

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 30737

(54) Antenne hyperfréquence à éléments rayonnants ou récepteurs répartis sur un support diélectrique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 Q 23/00, 21/00.

(22) Date de dépôt..... 14 décembre 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 19-6-1981.

(71) Déposant : LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE ET DE PHYSIQUE APPLIQUEE, LEP, société
anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : John Richard Forrest, Peter Harrop et John Magarshack.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Christian Landousy, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

- 1 -

ANTENNE HYPERFREQUENCE A ELEMENTS RAYONNANTS OU RECEPTEURS
REPARTIS SUR UN SUPPORT DIELECTRIQUE.

La présente invention concerne une nouvelle structure d'antenne hyperfréquence, destinée plus particulièrement à la réception de signaux de télévision transmis par liaison terrestre classique ou par satellite.

5 L'importance des enjeux financiers, culturels et politiques justifie la compétition actuellement observée entre un certain nombre de nations pour concevoir et développer leurs propres systèmes de communications directes par satellite. La France, par exemple, devrait mettre en service
10 son premier système de télécommunications par satellite vers la fin de l'année 1983 (voir la revue française "Air et Cosmos" N° 756 du 10 Mars 1979, pages 33 à 35). Les efforts particuliers consentis s'expliquent non seulement par l'accroissement rapide des besoins en communication, à la fois
15 sous la pression de l'augmentation des coûts de transport et grâce aux progrès constants de la technologie, mais aussi par la variété des applications des satellites, telles que la téléimpression, la transmission de données à grande vitesse, les téléconférences, la visiophonie, la transmission de
20 programmes de télévision.

Le facteur décisif pour le développement de ces applications a été l'apparition des satellites géostationnaires qui, placés en orbite circulaire dans le plan de

l'équateur à une altitude voisine de 36 000 kilomètres, accompagnent de façon synchrone la terre dans sa rotation et paraissent donc fixes par rapport à celle-ci. De tels satellites suppriment le recours aux antennes mobiles qui, dans le cas des satellites à défilement, suivaient leur trajectoire pendant qu'ils étaient à leur portée, et permettent d'autre part de couvrir en permanence le même territoire. En outre, l'élévation importante des satellites géostationnaires au-dessus de l'horizon réduit considérablement les zones d'ombre constatées avec les installations antérieures (à réseaux de transmission et réception exclusivement terrestres) et dues aux obstacles naturels ou artificiels.

La bande de fréquence attribuée en 1959 par la dernière Conférence Administrative Mondiale des Télécommunications, sous l'égide de l'Union Internationale des Télécommunications, pour la télédiffusion directe par satellite est comprise entre 11,7 et 12,5 mégahertz (et dite bande VI). Le Comité Consultatif International des Radiocommunications a émis un certain nombre d'avis au sujet des récepteurs domestiques de télédiffusion et de leurs antennes, recommandant notamment d'atteindre au moins certaines performances minimales en matière de gain, de facteur de mérite (rapport du gain de l'antenne et de la température de bruit du récepteur, exprimé en dB/°K), de directivité et de polarisation. On notera enfin que, dans le cas des nations européennes, les satellites prévus devraient être placés en orbite géostationnaire à des longitudes comprises entre 1° et 37° ouest, dans des positions choisies de façon que la période d'obscurité des panneaux solaires équipant chaque satellite survienne aux heures de plus faible transmission de programmes (entre 2 et 6 heures principalement). L'angle d'arrivée des signaux du satellite correspond à une élévation comprise environ entre 40° dans le sud de l'Europe et 15° dans le nord ; si l'on considère que les satellites, lorsqu'ils seront en nombre suffisant, seront placés en des positions

très rapprochées le long de la ceinture équatoriale, et que la surface de l'antenne devrait être de l'ordre de 1 m^2 compte tenu de la puissance de sortie du satellite, du flux de puissance résultant et des facteurs de bruit rencontrés dans les récepteurs usuels, il apparaît alors que l'angle d'ouverture de l'antenne ne doit pas être supérieur à 2 degrés et que le gain doit être supérieur à une valeur déterminée. Une telle exigence implique un montage et un alignement soignés de l'antenne et donc un coût d'installation élevé pour chaque utilisateur.

