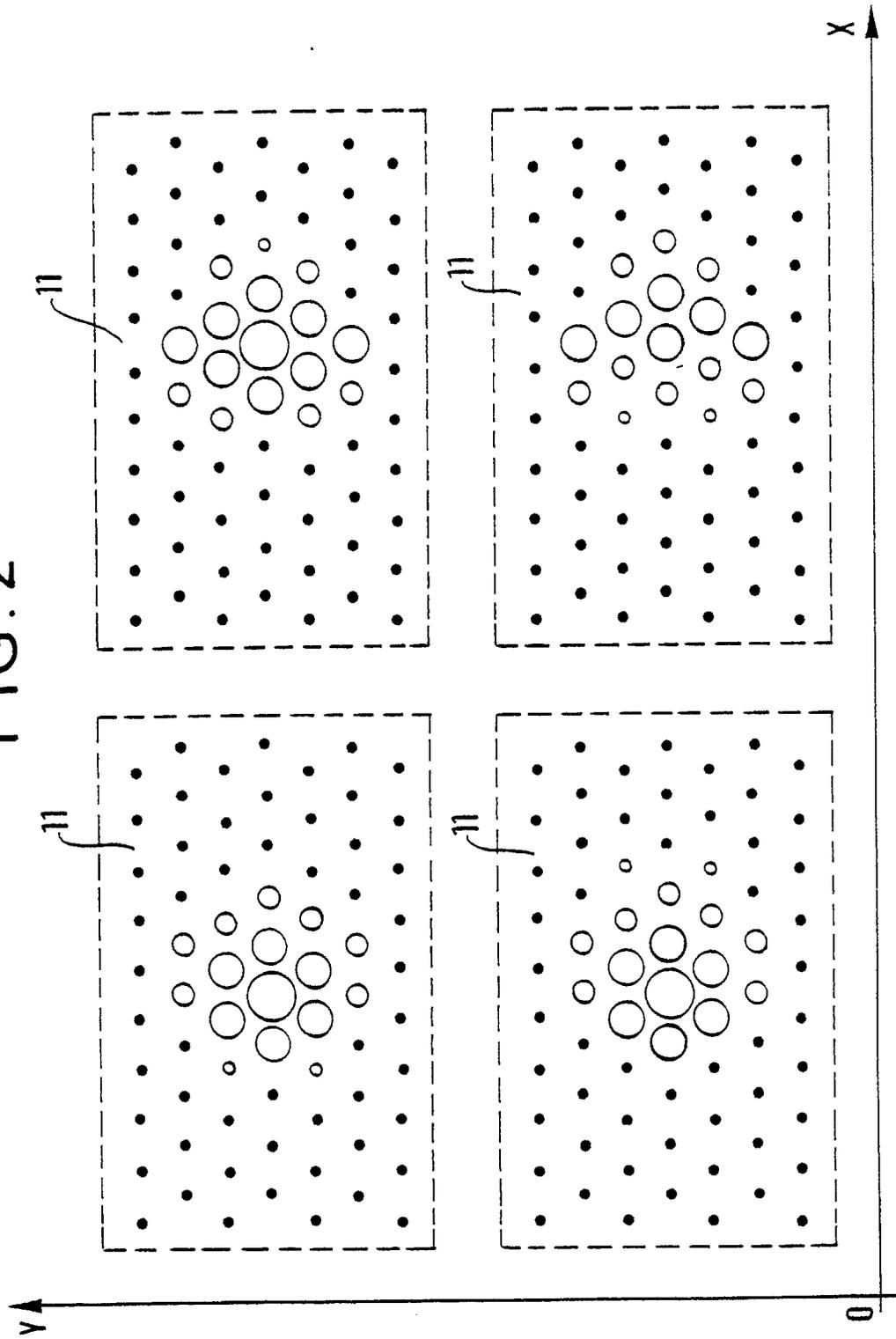


FIG. 3

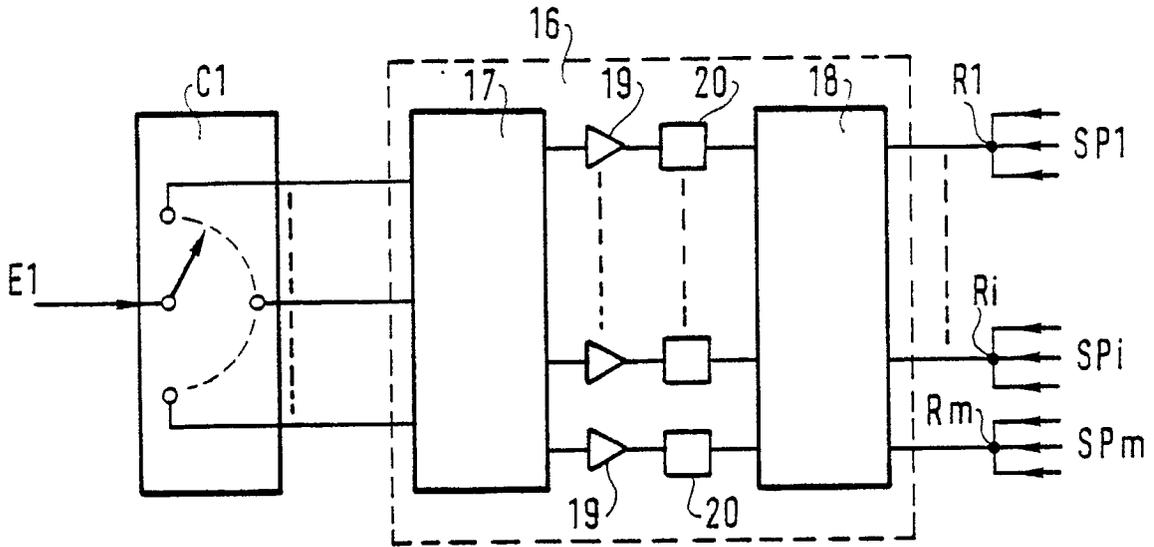