Les systèmes de réception actuellement utilisés, par exemple aux Etats-Unis où le premier satellite géostationnaire a été lancé en 1962 par l'Administration Nationale pour l'Aéronautique et l'Espace (NASA), sont équipés d'antennes à réflecteur (on consultera à ce sujet les travaux de classification de P.J.B. Clarricoats et G.T. Poulton dans la revue "Proceedings of the Institute of Electrical and Electronic Engineers", volume 65, numéro 10, octobre 1977, pages 470 à 504, travaux dont il découle que la classe d'antennes la plus appropriée pour la communication par satellite est celle des antennes à symétrie circulaire et à alimentation axiale également symétrique). Afin d'obtenir une bonne focalisation des signaux reçus, un gain élevé et une directivité importante, le réflecteur utilisé est le plus souvent de forme parabolique, et à faisceaux multiples (voir le brevet américain N° 3 953 858) ou à faisceau simple. Cette deuxième solution est la moins onéreuse pour un système de réception à usage domestique tel que décrit par exemple dans l'article "A 12 gigahertz low-cost earth terminal for direct TV reception from broadcast satellites", de R.J. Douville, paru en 1977 dans International Microwave Symposium Digest, pages 427 à 429 (voir notamment la figure 5) ou, plus récemment, dans l'article "All FET front-end for 12 gigahertz satellite broadcasting reception", de R. Dessert, P. Harrop, B. Kramer et T. Vlek, paru en septembre 1978 dans "8th European Microwave Conference Proceedings", pages 638 à 644 (voir notamment la figure 2).

L'extrême précision de réalisation de la surface du réflecteur, nécessaire pour que l'antenne ait un bon rendement, constitue cependant un inconvénient majeur de ces antennes. Le profil de la surface parabolique des antennes décrites par exemple dans les deux documents qui viennent d'être cités doit être fixé avec une tolérance inférieure à $\lambda/10$ (λ étant la longueur d'onde, dans l'air, qui correspond à la fréquence des signaux reçus), ce qui représente une valeur voisine de 2 millimètres aux fréquences ici utilisées. Le coût élevé de fabrication de ces antennes est donc difficilement compatible avec l'importance du marché que l'on veut ouvrir aux systèmes de réception qu'elles équipent. D'autre part, les antennes ainsi réalisées constituent des structures relativement lourdes, encombrantes (et par la même inesthétiques), et dont le pointage vers le satellite est difficile compte tenu de leur faible ouverture (environ 1,7 degré). Enfin, le réflecteur est le siège de pertes ohmiques non négligeables, et sa présence ainsi que celle des bras qui en assurent la fixation par rapport à la surface parabolique assurant la focalisation perturbent la réception des signaux.

Aux antennes à réflecteur relativement onéreuses, peu maniables, de réglage difficile, et devenues l'élément le plus volumineux des systèmes de réception actuels du fait de la miniaturisation sans cesse accrue des circuits électroniques composant ces systèmes, on a donc cherché à substituer des structures plus légères et moins encombrantes, à savoir des antennes à profil plat, pouvant être réalisées selon diverses techniques et constituées par exemple de guides d'onde à fentes, de dipôles ou de circuits imprimés (voir par exemple, pour chacun de ces cas, respectivement la demande de brevet français N° 7 719 364 déposée le 24 juin 1977 par la Société d'Etude du Radant, la demande de brevet français N° 77 23 691 déposée le 26 juillet 1977 par la Société d'Etudes et Réalisation de Protection Electronique, ou le brevet américain N° 3 587 110 déposé le 1er juillet 1969 par la Société RCA Corporation). D'une

étude détaillée de ces antennes hyperfréquence, effectuée par P.S. Hall et J.R. James dans la revue "The Radio and Electronic Engineer", volume 48, numéro 11, novembre 1978, pages 549 à 565, il résulte notamment que les antennes stripline ou microstrip (c'est-à-dire réalisées suivant la technique du microruban et comprenant un réseau plan d'éléments rayonnants ou récepteurs alimentés par liaison ohmique ou couplage électromagnétique) sont parmi les plus compactes et les plus robustes, qu'elles permettent toutes les sortes de polarisation, et qu'elles sont à la fois de conception et de construction peu coûteuses et faciles à monter.

Des réalisations particulièrement simples de telles antennes sont décrites dans l'article "Microstrip antenna array for 12 gigahertz TV" de M. Collier, paru dans la revue "Microwave Journal", volume 20, N° 9, septembre 1977, pages 67 à 71, ainsi que dans l'article "Coplanar stripline antenna" de J.W. Greiser (et le brevet américain correspondant N° 4 063 246 déposé le 1er juin 1976 par la Société Transco Products), paru dans le numéro d'octobre 1976 de la même revue (pages 47 à 49). Cependant, comme le montre en particulier l'article de Collier (page 72, colonne 2 et suivantes, et figure 10), le gain de ces antennes, qui augmente avec leurs dimensions, présente une valeur maximale (voisine de 28 dB selon les essais menés) puis décroît pour toute nouvelle augmentation des dimensions, et leur bande passante est également limitée (moins de 10 %). Or de telles performances en matière de gain sont insuffisantes pour l'application principale ici considérée, à savoir la réception de signaux transmis par un satellite à puissance d'émission limitée.

Une amélioration de la bande passante est obtenue avec les structures d'antennes proposées par H.G. Oltman en jouant sur la distance entre le plan des éléments rayonnants ou récepteurs et le plan de masse de l'antenne (les travaux de Oltman ont été publiés notamment dans

"5th European Microwave Conference Proceedings", Hambourg, septembre 1975, ainsi que dans le brevet américain N° 4 054 874, déposé le 11 juin 1975 par la Société Hugues Aircraft Company), mais le gain reste insuffisant par rapport à la valeur de 34 dB considérée comme le minimum nécessaire compte tenu des performances officiellement imposées pour l'application concernée.

Pour obtenir des gains plus élevés, des antennes réceptrices actives, extrêmement complexes, ont été proposées dans le domaine du radar afin de développer des systèmes très performants de recherche de cibles par commande d'orientation de faisceau dans une très large ouverture. Une tentative pour réduire le coût de ces structures, qui sont actuellement à traitement numérique des signaux, consiste à prévoir des convertisseurs analogiques-numériques non plus pour chaque élément récepteur de l'antenne, mais pour plusieurs de ces éléments regroupés en sous-ensembles ; on réduit ainsi sensiblement le nombre des composants électroniques utilisés, mais exclusivement dans un but économique.

On connaît aussi des structures d'antennes réceptrices actives en réseau auxquelles on associe un préamplificateur par élément récepteur du réseau (voir l'article de D.O. Reudink et Y.S. Yeh, "Phased arrays for communication satellites, part one", paru dans la revue Microwave Journal, volume 22, N° 1, Janvier 1979, pages 33 à 36), mais aucune optimisation du gain ni aucune minimisation des pertes à l'intérieur de ces systèmes n'est recherchée puisqu'ils sont prévus pour équiper les satellites de communication eux-mêmes et qu'il est donc toujours possible, pour assurer une réception satisfaisante, d'augmenter la puissance rayonnée à partir de la station émettrice terrestre. D'autre part, si l'on peut admettre notamment pour des raisons de fiabilité un coût de fabrication très élevé pour un satellite et les systèmes qui l'équipent, il n'est pas concevable que les nombreuses

stations réceptrices à usage domestique devant être couvertes par ce satellite reçoivent des équipements d'une complexité aussi poussée et d'un prix de revient aussi important.

5 On a déjà proposé, par ailleurs, des systèmes de réception dans lesquels des amplificateurs sont associés à des détecteurs d'onde distincts ou à des groupes de ces détecteurs (voir la demande de brevet allemand N° 2 309 628 déposée le 27 février 1973 au nom de Batelle Institut e.V.),
10 mais ce regroupement de détecteurs est prévu uniquement pour des raisons géométriques, le système décrit étant en effet à très large bande (1 à 40 GHz) et devant donc s'adapter à toute la gamme des longueurs d'onde à recevoir.

 Le but de la présent invention est au contraire
15 de proposer une structure d'antenne hyperfréquence dont les caractéristiques échappent à tous les compromis adoptés jusqu'à présent dans les réalisations connues, c'est-à-dire qui, tout en restant simple de conception, de fabrication et de mise en oeuvre, atteint notamment les performances imposées en matière de télécommunications par
20 satellite.

 L'invention concerne à cet effet un panneau d'antenne hyperfréquence comprenant un ensemble d'éléments rayonnants ou récepteurs, répartis sur un support réalisé en au moins un matériau diélectrique et reliés à un
25 réseau de lignes hyperfréquences de transmission lui-même composé d'une succession d'étages de répartition des signaux à émettre ou de combinaison des signaux reçus et relié à l'extrémité opposée auxdits éléments à une connexion métallique de liaison avec les circuits électroniques extérieurs au panneau d'antenne, ce panneau étant
30 caractérisé en ce que l'ensemble des éléments sont regroupés en un nombre R de sous-ensembles reliés chacun à un sous-réseau de répartition ou de combinaison et en ce qu'un circuit actif est inséré entre chacun de ces sous-réseaux et la partie correspondante de ligne de transmission qui, entre le circuit actif et la connexion de
35

liaison avec les circuits extérieurs au panneau d'antenne ne traverse qu'un seul étage de répartition ou de combinaison.