FIG. 5

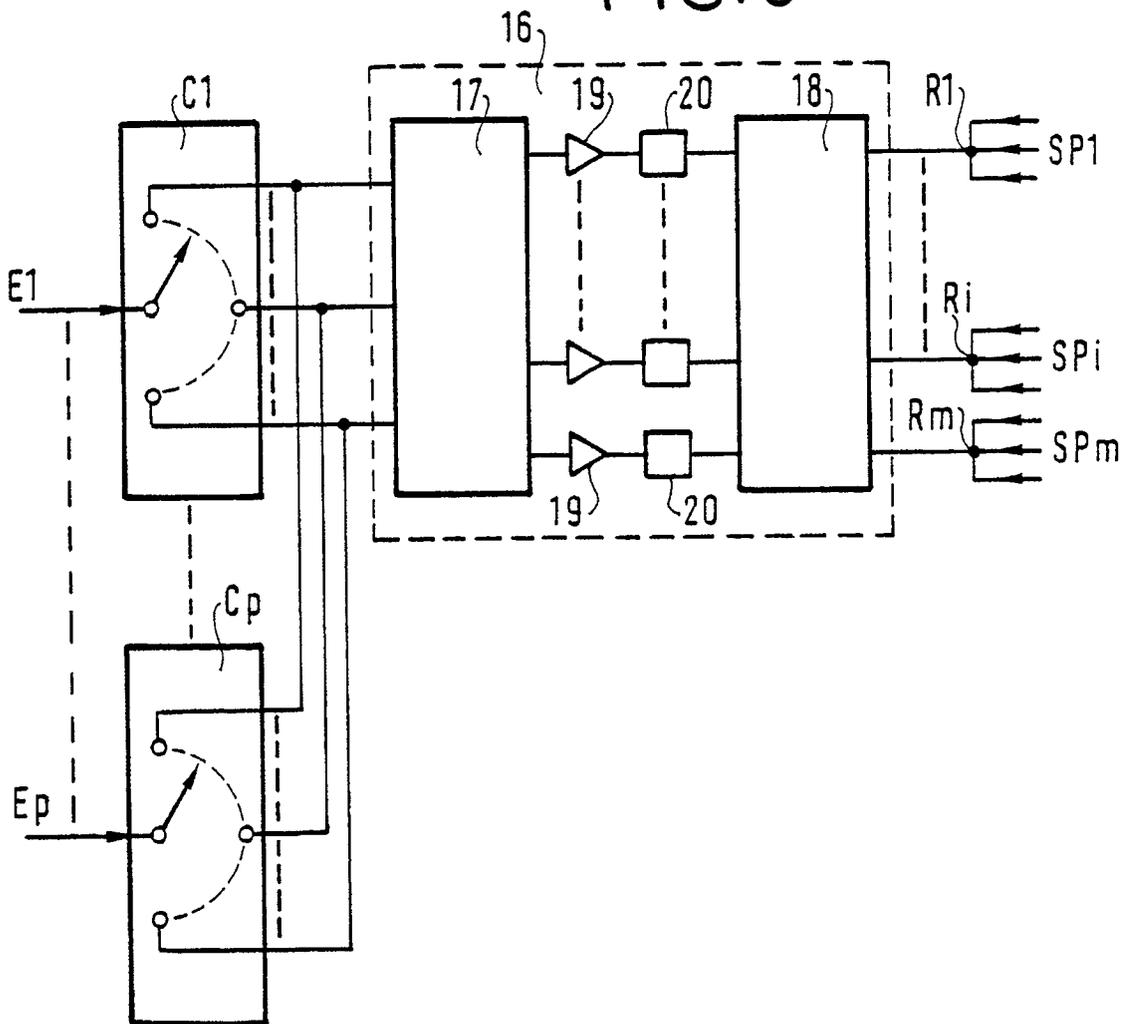
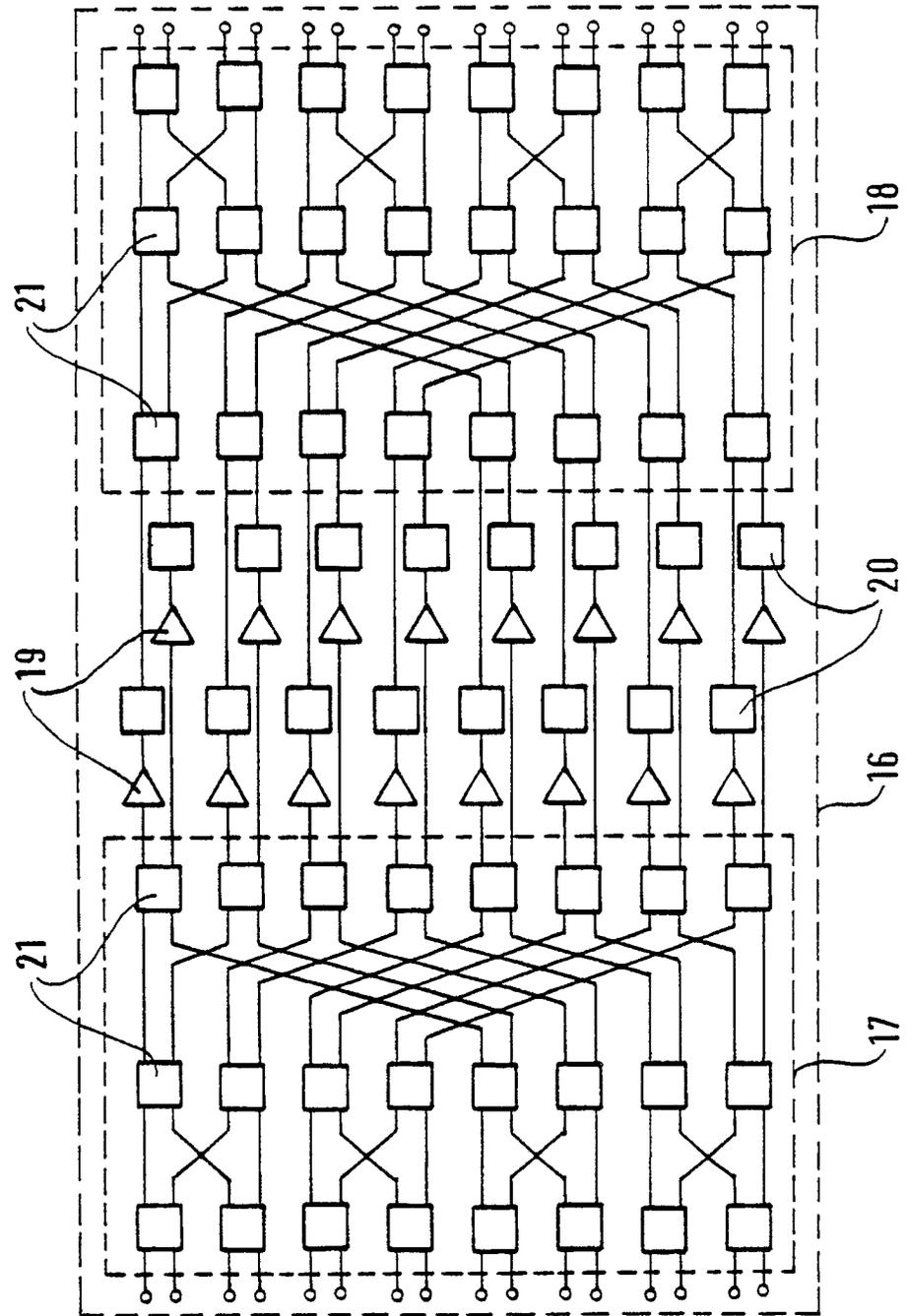