5 La mise en place, dans le ou les derniers
étages de combinaison ou le ou les premiers étages de ré-
partition présents entre les éléments individuels et la
connexion métallique de liaison, d'un petit nombre de
circuits actifs (et notamment des amplificateurs à très
faible bruit déjà étudiés par la Demanderesse et décrits
10 dans l'article de B. Kramer, M. Parisot et A. Collet, aux
pages 123 à 128 de la revue "The Radio and Electronic
Engineer", volume 48, N° 1-2, janvier-février 1978) permet
en effet d'assurer la compensation des pertes se produi-
sant dans les lignes de transmission de ce réseau de com-
15 binaison ou de répartition. Comme ces pertes sont impor-
tantes surtout dans les premiers étages de répartition ou
dans les derniers étages de combinaison, un petit nombre
de circuits actifs placés justement dans ces étages a un
effet très sensible sur le gain de l'antenne. Les essais
20 effectués montrent que l'effet de saturation du gain
(vers 28 dB) constaté par Collier (voir l'article cité
précédemment dans la revue "Microwave Journal", Volume
20, N° 9, septembre 1977) n'est maintenant plus observée,
et qu'un gain de 36 dB peut être obtenu si ces circuits
25 actifs sont placés immédiatement à la sortie des sous-
réseaux correspondant à chaque sous-ensemble. En outre,
cette réduction des pertes entraîne une diminution de la
température de bruit du système de réception complet et
donc une amélioration du facteur de mérite de ce système.

30 Dans une variante de réalisation du panneau
selon l'invention, les circuits actifs comprennent chacun
un étage de conversion de fréquence dont la partie haute
fréquence est reliée aux éléments rayonnants ou récep-
teurs et dont la partie de plus faible fréquence est re-
35 liée à la connexion de liaison avec les circuits extéri-
eurs au panneau d'antenne. En utilisant une telle

structure de circuit, qui est par exemple celle adoptée dans les têtes de réception à très faible bruit et à étage de réduction de fréquence étudiées par la Demanderesse et décrites dans l'article "All FET 12 gigahertz satellite television receivers" de J. Magarshack (paru 5 dans ICC Record 79, pages 26.3.1 à 26.3.5, voir les figures 4 et 5 de cet article) ou dans l'article déjà cité page 3, ligne 33, on rend moins critique la réalisation de la partie du réseau de lignes de transmission qui pré- 10 cède juste la connexion métallique de liaison avec les circuits électroniques extérieurs, puisque les signaux qui la traversent ont une fréquence réduite par rapport à celle des signaux émis ou à recevoir.

Pour faciliter l'orientation de l'antenne lors 15 de sa mise en place, on peut associer un circuit déphaseur aux circuits actifs ou à l'un d'entre eux au moins. En effet, alors que la solution qui consiste à prévoir la mise en place d'un circuit déphaseur par élément rayonnant ou récepteur individuel d'une antenne ne se justifie 20 que pour des matériels déjà complexes tels que des radars (cette solution est décrite par exemple dans le brevet américain N° 3 978 482 déposé le 24 Mars 1975 par la Société Hughes Aircraft Company), la disposition du panneau d'antenne selon l'invention permet, par un déphasage 25 approprié, d'opérer une orientation du faisceau de l'antenne de relativement faible amplitude, mais suffisante pour réaliser la recherche et le pointage du satellite. Cette orientation, si elle reste de l'ordre de quelques degrés n'implique qu'une très faible diminution du gain (moins 30 d'un dB), et l'on peut accroître le nombre des sous-ensembles si un angle d'orientation plus important est nécessaire. On peut même, pour faciliter l'opération de pointage du satellite, monter le panneau d'antenne sur un support mobile en rotation parallèlement à son plan et 35 imposer simultanément à ce panneau une direction de propagation des signaux émis ou à recevoir oblique par

rapport au panneau. Le faisceau balaie ainsi un anneau de cône qui coupe en deux points la trajectoire du satellite à viser.

5 D'autres particularités et avantages de l'invention seront mieux compris en se référant à la description qui suit et aux dessins annexés, donnés à titre d'exemple non limitatif et dans lesquels :

10 - la figure 1 est une vue de face d'un panneau d'antenne selon l'invention, à quatre sous-ensembles d'éléments ;

- les figures 2 à 4 montrent, respectivement en vue de dessus, de profil et en perspective, la structure de chaque sous-ensemble au niveau de chaque élément rayonnant ou récepteur (à couplage électromagnétique avec les extré-
15 mités du réseau de lignes de transmission), dans le cas de l'exemple de réalisation décrit ;

- la figure 5 est une vue partielle et en perspective du panneau, mettant en évidence le couplage du réseau de lignes de transmission aux éléments rayonnants ou récep-
20 teurs ; et

- la figure 6 est une vue de la face arrière du panneau représenté sur la figure 1, et montre de façon schématisée le montage et le raccordement des circuits actifs.

25 Dans le mode de réalisation ici décrit, le panneau d'antenne selon l'invention est composé de 4096 éléments récepteurs ER_1 à ER_{4096} regroupés en quatre sous-ensembles 1 à 4 de forme carrée et disposés les uns par rapport aux autres de façon à constituer une figure géométrique carrée (voir la figure 1). Chaque sous-ensemble com-
30 prend donc 1024 éléments, répartis à intervalles réguliers selon une disposition géométrique carrée de 32×32 éléments. La structure de chaque sous-ensemble (par exemple du sous-ensemble 1) est du type de celle proposée par H.G. Oltman (dans son article et dans le brevet américain
35 N° 4 054 874, tous deux cités précédemment) et comprend, plus précisément, pour chacun des éléments considérés

individuellement : (1) un plan de masse conducteur 10 ;
(2) une première couche 11 d'un diélectrique à permittivité élevée ; (3) une ligne de transmission 12 réalisée selon la technique du microruban (ou microstrip, en anglais) ; (4) une deuxième couche 13 d'un diélectrique à faible permittivité ; (5) une parcelle conductrice 14 de forme rectangulaire, de longueur $\lambda/2$ (λ étant la longueur d'onde correspondant à la fréquence des signaux à recevoir, et séparée des parcelles voisines par un intervalle choisi selon la direction voulue pour le faisceau à recevoir. Les figures 2 à 5 montrent en vue de dessus et de profil et en perspective cette structure, dans laquelle un couplage électromagnétique est établi entre chaque parcelle conductrice 14 (constituant l'unité réceptrice proprement dite) et la ligne de transmission 12 placée sous cette parcelle et alignée avec elle.

Chaque ligne de transmission 12 constitue, dans l'exemple ici décrit, la partie terminale d'un sous-réseau de combinaison équiphase 15 assurant un trajet égal à chacun des signaux reçus par chaque parcelle 14 dans leur progression vers la connexion métallique de liaison du panneau d'antenne avec les circuits électroniques extérieurs associés à ce panneau. De tels réseaux existent déjà, dans de nombreuses variantes : voir (a) les figures 5 et 9 de l'article de M. Collier, déjà cité ; (b) la figure 6 de l'article de H.G. Oltman, déjà cité ; (c) les figures 1 et 2 de la demande de brevet français N° 70 11 449 déposé le 31 Mars 1970 par la Société RCA Corporation, etc... En sortie de chaque sous-réseau est prévu un amplificateur à transistors à effet de champ (A1 à A4) encapsulé dans un boîtier situé au dos du sous-ensemble correspondant (voir la figure 6) et juste contre lui pour que la liaison entre la connexion de sortie du sous-ensemble complet et l'amplificateur soit la plus courte possible. Ces amplificateurs A1 à A4 permettent de compenser les pertes se produisant dans les sous-réseaux correspondants de

combinaison équiphasé, et surtout dans le ou les derniers étages de combinaisons de ces sous-réseaux, et donc de porter le gain de l'antenne complète à une valeur suffisante pour l'application considérée. Les amplificateurs
5 les plus appropriés pour cette application sont les amplificateur à transistors à effet de champ à très faible bruit étudiés par la Demanderesse et décrits dans l'article cité en page 8, ligne 10.

Dans une variante de réalisation de ce panneau,
10 on peut associer à chaque amplificateur un étage de conversion de fréquence permettant ici de réduire (de 12 à 1 gigahertz dans le cas des réalisations effectuées) la fréquence des signaux à recevoir et qui traversent les derniers étages de combinaison situés entre la sortie de
15 chaque sous-ensemble et la connexion métallique de liaison avec les circuits électroniques extérieurs. Cette disposition revient à placer comme circuit actif en sortie de chaque sous-ensemble, non plus un simple amplificateur à transistors à effet de champ mais une tête de réception
20 telle que celle étudiée et réalisée par la Demanderesse (voir la description de cette tête de réception dans les deux articles déjà cités).

Un circuit déphaseur est associé à chaque amplificateur (ou à chaque tête de réception dans le cas où
25 cette variante de réalisation est adoptée) afin de permettre une variation électronique de l'orientation du faisceau de réception du panneau d'antenne lors de sa mise en place et du pointage du satellite. Ce circuit permet de déphaser le signal de sortie seulement de chaque
30 sous-ensemble de la structure de panneau d'antenne selon l'invention, contrairement aux solutions déjà connues qui consistent à prévoir un déphaseur par élément récepteur et qui sont à la fois coûteuses et d'une complexité superflue, puisque destinées à des applications
35 où l'orientation du faisceau de l'antenne doit varier