FIG. 4





<b>DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST ANTENNAS AND PROPAGATION vol. II, 06 juin 1988, Syracuse, NY pages 506 - 509; R.Lenormand et.al.: "A Versatile Array Fed Reflector Antenna for Satellite Communications Part B - Transmission" * le document en entier * - - -	1	H 01 Q 25/00 H 01 Q 3/26 H 01 Q 3/40
A	US-A-3 740 756 (SOSIN) * colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 18; figure 3 * - - -	1,3	
A	FR-A-2 570 883 (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) * page 23, ligne 7 - page 24, ligne 16; figure 15 * - - -	1-3	
A	GB-A-2 209 629 (ERA PATENTS) * page 6, ligne 32 - page 7, ligne 10 ** page 9, ligne 17 - page 11, ligne 21; figure 4 * - - -	1	
A	IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS 1985 vol. 3, 23 juin 1985, CHICAGO, ILLINOIS pages 1299 - 1305; S.V.PAREKH et.al.: "Active Antennas For Satellite Communications" * pages 1299 - 1303; figures 1, 8 * - - -	1-3	
P,A	EP-A-0 333 166 (ALCATEL ESPACE) * le document en entier * - - -	1-3	H 01 Q
P,A	EP-A-0 340 429 (ALCATEL ESPACE) * le document en entier * - - - - -	1	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>07 décembre 90</b>	Examineur <b>ANGRABEIT F.F.K.</b>
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D: cité dans la demande L: cité pour d'autres raisons ..... &: membre de la même famille, document correspondant	