dans une très large gamme. Enfin pour faciliter cette opération de pointage du satellite par orientation électronique du faisceau du panneau d'antenne, on peut prévoir de monter ce panneau sur un support mobile en rotation
5 parallèlement à son plan et d'imposer au panneau, par le choix soit de la disposition relative des éléments individuels soit de la longueur des lignes de transmission des sous-réseaux de combinaison ou de répartition, une direction de propagation des signaux émis ou à recevoir oblique
10 par rapport à ce panneau. De la sorte, le faisceau, lors de la rotation du support, balaie un anneau de cône qui coupe en deux points la trajectoire du satellite à viser.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée à l'exemple ici décrit et représenté, à partir
15 duquel on peut prévoir des modes de réalisation équivalents sans pour cela sortir du cadre de l'invention. En particulier, on a retenu, dans l'exemple décrit, la structure d'antenne microstrip proposée par Oltman en raison de ses performances en matière de bande passante, mais les
20 autres structures connues conviennent aussi (par exemple les antennes microstrip décrites par J.Q. Howell dans la revue IEEE Transactions on Antennas and Propagation, janvier 1975, pages 90 à 93, ou celle décrite dans le brevet américain N° 3 803 623 déposé le 11 octobre 1972 par
25 la Société Minnesota Mining and Manufacturing Company, ou bien celle décrite dans la demande de brevet français N° 78 03 778 déposée le 10 février 1978 par la Société N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN, ou encore celle décrite dans le brevet américain N° 3 681 769 déposé le 30 juillet
30 1970 par la Société International Telephone and Telegraph Corporation), même s'il s'agit de structures sensiblement plus complexes (voir par exemple la demande de brevet français N° 78 08 610 déposée le 24 Mars 1978 par la Société The Bendix Corporation et qui décrit une antenne
35 plane mais dont les éléments récepteurs sont des dipôles disposés sur de petites plaquettes diélectriques parallèles entre elles et perpendiculaires à la surface de

l'antenne plane). Dans tous les cas, on peut rappeler que le panneau d'antenne proposé s'adapte très bien à toutes les polarisations et notamment à la polarisation circulaire.

- 5 On notera enfin qu'il est possible, pour obtenir un gain et une directivité plus marqués, d'associer plusieurs panneaux d'antenne conformes à la description précédente; en associant par exemple deux panneaux formant entre eux un angle différent de 180° , on peut augmenter
- 10 le gain en puissance de 3 dB et accentuer la directivité de l'antenne globale ainsi constituée dans la direction correspondant à la bissectrice de l'angle formé par les panneaux.

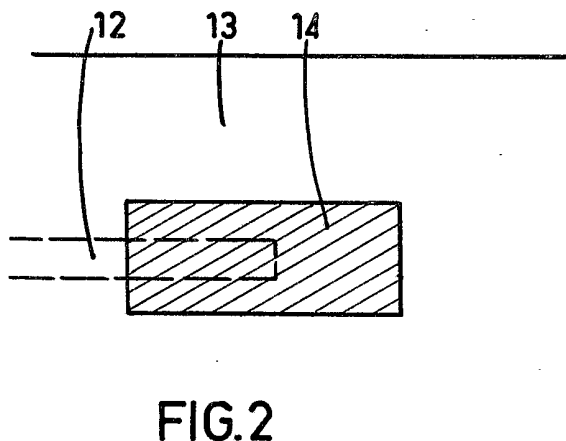
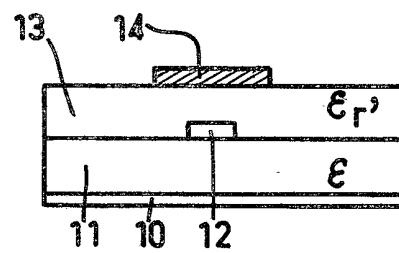
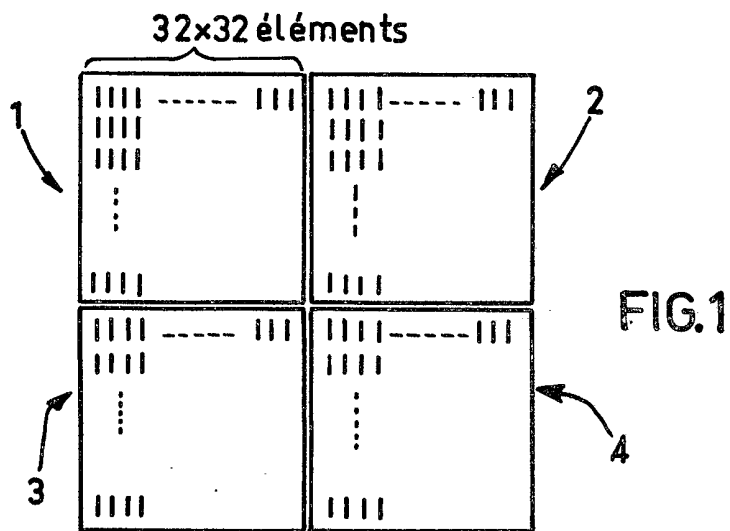
REVENDEICATIONS :

1. Panneau d'antenne hyperfréquence comprenant un ensemble d'éléments rayonnants ou récepteurs, répartis sur un support réalisé en au moins un matériau diélectrique et reliés à un réseau de lignes hyperfréquences de transmission lui-même composé d'une succession d'étages de répartition des signaux à émettre ou de combinaison des signaux reçus et relié à l'extrémité opposée auxdits éléments à une connexion métallique de liaison avec les circuits électroniques extérieurs au panneau d'antenne, ce panneau étant caractérisé en ce que l'ensemble des éléments sont regroupés en un nombre R de sous-ensembles reliés chacun à un sous-réseau de répartition ou de combinaison et en ce qu'un circuit actif est inséré entre chacun de ces sous-réseaux et la partie correspondante de ligne de transmission qui, entre le circuit actif et la connexion de liaison avec les circuits extérieurs au panneau d'antenne, ne traverse qu'un seul étage de répartition ou de combinaison.
2. Panneau d'antenne selon la revendication 1, caractérisé en ce que les circuits actifs sont des amplificateurs à transistors à effet de champ.
3. Panneau d'antenne selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les circuits actifs comprennent chacun un étage de conversion de fréquence dont la partie haute fréquence est reliée aux éléments rayonnants ou récepteurs et dont la partie de plus faible fréquence est reliée à la connexion de liaison avec les circuits extérieurs au panneau d'antenne.
4. Panneau d'antenne selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un circuit déphaseur est associé à au moins un circuit actif.
5. Panneau d'antenne selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la direction de propagation des signaux émis ou à recevoir est différente de celle d'une perpendiculaire au plan moyen du panneau d'antenne et en ce que ce panneau est monté sur un socle mobile en rotation

parallèlement à ce plan moyen.

6. Antenne caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs panneaux selon l'une des revendications 1 à 5.

1/3



2/3

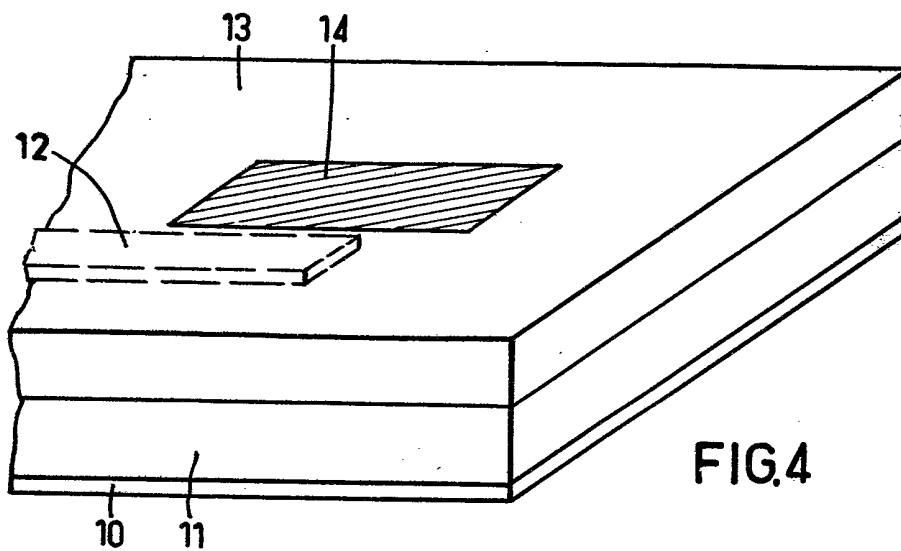


FIG. 4

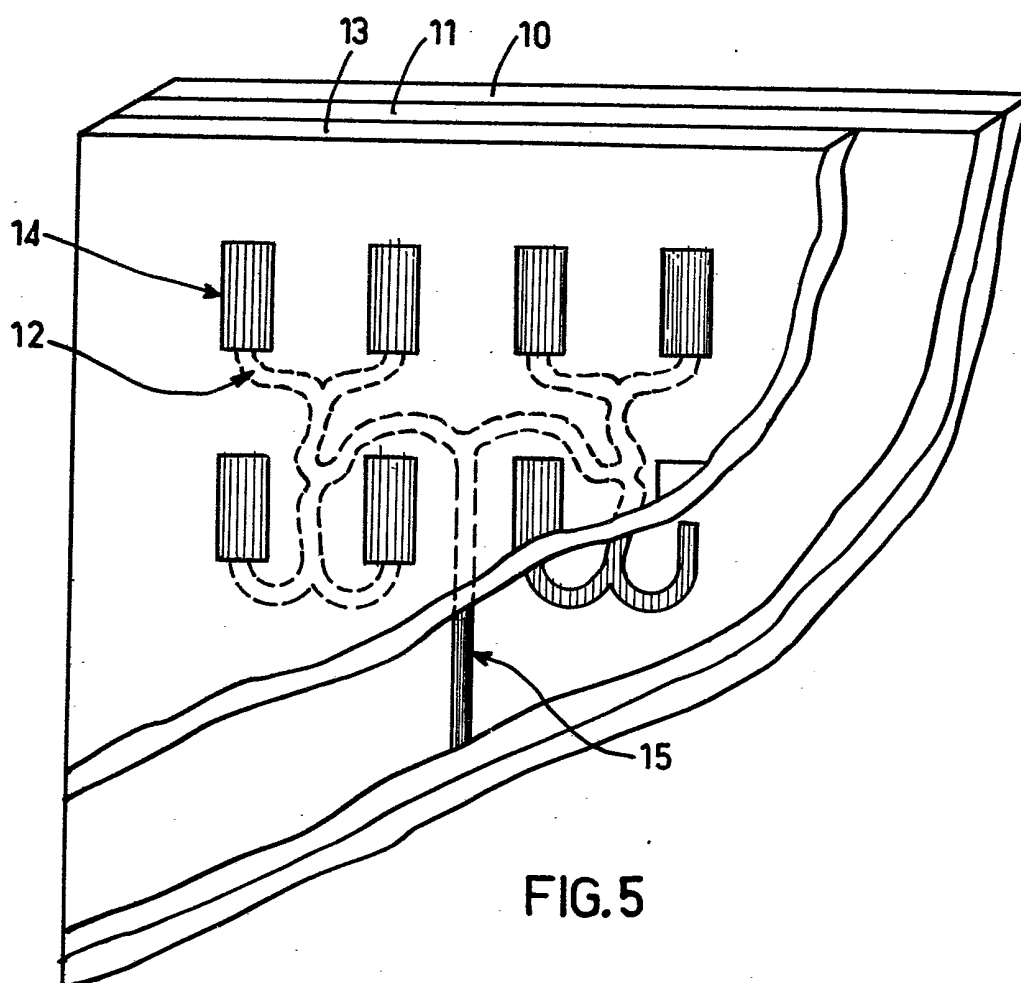


FIG. 5

3/3

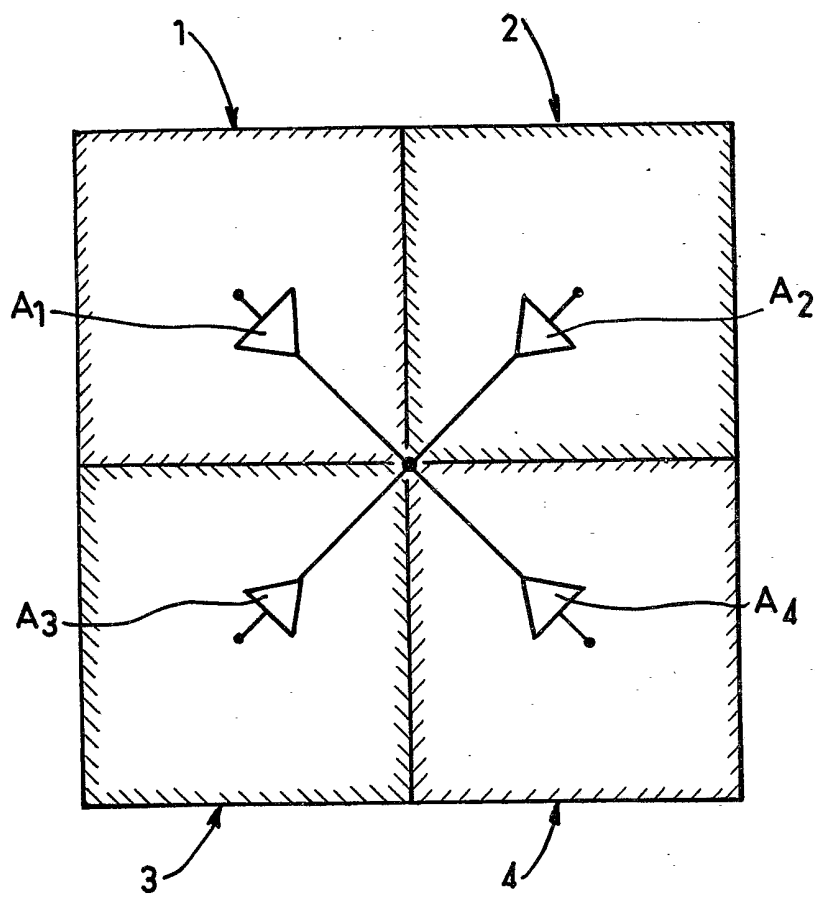


FIG. 6